

Bionatura

Ibero American journal of Biotechnology and Life Sciences



**Simposio Internacional Enfoques Innovadores
en Ciencias de la Vida 2023.**

Bionatura journal, published since 2023 from Madrid, Spain., by its partners
Clinical Biotec, Universidad Catolica del Oriente (UCO) and
Universidad Nacional Autonoma de Honduras (UNAH).



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS

clinicalbiotec.com



Es el momento de los que se atreven a
soñar y luchan por alcanzar sus metas.
En la UCO te acompañamos



Vigilada Mineducación

Pregrados

› Tecnología en Operaciones Financieras

SNIES 104841 Registro Calificado - Res. 12903 del 21-09-2015 M.E.N.
96 créditos - A distancia tradicional - Rionegro Ant.

› Contaduría Pública

SNIES 13018 Registro Calificado - Res. 9256 del 07-06-2018
Acreditación de Alta Calidad 4610 del 21-03-2018 M.E.N.
165 créditos - Presencial - Rionegro

› Comercio Exterior

SNIES 1854 Registro Calificado - Res. 14314 del 11-12-2019 M.E.N.
159 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Administración de Empresas

SNIES 55096 Registro Calificado - Res. 7658 del 18-04-2017 M.E.N.
152 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Tecnología Agropecuaria

SNIES 1850 Registro Calificado - Res. 8884 del 10-07-2013 M.E.N.
113 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Agronomía

SNIES 4443 Registro Calificado - Res. 8067 del 17-05-2018
Acreditación de Alta Calidad N° 29149 del 26-12-2017
157 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Zootecnia

SNIES 53037 Registro Calificado - Res. 14466 del 04-09-2014 M.E.N.
156 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Psicología

SNIES 8562 Registro Calificado - Res. 9902 del 31-07-2013 M.E.N.
Acreditación de Alta Calidad N° 17227 del 24-10-2018
175 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Comunicación Social

SNIES 53045 Registro Calificado - Res. 14892 del 11-09-2014 M.E.N.
146 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Trabajo Social

SNIES 106586 Registro Calificado - Res. 26741 del 29-11-2017 M.E.N.
141 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Derecho

SNIES 53539 Registro Calificado - Res. 10542 del 14-07-2015 M.E.N.
168 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Nutrición y Dietética

SNIES 104801 Registro Calificado - Res. 7823 del 01-06-2015 M.E.N.
166 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Gerontología

SNIES 1853 Registro Calificado - Res. 14839 del 22-10-2013 M.E.N.
138 créditos - A distancia con apoyo virtual - Rionegro Ant.

› Enfermería

SNIES 91027 Registro Calificado - Res. 12600 del 03-08-2018 M.E.N.
166 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Licenciatura en Filosofía

SNIES 106542 Registro Calificado - Res. 22108 del 24-10-2017 M.E.N.
164 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Licenciatura en Lenguas Extranjeras con énfasis en Inglés

SNIES 106647 Registro Calificado - Res. 29529 del 29-12-2017 M.E.N.
164 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Licenciatura en Educación Física, Recreación y Deportes

SNIES 106436 Registro Calificado - Res. 17481 del 31-08-2017 M.E.N.
164 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Licenciatura en Educación para la Primera Infancia

SNIES 105359 Registro Calificado - Res. 02848 del 16-02-2016 M.E.N.
164 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Licenciatura en Ciencias Naturales

SNIES 105898 Registro Calificado - Res. 19869 del 18-10-2016 M.E.N.
164 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Licenciatura en Educación Religiosa

SNIES 106705 Registro Calificado - Res. 2084 del 13-02-2018 M.E.N.
164 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Técnico Profesional en Programación Web

SNIES 103704 Registro Calificado - Res. 14454 del 04-09-2014 M.E.N.
67 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Ingeniería Ambiental

SNIES 4361 Registro Calificado - Res. 3654 del 02-03-2018 M.E.N.
Acreditación de Alta Calidad No. 6643 del 18-04-2018
173 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Ingeniería de Sistemas

SNIES 1855 Registro Calificado - Res. 0178 del 05-01-2019 M.E.N.
164 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Ingeniería Industrial

SNIES 1856 Registro Calificado - Res. 1293 del 04-02-2019 M.E.N.
160 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Ingeniería Electrónica

SNIES 20271 Registro Calificado - Res. 24646 del 14-11-2017 M.E.N.
178 créditos - Presencial - Rionegro Ant.

› Teología

SNIES 103450 Registro Calificado - Res. 10638 del 09-07-2014 M.E.N.
130 créditos - A distancia - Rionegro Ant.

¡HAGAMOS QUE PASE!



La Universidad Nacional Autónoma de Honduras



SE ENCUENTRA DENTRO
DEL RANKING SCIMAGO
Y RANKING QS



**“AGRADECEMOS
A LOS
INVESTIGADORES
QUE LO HAN
HECHO POSIBLE”**

FRANCISCO JOSÉ HERRERA ALVARADO
Rector UNAH



DICIHT
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA,
HUMANÍSTICA Y TECNOLÓGICA



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS



SOMOS UNA **MACROUNIVERSIDAD**

RECTORA DEL NIVEL DE EDUCACIÓN SUPERIOR EN HONDURAS

APROXIMADAMENTE:

100,000 Estudiantes

4,000 Docentes

10 Facultades

9 Centros regionales



DICIHT
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA,
HUMANÍSTICA Y TECNOLÓGICA



UNAH
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE HONDURAS

Docencia, investigación,
extensión y proyección
social al servicio del territorio



Fortalezas institucionales

- > Biotecnología
- > Limnología
- > Derechos Humanos – Posconflicto
- > Internacionalización
- > Inclusión Social
 - SER – Servicio Educativo Rural
 - Educación de Alfabetización
- > MII S – Instituto de formación para el trabajo y el desarrollo humano
- > Formación humanística “Ruta Humanística en el currículo - Cátedra abierta Madre de la Sabiduría”
- > Investigación y desarrollo tecnológico
- > Comprometida con la calidad
- > Centro de Estudios Territoriales
- > Biodiversidad
 - Herbario
 - Ictiología
 - Fitotoca

Áreas del conocimiento

- Ciencias Agropecuarias
 - Ciencias de la Educación
 - Ciencias de la Salud
 - Ciencias Económicas y Administrativas
 - Ciencias Sociales
 - Derecho
 - Ingenierías
 - Teología y Humanidades
-
- > 26 programas de pregrado
 - > 16 programas de posgrado
 - 1 doctorado
 - 8 maestrías
 - 7 especializaciones

www.uco.edu.co  Universidad Católica de Oriente  @uconio

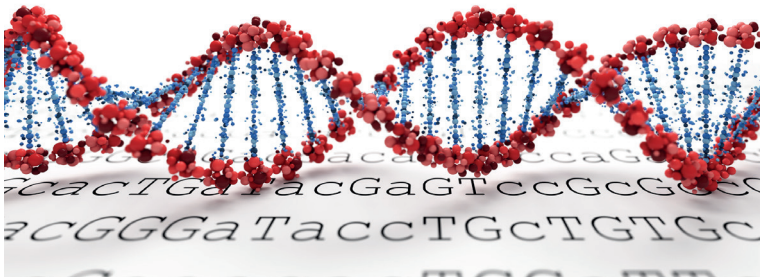


“Servicio educativo con calidad en:
Personas, procesos y servicios”

Contacto institucional Universidad Católica de Oriente
Sector 3, Cra. 46 No. 40B 50 - PBX: +(57)(4) 569 90 90. Ext. 694
Fax: +(57)(4) 501 09 72 - Email: uco@uco.edu.co



Bionatura



La Revista Bionatura publica trimestral en español o inglés trabajos inéditos de investigaciones básicas y aplicadas en el campo de la Biotecnología, la Inmunología, la Bioquímica, Ensayos Clínicos y otras disciplinas afines a las ciencias biológicas, dirigidas a la obtención de nuevos conocimientos, evaluación y desarrollo de nuevas tecnologías, productos y procedimientos de trabajo con un impacto a nivel mundial.

Equipo editorial

Editor Jefe / Chief Editor

Dr. Nelson Santiago Vispo, Ph.D. Research / Full Professor. Yachay Tech University, Ecuador. Member of the European Association of Science Editors (EASE) and Council of Science Editors (USA).

Principal Editorial Board / Consejo Editorial Principal

Dr. Fernando Albericio, Ph.D. Full Professor. University of KwaZulu-Natal, Durban, South Africa.

Dr. Spiros N. Agathos, Ph.D. Full Professor. Université Catholique de Louvain - UCLouvain, Louvain-la-Neuve, Belgium.

Dra. Hortensia María Rodríguez Cabrera, Ph.D. Full Professor and Dean, School of Chemical Sciences and Engineering Yachay Tech University, Ecuador.

Dr. Frank Alexis, Research / Full Professor. Vice Chancellor Of Research and Innovation. Yachay Tech University, Ecuador.

Consejo Editorial / Editorial Board

Dr. Gerardo Ferbeyre, Full Professor. Département de biochimie. Faculté de Médecine. Université de Montréal, Canadá.

Dr. Frank Camacho Casanova, Ph.D., Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Concepción, Chile.

Dr. Eduardo López Collazo, Director IdiPAZ Institute of Biomedical Research, La Paz Hospital, España.

Dr. Yovani Marrero-Ponce, Ph.D. Full Professor. Universidad San Francisco de Quito (USFQ), Quito, Ecuador.

Dr. Manuel Limonta, Prof. PhD. Director: Regional Office for Latin American and the Caribbean International Council for Science (ICSU). Doctor honoris causa Autonomous Metropolitan University of México City (UAM), Dr. Honoris Causa - Universidad Central Ecuador.

Dr. Dagoberto Castro - Restrepo, Prof. PhD. Research and Development Director. Universidad Católica del Oriente, Rio Negro, Colombia

Dr. Michael Szardenings, Ph.D. Ligand Development Unit. Fraunhofer Institute for Cell Therapy and Immunology, Germany.

Dra. Luciana Dente, Research Professor University of Pisa, Italy.

Dr. Costantino Vetriani, Research / Full Professor. Rutgers, The State University of New Jersey, USA.

Dr. Si Amar Dahoumane, Ph.D. Research / Professor. Yachay Tech University, Ecuador.

Dr. Amit Chandra, MD, MSc, FACEP Global Health Specialist, Emergency Physician Millennium Challenge Corporation, London School of Economics and Political Science.

Dr. Silvio e. Perea, Ph.D. Head of the Molecular Oncology Laboratory, Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Cuba.

Dra. Daynet Sosa del Castillo, Ph.D. Directora del Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador. CIBE-ESPOL.

Dra. Consuelo Macías Abraham, Especialista de II Grado en Inmunología, Investigadora y Profesora Titular, Doctora en Ciencias Médicas y Miembro Titular de la Academia de Ciencias de Cuba. Directora del Instituto de Hematología e Inmunología (IHI), de La Habana, Cuba.

Dr. René Delgado, Ph.D. IFAL / Presidente Sociedad Cubana de Farmacología, Cuba.

Dr. Ramón Guimil, Senior Director. Oligonucleotide Chemistry bei Synthetic Genomics, Estados Unidos.

Dr. Eduardo Penton, MD, PhD, Investigador Titular. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Cuba.

Dr. Julio Raúl Fernández Massó, PhD, Investigador Titular. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Cuba

Dra. Lisset Hermida, Investigadora Titular. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Cuba.

Dr. Tirso Pons, Staff Scientist. Structural Biology and Biocomputing Programme (CNIO), España.

Dr. Che Serguera, French Institute of Health and Medical Research, MIRCen, CEA, Fontenay-aux-Roses Paris, France.

Dr. Jorge Roberto Toledo, Profesor Asociado. Universidad de Concepción, Chile.

Dr. Oliberto Sánchez, Profesor Asociado. Universidad de Concepción, Chile.
Dr. Aminael Sánchez Rodríguez, Ph.D. Director del departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.
Dra. Maritza Pupo, Profesora investigadora. Facultad de Biología. Universidad de La Habana, Cuba.

Dr. Fidel Ovidio Castro, Founder, Profesor investigador. Tecelvet, Chile.
Dra. Olga Moreno, Partner, Head Patent Division. Jarry IP SpA, Chile.

Dr. Carlos Borroto, Asesor de Transferencia de Tecnología. Dirección General at Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán (CICY), México.
Dr. Javier Menéndez, Manager Specialist Process and Product 5cP. Sanofti Pasteur, Canadá.

Dr. Pedro Valiente, Profesor investigador. Facultad de Biología. Universidad de La Habana, Cuba.

Dr. Diógenes Infante, Prometeo / SENESCYT. Especialista de primer nivel en Biotecnología. Universidad de Yachay Tech, Ecuador.

Dra. Georgina Michelena, Profesora Investigador. Organización de las Naciones Unidas. (ONU), Suiza.

Dr. Francisco Barona, Profesor Asociado. Langebio Institute, México
Dr. Gustavo de la Riva, Profesor Investigador Titular. Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, México.

Dr. Manuel Mansur, New Product Introduction Scientist (NPI) at Elanco Animal Health Ireland, Irlanda.

Dr. Rolando Pajón, Associate Scientist, Meningococcal Pathogenesis and Vaccine Researc. Center for Immunobiology and Vaccine Development, UCSF Benioff Children's Hospital Oakland", Estados Unidos.

Dra. Ileana Rosado Ruiz-Apodaca, Profesor / Investigador. Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Dr. Carlos Eduardo Giraldo Sánchez, PhD, Profesor / Investigador. Universidad Católica de Oriente. Rionegro-Antioquia/Colombia.

Dr. Mario Alberto Quijano Abril, PhD, Profesor / Investigador. Universidad Católica de Oriente. Rionegro-Antioquia/Colombia.

Dr. Felipe Rojas Rodas, PhD, Profesor / Investigador. Universidad Católica de Oriente. Rionegro-Antioquia/Colombia.

Dra. Isabel Cristina Zapata Vahos, Profesor / Investigador. Universidad Católica de Oriente. Rionegro-Antioquia/Colombia.

Dr. Felipe Rafael Garcés Fiallos, PhD, Profesor / Investigador. Vicerrectorado de Investigación, Gestión Social del Conocimiento y Posgrado Universidad de Guayaquil (UG), Ecuador.

Dra. Celia Fernandez Ortega, PhD. Investigadora Titular. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Editora ejecutiva Biotecnología Aplicada, Cuba.

Dra. Ligia Isabel Ayala Navarrete, PhD. Profesor / Investigador. Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Ecuador.

Dr. Nalini kanta Sahoo, PhD. Professor & Head Department Marri Laxman Reddy Institute of Pharmacy, Hyderabad, Andhra Pradesh, India.

Dr. Saman Esmaeilnejad, Ph.D. Department of medical sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Dr. Olukayode Karunwi, Ph.D. Research / Professor. Clemson University, Clemson, United States.

Dr. Celia Fernandez Ortega, PhD. Investigadora Titular. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Editora ejecutiva Biotecnología Aplicada, Cuba.

Dra. Ligia Isabel Ayala Navarrete, PhD. Profesor / Investigador. Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Ecuador.

Dr. Nalini kanta Sahoo, PhD. Professor & Head Department Marri Laxman Reddy Institute of Pharmacy, Hyderabad, Andhra Pradesh, India.

Dr. Saman Esmaeilnejad, Ph.D. Department of medical sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Dr. Olukayode Karunwi, Ph.D. Research / Professor. Clemson University, Clemson, United States.

Dr. Celia Fernandez Ortega, PhD. Investigadora Titular. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Editora ejecutiva Biotecnología Aplicada, Cuba.

Dra. Ligia Isabel Ayala Navarrete, PhD. Profesor / Investigador. Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Ecuador.

Dr. Nalini kanta Sahoo, PhD. Professor & Head Department Marri Laxman Reddy Institute of Pharmacy, Hyderabad, Andhra Pradesh, India.

Dr. Saman Esmaeilnejad, Ph.D. Department of medical sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Dr. Olukayode Karunwi, Ph.D. Research / Professor. Clemson University, Clemson, United States.

Dr. Celia Fernandez Ortega, PhD. Investigadora Titular. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Editora ejecutiva Biotecnología Aplicada, Cuba.

Dra. Ligia Isabel Ayala Navarrete, PhD. Profesor / Investigador. Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Ecuador.

Dr. Nalini kanta Sahoo, PhD. Professor & Head Department Marri Laxman Reddy Institute of Pharmacy, Hyderabad, Andhra Pradesh, India.

Dr. Saman Esmaeilnejad, Ph.D. Department of medical sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Instrucciones para los Autores

Los Trabajos serán Inéditos: Una vez aprobados, no podrán someterse a la consideración de otra revista, con vistas a una publicación múltiple, sin la debida autorización del Comité Editorial de la Revista. La extensión máxima será 8 cuartillas para los trabajos originales, 12 las revisiones y 4 las comunicaciones breves e informes de casos, incluidas las tablas y figuras. Los artículos se presentarán impresos (dos ejemplares). Todas las páginas se numerarán con arábigos y consecutivamente a partir de la primera. Estos deben acompañarse de una versión digital (correo electrónico o CD) en lenguaje Microsoft Word, sin sangrías, tabuladores o cualquier otro atributo de diseño (títulos centrados, justificaciones, espacios entre párrafos, etc.). Siempre se ha de adjuntar la carta del consejo científico que avala la publicación y una declaración jurada de los autores.

Referencias Bibliográficas. Se numerarán según el orden de mención en el texto y deberán identificarse mediante arábigos en forma exponencial. Los trabajos originales no sobrepasarán las 20 citas; las revisiones, de 25 a 50 y las comunicaciones breves e informes de casos.

En las Referencias en caso de que las publicaciones revisadas esten online se debe proveer un enlace consistente para su localización en Internet. Actualmente, no todos los documentos tienen DOI, pero si lo tienen se debe incluir como parte de la referencias. Si no tuviese DOI, incluir la URL.

Tablas, modelos y anexos: Se presentarán en hojas aparte (no se intercalarán en el artículo) y en forma vertical numeradas consecutivamente y mencionadas en el texto. Las tablas se ajustarán al formato de la publicación se podrán modificar si presentan dificultades técnicas.

Figuras: Las fotografías, gráficos, dibujos, esquemas, mapas, salidas de computadora, otras representaciones gráficas y fórmulas no lineales, se denominarán figuras y tendrán numeración arábica consecutiva. Se presentarán impresas en el artículo en páginas independientes y en formato digital con una resolución de 300 dpi. Todas se mencionarán en el texto. Los pies de figuras se colocarán en página aparte. El total de las figuras y tablas ascenderá a 5 para los trabajos originales y de revisión y 3 para las comunicaciones breves e informes de casos.

Abreviaturas y siglas: Las precederá su nombre completo la primera vez que aparezcan en el texto. No figurarán en títulos ni resúmenes. Se emplearán las de uso internacional.

Sistema Internacional de Unidades (SI): Todos los resultados de laboratorio clínico se informarán en unidades del SI o permitidas por este. Si se desea añadir las unidades tradicionales, se escribirán entre paréntesis. Ejemplo: glicemia: 5,55 mmol/L (100 mg/100 mL).

Para facilitar la elaboración de los originales, se orienta a los autores consultar los requisitos uniformes antes señalados disponibles en: [http://www.fisterra.com/recursos_web/mbelvancouver.htm#ilustraciones%20\(figura\)](http://www.fisterra.com/recursos_web/mbelvancouver.htm#ilustraciones%20(figura))

Los trabajos que no se ajusten a estas instrucciones, se devolverán a los autores. Los aceptados se procesarán según las normas establecidas por el Comité Editorial. El arbitraje se realizará por pares y a doble ciego en un período no mayor de 60 días. Los autores podrán disponer de no más de 45 días para enviar el artículo con correcciones, se aceptan hasta tres reenvíos. El Consejo de Redacción se reserva el derecho de introducir modificaciones de estilo y/o acotar los textos que lo precisen, comprometiéndose a respetar el contenido original.

El Comité Editorial de la Revista se reserva todos los derechos sobre los trabajos originales publicados en esta.

Bionatura

La **Revista Bionatura** es un medio especializado, interinstitucional e interdisciplinario, para la divulgación de desarrollos científicos y técnicos, innovaciones tecnológicas, y en general, los diversos tópicos relativos a los sectores involucrados en la biotecnología, tanto en Ecuador como en el exterior; así mismo, la revista se constituye en un mecanismo eficaz de comunicación entre los diferentes profesionales de la biotecnología.

Es una publicación sin ánimo de lucro. Los ingresos obtenidos por publicidad o servicios prestados serán destinados para su funcionamiento y desarrollo de su calidad de edición. (<http://revistabionatura.com/media-kit.html>)

Es una revista trimestral, especializada en temas concernientes al desarrollo teórico, aplicado y de mercado en la biotecnología.

Publica artículos originales de investigación y otros tipos de artículos científicos a consideración de su consejo editorial, previo proceso de evaluación por pares (peer review) sin tener en cuenta el país de origen.

Los idiomas de publicación son el Español e Inglés.

Los autores mantienen sus derechos sobre los artículos sin restricciones y opera bajo la política de Acceso Abierto a la Información, bajo la licencia de Creative Commons 4.0 CC BY-NC-SA (Reconocimiento-No Comercial-Compartir igual).

Esta revista utiliza Open Journal Systems, que es un gestor de revistas de acceso abierto y un software desarrollado, financiado y distribuido de forma gratuita por el proyecto Public Knowledge Project sujeto a la Licencia General Pública de GNU.

Nuestros contactos deben ser dirigidos a:
Revista Bionatura: editor@revistabionatura.com

ISSN: 1390-9347 (Versión impresa)

Formato: 21 x 29,7 cm

ISSN: 1390-9355 (Versión electrónica)

Sitio web: <http://www.revistabionatura.com>

Publicación periódica trimestral

Esta revista utiliza el sistema peer review para la evaluación de los manuscritos enviados.

Instrucciones a los autores en:

<http://revistabionatura.com/instrucciones.html>

Asistente de publicación / Publication assistant
Evelyn Padilla Rodriguez (sales@revistabionatura.com)

ÍNDICE / INDEX

-
- | | | |
|------------------------|--|--------------|
| Editorial | Primer Simposio Internacional de Enfoques Innovadores en ciencias de la vida: hacia una visión más cuantitativa del mundo
<i>First International Symposium on Innovative Approaches in Life Sciences: Towards a more quantitative world view</i>

<i>Aminael Sánchez-Rodríguez</i> | 2023.08.03.1 |
| Article | Encarnizamiento terapéutico en pacientes de cuidados intensivos: justo o innecesario. Visibilidad del profesional de enfermería

<i>Priscila Jaqueline Herrera Sánchez, Alisson Patricia Muñoz Guanga, Maricelys Jimenez Barrera, Mariela Lizeth Ortiz Vega and Jonathan Alexis López Andrade</i> | 2023.08.03.2 |
| Clinical Report | Exeresis de timoma gigante adherido al pericardio y pulmon izquierdo
<i>Exeresis of giant thymoma attached to the pericardium and left lung</i>

<i>Oswaldo Valdés Dupeyrón, Gino Alvia del Castillo, Lidia Espinales-Casanova, Alejandro Villar Inclan, José Vicente Aveiga Zambrano, Gina Antonela Alvia Salvador, Javier González Robles, Juan Carlos Suarez Fernández</i> | 2023.08.03.3 |
| Article | Comportamiento de los índices productivos en cuyes utilizando avena de corte e hidropónica
<i>The behavior of the productive indices in guinea pigs using cut and hydroponic oats</i>

<i>Oscar Patricio Núñez Torres, Jorge Ricardo Guerrero López, Byron Enrique Borja Caicedo and Cristhian Vaca Altamirano</i> | 2023.08.03.4 |
| Article | Aislamiento y caracterización de cepas nativas de Trichoderma en la provincia de Tungurahua, Ecuador
<i>Isolation and characterization of native strains of Trichoderma in Tungurahua province, Ecuador</i>

<i>Leiva-Mora Michel, Natalys Solis, Alfredo Jiménez González and David Anibal Guerrero Cando</i> | 2023.08.03.5 |
| Article | Producción de avena en corte e hidropónica sembrada a diferentes dosis y tiempo de cosecha
<i>Production of cut and hydroponic oats sown at different doses and harvest times</i>

<i>Oscar Patricio Núñez Torres, Jorge Ricardo Guerrero López, Leiva-Mora Michel, Roberto Ismael Almeida Secaira</i> | 2023.08.03.6 |
| Article | Efecto de diferentes tipos de sustratos y auxinas en el establecimiento ex vitro de segmentos nodales de arándano Var. Biloxi
<i>Effect of different substrates and auxins on ex vitro establishment of nodal segments of blueberry Var. Biloxi</i>

<i>Leiva Mora Michel, Andrea Alejandra Toapanta, Juan David Ati Tamayo, and Tatiana Macarena Acosta</i> | 2023.08.03.7 |

Article	Experiencias del profesional de enfermería durante el cuidado al paciente crítico: lecciones autoaprendidas <i>Nursing professional experiences during critical patient care: self-learned lessons</i>	2023.08.03.8
	<i>Diego Quinatoa , Mauricio Mejía , Priscila Herrera, Alisson Muñoz and Maricelys Jimenez Barrera</i>	
Article	Influencia de las condiciones de iluminación sobre el establecimiento in vitro de yemas de <i>Solanum tuberosum</i> L. var. Cecilia <i>Influence of lighting conditions on the in vitro bud set of Solanum tuberosum L. var. Cecilia</i>	2023.08.03.9
	<i>Silva- Agurto Catherine, Michel Leiva Mora, Nayeli Sanchez Ortiz and Danny del Castillo Bastidas</i>	
Article	Actividad hipoglucémica de las hojas de Yaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam)	2023.08.03.10
	<i>Hypoglycemic activity of Jackfruit leaves (Artocarpus heterophyllus Lam)</i>	
	<i>Linda Mariuxi Flores Fiallos, Juan José Flores Fiallos, Adriana Isabel Rodríguez Basantes, María Augusta Guadalupe Alcoser, Sofía Carolina Godoy Ponce</i>	
Article	Caracterización fenotípica en flores de Cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) en 40 híbridos experimentales en la finca experimental La Represa <i>Phenotypical characterization of Cocoa flowers (Theobroma cacao L.) in 40 experimental hybrids at La Represa experimental farm</i>	2023.08.03.11
	<i>Cyntia Erazo-Solorzano , Jaime Vera-Chang, Diego Tuarez-García, Luis Vásquez-Cortez, Kerly Alvarado-Vásquez, Carlos Zambrano, Karen Mindiola Véliz, Raúl Mora Yela, karol Revilla Escobar</i>	
Article	Efectos de la dieta mediterránea en medidas antropométricas en una población ecuatoriana <i>Effects of the Mediterranean diet on anthropometric measurements in an Ecuadorian population</i>	2023.08.03.12
	<i>Yoel López Gamboa, Roelbis Lafita Frómata</i>	
Review	Beyond reproduction: Exploring the Non-Canonical roles of the Kisspeptin System in Diverse Biological Systems	2023.08.03.13
	<i>Deisy Yurley Rodríguez Sarmiento</i>	
Article	Identificación y caracterización morfológica de hongos asociados a daños en tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>), en la provincia de Chimborazo, Ecuador <i>Identification and morphological characterization of fungi associated with damage in prickly pear (Opuntia ficus-indica) in the province of Chimborazo, Ecuador</i>	2023.08.03.14
	<i>María Fernanda Espinoza Castro, Álvaro Mauricio Rivera Casignia, Fernando José Rivas Figueroa and Michel Leiva Mora</i>	
Article	Obesity and overweight as an international public health problem	2023.08.03.15
	<i>Yury Rosales-Ricardo, Mireya Ortiz-Perez, Fernanda Lopez-Merino and Belen Perez-Garcia</i>	
Article	Acompañamiento al paciente en estado crítico percepción del familiar/cuidadores sobre puertas abiertas <i>Accompanying the critically ill patient family/caregiver's perception of open doors</i>	2023.08.03.16
	<i>Jenifer Triviño , Silvia Curi , Maricelys Jimenez , Alisson Muñoz, Priscila Herrera</i>	

- Article** Aislamiento, caracterización cultural y morfológica de aislados monospóricos del agente causal del moho gris de la hoja de *Solanum lycopersicum* L. en la provincia de Tungurahua. 2023.08.03.17
Isolation, cultural and morphological characterization of monosporic isolates of the causative agent of gray mold on the leaf of Solanum lycopersicum L. in the province of Tungurahua.
Michel Leiva-Mora , Dayana Jacome, Pedro Pablo Páez, Edwin Pallo, Rodrigo Núñez
- Article** Medi-Health: Sistema web de código abierto para el control de citas médicas e historiales médicos mediante la metodología de desarrollo OSCRUM 2023.08.03.18
Medi-Health: Open-source web system for controlling medical appointments and medical records using the OSCRUM development methodology
Lucrecia Llerena, Nancy Rodríguez , Rosa Llerena and Luis Moreira
- Article** Influencia del ácido giberélico (AG3), etanol y cianamida hidrogenada (Dormex) sobre la brotación de yemas a partir de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. var. Cecilia. 2023.08.03.19
Influence of gibberellic acid (AG3), ethanol and hydrogenated cyanamide (Dormex) on buds sprouting from Solanum tuberosum L. var tubers. Cecilia.
Catherine Silva – Agurto , Michel Leiva Mora, Tatiana Macarena Acosta and Nayeli Estefania Sánchez Ortiz
- Article** The REDATAM program: an approach to the Sustainable Development Goals in the Galapagos Islands 2023.08.03.20
Marco Heredia-R, Mateo Acurio-Gallardo, Emma Torres, Jamil Heredia-Silva, Paterson Loyola-Barbosa, Alexandra Torres, Karolina Villacis, Theofilos Toulkeridis
- Article** Cloning, expression, purification and characterization of the recombinant nucleocapsid protein from SARS-CoV-2 and its combination with a CpG ODN-39M 2023.08.03.21
Yadira Lobaina, Alexis Musacchio, Panchao Ai, Rong Chen, Edith Suzarte, Changyuan Tan, Ricardo Silva, Ke Yang, Yasser Perera and Lisset Hermida
- Article** Nutritional supplement of FOS enhances growth and immune system in tilapia larvae (*Oreochromis niloticus*) 2023.08.03.22
Antonio Morales, Daniela F. Moro, Adrian Rodriguez, Liz Hernández, Amanda Comellas, Fidel Herrera, Osmany Gonzalez, Enrique Pérez Cruz, Mario Pablo Estrada, Rebeca Martinez
- Clinical Report** Cutaneous Leishmaniasis. A case report 2023.08.03.23
Ramos L, Cando K., Barrazueta W., Jaramillo S, Cabrera H.
- Article** Efficacy of Health Belief Model in Enhancing Early Detection Behaviors to Prevent Diabetes Mellitus among Mosul University Employees: A Randomized Controlled Trail 2023.08.03.24
Farooq Mohammed Noor Younus, Mohammed Qassim Baktash
- Article** Preferencia de oviposición de *Leptophobia aripa* (Lepidoptera: Pieridae) sobre plantas de *Brassica oleracea* var. *Italica* en diferentes estados fenológicos 2023.08.03.25
Oviposition preference of Leptophobia aripa (Lepidoptera: Pieridae) on plants of Brassica oleracea var. Italica at different phenological stages
José Julian Murillo Gomez & Carlos Eduardo Giraldo Sánchez

Article	Interaction of Lactoferrin with Neutrophil Gelatinase Association Lipocalin in Treatment of Chronic Kidney Diseases Induced Experimentally by <i>K. pneumoniae</i>	2023.08.03.26
	<i>Shahad H. Alajeli, Majida A. Al-Qaiym, Lazim H. Altaie</i>	
Article	Quantitative and Qualitative Determination of Biofilm Formation Pattern in Multidrug Resistance <i>Acinetobacter baumannii</i> in Correlation with COVID-19 and Respiratory Infected Patients	2023.08.03.27
	<i>Shaymaa sabah mutashar, Nada H. A. L. Al-Mudallal, Dunya Jawad Ridha</i>	
Article	Efficacy of an educational program based on health belief model to enhancing weight control behaviors among employees in University of Mosul: a randomized controlled trial	2023.08.03.28
	<i>Mahmoud Mohammed Ahmed, Arkan Bahlol Naji, Nasir Muwfaq Younis</i>	
Article	The direct microscopic examination of somatic cell count to detect sub-clinical mastitis in cows of Diyala province	2023.08.03.29
	<i>Ahmed Kamil Awad</i>	
Article	Endotoxin quality of ultrapure dialysis fluid for online hemodiafiltration in several hemodialysis centers	2023.08.03.30
	<i>Yasamen Raad Humudat</i>	
Article	Evaluation of the phytochemical content and antioxidant properties of different extracts of <i>Achillea odorata</i> L.	2023.08.03.31
	<i>Hind Amira, Hassiba Benabdallah, Walid Mamache, Fatima Benchikh, Roumaissa Ounis, Bensouissi Chawki and Smain Amira</i>	
Article	The effect of Cocoa Fruits (<i>Theobroma cacao</i> L.) extracts on serum blood glucose levels in white rats (<i>Rattus norvegicus</i>)	2023.08.03.32
	<i>I Putu Sudayasa, La Ode Alifariki, Wa Ode Salma, M.Reza Iskandar DJ, Tien</i>	
Article	Suitability of Flours and Gels From Crops Affected by Climate Change in Honduras: Crystallinity, Thermal, Dynamic Rheological and Textural Behavior	2023.08.03.33
	<i>Caleb S. Calix-Rivera, Felicidad Ronda</i>	
Article	Physicochemical, Hydration and Steady Shear Rheological Properties of Flours Derived From Different Crop Residues From the Honduran Agro-Food Industry	2023.08.03.34
	<i>Caleb S. Calix-Rivera, Rito J. Mendoza-Perez, Octavio Rivera-Flores, Felicidad Ronda</i>	
Letter to editor	Study of susceptibility to vancomycin from clinical isolates of <i>Staphylococcus aureus</i>	2023.08.03.35
	<i>Lilian Sosa, Lourdes Enríquez, Norman Rojas, Lupe Carolina Espinoza</i>	
Clinical Report	Tinea unguium caused by <i>Epidermophyton floccosum</i>	2023.08.03.36
	<i>Bersy Zúniga, Maihly Arita-Ramos, Lilia Acevedo-Almendárez, Jorge García-Chávez, Dylan Ponce-Mejía, Gustavo Fontecha, Bryan Ortiz</i>	

Review	A look into Honduran biomass: facts, uses and potential applications	2023.08.03.37
	<i>David Bulnes , Sofía Melgar, Edgard Vega , Aaron Rubio, Andrea Espinal, Diana G. Velásquez-Tinoco, Gloria Díaz Reyes, Evelina D. Estrada-López, Oscar V. Ortiz-Hernández</i>	
Article	Frecuencia de valores críticos en un laboratorio de urgencias de un hospital del tercer nivel de atención de Tegucigalpa, Honduras <i>Frequency of critical values in an emergency laboratory of a tertiary care hospital in Tegucigalpa, Honduras</i>	2023.08.03.38
	<i>Heidy Cabrera-Cruz, Selena Ramos, Karolay Godoy, Milena Vanegas, Brenda Cerna , Michelle Ochoa , Delmy Castellón , Kelly Marquez y Patricia Sánchez</i>	
Article	Synthesis and characterization of seed-based Carbon Black Agglomerates: Application as sorbent material using a novel microextraction technique for dexamethasone in urine sample determination	2023.08.03.39
	<i>E.M. Ordoñez López; Y.N. Baca García; F.A. Ordoñez Trochez; K.A. Barahona Montes; F.A Rodríguez Rivas; H.D. Ponce-Rodríguez</i>	
Letter to editor	Teenage pregnancy and Violence: A current public health problem	2023.08.03.40
	<i>Itzel Carolina Fuentes-Barahona, Manuel Antonio Sierra-Santos, Lysien Ivania Zambrano, Eleonora Espinoza- Turcios, Iván Alfonso Espinoza-Salvadó</i>	
Review	Utilización de macroalgas para la inducción de mecanismos defensivos ante agentes fitopatógenos causantes de enfermedades foliares en hortalizas <i>Use of macroalgae for the induction of defensive mechanisms against phytopathogens causing foliar diseases in vegetables</i>	2023.08.03.43
	<i>Pallo Edwin, Leiva-Mora Michel, Veloz Walter, Santana Rita</i>	
Article	Actividad antimicrobiana de extractos de ramas de <i>Hedyosmum cuatrecazanum</i> Occhioni (Chloranthaceae) <i>Antimicrobial activity of extracts of branches of Hedyosmum cuatrecazanum Occhioni (Chloranthaceae)</i>	2023.08.03.44
	<i>María E. Lucena-de Ustariz , Francisco J. Ustáriz-Fajardo , Verónica P. Cáceres-Manzano , José Prato</i>	
Article	Effect of aqueous extract of <i>Azadirachta indica</i> leaves on gastrointestinal nematodes in ruminants: an in vitro study	2023.08.03.45
	<i>Nelson Correa Herrera, Marcos Edel Martínez Montero, Omelio Cepero Rodríguez, Manuel de Jesús Jumbo Romero, Claudia Linares Rivero, Dayami Fontes Marrero, Sandra Cuello Portal, Janet Quiñones-Galvez, Viviana Marina Rodríguez Benalcázar, Alva Tatiana Borja Ramos</i>	
Article	Evaluación ex-post del proyecto de riego tecnificado para la diversificación agrícola en la comunidad de San José de Chazo, cantón Guano, año 2022 <i>Ex-post evaluation of the technified irrigation project for agricultural diversification in the community of San José de Chazo, Guano canton, year 2022</i>	2023.08.03.46
	<i>Edison Israel López Valverde, Daniel Arturo Román Robalín, Cristian Santiago Tapia Ramirez, Eduardo Antonio Muñoz Jácome , Edmundo Danilo Guilcapi-Pacheco, Karla Milena González Valdez, David Fernando Granja Guato</i>	
Article	Agro-productive response of pepper hybrids in a tropical sheltered production system	2023.08.03.47
	<i>Yaaroub Faleh Khalef Al Fatlawy, Beadaa Abdalqader Mahdii, Faiza Kadhim</i>	

EDITORIAL

Primer Simposio Internacional de Enfoques Innovadores en ciencias de la vida: hacia una visión más cuantitativa del mundo

First International Symposium on Innovative Approaches in Life Sciences: Towards a more quantitative world view

Aminael Sánchez-Rodríguez

DOI. 10.21931/RB/2023.08.03.1

Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador.
Corresponding author: asanchez2@utpl.edu.ec

El avance de la ciencia ha sido impulsado constantemente por la búsqueda de respuestas a preguntas fundamentales, la exploración de nuevos enfoques y la aplicación de metodologías innovadoras¹. En el Primer Simposio Internacional de Enfoques Innovadores en Ciencias de la Vida, celebrado con entusiasmo y dedicación, se han presentado trabajos que representan un espectro diverso de investigaciones en áreas que van desde la biotecnología hasta la salud humana. A través de un análisis profundo de datos y una perspectiva científica rigurosa, estos trabajos han contribuido a una visión más cuantitativa y esclarecedora del mundo que nos rodea.

La diversidad de los trabajos presentados en este simposio refleja el dinamismo y la amplitud de las Ciencias de la Vida en la actualidad. Desde el estudio de cultivos agrícolas hasta la exploración de sistemas de salud, cada investigación ha llevado consigo la promesa de generar un impacto significativo en sus respectivas áreas. Lo que une a todos estos trabajos es su enfoque en el análisis de datos cuantitativos, que permite a los investigadores profundizar en las complejidades de los fenómenos biológicos y obtener conclusiones basadas en evidencia sólida.

Un aspecto destacado es la aplicación de técnicas innovadoras en la caracterización y manipulación de organismos vivos. Desde la producción de cultivos en condiciones controladas hasta el estudio de microorganismos en el entorno natural, la ciencia avanza hacia enfoques que integran datos numéricos para comprender mejor los procesos biológicos subyacentes. La investigación en torno a la producción de alimentos, como el análisis de la influencia de diferentes sustratos en el establecimiento *ex vitro* de arándanos, demuestra cómo la ciencia se fusiona con la tecnología para optimizar el rendimiento de cultivos vitales.

Además, el simposio también abarca estudios centrados en la salud humana y la medicina, donde la recolección y el análisis de datos cuantitativos juegan un papel esencial. Desde la caracterización de marcadores biológicos hasta la evaluación de tratamientos médicos, los investigadores están adoptando un enfoque más cuantitativo para comprender las complejidades de la fisiología y la patología humanas. La inclusión de temas como la evaluación de la actividad hipoglucémica de las hojas de yaca o el diagnóstico de enfermedades cardiovasculares a través de biomarcadores refuerza la importancia de los datos numéricos en el avance de la medicina.

A lo largo de la historia de la ciencia, las Ciencias de la Vida han experimentado una evolución constante en su enfoque y metodología, desde la mera observación y descripción de fenómenos hasta la comprensión profunda y cuantitativa de los procesos biológicos². Esta evolución ha sido impulsada por la curiosidad humana, la innovación tecnológica y la necesidad de abordar desafíos cada vez más complejos en áreas como la agricultura, la medicina y la ecología.

Hace décadas, la investigación en Ciencias de la Vida se centraba en gran medida en la observación directa de fenómenos biológicos. Aunque estas observaciones proporcionaron valiosa información, carecían de la precisión y la profundidad necesarias para comprender completamente los procesos subyacentes. Fue en este contexto que surgieron los primeros intentos de cuantificar aspectos de la biología, utilizando métodos rudimentarios para medir variables como el crecimiento de los cultivos o las concentraciones de ciertos compuestos en muestras biológicas³.

Con el avance de la tecnología y la llegada de instrumentos más sofisticados, la capacidad para recopilar y analizar datos numéricos mejoró de manera significativa. La introducción de técnicas como la espectroscopía, la cromatografía y la microscopía de alta resolución permitió a los científicos explorar los detalles a nivel molecular y celular. Estos enfoques más cuantitativos llevaron a una comprensión más precisa de los mecanismos biológicos y a la identificación de patrones que antes eran difíciles de detectar.

No obstante, la verdadera revolución en la comprensión cuantitativa de las Ciencias de la Vida llegó con la era de la informática y la explosión de la capacidad de procesamiento de datos. La aparición de la bioinformática y la genómica marcó un hito significativo en la investigación biológica. La capacidad para secuenciar el ADN y analizar grandes conjuntos de datos genéticos permitió revelar la complejidad de la herencia genética y la relación entre los genes y los rasgos observables. La genómica funcional, combinada con técnicas de análisis de datos avanzadas, ha acelerado el descubrimiento de nuevas funciones genéticas y su impacto en la salud y la enfermedad⁴.

A medida que la tecnología continúa avanzando, la visión cuantitativa de las Ciencias de la Vida se ha consolidado aún más⁵. La incorporación de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático ha permitido el análisis de grandes volúmenes de datos biológicos en busca de pa-

Citation: Sánchez-Rodríguez A. Primer Simposio Internacional de Enfoques Innovadores en ciencias de la vida: hacia una visión más cuantitativa del mundo. *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 1. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.1>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** 15 July 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



trones, correlaciones y relaciones causales. Los modelos matemáticos y computacionales se utilizan para predecir el comportamiento de sistemas biológicos complejos, desde la respuesta de los cultivos ante diferentes condiciones ambientales hasta la interacción de moléculas en reacciones químicas.

Las ventajas prácticas de esta visión cuantitativa son evidentes. Permite tomar decisiones informadas en la selección de cultivos más resistentes, comprender mejor las interacciones entre microorganismos y su entorno, y desarrollar tratamientos médicos más precisos y personalizados. Además, la cuantificación de datos biológicos facilita la identificación temprana de tendencias y anomalías, lo que puede tener aplicaciones en la detección de enfermedades y la predicción de brotes epidemiológicos.

Sin embargo, esta evolución hacia una visión más cuantitativa también enfrenta desafíos. La interpretación correcta de los datos y la integración de múltiples fuentes de información siguen siendo retos importantes. Además, la ética en el uso de datos genéticos y biomédicos, así como la privacidad de la información personal, deben ser consideradas en el avance de estas investigaciones.

En resumen, el camino hacia una visión más cuantitativa en las Ciencias de la Vida ha sido marcado por la innovación tecnológica, la acumulación de datos y el desarrollo de métodos analíticos avanzados. Desde la observación inicial de fenómenos biológicos hasta la utilización de la inteligencia artificial y la modelización matemática, esta evolución ha permitido una comprensión más profunda y precisa de los procesos vitales. A medida que la investigación continúa avanzando, la visión cuantitativa seguirá siendo fundamental para abordar los desafíos científicos y prácticos que enfrentamos en un mundo cada vez más complejo y en constante cambio.

Referencias bibliográficas

1. Stefan MI, Gutlerner JL, Born RT, Springer M. El campo de entrenamiento de métodos cuantitativos: Enseñanza de pensamiento cuantitativo y habilidades informáticas a estudiantes graduados en ciencias de la vida. *PLOS Biología Computacional*. 2015;11(4):e1004208.
2. Anderson DR, Sweeney DJ, Williams TA, Camm JD, Cochran JJ. Una introducción a la ciencia de la gestión: enfoque cuantitativo. Aprendizaje Cengage. 2018.
3. Wu X, Zhu X, Wu GQ, Ding W. Minería de datos con big data. *Transacciones IEEE sobre conocimiento e ingeniería de datos*. 2013;26(1):97-107.
4. Mathé E, Hays JL, Stover DG, Chen JL. La revolución ómica continúa: la maduración de fuentes de datos biológicos de alto rendimiento. *Anuario de informática médica*. 2018;27(01):211-222.
5. Jervis MG, Drake M. El uso de métodos de investigación cualitativa en la ciencia cuantitativa: una revisión. *Revista de estudios sensoriales*. 2014;29(4):234-247.

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Encarnizamiento terapéutico en pacientes de cuidados intensivos: justo o innecesario. Visibilidad del profesional de enfermería

Therapeutic embodiment in intensive care patients: fair or unnecessary. Visibility of the Nursing Professional

Priscila Jaqueline Herrera Sánchez¹, Alisson Patricia Muñoz Guanga¹, Maricelys Jimenez Barrera¹, Mariela Lizeth Ortiz Vega² and Jonathan Alexis López Andrade²

DOI: [10.21931/RB/2023.08.03.2](https://doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.2)

¹ Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Santo Domingo, Escuela de enfermería, Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador.

² Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Santo Domingo, Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador.

Corresponding author: pjherrerass@pucesd.edu.ec

Resumen: Analizar las perspectivas de los profesionales de enfermería sobre el encarcelamiento terapéutico. Método: El enfoque fue cualitativo descriptivo con un diseño fenomenológico. Participaron 14 profesionales de enfermería con un muestreo no probabilístico por conveniencia con saturación de categorías. Como técnicas de recogida de datos se utilizaron la entrevista semiestructurada y el grupo focal. Para el análisis de los datos se utilizó el método de Colaizzi. Resultados: Surgieron seis categorías: perspectivas de los profesionales de enfermería, experiencia en el proceso de atención, conocimiento sobre encarnizamiento terapéutico, prolongación de la muerte con tratamiento fútil, vivir con dignidad y derecho a un buen morir, espiritualidad, Dios y resiliencia. Conclusiones: Se puede indicar que los profesionales perciben desfavorablemente que su opinión no sea valorada, generando un ambiente de trabajo poco saludable y revelando la cruda realidad en las Unidades de Cuidados Intensivos (UCI); donde el desconocimiento conceptual sobre bioética, distanasia, eutanasia y ortotanasia es responsabilidad de la autopreparación y de las Instituciones Sanitarias donde trabajan. Además, la distanasia se forja con la concepción holística de que Dios es la única entidad suprema que concede y retira la vida a los seres.

Palabras clave: Resiliencia, muerte, tratamiento.

Abstract: To analyze the perspectives of nursing professionals regarding therapeutic incarceration. Method: The approach was qualitative descriptive with a phenomenological design. Fourteen nursing professionals participated with a non-probabilistic sampling by convenience with category saturation. A semi-structured interview and focus group were used as data collection techniques. Colaizzi's method was used for data analysis. Results: Six categories emerged: nursing professionals' perspectives, experience in the care process, knowledge about therapeutic incarceration, prolongation of death with futile treatment, living with dignity and the right to a good end, spirituality, God and resilience. Conclusion: It can be indicated that professionals perceive unfavorably that their opinion is not valued, generating an unhealthy work environment and revealing the harsh reality in Intensive Care Units (ICU). Conceptual ignorance about bioethics, dysthanasia, euthanasia and orthothanasia is a responsibility of self-preparation and of the Health Institutions where they work. In addition, dysthanasia is forged with the holistic conception that God is the only supreme entity that grants and withdraws life from beings.

Key words: Resilience, death, treatment.

Introducción

A nivel del mundo se vive uno de los desafíos más grandes que existe en el manejo al final de la vida del paciente en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), ya sea por obstinación terapéutica profesional o solicitud tanto del familiar como del paciente. Se denomina al encarnizamiento terapéutico como una práctica asistencial que tiene como objetivo alargar la vida con el empleo de medidas artificiales cuando existe un diagnóstico irreversible¹.

En este sentido, el protagonismo del enfermero se lleva a cabo a través de su rol al momento de tomar una decisión que incurre en la obstinación terapéutica, siendo su percepción más extensa al englobar a la familia, sus costumbres

y creencias. La base del quehacer de los profesionales de la salud está sustentada en formar a los mismos con alto nivel de competencia, constituyendo un reto en un mundo cambiante y siendo la alta calidad moral y educación ética la clave para evitar el encarnizamiento terapéutico. La autonomía del paciente, cuidar su dignidad, su libertad y la escasez de recursos a la búsqueda de mejores alternativas, en consecuencia, se inhibiría una asistencia fútil².

La generalización y aprobación legal sobre la eutanasia, distanasia y ortotanasia demuestra que existen factores que delimitan la aceptación de las mismas, siendo los familiares los responsables del curso final de la vida de los

Citation: Herrera Sánchez P J , Muñoz Guanga A P , Barrera M J , Ortiz Vega M L and López Andrade J A. Encarnizamiento terapéutico en pacientes de cuidados intensivos: justo o innecesario. Visibilidad del profesional de enfermería. *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 2. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.2>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** 15 July 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



pacientes. En estas realidades la formación bioética del profesional de la salud influye negativamente por la insuficiente preparación sobre el tema³.

Este contexto de conquistas y retos se concretan con las transformaciones científicas al tener en cuenta las necesidades reales y sentidas en estos profesionales, siendo la formación continua de los mismos la responsabilidad para sostener la calidad de la asistencia brindada donde el término distanasia y sus derivados se hacen novedosos. Es la familia quien impone la aplicación de medidas que puedan considerarse intencionales al ser conscientes de lo que acontece con el paciente, lo cual revela el inminente desconcierto e insuficiente preparación profesional en este tema al permitirlo⁴.

Es ineludible admitir el compromiso de los profesionales de la salud en la formación continua para la toma de decisiones, sosteniendo la calidad de la asistencia brindada ante la exigencia de conocimientos y habilidades para un mejor servicio, donde se fomenten los principios bioéticos que propician brindar seguridad al paciente, familia y personal sanitario; generando así cambios de actitudes, comportamientos y decisiones en los cuidados al final de la vida.

Ante estas justificaciones, en Ecuador queda evidenciado que la formación continua del enfermero se encuentra en desarrollo, esto hace evidente la necesidad de preparación de los mismos relacionado con la temática del encarnizamiento terapéutico para elevar la calidad de la asistencia sanitaria donde el enfermero es uno de los protagonistas al brindar cuidados integrales, teniendo en cuenta las necesidades y situaciones de ensañamiento terapéutico en el paciente sometido a procesos que alarga su agonía. Se visibiliza la necesidad del conocimiento sobre las diferencias entre eutanasia, distanasia y ortotanasia para mejorar la calidad de vida de los pacientes hasta que se produzca la muerte porque la obstinación terapéutica es inhumana y carece de valores bioéticos, asimismo, la aplicación de medidas para mejorar la calidad de vida en la etapa final al ser ilegales estas tomas de decisiones⁵.

Finalmente, las consideraciones descritas facilitan la necesidad de diferenciar los dos términos opuestos: eutanasia y encarnizamiento terapéutico, siendo este último una injusticia frente a la valía del paciente en el final de la vida puesto que el personal de salud aplaza la defunción sin consideraciones especiales, convirtiéndose en un medio insensato de mantener la vida con mecanismos extraordinarios y tornándose en una acometida arbitraria hacia la persona al no depender de actividades y medidas impuestas para el éxito del tratamiento o mejoría del paciente, evidenciado en instituciones públicas y privadas con áreas de UCI⁶.

Ante estas justificaciones el presente estudio favorecerá en llenar el vacío del conocimiento centrado en la formación continua del profesional de enfermería en cuanto al encarnizamiento terapéutico, fortaleciéndose los saberes cognitivos, actitudinales y procedimentales de los mismos.

Lo mencionado anteriormente sirvió de motivación para plantear la siguiente interrogante: ¿Cómo influye la formación continua en la perspectiva y percepción de los profesionales de enfermería sobre el encarnizamiento terapéutico en pacientes de UCI, y la cognición que tienen los enfermeros acerca de esta práctica en su unidad? Los objetivos que se han establecido para la investigación son: (1) analizar las perspectivas de los profesionales de enfermería frente al encarnizamiento terapéutico; (2) describir la percepción del enfermero en el proceso del cuidado de

pacientes UCI con obstinación terapéutica; (3) determinar la cognición de los enfermeros de UCI acerca del encarnizamiento terapéutico que se practica en su unidad.

Materiales y métodos

La presente investigación fue de enfoque cualitativo, dicha forma de investigar trasciende en una revelación de la realidad y veracidad de los sujetos de estudio, quienes mediante su expresión permiten conocer cualidades o particularidades específicas.

El método de estudio que se utilizó es el descriptivo con una aproximación fenomenológica, utilizando el lenguaje EMIC-ETIC. Dicha metodología afianza la enfermería en la temática al permitir a los sujetos exponer su cotidianidad con su grado de complicación y particularidades desde el punto de vista de cada persona, entendiendo sus creencias, valores y cualidades¹².

Emplear dicha metodología en la presente investigación sobre la perspectiva del personal de enfermería frente al encarnizamiento terapéutico, permitió comprender la realidad de los enfermeros de UCI que han experimentado vivencias donde los pacientes se mantienen acoplados a un soporte vital artificial sin criterios de recuperación; y es su conocimiento, convicciones, particularidades, valores y creencias lo que proyecta con un alto impacto al estudio, al considerarse las concepciones enfermeras sobre si son justas o innecesarias las acciones encaminadas a extender la agonía de los pacientes frente a investigaciones previas en las que se toman como único referente a los familiares o médicos.

Para la presente investigación se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia y saturación de categorías donde participaron los profesionales de enfermería que laboran en unidades de cuidados intensivos de hospitales de segundo y tercer nivel del Ecuador que acepten libre y voluntariamente formar parte del estudio, conformando una muestra de 14 participantes para la saturación de unidades de significado.

En el estudio participaron profesionales enfermeros con tercer nivel que se encuentran laborando mínimo un año en la UCI y fueron excluidos licenciados de enfermería que laboran en otras áreas, auxiliares de enfermería y médicos.

Se debe resguardar la identidad de los participantes en el caso de que no deseen reconocimiento, sea de forma anónima, con un distintivo o numeral. La información recolectada también debe ampararse enfatizando el objetivo de su difusión en base a los códigos de ética. En base a las especificaciones del autor se realizó un consentimiento informado

Para obtener la información se aplicaron entrevistas semiestructuradas además del grupo focal. La técnica de recolección de datos más relevante en la investigación cualitativa es la entrevista, donde el investigador tiene como principal rol comprender la perspectiva de las vivencias del entrevistado para lo cual debe desarrollar habilidades y actitudes con la finalidad de establecer vínculos basados en la confianza⁷. La entrevista semiestructurada como una herramienta flexible debido a que las preguntas pueden cambiar e irse adaptando a las respuestas que los entrevistados vayan proporcionando⁸.

Para la recolección de datos se utilizaron grupos focales mediante la plataforma zoom y de manera presencial

en la unidad de trabajo de los profesionales esto permitió conocer el sentir, las perspectivas y los pensamientos de los mismos.

El instrumento que se utilizó fue la guía de entrevista semiestructurada, esta facilita la organización de la información, permitiéndole a los sujetos del estudio una participación con mayor libertad de expresión, teniendo en cuenta los objetivos del estudio⁹. La entrevista fue validada mediante la realización de una prueba piloto misma que constaba de 3 preguntas norteadoras que emergieron de los objetivos planteados para la investigación.

Los datos se obtuvieron a través de los testimonios de los participantes, que facilitó la perceptibilidad del profesional de enfermería en el Encarnizamiento Terapéutico en pacientes de Cuidados Intensivos, donde se requirió del instrumento antes mencionado, su reconocimiento, así como las orientaciones para la grabación y objetivo del estudio.

Se indicó mantener las cámaras abiertas, y se les estipuló el tiempo de 45 minutos, teniendo en cuenta las preguntas norteadoras, luego se realizó transcripción de manera individual de los testimonios, utilizando el programa Microsoft Office Word versión 2016; conservándose el lenguaje EMIC de los sujetos de estudio, se procedió a la lectura y relectura para la interpretación de los testimonios, sobre los textos se aplicó resaltador por colores para la identificación de las categorías y subcategorías, teniendo en cuenta el lenguaje ETIC¹⁰. Para el análisis de los datos se consideró el método de Colaizzi extracción de los fragmentos significativos, formulación de la interpretación de cada declaración significativa, reagrupando los temas según la convergencia y divergencia, validando los hallazgos para comprender las características generales del fenómeno¹¹.

Se procedió a elaborar dos matrices, la primera facilitó el análisis de la codificación colorimétrica y las unidades de significados que emergieron de los testimonios; la segunda permitió confeccionar las categorías y subcategorías definidas a posteriori⁹.

Para facilitar el trabajo de análisis se añadió la codificación de la información al software de análisis de datos cualitativo ATLASTI versión 2022, misma que permitió procesar, clasificar, organizar, analizar y comparar la información obtenida, dándole significado a los datos y una comprensión en contexto del habla. A consecuencia, se crearon modelos de categorías (6), subcategorías (2) y jerarquías de códigos (17) generada de una previa producción manual, organizada y estructurada a través del software (Figura 1, 2, 3, 4, 5, 6).

En la presente investigación se aplicaron principios éticos fundamentales que garantizaron la integridad y el bienestar de los participantes. En primer lugar, se respetó el principio de autonomía, asegurando que los enfermeros/as participen de forma voluntaria; además, se aplicó el principio de beneficencia, con la finalidad de maximizar los beneficios para los mismos y asegurando que la investigación tenga un impacto positivo en la práctica de enfermería en las UCIs en las que laboran. En cuanto al principio de no maleficencia, se procuró evitar cualquier daño físico o psicológico a los entrevistados adoptando medidas de confidencialidad y por último, se resguardó el principio de justicia, al seleccionarlos equitativamente sin incurrir en cualquier forma de discriminación.

Adicionalmente, el estudio se fundamentó bajo rigor científico que respalda la fiabilidad de las fuentes de información indagadas mismas que detallan resultados que se

asemejan a los obtenidos en la presente investigación, dotándola de veracidad.

Resultados

La investigación destaca los diálogos de los profesionales de enfermería que comparten sus vivencias de trabajo en el día a día. Se realizaron lecturas de carácter crítico de todo el material obtenido de las entrevistas, se realizó el recorte de los fragmentos teniendo en cuenta lo convergente y divergente manteniendo el lenguaje EMIC; se procedió a la codificación, Tabla 1.

Posteriormente se ordenó los textos, se agruparon según las unidades de significado permitiendo emerger las siguientes categorías empíricas, Figuras (1-6).

Discusión

La construcción de la estructura de lo subjetivo e intersubjetivo fue posible debido al análisis profundo de los testimonios de los participantes del estudio, así como su agrupación en categorías temáticas de acuerdo con las semejanzas y diferencias relacionadas con el objeto de estudio. Las principales categorías y subcategorías reconocidas fueron:

Perspectivas de los profesionales de enfermería

La presente categoría se encuentra relacionada con el primer objetivo analizar las perspectivas de los profesionales de enfermería frente al encarnizamiento terapéutico, en la cual se evidenciaron dos subcategorías como se detallan a continuación:

Apego emocional del profesional

El profesional de enfermería es quien mantiene una visión holística del enfermo, donde el apego emocional con el paciente y la familia permite que se establezca un vínculo afectivo; cabe señalar que, se visibiliza con mayor frecuencia en la atención al paciente pediátrico. Esta realidad analizada, se evidencia en los siguientes testimonios: *Es doloroso cuando el paciente tiene la misma edad que nuestros hijos (...) nos afecta psicológicamente cuando uno es madre, y nos apegamos mucho más (P7). El tener un paciente durante mucho tiempo hace que nos encariñemos, que vea ese pequeño como su sobrino o su hijo a quienes ya son padres y eso genera también un apego emocional y afectivo que cuando los ve fallecer duele mucho y da tristeza (P1).*

El apego emocional es un componente vigoroso y detonante del proceso de atención en donde convergen principalmente las convicciones familiares y médicas que muchas veces no abordan el neto bienestar del paciente¹².

Necesidad de calidad en la atención brindada

La necesidad de ser cuidado se sustenta en la expresión del amor, siendo esto un valor agregado que identifica al personal de enfermería, donde el binomio paciente y familia perciben esta dimensión; permitiendo así seguridad y confianza que repercute significativamente en la recuperación de estas personas. Cabe señalar que los profesionales de la salud a pesar de la atención integral brindada al paciente crítico, la familia exige más por el desconocimiento y el apego que mantiene generando sufrimiento y desgaste

Número de código	Color	Significado
C1	Gris	Apego emocional del profesional
C2	Turquesa	Cuidados paliativos
C3	Fucsia	Experiencia del profesional de enfermería en cuanto al cuidado brindado en la UCI*
C4	Rojo	Estadía en la unidad
C5	Azul	Paciente que sabemos que tiene muy pocas posibilidades de salir
C6	Oro claro	Encarnizamiento terapéutico: Prolongación del proceso de la muerte de una persona con tratamientos fútiles
C7	Azul claro	Proceso de morir
C8	Verde claro	Medias utilizadas por los recursos humanos
C9	Azul grisáceo claro	Necesidad de calidad en la atención brindada
C10	Azul oscuro	Unidades de cuidados intensivos
C11	Verde	Falencia en la formación del profesional de enfermería
C12	Oro claro 80%	Muerte digna
C13	Azul claro 80%	La familia y el sufrimiento frente al encarnizamiento terapéutico
C14	Azul grisáceo	Sufrimiento del profesional de enfermería en los grupos etarios
C15	Anaranjado claro 80%	Valores humanos
C16	Anaranjado oscuro	Participación del profesional de salud y la familia en la distansia
C17	Rojo oscuro	Voluntad de Dios

¹Elaborado por Alisson Muñoz y Priscila Herrera

Tabla 1. Matriz de análisis: codificación y significado.

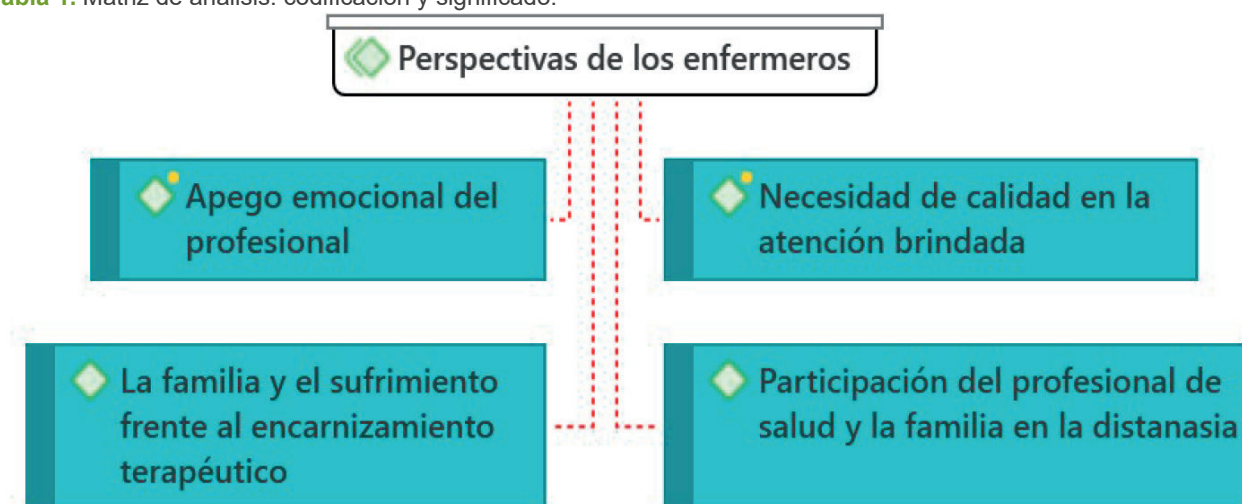


Figura 1. Categoría 1: perspectivas de los enfermeros (C1, C9, C13, C16). Atlas ti versión 2022.

Son representativos los siguientes testimonios: *El padre por su deseo de ver a su hijo salir de la UCI, a pesar del pronóstico médico desfavorable; él exige luchar hasta el final y que se le aplique a su hijo una serie de medidas que, aunque puedan causar sufrimiento sienten la esperanza de que van a salir con vida (...) los médicos prolongan los tratamientos para satisfacer y demostrar a los padres que se hizo todo (P1). Es consensuado entre los familiares y el médico que se haga todo lo posible para que su paciente salga (...) pero, en ocasiones*

es el familiar quien decide el tratamiento en contra de la voluntad del enfermo (P5).

El amor, el más básico pilar del cuidado que impulsa la cooperación, compromiso, solidaridad y benevolencia ante el cuidado brindado entre las personas sustentado por el valor ético; donde el cuidado rebasa toda la vida permitiendo el equilibrio de supervivencia mediante las dimensiones de trascendencia e inmanencia para el éxito en el planeta¹³⁻¹⁴.

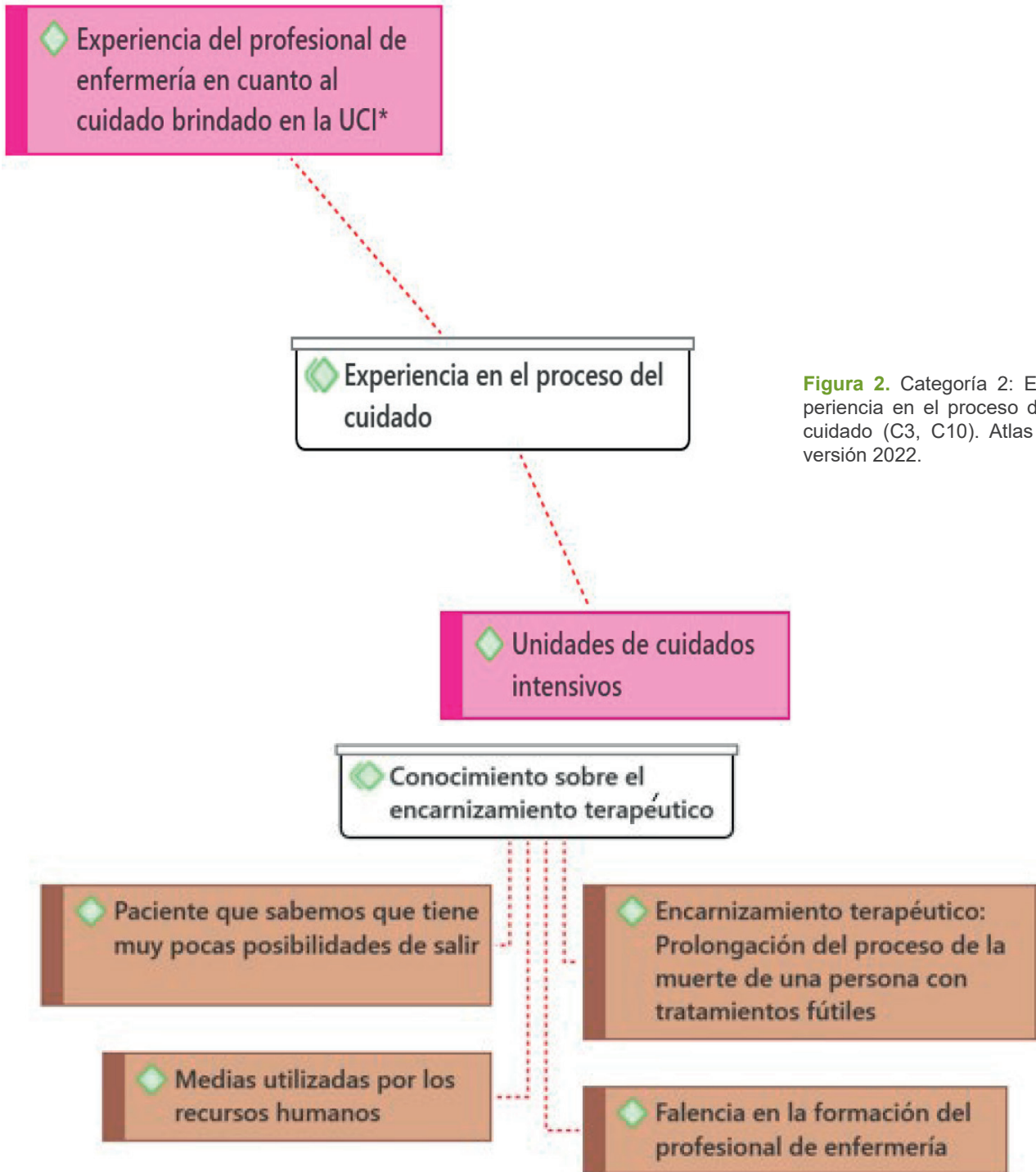


Figura 2. Categoría 2: Experiencia en el proceso del cuidado (C3, C10). Atlas ti versión 2022.

Figura 3. Categoría 3: Conocimiento sobre el encarnizamiento terapéutico (C5, C6, C8, C11). Atlas ti versión 2022.

Experiencia en el proceso del cuidado

Esta categoría responde al segundo objetivo determinar la percepción del enfermero en el proceso del cuidado de pacientes UCI con obstinación terapéutica. En el encarnizamiento terapéutico, los enfermeros desde su experiencia en las unidades de cuidados intensivos, han visibilizado la importancia de identificar las necesidades reales y sentidas del paciente para lograr la satisfacción y el alivio del sufrimiento de este.

A lo largo de la historia, estuvo presente la distanacia que adquiere en los últimos periodos una mayor preocupación en el profesional de la salud. Siendo los enfermeros

los protagonistas del cuidado, articulando los tres saberes: cognitivo, actitudinal y procedimental; desde el análisis crítico al paradigma tradicional médico positivista que se versa en el conocimiento científico y el parámetro biológico enfocado en la curación, convirtiéndose en una dependencia en nuestro quehacer.

Una revolución científica con cambio paradigmático del modelo biomédico por parte del profesional de enfermería donde la espiritualidad, los sentimientos y la voluntad del paciente se tienen en cuenta, dan una nueva orientación a los servicios de salud en dirección a la promoción de salud y prevención de enfermedades, robusteciendo el proceso

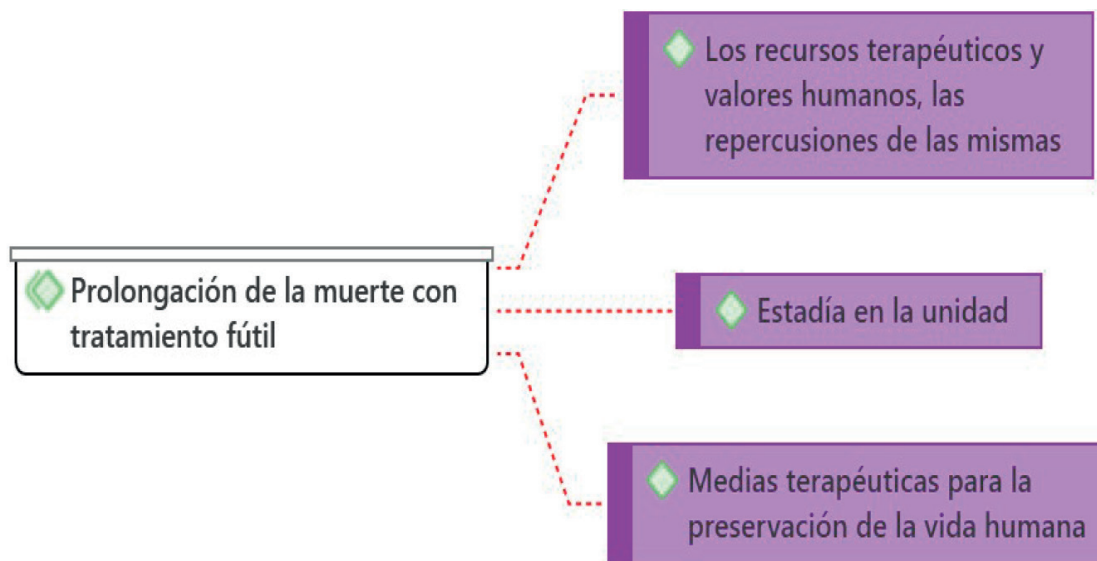


Figura 4. Categoría 4: Prolongación de la muerte con tratamiento fútil (C4, C15, C8) . Atlas ti versión 2022.

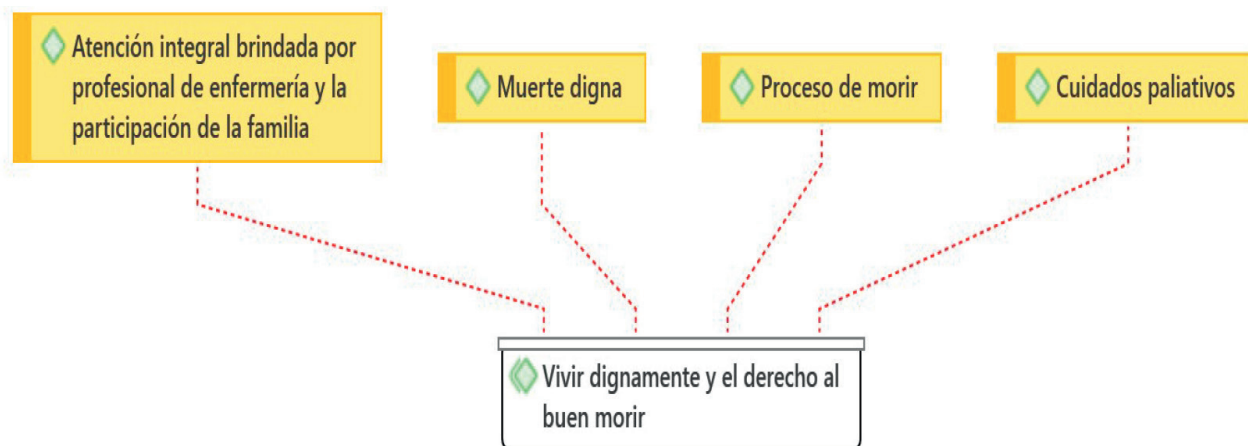


Figura 5. Categoría 5: Vivir dignamente y el derecho al buen morir (C16, C12, C7, C2). Atlas ti versión 2022.

del cuidado donde el enfermero brinda acciones independientes, teniendo en cuenta el método científico del Proceso de Atención de Enfermería. El correcto desempeño en la asistencia del cuidado del enfermo no debe ser visto únicamente como un implemento de los programas de salud, sino todo lo contrario, debe ser concebido como una experiencia que dignifique el proceso de salud/enfermedad del paciente y su familia, más aún en áreas críticas donde se prescinde garantizar un trato humanístico que va más allá de lo científico y lo racional dignificando el cuidado brindado del quehacer enfermero¹⁵. *Los enfermeros manifiestan una percepción favorable en consecuencia al bienestar físico y emocional, siendo representativo los siguientes relatos: El encarnizamiento es consensuado porque se considera a los familiares y el personal sanitario, donde estos son sinceros en informar el estado del paciente, no se toman decisiones a la ligera por nuestra parte y desconectar al paciente (P13). En algunas ocasiones se toma en cuenta al personal de enfermería y se proporciona el tratamiento hasta donde el paciente lo acepta, si éste ya no tiene posibilidades de recuperarse, se lo deja en manos de Dios (P14).*

Contrariamente a esta postura dos participantes afirmaron categóricamente: *Los médicos se reúnen y toman todos ellos una decisión y no, como enfermeros no nos permiten participar. Ellos son los que dictan las medidas en realidad, hablando previamente con el familiar (P11). El mantenimiento del paciente en UCI es acordado únicamente*

entre el doctor y los familiares, donde el facultativo nunca considera las opiniones del personal de enfermería (...). Los médicos se ensañan con los pacientes, sin reflexionar en las circunstancias (P7).

El legado histórico dado por Kuhn lleva a una visión integradora sustentada en la ciencia revolucionaria en la que la disciplina de enfermería rompe con los pensamientos tradicionales y con el modelo biomédico, estimulando el avance de nuestra profesión desde la perspectiva del acto del cuidado. Se requiere que la enfermería desarrolle un estado pre-paradigmático donde la revolución científica sea posible, cabe señalar que desde la visión de Kuhn acerca de las ciencias no es atribuible a los modos de correspondencia entre la teoría y la práctica de enfermería¹⁶.

Conocimiento sobre el encarnizamiento terapéutico

Este apartado se arraiga al tercer objetivo de la investigación que permite determinar la cognición de los enfermeros de UCI acerca del encarnizamiento terapéutico que se practica en su unidad. Durante las entrevistas se pudo determinar que existe un déficit de conocimientos acerca de la temática evidenciado por los testimonios de los participantes: *Con tal de dar una muerte digna, se prolonga muchas intervenciones que puedan favorecer al encarnizamiento terapéutico (P1). Es difícil aceptar como enfermeras que los cuidados paliativos que se le está dando a este paciente prolongan el sufrimiento (P4). No conozco el*



Figura 6. Categoría 6: Espiritualidad, Dios y resiliencia (C17, C15, C14). Atlas ti versión 2022.

tema de encarnizamiento terapéutico (P8), (P13) y (P14). Así como encarnizamiento terapéutico no conozco, pero sí sé lo que es distanasia y ésta se basa en los principios de bioética donde se incluyen la eutanasia, la distanasia, la beneficencia y la justicia. Que son principios fundamentales que debe reforzar el personal de enfermería en la toma de decisiones (P10).

Los testimonios exponen que, en Ecuador a pesar de la formación de tercer nivel, contar con diversas titulaciones y profesionales extranjeros; se desconoce la temática o la confunden con eutanasia y ortotanasia. Quienes son conocedores es en base al posgrado y consideran que esta práctica, al no ser regulada, es realizada deliberadamente en muchas de las ocasiones.

El conocimiento sobre encarnizamiento terapéutico es crucial en la práctica asistencial de cuidados intensivos, a pesar de la gran experiencia de los profesionales el 69.44% de enfermeros tienen conocimientos mínimos del tema, un 30.56% lo confunden con diferentes palabras referente a la muerte, 60% atendió la temática durante la maestría o ejerciendo en el área y el 25% considera que es una práctica que debe declinarse por la agonía que genera en todos los implicados⁴.

Prolongación de la muerte con tratamiento fútil

Esta categoría emerge de los testimonios de los participantes, se evidenció que la prolongación del proceso natural de la muerte aumenta la estadía en la unidad requiriendo recursos terapéuticos y humanos; cabe señalar que el proceso final de la vida en este tipo de pacientes le prolonga la agonía a los que son sometidos a tratamientos fútiles que no les otorga ningún bien. Se develan los siguientes testimonios, que hablan por sí mismos: *Al final, el resultado por mucho que se esfuerce y sacrifiquen el médico, enfermera y familiar; no se obtendrán respuestas, el paciente se va deteriorando cada vez más en vez de tener una muerte digna* (P10). *Se prolonga el sufrimiento debido a que el familiar del paciente se apega a la idea de luchar hasta el final, haciendo caso omiso de las recomendaciones del Comité de Ética y de los médicos, quienes intentan hacerles reflexionar que la calidad de vida que le brinda-*

rán a su pariente al salir de UCI será deplorable (P1). *Los avances tecnológicos han conllevado a que se prolongue la agonía del paciente (...) la electromedicina influye significativamente de forma negativa para que se produzca la distanasia* (P3).

En estos relatos se percibe que, los profesionales de enfermería identifican a la distanasia como un prolongamiento excesivo de la muerte, siendo el dolor, la agonía, el sufrimiento, la incertidumbre; una compañía no deseada. La futilidad médica/familia, no mantiene ni mejora la calidad de vida; el enfermero se adhiere a ellas al estar identificado con la esencia de la profesión “el cuidado” actividad que requiere del valor profesional y personal.

La muerte digna es un proceso natural de la vida que debe ocurrir sin someter a la persona a dolores innecesarios y acoplamiento mecánico evitando el sufrimiento, de este modo se respetarán y cumplirán los principios de la bioética. Las autoras también señalan la importancia de diferenciar la dignificación de la muerte de la eutanasia que consiste en acelerar el proceso natural de morir, así mismo manifiestan que es innecesario someter al paciente a procesos que no lo beneficiarán alargando la agonía¹⁷.

Vivir dignamente y el derecho al buen morir

La presente categoría surge de las aseveraciones de los participantes donde se superpone que la mejor manera de dar muerte digna a los pacientes, es proporcionando cuidados paliativos y garantizando así una atención integral por parte de los profesionales de enfermería. Asimismo, el enfermero cumple un rol indispensable en cada etapa de la vida de la persona, siendo la muerte una de ellas, y es preciso educar a los familiares para que participen en los cuidados, asegurando el cumplimiento del derecho al buen morir. Los participantes han declarado: *No nos enseñaron cómo enfrentar la muerte de los pacientes en UCI o como dignificar la misma y es algo doloroso ver a los familiares sufrir mientras el paciente está prolongando su deceso* (P3). *Yo considero que como enfermeros deberíamos conducir a los cuidados paliativos y garantizar una muerte digna en el paciente, siempre educando a la familia* (P5). *Como enfermeros profesionales debemos dar esa muerte digna a cada*

uno de los pacientes, protegiendo a su familia en esta etapa tan dolorosa (P6). No tenemos insumos y personal suficiente para mantener a los pacientes en la fase final de la vida y proporcionarles una muerte digna (P10).

Se puede garantizar una buena muerte mediante la aplicación de cuidados paliativos siendo necesario que los pacientes conozcan su condición y acepten la misma; con la finalidad de que sean capaces de tomar decisiones propias para respetar su principio de autonomía. Cabe señalar que educar al familiar facilita la toma de decisiones terapéuticas garantizando así el bien morir¹⁸.

Espiritualidad, Dios y resiliencia

Las creencias de los familiares trazan un importante camino para la aplicación de la distanacia, favoreciendo el apego al encarnizamiento terapéutico y la negación del proceso natural de la muerte, siendo los profesionales testigos del sufrimiento y la agonía de estos pacientes. La comunicación efectiva se hace imprescindible en la toma de decisiones ya que suele ser difícil aceptar el diagnóstico médico y la conducta a tomar por el estado de irrecuperabilidad, resignándose a la voluntad de Dios con la finalidad de no extender el sufrimiento del mismo. Siendo representativas las siguientes narraciones: *Cuando nos encontramos frente a un diagnóstico irreversible sólo sedamos al paciente para que se vaya tranquilo con la voluntad de Dios. No apresuramos ni retrasamos el proceso, pese a que los familiares mantienen la esperanza de recibir una noticia alentadora que no llegará* (P12). *Considero importante ponerse al lado del prójimo, cada vez que ingreso a la UCI siento nervios y oro, porque enfrentarse a la muerte día con día es bastante difícil, más aún cuando se trata de un paciente muy joven* (P14).

El encarnizamiento terapéutico representa todo lo contrario a brindar una muerte digna, pues el paciente es sometido a un sufrimiento innecesario, la distanacia es causada por varios factores como el avance en las tecnologías y ciencias médicas, la preparación del personal de salud, las diferentes creencias religiosas y las decisiones que tome la familia misma que se apega muchas veces al encarnizamiento terapéutico, rehusándose a aceptar el estado real de su familiar¹⁹. Por todo lo antes descrito en el presente estudio se visibiliza la importancia de investigar a profundidad la temática fundamentada en su diversa terminología al percibir la deficiente información que existe entorno al encarnizamiento terapéutico por parte de los profesionales de enfermería de tercer y cuarto nivel que laboran en las unidades de cuidados intensivos frente a las situaciones complejas que experimentan con el paciente, sus familiares y otros miembros del equipo de salud.

Conclusiones

El estudio desarrollado permitió analizar las perspectivas de los profesionales de enfermería frente al encarnizamiento terapéutico. La primera categoría devela la calidad de la atención brindada, así como el apego emocional del profesional sanitario, mostrando cualidades del profesional durante el acompañamiento al paciente en esta etapa difícil de la vida, siendo necesario la identificación de los sentimientos y su desvinculación de los mismos con sus competencias laborales para garantizar el más alto nivel de calidad de atención sin recaer en la prolongación del sufrimiento.

La segunda categoría expone la labor de enfermería, misma que se rige a las indicaciones médicas sin contar en la mayoría de ocasiones con una postura permanente donde el enfermero delibere junto al médico, paciente/familia; la situación, cuidados y evolución del enfermo, generándose de esta forma el encarnizamiento terapéutico sin estar conscientes de lo que implica aquello. Se reconoce en sentido desfavorable el no tener en cuenta la opinión del enfermero, siendo éste un ente esencial de la atención, implicado en su totalidad en el cuidado, protección y defensoría de los derechos de los pacientes para que cursen su muerte con dignidad.

La tercera categoría comprende aspectos del saber cognitivo del profesional de enfermería sobre el proceso del cuidado, destacándose la identificación de las necesidades del paciente, teniendo en cuenta la formación de este profesional con la finalidad de adquirir habilidades actitudinales y procedimentales en relación con el encarnizamiento terapéutico. Cabe señalar que uno de los aspectos significativos en los testimonios de los participantes es el desconocimiento conceptual sobre bioética, distanacia, eutanasia y ortotanasia; siendo esto una responsabilidad propia de la auto preparación y consiguientemente de las Instituciones de Salud donde laboran, para generar cambios paradigmáticos que pasen del modelo biomédico al modelo biopsicosocial.

La sexta categoría comprende un abanico sobre los aspectos de espiritualidad, Dios y resiliencia; destacándose la capacidad que poseen los seres humanos de superponerse a los problemas y poder encontrar una salida, hace que este se motive ante un nuevo despertar satisfaciendo así las necesidades para un bienestar espiritual, siendo este un factor imprescindible desde la mirada recipiente. La articulación de la espiritualidad y resiliencia se hace necesaria, principalmente en los profesionales de la salud que brindan cuidados al paciente en fase terminal para, potencializar la capacidad de afrontamiento centrada en la dimensión emocional y en el problema causal; favoreciendo el bienestar biopsicosocial del paciente/familiar/enfermero.

Referencias bibliográficas

1. Gutiérrez Samperio C. ¿Qué es el encarnizamiento terapéutico? General Cirujano [Internet]. 2016;38(3):121–2. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.35366/70342>
2. Cruz OAC, Pacheco HLH, Savoff RAN, Wood SWB. Dilemas éticos en la práctica clínica en las unidades de cuidados intensivos y paros cardiorrespiratorios. Revista Médica Hondureña. 2019;87(1):33-37. Recuperado de: <https://lamjol.info/index.php/RMH/article/view/11936/13811>
3. Sofía AI, Castro R, Salvador R, Fonseca S, Elena C, Magadan F, et al. Percepción familiar de enfermos terminales sobre la distanacia y ortotanasia en la atención primaria. Ciencias básicas biomédicas Cibamanz [Internet]. 2020. Disponible en: <http://www.cibamanz2020.sld.cu/index.php/cibamanz/cibamanz2020/paper/viewFile/184/120>
4. Davila M, Yrene N. Estudio de la distanacia desde la percepción del personal médico y de enfermería de los servicios de emergencia y cuidados intensivos del hospital III Yanahuara de EsSalud. Arequipa – 2018. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. [Internet]. 2020. Recuperado de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/12214>
5. Gualán Guajala GF, Elizalde Ordoñez H, Peláez Abad MA, Torres Luzón DT. Knowledge and differentiation of euthanasia, orthotanasia and distanacia in the nursing care practice of terminal patients. Ocronos. [Internet]. 2019. Disponible en: <http://bitly.ws/LJ2z>

6. Martínez-Villalba JCR. Eutanasia y distanasia: dos extremos opuestos. Memorias y Boletines de la Universidad del Azuay [Internet]. 2018; (74-89). Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/6002/600263450004/>.
7. Do Prado M, de Souza M, Monticelli M, Cometto M, Gómez P. Investigación cualitativa en enfermería: metodología y didáctica. Washington, DC: Serie PALTEX Salud y Sociedad; 2013. Disponible en: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51587/9789275318171_spa.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
8. Troncoso-Pantoja C, Amaya-Placencia A. Entrevista: guía práctica para la recolección de datos cualitativos en investigación de salud. Rev Fac Med Univ Nac Colomb [Internet]. 2017; 65(2):329–32. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v65n2.60235>
9. Hernández S, Fernández C, Baptista M. Metodología de la investigación. 6th ed. Mexico: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.; 2014. p. 1-600.
10. Corona J, Maldonado J. Investigación Cualitativa: Enfoque Emic-Etic. Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas [Internet]. 2018; 37(4):1-4. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S08643002018000400022&script=sci_arttext&lng=en.
11. Colaizzi P. Psychological research as the phenomenologist views it. In R. Valle & M. King (Eds.), Oxford University Press, New York. Disponible en (1978). <https://philpapers.org/rec/COLPRA-5>.
12. Hanna Ruz V. Obstnación terapéutica y su límite con la ética: ¿cuándo detenerse? Rev Chil Anest [Internet]. 2021; 50(1). Disponible en: https://thaddeuspope.com/images/Ruz_-_Rev_Chil_Anest_2021_FUT_policy.pdf
13. Boff L. Saber Cuidar: Ética do humano - compaixão pela terra. Petrópolis RJ: Vozes; 2002.
14. Boff L. Saber cuidar- ética humana compasión por la tierra. Rio de Janeiro, Brasil: Petropoliz Vozes; 2004.
15. Enf L, Niurka R, López M, Trad N, Ileana L, León M, et al. Cuidados paliativos en personal de enfermería. Manzanillo Palliative care in nursing personnel. Revista Médica. Granma [Internet]. 2018. 22(1), 91-103 Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/multimed/mul-2018/mul181h.pdf>
16. Daza, LA; Ladino, LE. Enfermería: ¿Ciencia Normal o Ciencia Revolucionaria? Enfermería universitaria. 2018;15(2):184-198. Disponible en: <https://doi.org/10.22201/eneo.23958421e.2018.2.65175>.
17. Sáiz Cano, V., Montes Alonso, M., & González García, A. UNA MUERTE DIGNA: Revisión bibliográfica. [Internet]. 2020. Disponible en: <https://congresosfnn.com/wp-content/uploads/2020/04/iii-final-de-la-vida/iii-fvida-comunicacion-es-crita/UNAMUERTEDIGNA.pdf>.
18. Lima MA, Manchola-Castillo C. Bioética, cuidados paliativos e libertação: contribuição ao “bem morrer”. Rev Bioét [Internet]. 2021Apr;29(2):268–78. Available from: <https://doi.org/10.1590/1983-80422021292464>
19. Montenegro Chamorro CD, Maldonado Cando FM. Adecuación del esfuerzo terapéutico orientado hacia un buen morir. Metro Ciencia [Internet]. 2021; 29(4):9–15. Available from: <http://dx.doi.org/10.47464/metrociencia/vol29/4/2021/9-15>

CLINICAL REPORT / REPORTE DE CASO

Exéresis de timoma gigante adherido al pericardio y pulmón izquierdo

Exeresis of giant thymoma attached to the pericardium and left lung

Osvaldo Valdés Dupeyrón^{1,2}, Gino Alvia Del Castillo¹, Lidia Espinales-Casanova², Alejandro Villar Inclan³, José Vicente Aveiga Zambrano³, Gina Antonella Alvia Salvador¹, Javier González Robles², Juan Carlos Suarez Fernández² DOI. 10.21931/RB/2023.08.03.3

¹ Departamento de Cirugía, Hospital General Verdi Cevallos, Portoviejo, Manabí, Ecuador.

² Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

³ Departamento de Cirugía Cardiovascular, Hospicor, Manta, Manabí, Ecuador.

Corresponding author: osvaldovaldesdupeyron@gmail.com.

Resumen: El timoma es una condición poco común, caracterizada por ser la neoplasia más frecuente del mediastino anterior. Clásicamente aparece como una masa tumoral bien delimitada, lobulada y encapsulada por una cápsula fibrosa. Femenina de 46 años de edad con diagnóstico de timoma mediante biopsia por aspiración. La cirugía se procedió mediante incisión esternal media. La localización hacia la izquierda del tumor precisó colocar el separador de arteria mamaria para lograr mejor exposición. Se liberó el tumor de adherencias al pericardio, pulmón y pleura izquierda. Se realizó ligadura de vasos sanguíneos a nivel del tronco venoso braquicefálico izquierdo, pericardio y en región antero medial relacionado con vasos tímicos. Se logró extracción total del tumor con excelente evolución posquirúrgica.

Palabras clave: Tumor de tórax, timoma, esternotomía media.

Abstract: Thymoma is an uncommon condition characterized by being the most frequent neoplasm of the anterior mediastinum. It classically appears as a well-demarcated, lobulated tumor mass encapsulated by a fibrous capsule. A 46-year-old female was diagnosed with thymoma by aspiration biopsy. Surgery was performed through a median sternal incision. The left location of the tumor required the placement of the mammary artery retractor to achieve better exposure. The cancer was freed from adhesions to the pericardium, lung and left pleura. Blood vessel ligation was performed at the level of the left brachycephalic venous trunk, pericardium and in the medial anterior region related to thymic vessels. Total removal of the tumor was achieved with excellent postoperative evolution.

Key words: Chest tumor, thymoma, median sternotomy.

Introducción

Las neoplasias epiteliales tímicas son tumores malignos de baja incidencia que surgen de la glándula timo. Estas neoplasias incluyen el timoma, carcinoma y tumores neuroendocrinos¹.

El timoma es una condición poco común, caracterizada por ser la neoplasia más frecuente del mediastino anterior². Clásicamente aparece como una masa tumoral bien delimitada, lobulada y encapsulada por una cápsula fibrosa.

La incidencia máxima se encuentra en pacientes de 50 a 60 años de edad, con hombres y mujeres igualmente afectados³. Este tipo de neoplasia es de crecimiento lento, que en ocasiones puede mostrar características agresivas como invasión de estructuras mediastínicas adyacentes, metástasis en pleura y pericardio.

El manejo requiere un abordaje multidisciplinario que incluye cirujano, oncólogo, radioterapeuta y radiólogo. Las opciones tratamiento son diversas, con la resección quirúrgica completa siendo un factor pronóstico importante para el timoma resecable en estadios tempranos⁴.

realizó diagnóstico de timoma por biopsia por aspiración. La paciente presentó derrame pericárdico durante dicho procedimiento por lo que decidió mantener tratamiento conservador por el riesgo de la cirugía. Hace 3 meses, en consulta con su cirujano torácico se repite tomografía de tórax que demostró crecimiento del tumor (figura 1, 2 y 3). Por las dimensiones del timoma se descartó la posibilidad de exéresis del tumor por vía laparoscópica. Se interconsulta a cirugía cardiovascular para valorar realización de cirugía abierta entre ambas especialidades mediante esternotomía media (EM). Los estudios de laboratorio mostraron normalidad; incluidos marcados anticuerpos del receptor acetil colina, MuSK y Lrp4 y tiroquinasa. La tomografía axial computarizada (TAC) de tórax mostró masa tumoral de aproximadamente 10 centímetros de diámetro localizada en mediastino anterior hacia la izquierda de la línea media con adherencias a cartílagos costales, pericardio y pleura izquierda (Figura 1 y 2).

Cirugía

Se realiza EM por la localización del tumor, se decide colocar separados de arteria mamaria para exponer mejor el timoma que se localiza a la izquierda de la línea media.

Caso clínico

Femenina de 46 años de edad que hace tres años se

Citation: Valdés Dupeyrón O, Alvia del Castillo G, L Espinales-Casanova, Villar Inclan A, Aveiga Zambrano J V, Alvia Salvador G A, González Robles J, Suarez Fernández. J C. Exeresis de timoma gigante adherido al pericardio y pulmon izquierdo. Revis Bionatura 2023;8 (3) 3. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.3>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** 15 July 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Se libera el tumor de adherencias al pericardio (figura 3), pulmón y pleura izquierda. Se realiza ligadura de vasos sanguíneos relacionados con el tumor a nivel del tronco venoso braquiocefálico izquierdo, lateral izquierdo del pericardio muy cercano al nervio frénico y en región antero-medial relacionado con vasos tímicos. Durante la manipulación presentó episodios de taquicardias supraventriculares que cesaban con la liberación del tumor. Después de lograr atraer el tumor hacia la línea media se mejoró el acceso y se realiza coagulación de adherencias laxas con pulmón y pleura izquierda (figura 4). Se termina la extracción del timoma (figura 5) con la sección de vasos cercanos al tronco venoso braquiocefálico que se había ligado previamente. Se revisa hemostasia. Se dejan dos drenajes en pleura izquierda y mediastino. Cierre de hueso esternón, tejido celular subcutáneo y piel. Se realiza extubación a las 2 horas. A las 24 horas se retiran drenajes torácicos y al cuarto día se indicó alta médica, incorporándose a su trabajo un mes posterior a la cirugía.

Biopsia del tumor

Procedimiento: Timectomía.
Dimensiones: mayor (11,5); adicionales (8x7 cm).
Tipo histológico compatible con: Timoma tipo A atípico
Invasión transcapsular: ausente.
Extensión del tumor: no sobrepasa la capsula.

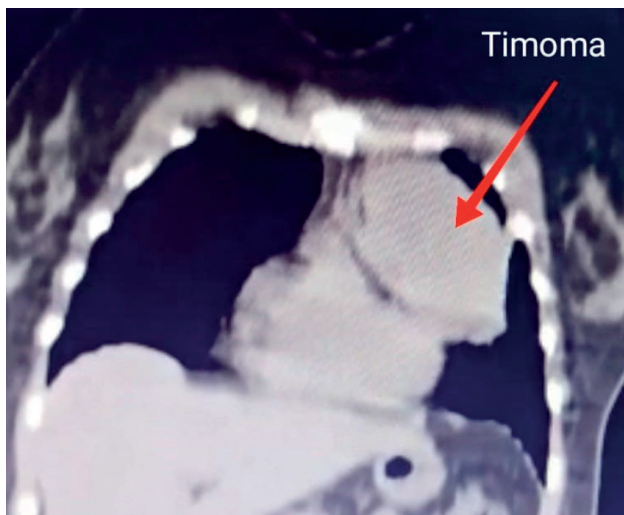


Figura 1. TAC de tórax: Imagen del timoma con adherencias a pericardio, esternón y cartílagos costales.

Márgenes: libres de tumor. Distancia 1 milímetro.
Invasión linfovascular: no identificado.

Discusión

Aproximadamente el 50 % de los timomas se detectan de manera incidental en pacientes asintomáticos en un examen de imágenes del tórax³ Cuando los síntomas están presentes, generalmente se deben a efectos locales de la neoplasia maligna, incluida la compresión e invasión de estructuras adyacentes, lo que puede provocar disfagia, parálisis diafragmática o síndrome de la vena cava superior⁵. Se ha informado que casi un tercio de los pacientes informan dolor torácico, disnea o tos. Los síntomas obstructivos como dificultad para respirar, dolor torácico, ronquera y disfagia están relacionados con el progreso de la enfermedad².

El síndrome de vena cava superior y la pérdida de peso ocurren con tumores más agresivos. Algunos pacientes pueden tener otra enfermedad autoinmune sistémica, como miastenia grave o, con menor frecuencia, hipogammaglobulinemia y aplasia pura de glóbulos rojos⁶.

El examen de rayos X de tórax se recomienda para la detección temprana de este tipo de tumores, mientras que la tomografía computarizada (TC) de tórax con contraste intravenoso es el estudio de elección para visualizar diferentes tejidos y la posible afectación de estructuras adyacentes⁴.

El cuadro clínico y las decisiones se fundan en la etapa de la enfermedad. La estadificación del timoma se

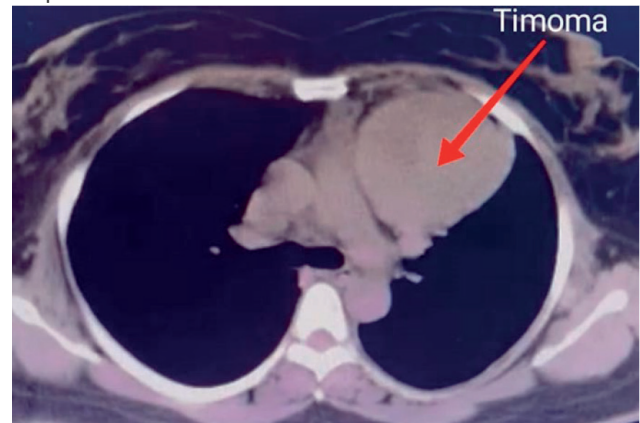


Figura 2. TAC de tórax: Imagen del timoma con plano de clivaje a la arteria pulmonar, esternón y cartílagos costales.

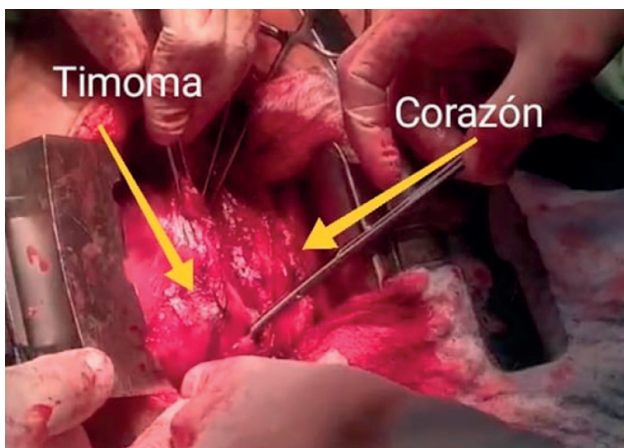


Figura 3. Imagen quirúrgica del timoma con adherencias al pericardio.

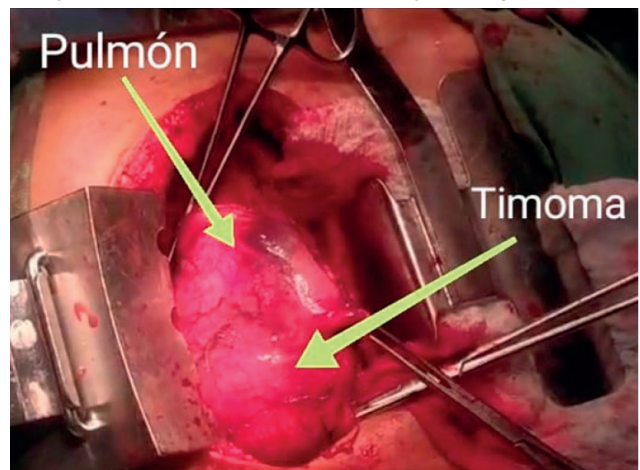


Figura 4. Imagen quirúrgica del timoma con adherencias a pleura y pulmón.

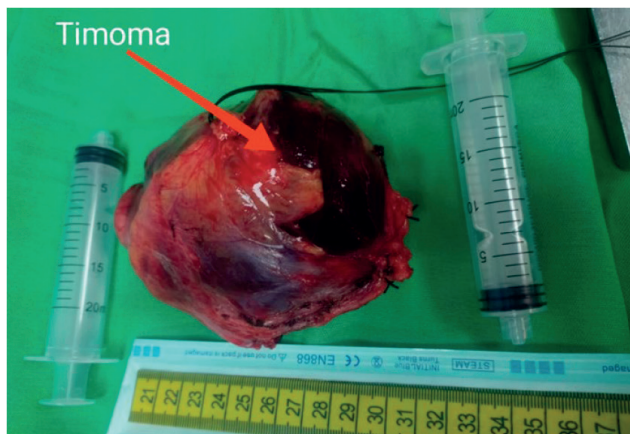


Figura 5. Imagen quirúrgica de timoma en mesa quirúrgica; dimensiones (11 x 9 centímetros).

fundamenta convencionalmente en los sistemas de estadiación de Masaoka o Masaoka-Koga, siendo este último recomendado recientemente por el International Thymic Malignancy Interest Group⁷.

El sistema de clasificación histológica de la Organización Mundial de la Salud es la clasificación más utilizada. Se basa en la apariencia histológica y se correlaciona con la probabilidad de invasividad y, por lo tanto, con la estadiación⁵. El tipo A y el tipo AB suelen ser clínicamente benignos y encapsulados, el tipo B tiene mayor probabilidad de ser invasivo, especialmente el tipo B3, y el tipo C casi siempre es invasivo.

La intervención quirúrgica es el tratamiento más crítico para el timoma y un factor pronóstico importante para los pacientes con diagnóstico precoz.

Desde su inicio hace 2 décadas, la esternotomía mediana ha sido reconocida como el método estándar de oro para el tratamiento de todos los tipos y estadios de los timomas⁸. Las técnicas quirúrgicas mínimamente invasivas, incluida la cirugía asistida por video y asistida por robot, se han desarrollado rápidamente como una alternativa a la cirugía abierta tradicional⁹.

La toracotomía anterolateral con esternotomía transversa, conocida como incisión de Clamshell, es otro abordaje que ha sido asociado a mejores resultados en la resección de timomas gigantes que se extienden a cavidad pleural, ya que ahorra tiempo y disminuye morbilidad¹⁰.

En comparación con la cirugía de abordaje abierto tradicional, la técnica mínimamente invasiva tiene mejor efecto cosmético, recuperación más rápida de la función pulmonar, reducción del trauma quirúrgico, duración de estancia hospitalaria y complicaciones⁹. Sin embargo, persiste controversia sobre las indicaciones de abordajes mínimamente invasivos por la necesidad de mayores estudios que evalúen su efectividad. En el presente estudio, se descartó el tratamiento de mínima invasión debido al tamaño del tumor y la presencia de múltiples adherencias a estructuras vecinas.

Conclusiones

La esternotomía media se considera una vía de abordaje adecuada en el tratamiento quirúrgico de tumores del mediastino anterior, que permite la exéresis total de tumor y restos de la glándula timo, además de tener control sobre el corazón en caso de accidentes quirúrgicos o arritmias complejas.

Contribuciones de los autores

Conceptualization, Osvaldo Valdés Dupeyrón. and Gino Alvia Del Castillo; validation, Lidia Espinales-Casanova., Osvaldo Valdés Dupeyrón.; investigation, Lidia Espinales-Casanova.; resources Alejandro Villar Inclan.; writing—original draft preparation, Javier González Robles.; writing—review and editing, José Vicente Aveiga Zambrano.; visualization, Gina Antonella Alvia Salvador1.; supervision, Juan Carlos Suarez Fernández All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Financiamiento

This research received no external funding.

Informed Consent Statement

Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Conflictos de Interés

The authors declare no conflict of interest.

Referencias bibliográficas

1. Shah F A, Greene N, Purut C (January 25, 2021) Thymoma Presenting as a Pleural-Based Mass. *Cureus* 13(1): e12901. doi:10.7759/cureus.12901.
2. Suryaman R, Djajalaksana S, Setyawan U, Wardhana K, Erawati D, Yudhanto H. Thymoma (Case Report): Importance of Comorbidity, Lifestyle, and Thymoma Size in Treatment Success. *Malang Respiratory Journal* 2022;4(2):251–64. DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.mrj.2022.004.02.4>.
3. Mathiselvan N, Irusen EM, Koegelenberg CFN. Thymoma: A case report and update. *African Journal of Thoracic and Critical Care Medicine* 2019;25(1):28–9. doi: 10.7196/SARJ.2019.v25i1.229. PMID: 34286242; PMCID: PMC8278991.
4. Bouardi N El, Haloua M, Lamrani YA, Boubbou M, Maaroufi M, Alami B. Pleural thymoma: A rare cause of pleural mass. About one case. *Radiol Case Rep* 2022;17(3):794–7. doi: 10.1016/j.radcr.2021.12.019. PMID: 35024078; PMCID: PMC8732332.
5. Robinson SP, Akhondi H. Thymoma. [Updated 2022 July 18]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559291/>
6. Miyamoto K, Acoba JD. Thymomas and Thymic Carcinomas: A Review on Pathology, Presentation, Staging, Treatment, and Novel Systemic Therapies. *EMJ Respiratory* 2017;100–7. doi.org/10.33590/emjrespir/10310358.
7. Miyashita Y, Kanou T, Ishida H, Fukui E, Ose N, Funaki S, et al. Prognostic impact of tumor volume in patients with complete resection of thymoma. *Thorac Cancer* 2022;13(7):1021–6. doi: 10.1111/1759-7714.14353. Epub 2022 February 15. PMID: 35166441; PMCID: PMC8977177.
8. Novellis P, Veronesi G, Raffeeq Z, Alloisio M. Thymoma surgery: extreme surgical indications. *J Thorac Dis*. 2019 Jul;11(7):2695-2699. doi: 10.21037/jtd.2019.06.63. PMID: 31463095; PMCID: PMC6688007.
9. Tianci C, Shen Z, Chen S, Lin Y, Gao L, Zhang Z, Kang M, Lin J. Median sternotomy versus minimally invasive thymectomy for early-stage thymoma: A systematic review and meta-analysis protocol. *Medicine (Baltimore)*. 2019 Dec;98(51):e18359. doi: 10.1097/MD.00000000000018359. PMID: 31860993; PMCID: PMC6940122.
10. Daoud D, Darwish B, Zahra S, Qaddoura M. Giant thymoma presenting as a large bilateral intrathoracic mass: A case report and a comparison between median sternotomy and hemi-clamshell approach. *Ann Med Surg (Lond)*. 2021 September 13;70:102859. doi: 10.1016/j.amsu.2021.102859. PMID: 34584686; PMCID: PMC8455

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Aislamiento y caracterización de cepas nativas de *Trichoderma* en la provincia de Tungurahua, Ecuador

Isolation and characterization of native strains of *Trichoderma* in Tungurahua province, Ecuador

Leiva-Mora Michel^{1*}, Natalys Solis², Alfredo Jiménez González³ and David Anibal Guerrero Cando²

DOI. 10.21931/RB/2023.08.03.5

¹Laboratorio de Biotecnología, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.³Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador.Corresponding author: m.leiva@uta.edu.ec.

Resumen: El presente trabajo tuvo como objetivo aislar y caracterizar cepas de *Trichoderma* de la provincia de Tungurahua en Ecuador. Se usaron cuatro métodos de aislamiento, siendo el método de diluciones seriadas a partir de muestras de suelo donde mayor cantidad de aislados de *Trichoderma* se obtuvo. El diámetro de las hifas, diámetro de conidios y longitud de fiálides fueron muy similares entre los cuatro aislados y concuerdan con los informados para este género. Los conidióforos fueron ramificados, apariencia seca, forma de elipsoidal a esférica. Las paredes de los conidios fueron lisas, incoloros a verdes. Las fiálides en forma de botellas se observaron en todos los aislados.

Palabras clave: Conidio, colonia, fiálide, hongos, morfología.

Abstract: The present work aimed to isolate and characterize native strains of *Trichoderma* from Tungurahua, Ecuador. Four methods were used for isolation, the serial dilutions from soil samples being the one that allowed the most significant amount of *Trichoderma* isolates to be obtained. The diameter of the hyphae, the diameter of the conidia, and the length of the phialides were very similar among the four *Trichoderma* isolates. The conidiophores were branched with a dry appearance, ellipsoidal to spherical shape. The walls of the conidia were smooth. The conidia were colorless to green. Bottle-shaped phialides were observed in all isolates.

Key words: Conidia, colony, fungi, morphology, phialide.

Introducción

Trichoderma es un hongo filamentoso de la clase ascomicete, habitante del suelo donde produce numerosos conidios unicelulares¹. En los suelos existe una gran diversidad de especies de este género, motivo por el cual muchos aislamientos se realizan a partir de este recurso natural². Varias especies de *Trichoderma* aisladas a partir de muestras de suelo tienen aplicaciones en la industria y particularmente en la agricultura³. Desde el punto de vista bioecológico las especies de *Trichoderma* colonizan a diferentes especies de plantas de interés agrícola y en muchos casos ofrecen efecto protector contra enfermedades⁴.

Las especies de *Trichoderma* actúan como hiperparásitos competitivos mediante la producción de metabolitos antifúngicos y enzimas hidrolíticas que provocan daños estructurales de la pared celular, vacuolización, granulación, desintegración del citoplasma y lisis celular de los hongos fitopatógenos que controlan⁵. En numerosos cultivos el uso de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* ha permitido disminuir entre 10 y 13% de incidencia de hongos fitopatógenos del suelo en comparación con la no aplicación de los mismos⁶.

Varios estudios relacionados con el bicontrol de agentes fitopatógenos del suelo han cifrado sus esperanzas en el uso de cepas nativas recuperadas del suelo⁷, la rizósfe-

ra⁸ e incluso de la endosfera de las raíces de plantas de interés económico⁹. En el cultivo de cebolla igualmente para el control de la pudrición blanca de la cebolla se han realizado esfuerzos por aislar cepas de *Trichoderma* con capacidad bicontroladora¹⁰.

En el cultivo de cebolla en Ecuador la pudrición blanca causada por *Stromatinia cepivora* (Berk.) Whetzel causa severos daños a los productores de la provincia de Tungurahua. El presente trabajo tuvo como objetivo principal aislar mediante cuatro métodos y caracterizar cultural y morfológicamente cepas nativas de *Trichoderma* en la provincia de Tungurahua, Ecuador.

Materiales y métodos

Método 1. Inclusión de raíces a partir de plantas sanas

De condiciones de campo se tomaron raíces de plantas sanas que se encontraban cercanas a plantas enfermas. En condiciones de laboratorio se lavaron en agua corriente durante 10 minutos, posteriormente fueron desinfectadas en hipoclorito de sodio al 5 % durante 5 minutos. Luego fueron lavadas 2 veces en agua desionizada estéril. Pos-

Citation: Mora Michel L, Solis N, Jiménez González A, Guerrero Cando D A. Aislamiento y caracterización de cepas nativas de *Trichoderma* en la provincia de Tungurahua, Ecuador. *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 5. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.5>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** 15 July 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



teriormente en condiciones de flujo laminar en un plato metálico de 20 cm de diámetro se seccionaron las raíces con la ayuda de un bisturí estéril en fragmentos de 5 mm. Finalmente dichos fragmentos fueron incluidos mediante aguja de inoculación en el medio de cultivo Agar Rosa Bengala.

Método 2. Cebo utilizando fragmentos de coco

Se tomaron frutos secos de *Cocus nucifera* L. de la variedad gigante. Los frutos fueron cortados por la mitad y fueron colocados a 5 cm de profundidad en condiciones de campo. Se dejaron durante 21 días y posteriormente fueron colectados y trasladados hacia el laboratorio en una nevera de Pilietilurano que contenía bolsas de hielo. En el laboratorio se colocaron en una bandeja metálica de 5 L y de las porciones con crecimiento verde se tomaron fragmentos de micelio y se transfirieron mediante aguja de inoculación a cajas de Petri que contenían 25 mL del medio de cultivo Agar Rosa Bengala y se incubaron a 25°C.

Método 3. Cebo preparado a partir de arroz cocinado con melaza y harina de pescado

Se colocó 250 g de arroz cocinado sin sal, dos cucharadas de melaza y dos cucharadas de harina de pescado y se cocieron durante 20 minutos. Posteriormente se colocaron 100 g de esta mezcla en el fondo de un recipiente plástico de 500 mL de capacidad y se le colocó como cubierta una Malla de criba fina de plástico (HDPE) extruido de alta calidad de 120 Mesh. Los recipientes fueron colocados en hoyos de 20 cm de profundidad en el suelo.

Método 4. Método de diluciones seriadas a partir de muestras de suelo.

Se pesaron 10 gramos de muestra de suelo en una bolsa de Stomacher, previamente etiquetada, y se mezclaron con 90 mL de agua de triptona al 0,1%. Y se homogeneizó durante 1 a 3 minutos. A partir de la dilución inicial, se prepararon diluciones decimales seriadas, tomando 1 mL de la dilución 10-1 y descargándolo en 9 mL de agua de triptona al 0,1% y así, sucesivamente hasta llegar a la dilución de 10-5. Cada dilución en tubos de ensayo se sometió a una agitación vigorosa mediante un agitador mecánico tipo Vortex.

El contenido de los tubos de ensayo correspondientes a las diluciones a partir de las diluciones de 10-3, 10-4 y 10-5 fue vertido en cajas de Petri que contenían 25 ml del medio de cultivo Agar Rosa Bengala con Cloranfenicol. Posteriormente el exceso de líquido de las cajas de Petri fue decantado y las cajas de Petri se colocaron en incubadora durante 7 días a 25°C. Las colonias con aspectos culturales similares a *Trichoderma* fueron transferidas a nuevas cajas de Petri que contenían 25 ml del medio de

cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA) e incubadas durante 7 días a 25°C.

Para la caracterización morfológica de los aislados se tomaron en cuenta los criterios referidos por Siddiquee (2017)¹¹.

Resultados y discusión

Método 1. Inclusión de raíces a partir de plantas sanas

Con el método de inclusión de raíces en el medio de cultivo Agar Rosa Bengala no se pudo recuperar de las muestras analizadas cepas de *Trichoderma*. Los géneros de hongos que más prevalecieron con este método fueron *Fusarium* y *Penicillium* (figura 1). Estos resultados no coinciden con los informados por Abdelrahman et al., 12 quienes lograron obtener aislados de *Trichoderma longibrachiatum* a partir de fragmentos de raíces de cebolla sanas, los cuales mostraron actividad antifúngica in vitro frente a *Fusarium oxysporum* f. sp. cepa.

Método 2. Cebo utilizando fragmentos de coco

Al cabo de los 14 días se observaron numerosas colonias con crecimiento filamentososo y coloraciones que variaron desde el verde claro, verde oscuro, blanco al gris. Cuando se realizaron análisis bajo el microscopio prevaleció el género *Penicillium* pero no se logró obtener colonias del género *Trichoderma* (figura 2). En relación con la selectividad del coco para la captura de especies de *Penicillium* sp. nuestros resultados son similares a los obtenidos por Cortés-Rivera¹³.

Método 3. Cebo preparado a partir de arroz cocinado con melaza y harina de pescado

Mediante el uso de tarrinas con sustrato de arroz, melaza y harina de pescado se comenzaron a observar la formación de colonias verdes, amarillas y blancas a partir de los 7-10 días. Con el presente método solo se obtuvo un aislado de *Trichoderma* (P5M1) pues la mayor parte de las tarrinas poseían colonias de *Penicillium* y *Aspergillus* que impidieron obtener aislados puros de *Trichoderma* (figura 2).

Método 4. Método de diluciones seriadas a partir de muestras de suelo

Con este método se obtuvieron 3 aislados (P10M2, P4M2 y P6M3) de *Trichoderma* (figura 3).

Nuestros resultados fueron similares a los obtenidos por Cubillos et al. (2014) quienes a partir de sustratos enriquecidos con arroz pudieron aislar exitosamente cepas de



Figura 1. Colonias de hongos filamentosos de los géneros *Fusarium* y *Penicillium* obtenidas mediante el método de inclusión de raíces en medio de cultivo Agar Rosa Bengala a partir de plantas sanas de cebolla.



Figura 2. Presencia de colonias de hongos filamentosos en tarrinas a los 10 días de colocadas en campo. Aislado de *Trichoderma* (P5M1) obtenido a partir de colonia de color verde oscuro.



Figura 3. Colonias de aislados de *Trichoderma* (P10M2, P4M2 y P6M3) obtenidos mediante método de diluciones seriadas a partir de muestras de suelo y crecidas en el medio de cultivo PDA durante 10 días a 25°C.

*Trichoderma*¹⁴. Asimismo, en algunas cajas de Petri aparecieron otros hongos del género *Fusarium*, *Penicillium* y *Aspergillus* (figura 4).

Caracterización morfológica de los aislados obtenidos de *Trichoderma*

En relación con los valores de las variables diámetro de las hifas, diámetro de conidios y longitud de fiálides fueron muy similares entre los cuatro aislados de *Trichoderma*. Los conidióforos fueron ramificados. Las ramas principales de los conidióforos producen ramas laterales que pueden estar emparejadas o no, las ramas más largas distantes del extremo las fiálides surgieron directamente del eje principal cerca del extremo. Algunas ramas secundarias cerca del eje principal. Todas las ramas primarias y secundarias surgieron en un ángulo de 90° aproximadamente con respecto al eje principal. El conidióforo típico de *Trichoderma* forma

ramas apareadas con un aspecto piramidal. Normalmente, los conidióforos terminaron en uno o unos pocas fiálides (figura 5).

Estos resultados son similares a los obtenidos por Zhang et al., (2022) quienes refirieron la presencia de conidióforos ramificados irregularmente con estructura dendriforme los cuales terminaban en verticilos cruzados con varias fiálides¹⁵.

Los diámetros promedios de las hifas para los aislados fueron: 7,30 μm (P10M2), 7,60 μm (P4M2), 7,28 μm (P5M1) y 7,00 μm (P6M3). Los diámetros promedios de los conidios fueron: 2,90 μm (P10M2), 3,17 μm (P4M2), 2,90 μm (P5M1) y 3,46 μm (P6M3). Finalmente, la longitud promedio de las fiálides fueron: 14,70 μm (P10M2), 15,68 μm (P4M2), 14,50 μm (P5M1) y 13,28 μm (P6M3) (tabla 1). Estos promedios tanto en el diámetro de hifa como de los conidios fueron similares a lo informado por Cuervo-Parra et (2022)¹⁶.

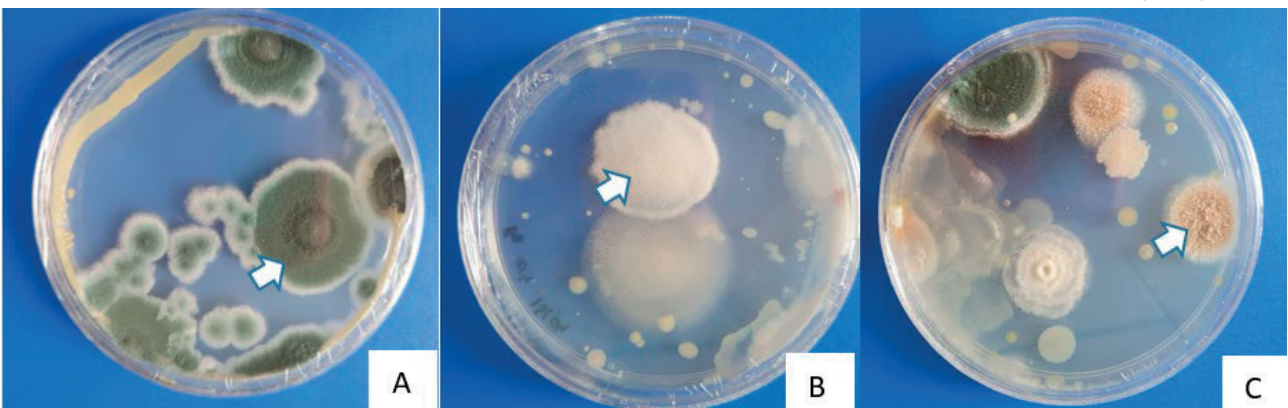


Figura 4. Otros géneros de hongos que aparecieron en cajas de Petri utilizando el método de aislamiento directo. Colonia de *Penicillium* (A), Colonia de *Fusarium* (B) y Colonias de *Aspergillus* (C).

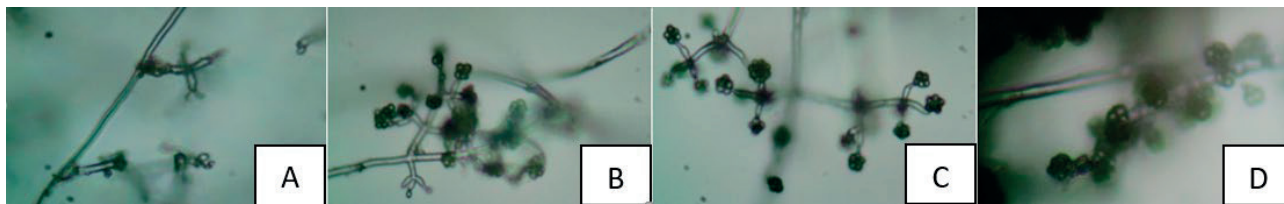


Figura 5. Características de conidióforos, fiálides y conidios de los aislados de *Trichoderma* obtenidos. A- Aislado P10M2. B- Aislado P4M2. C- Aislado P5M1. D- Aislado P6M3.

Aislados	Diámetro de las hifas (μm)	Diámetro de conidios (μm)	Longitud de fiálides (μm)
P10M2	7,30	2,90	14,70
P4M2	7,60	3,17	15,68
P5M1	7,28	2,90	14,50
P6M3	7,00	3,46	13,28

Tabla 1 Caracterización morfológica de los aislados obtenidos de *Trichoderma*.

En relación con los conidios en los cuatro aislados de *Trichoderma* estos mostraron apariencia seca, forma de elipsoidal a esférica, de 3 a 5 x 2 a 4 μm de largo de modo general, aunque cada aislado mostraron dimensiones específicas. Los conidios en sus paredes mostraron superficies lisas. Se observaron conidios incoloros a verdes. Las fiálides en forma de botella, con aspectos de cilíndricas o casi subglobosas, sostenidas en espirales e insertadas en un ángulo de 90°. Respecto a la forma de los conidios estos fueron similares a los descritos por Kamil et al., (2022) aunque los de estos autores prevalecieron las formas elipsoidales¹⁷.

Conclusiones

Con el método de diluciones seriadas a partir de muestras de suelo de la provincia Tungurahua, se lograron aislar con mayor eficiencia cepas nativas del suelo de *Trichoderma*. Acorde con el diámetro de las hifas, diámetro de conidios y longitud de fiálides observadas, sus características morfológicas fueron similares al género *Trichoderma*.

Contribuciones de los autores

Conceptualización, Michel Leiva Mora y Alfredo Jiménez González; Metodología, Michel Leiva Mora, Yosbel Lazo Roger y Gustavo Daniel Valle Naranjo; software, Michel Leiva Mora y Gustavo Daniel Valle Naranjo, validación, Michel Leiva Mora y Yosbel Lazo Roger, análisis formal, Michel Leiva Mora y Alfredo Jiménez González; investigación, Michel Leiva Mora y Gustavo Daniel Valle Naranjo; recursos, Alfredo Jiménez González y Michel Leiva Mora, curado de datos, Yosbel Lazo Roger, Michel Leiva Mora; redacción—redacción borrador original, Michel Leiva Mora, Gustavo Daniel Valle Naranjo, Yosbel Lazo Roger; redacción—revisión y edición, Yosbel Lazo Roger, Michel Leiva Mora, Gustavo Daniel Valle Naranjo y Alfredo Jiménez González; supervisión, Michel Leiva Mora; administración del proyecto, Michel Leiva Mora, adquisición del financiamiento, Alfredo Jiménez González y Michel Leiva Mora; Todos

los autores han leído y están de acuerdo con la versión publicada del manuscrito.

Agradecimientos

Agradecemos a la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE) de La Universidad Técnica de Ambato por el financiamiento otorgado al proyecto de investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Selección de aislados de *Trichoderma* spp. con potencial biocontrolador del agente causal de la pudrición blanca de la cebolla con Resolución Nro. UTA-CONIN-2020-0312-R mediante el cual fue posible el desarrollo del presente trabajo.

Conflictos de Interés

Los autores manifestamos que no existen conflicto de intereses ni argumentos que invaliden la publicación del manuscrito.

Referencias bibliográficas

- Elkhateeb WA, Elnahas MO, Daba GM, Zohri ANA. Biotechnology and Environmental applications of *Trichoderma* spp. *Res J Pharmacogn Phytochem*. 2021;13(3):149-157.
- Du Plessis IL, Druzhinina IS, Atanasova L, Yarden O, Jacobs K. The diversity of *Trichoderma* species from soil in South Africa, with five new additions. *Mycologia*. 2018;110(3):559-583.
- Poveda J. *Trichoderma* as biocontrol agent against pests: New uses for a mycoparasite. *Biol Control*. 2021;159:104-634.
- Alfiky A, Weisskopf L. Deciphering *Trichoderma*-plant-pathogen interactions for better development of biocontrol applications. *J Fungi*. 2021;7(1):61.
- Mukhopadhyay R, Kumar D. *Trichoderma*: a beneficial antifungal agent and insights into its mechanism of biocontrol potential. *Egypt J Biol Pest Control*. 2020;30(1):1-8.
- Marques E, Martins I, Mello SCMD. Antifungal potential of crude extracts of *Trichoderma* spp. *Biota Neotrop*. 2018;18.
- Ferreira FV, Musumeci MA. *Trichoderma* as biological control agent: Scope and prospects to improve efficacy. *World J Microbiol Biotechnol*. 2021;37(5):1-17.

8. Rivera-Méndez W, Brenes-Madriz J, Alvarado-Marchena L. Effect of *Setophoma terrestris*, *Sclerotium cepivorum*, and *Trichoderma* spp. on in vitro onion (*Allium cepa*) root tissues and the final yield at the field. *Eur J Plant Pathol.* 2021;160(1):53-65.
9. Rivera-Mendez W, Obregon M, Moran-Diez ME, Hermosa R, Monte E. *Trichoderma asperellum* biocontrol activity and induction of systemic defenses against *Sclerotium cepivorum* in onion plants under tropical climate conditions. *Biol Control.* 2020;141:104-145.
10. Siddiquee S. Practical handbook of the biology and molecular diversity of *Trichoderma* species from tropical regions. Cham: Springer International Publishing; 2017.
11. Abdelrahman M, Abdel-Motaal F, El-Sayed M, Jogaiah S, Shigyo M, Ito SI, Tran LSP. Dissection of *Trichoderma longibrachiatum*-induced defense in onion (*Allium cepa* L.) against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepa* by target metabolite profiling. *Plant Sci.* 2016;246:128-138.
12. Cortés-Rivera HJ, Blancas-Benitez FJ, Del Carmen Romero-Islas L, Gutiérrez-Martínez P, González-Estrada RR. In vitro evaluation of residues of coconut (*Cocos nucifera* L.) aqueous extracts, against the fungus *Penicillium italicum*. *Emirates J Food Agric.* 2019;613-617.
13. Cubillos CÁ, Ramírez MG, Toledo RL. Aislamiento de *Trichoderma* sp., en las unidades productivas agrícolas del centro de formación agroindustrial la angostura de campo alegre (Huila). *Rev Agropecu Agroind La Angostura.* 2014;1(1):15-20.
14. Zhang GZ, Yang HT, Zhang XJ, Zhou FY, Wu XQ, Xie XY, et al. Five new species of *Trichoderma* from moist soils in China. *MycKeys.* 2022;87:133.
15. Cuervo-Parra JA, Pérez España VH, Zavala-González EA, Peralta-Gil M, Aparicio Burgos JE, Romero-Cortés T. *Trichoderma Asperellum* strains as potential biological control agents against *Fusarium verticillioides* and *Ustilago maydis* in maize. *Biocontrol Sci Technol.* 2022;32(5):624-647.
16. Kamil D, Prameela Devi T, Choudhary SP, Das A, Kumar A. Genome-Mediated Methods to Unravel the Native Biogeographical Diversity and Biosynthetic Potential of for Plant Health. In: *Fungal diversity, ecology and control management.* Singapore: Springer; 2022. p. 109-124.
17. Sudantha IM, Suwardji S. Biodiversity of *Trichoderma* antagonist saprophytic fungi and its use for bio-control of *Fusarium* wilt disease on shallots at Lombok Island, West Nusa Tenggara, Indonesia. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci.* 2021;886(1):012123.

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Comportamiento de los índices productivos en cuyes utilizando avena de corte e hidropónica

The behavior of the productive indices in guinea pigs using cut and hydroponic oats

Oscar Patricio Núñez Torres*, Jorge Ricardo Guerrero López, Byron Enrique Borja Caicedo and Cristhian Vaca Altamirano

DOI. 10.21931/RB/2023.08.03.4

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ecuador.
Corresponding author: op.nunez@uta.edu.ec.

Resumen: En el estudio se evaluó el uso de la avena verde hidropónica (*Arrenatherium elatius*), en el comportamiento productivo de cuyes, para el análisis se manejó con un diseño completamente al azar (DBCA), Además se verificó con un análisis de varianza (ADEVA) y pruebas significativas de Turkey al 5%. Los tratamientos utilizados fueron: T1: (100:0) =100% avena corte y 0% hidropónica, T2: (75:25) =75% avena corte y 25% hidropónica, T3: (50:50) =50% avena corte y 50% hidropónica, T4: (25:75) =25% avena corte y 75% hidropónica, T5: (0:100) =0% avena corte y 100% hidropónica. Las variables de estudio utilizadas en la investigación como consumo de alimento, peso final y ganancia de peso, conversión alimenticia, mortalidad, y rendimiento a la canal, La T1 y T2 mostraron diferencias significativas con medias de 332,41g y 329,69 ubicándolos en rango A del consumo de alimento. La mejor conversión alimenticia fue el tratamiento T3 arrojando un promedio de 0,86 ICA, seguido de la T3 con media de 662.g en la ganancia de peso ubicándose en el rango A, a diferencia de la T4 y T1 con 588,05 y 575,15 respectivamente tuvieron un rango AB. Con relación a la mortalidad y rendimiento a la canal no existieron diferencias significativas. Finalmente, el T5 alcanzo una rentabilidad de 45,29 % y la relación benefició/costo de 1,82; concluyendo que la utilización del FVH mejora el rendimiento de los parámetros productivos y disminuye los costos totales.

Palabras clave: Conversión alimenticia, Costos, Ganancias de peso, Mortalidad, Rendimiento a la canal.

Abstract: In the study, the use of hydroponic green oats (*Arrenatherium elatius*) was evaluated in the productive behavior of guinea pigs for the analysis it was handled with a completely randomized design (DBCA), it was also verified with an analysis of variance (ADEVA) and significant Turkey tests at 5%. The treatments used were: T1: (100:0) =100% cut oats and 0% hydroponic, T2: (75:25) =75% cut oats and 25% hydroponic, T3: (50:50) =50% cut oats and 50% hydroponic, T4: (25:75) =25% cut oats and 75% hydroponic, T5: (0:100) =0% cut oats and 100% hydroponic. The study variables used in the investigation, such as feed consumption, final weight and weight gain, feed conversion, mortality, and carcass yield, T1 and T2 showed significant differences with means of 332.41g and 329.69, placing them in the range A of food consumption. The best feed conversion was treatment T3, showing an average of 0.86 ICA, followed by T3 with a mean of 662.g in weight gain, placing it in range A, unlike T4 and T1 with 588.05 and 575.15, respectively, they had a AB range. Regarding mortality and carcass yield, there were no significant differences. Finally, the T5 reached a profitability of 45.29% and the benefit/cost ratio of 1.82; concluding that using the FVH improves the performance of the productive parameters and decreases the total costs.

Key words: Feed conversion, Carcass yield, Costs, Mortality, Weight gains.

Introducción

El cultivo hidropónico es una técnica eficaz por lo que no se necesita suelo por tal motivo nos permite la producción de plantas de tipo herbáceo, asimismo brinda muchos beneficios como la adaptación de espacios en sitios no convencionales. Esto permite tener un control de las necesidades del cultivo como la temperatura, luz, nutrientes y agua esta es originada mediante el uso de bombas que están dotadas de nutrientes¹.

Mediante hidroponía se reduce la contaminación de productos químicos, beneficiando al medio ambiente pues solo requiere de minerales y agua que son fundamentales para crecimiento vegetal, además brinda un mayor rendi-

miento en relación con los sembríos tradicionales. Esto se debe al reducido espacio de cultivo que permite obtener más producción por planta con un uso eficiente de los recursos. La hidroponía se considera una técnica ancestral que se manejaba en diferentes pueblos y culturas como un medio de subsistencia¹.

Los cultivos hidropónicos son esenciales en la producción de FVH debido a su uso como complementos nutricionales y alimenticios los cuales se pueden utilizar en diferentes dietas para los animales. Esta técnica presenta ventajas su mayor rentabilidad ya que los costos de inversión son menores, además el tiempo de obtención del forraje es

Citation: Núñez Torres O P, Guerrero López J R, Borja Caicedo B E, Vaca Altamirano C. Comportamiento de los índices productivos en cuyes utilizando avena de corte e hidropónica. *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 4. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.4>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** 15 July 2023/ **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

menor en comparación con otros alimentos producidos por métodos tradicionales².

La hidroponía muestra las condiciones idóneas para manejar los sustratos; por ejemplo en las hortalizas mediante el uso de bandejas para la producción de forraje verde hidropónico (FVH), esto reduce la contaminación de los alimentos suministrados. Una de las ventajas que tiene este procedimiento es el uso eficiente del agua ya que esta se recicla lográndose realizar hasta veintiséis riegos por día con intervalos de dos y cuatro minutos³.

Sin embargo para lograr un crecimiento favorable del FVH, se requiere de alta precisión es por lo que los agricultores han optado por crear diseños artesanales para producir FVH de esta forma brindan nuevas opciones agroecológicas beneficiosas al medio ambiente, así mismo el forraje que se produce por estas técnicas se identifica por ser un alimento con mayor digestibilidad y valor nutricional ya que puede ser consumido por cuyes, conejos, equinos, aves y rumiantes³.

Los cobayos con su carne rica en proteínas contribuyen un valor nutricional a quienes los consumen además de tener propiedades proteicas y saludables, su carne es magra apenas posee 10% de grasa, pero contiene un alto nivel de proteína 20,3% por lo que es perfecta en una alimentación convirtiéndose en una carne de excelente calidad y saludable. Sin embargo, el precio es un poco elevado por eso las personas a través de diversas presentaciones gastronómicas han impulsado que el consumo no sea limitado⁴.

Vivas (2009) señaló que, los cobayos son animales nativos de Bolivia, Perú y Ecuador los cuales están situados en América del Sur en la zona andina. El cuy es un animal mamífero que puede alcanzar un peso de 1,1 kg. Son herbívoros por lo cual la contribución de fibra en su alimentación es necesaria. Hoy en día en Ecuador los cuyes son criados en su mayoría para autoconsumo, pero poco a poco la crianza comercial va aumentando ya que la carne contiene proteínas favorables para el consumidor⁵.

La administración en la alimentación con forrajes verdes hidropónicos en animales menores es una práctica que a través del tiempo se ha ido conociendo en el Ecuador, ya que para las personas que producen ganado doméstico resulta una idea atrayente por sus beneficios económicos en la producción, y las ventajas que este brinda como una alternativa eficiente y continua sobre todo en las épocas de baja provisión de forrajes, sin embargo, existe escasa información sobre las especies forrajeras en nuestra región⁶.

La hidroponía es un sistema de cultivo que prescinde del suelo como sustrato, empleando en su lugar una solución acuosa enriquecida con nutrientes, denominada solución nutritiva. En este método, las plantas obtienen los elementos esenciales para su desarrollo a través de la disolución de dichos nutrientes en el agua, permitiendo un control preciso y optimizado de su alimentación⁷.

La fisiología digestiva se dedica al estudio de los procesos tanto orgánicos como inorgánicos que tienen lugar en el medio interno y externo del organismo. El transporte de los nutrientes a través del sistema circulatorio se lleva a cabo mediante las células. Estos procesos están estrechamente relacionados con la ingestión, digestión y absorción de los alimentos, los cuales atraviesan el extenso tracto digestivo. En el caso de los cobayos, considerados herbívoros monogástricos, el proceso de asimilación de enzimas y fermentación bacteriana tiene lugar en el estómago, así como en el ciego, dependiendo de la composición de la ra-

ción consumida. La cecotrofia desempeña un papel fundamental, ya que ayuda a reutilizar el nitrógeno, lo cual resulta en un óptimo rendimiento productivo cuando las raciones contienen niveles moderados o bajos de proteína⁷.

Los cuyes por su anatomía gastrointestinal son catalogados fermentadores post-gástricos a causa de que el ciego contiene microorganismos, también hay que revelar que el tiempo de la ingesta que se da mediante el estómago e intestino delgado es veloz, mínimo se tarda 2 horas arribar una gran cantidad de lo ingerido hasta el ciego, no obstante, la permanencia del pasaje en el ciego es más pausado inclusive puede durar dos días⁸.

El cultivo de avena es valioso para la obtención de granos en diferentes países, además es un forraje que se utiliza en la alimentación de distintos animales cuyo contenido tiene una excelente calidad, sus granos son excelentes para los ovinos, bovino, cuyes, conejos, caprinos porque tienen un alto nivel de vitamina E, siendo un aporte importante para la reproducción de animales⁹.

La avena contiene proteínas que son ricas en valor nutricional además de los minerales, grasas y vitaminas cabe destacar que es un cereal que tiene una gran cantidad de grasa vegetal, 35% de ácido linoleico y 64 % de grasa no saturada sin embargo su contenido de fibra es alto y no aporta mucho como nutriente, pero ayuda al intesto en su funcionamiento¹⁰.

La avena en el grupo de cereales es uno de los cultivos más utilizados en el mundo dentro de la obtención de forrajes, de tal forma el forraje verde hidropónico es formulado como alimentación de buena calidad, alta palatabilidad con un alto valor nutricional en el estado de germinación y crecimiento temprano al lograr una altura de 25 cm. Inclusive la avena de corte muestra una gran demanda de consumo para alimento en los animales pecuarios y de granja, por ende, puede ser consumida en cualquier etapa de desarrollo del animal¹¹.

El objetivo de la investigación fue evaluar el comportamiento de avena (*Arrhenatherium elatius*) de corte e hidropónica sobre los índices productivos en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*).

Materiales y métodos

La investigación fue de tipo cuali- cuantitativo. Pues cómo lo mencionó (Hernández *et al.* 2018), estas investigaciones mixtas abarcan un grupo de procesos empíricos, ordenados y críticos en donde se recolectan tanto datos cualitativos como cuantitativos los mismos que nos permiten tener una visión amplia del fenómeno, se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Granja Experimental Querochaca; la cual se encuentra en la Provincia de Tungurahua, cantón Cevallos con las siguientes coordenadas, latitud 01° 21'00" S y una longitud de 77° 35'00" O¹².

La avena de corte e hidropónica se suministró desde los 30 días de edad donde se suministraron 200 g/animal/día. Sin embargo, cada semana se agregaron 20 gramos más en la alimentación de cada cuy hasta llegar a la doceava semana con un total de 420g/animal/día. Se utilizó un diseño de bloques complementemente al azar (DBCA), se distribuyó de la siguiente manera.

Se desinfectó el galpón tanto interna como externamente, fumigando yodo con una bomba manual, posteriormente se agregó cal en el suelo para eliminar parásitos o plagas. En cada poza desinfectada se agregó tamo para

Simbología	Tratamientos	N° Repeticiones	N° Animales	N° Animal/trat.
T1	100% avena corte	4	10	40
T2	75% avena corte y 25% avena hidropónica	4	10	40
T3	50% avena corte y 50% avena hidropónica	4	10	40
T4	25% avena corte y 75% avena hidropónica.	4	10	40
T5	100% avena hidropónica	4	10	40
N° Total de Cuyes				200

Tabla 1. Estructura de la distribución de tratamientos.

que el área mantuviera el calor. Se adquirieron un total de 200 cuyes, quienes en la primera semana se les administraron dos gotas de ivermectina a cada cuy para eliminar parásitos internos y externos. La avena de corte e hidropónica se obtuvo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y fue pesado cada día antes proporcionar a los cuyes, al otro día se pesó los sobrantes del alimento en cada uno de los tratamientos. Los datos se tomaron cada 7 días y se expresaron en gramos. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$Ca = AP - AS$$

Utilizando una balanza analítica, se procedió a pesar a los diez cobayos que conformaron cada grupo experimental. El peso inicial de los animales se registró a los 30 días de edad y posteriormente se realizó una medición cada 7 días hasta la finalización de la investigación, que corresponde a la duodécima semana. Para calcular la ganancia de peso, se empleó la siguiente fórmula.

$$\Delta P = PF - PI$$

La conversión alimenticia se obtuvo dividiendo el consumo de alimento para la ganancia de peso promedio semanal.

Fórmula:

$$IC = \frac{\text{Alimento consumido (g)}}{\text{Ganancia de peso (g)}}$$

La mortalidad se obtuvo contando los animales muertos de cada tratamiento.

El peso del rendimiento a la canal se obtuvo después de sacrificar a los cobayos y retirarle las vísceras y pelo.

La fórmula que se utilizó fue la siguiente:

$$RC (\%) = \frac{\text{Peso de la canal}}{\text{Peso animal vivo}} * 100$$

Finalmente, los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y a pruebas de comparación de medias significativas utilizando el test de Turkey con un nivel de significancia del 5%. El procesamiento de la información se llevará a cabo utilizando el software INFOSAT.

Resultados y discusión

Consumo de Alimento

En la tabla 2, se puede apreciar el análisis de varianza para consumo de alimento. Es indudable que los valores para tratamientos tienen diferencias altamente significativas con p-valor menor a 0,0001. Los valores para repeticiones resultan no significativos en esta variable. El coeficiente de variación para esta variable es de 0,86%, cuya magnitud confiere una aceptable confiabilidad a los resultados reportados.

El motivo de dicha preferencia al forraje de corte puede deberse a que al dar una mejor carga nutricional al forraje hidropónico, si bien enriquece la calidad nutricional del forraje, en cierto grado desfavorece su palatabilidad y en cierto grado la digestibilidad (gráfico 1).

Ganancia de Ganancia de peso

En la tabla 3, se puede apreciar el análisis de varianza para ganancia de peso. Es evidente que los valores para tratamientos tienen diferencias significativas con p-valor 0,0264. Los valores para repeticiones resultan no significativos en esta variable. El coeficiente de variación para esta variable es de 8,84%, cuya magnitud confiere una aceptable confiabilidad a los resultados reportados al ser inferiores al 15%.

En el gráfico 2, se puede apreciar las diferencias significativas una vez aplicada la prueba de Tukey al 5% con los siguientes resultados: El tratamiento T3 (50% avena corte y 50% avena hidropónica) tienen diferencias estadísticas importantes con una media de 662,23 g de ganancia de peso promedio por cuy ubicando a estos tratamientos en el rango A. T4 (25% avena corte y 75% avena hidropónica) con 588,05 y T1 (100% avena corte y 0% avena hidropónica) con una media de 575.15 g de ganancia de peso promedio por cuy, se ubican en el rango AB. T2 (75% avena corte y 25% avena hidropónica) con una media de 540,65 g de ga-

F. de V	SC	gl	CM	F	p-valor	
TRATAMIENTOS	3432,18	4	858,05	115,50	<0,0001	**
REPETICIONES	16,19	3	5,40	0,73	0,56	ns
Error	89,15	12	7,43			
Total	3537,52	19				

Coefficiente Variación: 8.84%, * Significativo, ** Altamente Significativo, ns: No significativo

Tabla 2. ADEVA Consumo de alimento.

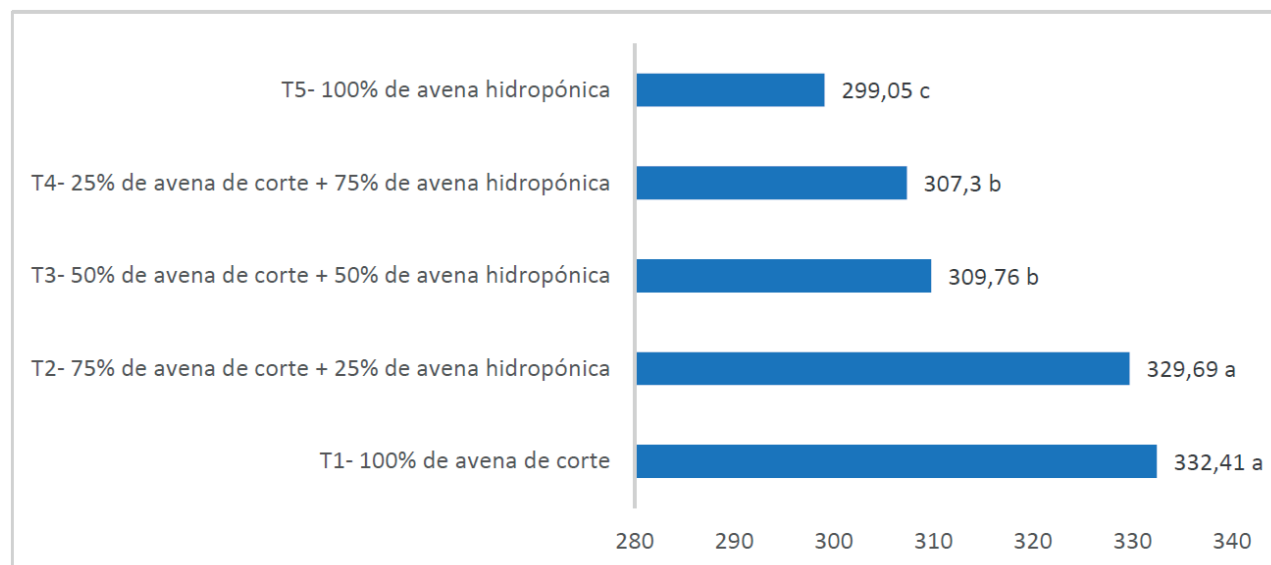


Figura 1. Influencia de diferentes dietas preparadas a partir de combinaciones de avena hidropónica y de corte sobre el consumo de alimento de *Cavia porcellus*.

F. de V	SC	gl	CM	F	p-valor	
TRATAMIENTOS	42534,05	4	10633,51	4,05	0,0264	*
REPETICIONES	5170,08	3	1723,36	0,66	0,59	ns
Error	31494,83	12	2624,57			
Total	79198,96	19				

Coefficiente Variación: 8.84%, * Significativo, ** Altamente Significativo, ns: No significativo

Tabla 3. ADEVA Ganancia de peso.

nancia de peso promedio por cuy, junto con T5 (0% avena corte y 100% avena hidropónica) con una media de 532,71 g tiene el promedio más bajo de ganancia de peso promedio por cuy, ubicando a estos tratamientos en el rango B de la prueba de Tukey al 5%.

Conversión alimenticia

En la tabla 4, se puede apreciar el análisis de varianza para índice de conversión alimenticia. Es evidente que los valores para tratamientos tienen diferencias significativas con p-valor 0,032. Los valores para repeticiones resultan no significativos en esta variable. El coeficiente de variación para esta variable es de 9,34%, cuya magnitud confiere una aceptable confiabilidad a los resultados reportados al ser inferiores al 15%.

En el gráfico 3, se puede apreciar las diferencias significativas una vez aplicada la prueba de Tukey al 5% con los siguientes resultados: El tratamiento T3 (50% avena corte

y 50% avena hidropónica), con un promedio de 0,86 para ICA se ubica en el rango A de Tukey; los tratamientos T4 y T1 (100% avena corte y 0% avena hidropónica) y T5 (0% avena corte y 100% avena hidropónica) comparten el rango de significación AB con los siguientes promedios: 0,98, 1,03 y 1,05 respectivamente para ICA. En última posición se encuentra T2 (75% avena corte y 25% avena hidropónica), con una media de 1,1 para ICA, ocupado el rango de significación B para Tukey.

Rendimiento a la canal

En la tabla 5, se puede apreciar el análisis de varianza para rendimiento a la canal. Es evidente que los valores para tratamientos no tienen diferencias significativas con p-valor 0,905, superando el valor de 0,05. De igual manera, los valores para repeticiones resultan no significativos en esta variable. El coeficiente de variación para esta variable es de 8,34%, cuya magnitud confiere una aceptable confiabilidad a los resultados reportados al ser inferiores al 15%.

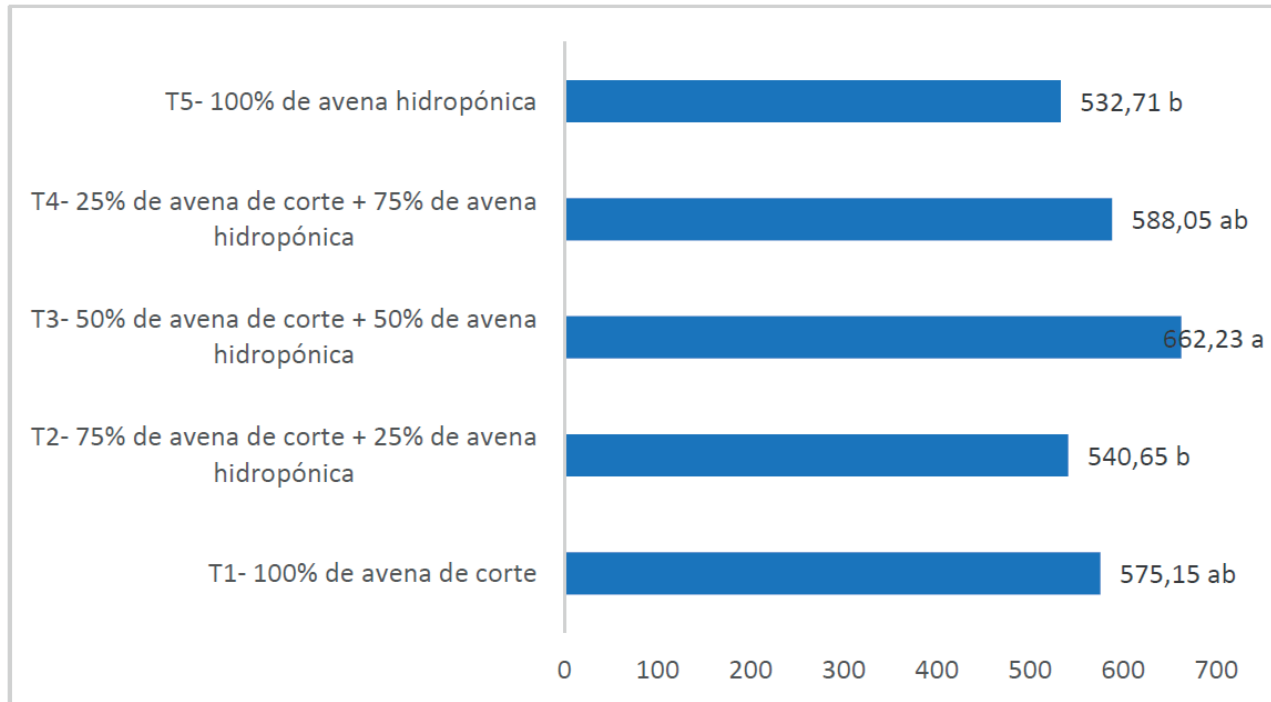


Figura 2. Influencia de diferentes dietas preparadas a partir de combinaciones de avena hidropónica y de corte sobre la ganancia de peso de *Cavia porcellus*.

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	
TRATAMIENTOS	0,13	4	0,03	3,81	0,032	*
REPETICIONES	0,01	3	0,00	0,34	0,79	ns
Error	0,11	12	0,01			
Total	0,25	19				

Tabla 4. ADEVA Índice de conversión alimenticia.

bilidad a los resultados reportados al ser inferiores al 15%.

Como se puede apreciar y se comentó en el párrafo anterior, no existieron diferencias significativas; pero si se destaca el tratamiento T1 (100% avena corte y 0% avena hidropónica) con un 77,79% y el peor promedio es de T3 (50% avena corte y 50% avena hidropónica) con un 74,20%.

Mortalidad

En la tabla 6, se presentan los valores del porcentaje de mortalidad registrado al final del ensayo, en cada tratamiento, reportando valores que van desde 0% hasta 25%, con un promedio general de 2,5%. Al realizar el ADEVA respectivo, utilizando el artificio matemático raíz de $x+1$, ya que gran cantidad de valores fueron cero, no se refleja diferencias estadísticas significativas para tratamientos, por lo que el porcentaje de mortalidad fue el mismo entre los tratamientos que recibieron diferentes porcentajes de

forrajes hidropónicos y de corte. El coeficiente de variación fue de 12,05%, cuyo valor da un grado de confianza a los resultados que se obtienen.

Análisis de costos

Para el análisis de la rentabilidad los costos de inversión por tratamiento se pueden observar en la Tabla 7, determina la relación del beneficio/costo de los tratamientos. La utilidad y la rentabilidad alcanzada en los tratamientos con avena de corte e hidropónica fue: T1=39,70%, T2= 41,10% y T3= 42,50% con una relación de beneficio/costo de 1.65, 1.69 y 1,73 respectivamente. El tratamiento T4 que posee avena de corte 25%, más FVH 75% en la dieta la rentabilidad fue de 43.89% con una relación de 1,78, y el T5 que fue el 100% FVH la rentabilidad fue de 45,29 % con una relación de 1,82 guardan relación con los de más tratamientos ya que los pesos de los cuyes fueron similares.

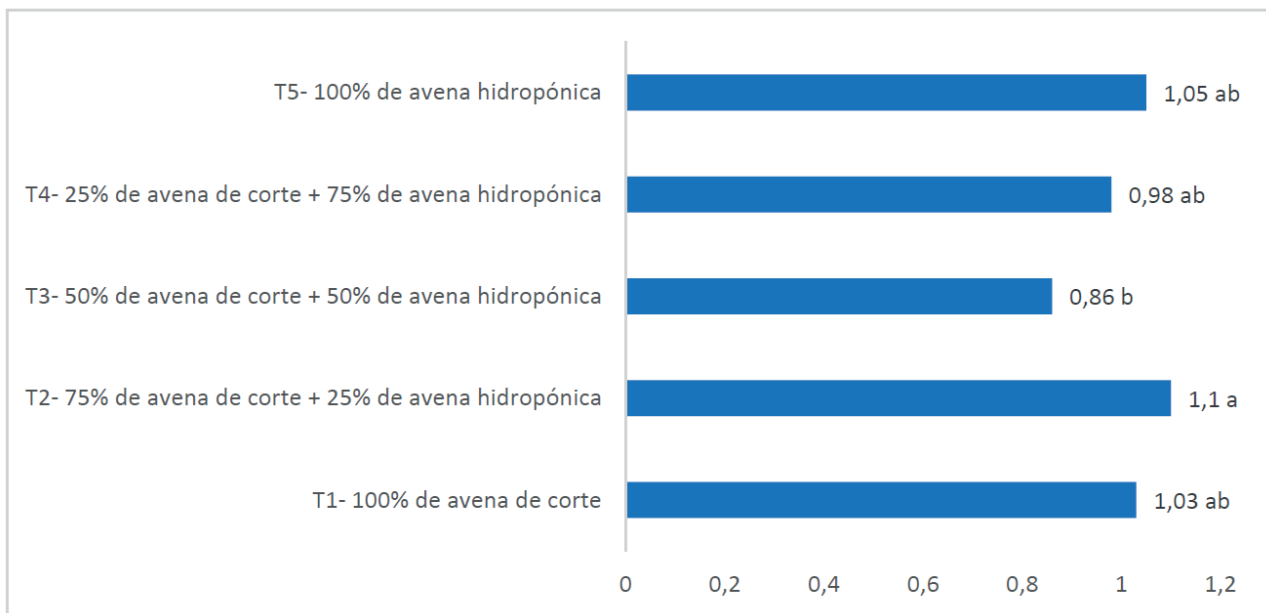


Figura 3. Influencia de diferentes dietas preparadas a partir de combinaciones de avena hidropónica y de corte sobre la conversión alimenticia de *Cavia porcellus*.

F. de V	SC	gl	CM	F	p-valor	
TRATAMIENTOS	38,97	4	9,74	0,25	0,905	ns
REPETICIONES	7,91	3	2,64	0,07	0,976	ns
Error	470,27	12	39,19			
Total	517,15	19				

Coefficiente Variación: 8.84%, * Significativo, ** Altamente Significativo, ns: No significativo

Tabla 5. ADEVA Rendimiento a la canal.

F. de V	SC	gl	CM	F	p-valor	
TRATAMIENTOS	0,735	4	0,068	0,25	3,5	ns
REPETICIONES	0,109	3	0,275	0,07	1,1	ns
Error	0,326	12	0,068			
Total	1,170	19				

Coefficiente Variación: 8.84%, * Significativo, ** Altamente Significativo, ns: No significativo

Tabla 6. ADEVA Mortalidad.

Tratamientos	Gasto total (\$)	Ingreso total	Utilidad (\$)	Rentabilidad (%)	Relacion b/c
T1	72,35	120	47,65	39,70	1,65
T2	70,67	120	49,33	41,10	1,69
T3	69,00	120	51,00	42,50	1,73
T4	67,33	120	52,67	43,89	1,78
T5	65,65	120	54,35	45,29	1,82

Tabla 7. Cálculo de la relación beneficio/costo de los tratamientos.

Discusión

Los datos obtenidos para la variable consumo de alimento coinciden con otras investigaciones realizadas, como es el caso de Casa (2008), quien manifestó que, conforme va mejorando la calidad del forraje manejado de forma hidropónica, el consumo va disminuyendo, registrando las menores medias para forraje hidropónico de avena¹³. El motivo de dicha preferencia al forraje de corte puede deberse a que al dar una mejor carga nutricional al forraje hidropónico, si bien enriquece la calidad nutricional del forraje, en cierto grado desfavorece su palatabilidad y en cierto grado la digestibilidad. Estudios elaborados en la evaluación de cuatro forrajes hidropónicos en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus* L.), durante la fase de crecimiento y engorde en donde se valoraron las variables de ganancia de peso total, presento diferencias estadísticas ($P < 0,01$), siendo la mayor ganancia de peso para el tratamiento T3 (forraje verde hidropónico de maíz) con 1150,7 g/cobayo¹⁴.

La ponderación entre los dos tipos de forraje tal como se aprecia en T3 (50% avena corte y 50% avena hidropónica) favorece el balance entre la calidad nutricional del forraje hidropónico de avena con la alta palatabilidad del forraje de corte, esto se evidencia en la diferencia significativa de T3 con un promedio de ganancia de peso de 662,23 g de ganancia de peso por individuo ubicándolo en el primer rango de clasificación de Tukey (A). Esto coincide con los resultados obtenidos por Cargua, (2004) en su investigación donde evaluó el uso de forraje hidropónico en todas las etapas de crecimiento de cuyes, donde FH40 tuvo el mejor promedio con 578 g de ganancia de peso, resultado ligeramente inferior al obtenido en esta investigación con T3. El tratamiento T3 (50% avena corte y 50% avena hidropónica) muestra el mejor resultado para índice de conversión alimenticia con un promedio de 0,86 IMC ubicándose en el rango A; lo que significa que por cada kilogramo de peso ganado se necesita 0,86 kilogramos de alimento¹⁵.

Este índice es directamente proporcional al consumo de alimento y a la ganancia de peso anteriormente analizadas. Este índice también depende de la calidad nutricional del forraje usado como alimento, T3 tiene un equilibrio adecuado de nutrientes y palatabilidad lo que se traduce en una adecuada conversión alimenticia. Este resultado concuerda con lo referido por Cargua, (2003) quien manifestó que además de la calidad nutricional y la palatabilidad del forraje consumido, la conversión alimenticia también tiene relación con su genética¹⁶.

Cente y Juño (2016), en la investigación titulada "Efecto del forraje verde hidropónico de Avena, Cebada y Trigo en el crecimiento y engorde de Cuyes (*Cavia porcellus*)" se aplicó 3 tratamientos con FVH + concentrado, el peso inicial de los cuyes en el desarrollo fueron similares además en la ganancia de peso no mostraron un valor significativo ($P \leq 0,05$) por el contrario las hembras si manifestaron una diferencia significativa ($P < 0,01$) de esta manera se reflejó un beneficio en relación al sexo, en cuanto a la evaluación de la conversión alimenticia el mejor método fue el T3 trigo (2,049) en hembras para finalizar en la etapa de engorde hubo mejores efectos en el tratamiento T1 avena 359,75 (machos) en la ganancia de peso, sin embargo la conversión alimenticia presentó excelentes resultados en el T2 (3,264)¹⁷.

Como se puede apreciar y se comentó en el párrafo anterior, no existieron diferencias significativas; pero si se

destaca el tratamiento T1 (100% avena corte y 0% avena hidropónica) con un 77,79% y el peor promedio es de T3 (50% avena corte y 50% avena hidropónica) con un 74,20%. De acuerdo con Vásconez (2004) en su estudio sobre la alimentación de cuyes determino que el rendimiento a la canal no fue afectado por los tratamientos¹⁸. La mortalidad que se observa en la investigación pudo darse por diferentes factores como el estrés, cambios ambientales o por peleas producidas entre los mismos animales, permitiendo demostrar que el uso de FVH no altera los procesos digestivos del cuy es decir la flora microbiana permanece estable. En esta investigación se pudo mostrar que la mortalidad fue menor al ensayo realizado por Rea y Mora (2012), los cuales determinaron el 3% de mortalidad en sus tratamientos siendo el 1% en el T0 de alfalfa y el 2% en los tratamientos T4 avena y T2 trigo¹⁴.

Las respuestas económicas alcanzadas señalan una recuperación de 66 en T1, 70 en T2, 74 en T3, 78 en la T4 y 83 centavos en T5, por cada dólar invertido en los tratamientos con sus distintos porcentajes 100% avena de corte, 75% corte y 25% FVH, 50% avena corte y 50% de FVH, 25% avena de corte 75% FVH y 100% de FVH en comparación con el tratamiento T1 con 66 centavos de dólar (avena de corte), se observa y se deduce una diferencia de 4 centavos con los tratamientos T2, T3, T4 y con el tratamiento T5 existe diferencia económica significativa en comparación al tratamiento de avena de corte de 0,17 dólares. Esto coincide con Chavarria y Castillo (2018), los cuales mencionan que la técnica hidropónica presenta ventajas importantes al productor porque es rentable ya que los costos de inversión son menores, además el tiempo de obtención del suministro es menor a comparación de otros alimentos¹⁹. En un estudio que fue Evaluación de avena hidropónica (*Arrenatherium elatius*) en la alimentación de conejos en la etapa de engorde se determinó que el forraje verde hidropónico es rentable en la nutrición de los conejos, aparte de ser un alimento rico en proteínas para los animales²⁰.

Con respecto al análisis de los índices productivos de los cuyes alimentados con avena de corte e hidropónica se demuestra que para el índice de conversión alimenticia el mejor tratamiento fue T3 (50% avena hidropónica), con un promedio de 0,86 ICA, resultados similares se demostró en una dieta en cuyes que es recomendable agregar hasta un 40% de FVH en su alimentación porque esta mezcla ayuda asimilar de mejor manera los nutrientes que requieren en la fase de desarrollo y engorde²¹. En un estudio titulado "Evaluación productiva del forraje verde hidropónico de maíz, avena y trigo" menciona que la cosecha de FVH se dio a los 10 y 12 días, en la toma de nuestras se midió los siguientes parámetros MS, PB y MV, finalmente los resultados que se obtuvieron muestran que la MV fue superior en el trigo (8,18-10,73%), sin embargo a los 10 y 12 días el porcentaje de MS fue mayor en el maíz (25,55%) pero inferior en la avena, por último el dato más alto se adquirió en la avena con un 25% de PB por ende el uso de FVH como alimento es recomendable debido a la composición de MS y PB²².

Carmona y Pizarro (2011), a través de su investigación "Respuesta productiva de conejos alimentados con forraje verde hidropónico de avena, como reemplazo parcial de concentrado comercial" utilizaron 5 tratamientos cada uno con diferente % de alimentación de FVH el mismo que fue producido en un intervalo de 10 días posteriormente desde la siembra para esto trabajaron con conejos de un mes y un diseño (DCA), de esta manera determinaron que el FVH

contiene similares valores nutricionales que el CC por ende el uso de forraje verde hidropónico como suplemento alimentario logro ganancias de peso 28,56 g/día teniendo en cuenta que la dieta se remplazó en un 20% por lo que se considera este el umbral máximo para la alimentación de los conejos en la fase de engorde, en definitiva remplazar un 50% el alimento con FVH no les genero ninguna perdida significativa ($P \leq 0.05$) tanto en la ganancia de peso, rendimiento a la canal y consumo de alimento²³.

Núñez y Guerrero (2021), mencionaron que la FVH es un nuevo método que se utiliza para disminuir los inconvenientes que se presentó en la alimentación de diferentes especies, por lo tanto, el forraje verde hidropónico contiene el suficiente valor nutricional que requiere un animal ya se ha para engorde o crecimiento²⁴.

Conclusiones

Al evaluar las proporciones de avena de corte e hidropónica (100:0; 75:25; 50:50; 25:75 y 0:100) en su consumo diario se obtuvieron los siguientes resultados: El tratamiento T1 (100% avena corte y 0% avena hidropónica) y T2 (75% avena corte y 25% avena hidropónica) tienen diferencias estadísticas importantes con una media de 332,41 g y 329,69 g, de alimento consumido por individuo respectivamente, ubicando a estos tratamientos en el rango A.

Con respecto al análisis de los índices productivos de los cuyes alimentados con avena de corte e hidropónica el índice de conversión alimenticia el mejor tratamiento fue T3 (50% avena hidropónica 50% avena de corte) con un promedio de 0,86 ICA, lo que significa que por cada kilogramo de peso ganado se necesita 0,86 kilogramos de alimento. Este índice es directamente proporcional al consumo de alimento y a la ganancia de peso anteriormente analizadas. Este índice también depende de la calidad nutricional del forraje usado como alimento, T3 tiene un equilibrio adecuado de nutrientes y palatabilidad lo que se traduce en una adecuada conversión alimenticia.

Para ganancia de peso el tratamiento más destacado fue T3 (50% avena corte y 50% avena hidropónica) tienen diferencias estadísticas importantes con una media de 662,23 g de ganancia de peso promedio por cuy ubicando a estos tratamientos en el rango A. Por último, en el rendimiento a la canal y mortalidad no se obtuvieron diferencias significativas en el desarrollo de esta investigación.

Con respecto al análisis económico el T5 de FVH alcanzó una relación mayor en beneficio costo siendo este de 1,82 y señalando que es el tratamiento con mayor rentabilidad desde la posición económica. Dentro del T5 existe una diferencia económica significativa ya que la respuesta económica alcanzada tiene una recuperación de 82 centavos por cada dólar invertido.

Author Contributions

Conceptualización, Oscar Patricio Núñez Torres y Jorge Ricardo Guerrero López; Metodología, Oscar Patricio Núñez Torres y Byron Enrique Borja Caicedo; software, Cristhian Vaca Altamirano, validación, Oscar Patricio Núñez Torres, Jorge Ricardo Guerrero López, Byron Enrique Borja Caicedo, Cristhian Vaca Altamirano, análisis formal: Oscar Patricio Núñez Torres; investigación, Oscar Patricio Núñez Torres y Jorge Ricardo Guerrero López; recursos: Cristhian Vaca Altamirano, curado de datos, Cristhian Vaca Altamirano y Oscar Patricio Núñez Torres; redacción—redacción

borrador original, Oscar Patricio Núñez Torres, Jorge Ricardo Guerrero López; redacción—revisión y edición, Byron Enrique Borja Caicedo, Jorge Ricardo Guerrero López; supervisión, Oscar Patricio Núñez Torres; administración del proyecto, Oscar Patricio Núñez Torres; adquisición del financiamiento, Oscar Patricio Núñez Torres y Jorge Ricardo Guerrero López; Todos los autores han leído y están de acuerdo con la versión publicada del manuscrito.

Conflictos de Interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias bibliográficas

1. Beltrano J, Gimenez D. Cultivo en hidroponía. Buenos Aires, Argentina, : Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.; 2015.
2. Chavarria A, Castillo S. El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja.. Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático. 2018; 4(8): p. 1032-1039.
3. Patarroyo J, Semillero. Evaluación de gramíneas y leguminosas de trópico alto en cultivo hidropónico como alternativa de producción orgánica para la nutrición animal. En Cosechando investigadores: una ruta hacia el conocimiento.; 2015.
4. Santos V. Importancia del cuy y su competitividad en el mercado.. Arch. Latinoamérica de Producción Animal. 2007; 15(1): p. 216-2017.
5. Vivas Tórrez JA. Especies Alternativas: Manual de crianza de cobayos (*Cavia porcellus*).. Tesis Ing.. UNA, Managua, Nicaragua.
6. Álvarez Lina T. Eficacia de tres medios hidropónicos en la producción de forraje verde, en avena forrajera (*Avena sativa*, L.). Tesis Ing. Azuay, Cuenca, Ecuador: UDA.
7. López E. La producción hidropónica de cultivos. Idesia (Arica). 2018; 36(2): p. 39-141.
8. Chauca L. Guinea pig (*Cavia porcellus*) production.. Estudio FAO: Produccion y Sanidad Animal. FAO.
9. Ramírez S, Domínguez D, Salmerón J, Villalobos G, Ortega J. Producción y calidad del forraje de variedades de avena en función del sistema de siembra y de la etapa de madurez al corte.. Revista fitotecnia mexicana. 2013; 36(4): p. 395-403.
10. Delgado Acarapi J. Produccion de avena (*avena sativa*) como forraje verde hidropónico con tres métodos de producción, en el distrito 8 de la ciudad de el alto.. Tesis Ing.. La Paz, Bolivia. : UMSA.
11. Fuentes F, Poblete C, Huerta M, Palape I. Evaluación de la producción y calidad nutritiva de avena como forraje verde hidropónico en condiciones de desierto. Idesia (Arica). 2011; 29(3): p. 75-81.
12. WeatherOnline. Pronostico del clima Querochaca, (en línea)..
13. Rea P, Mora G. Evaluación de cuatro forrajes hidropónicos en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*), durante la fase de crecimiento y engorde en el criadero "El Mirador" barrio Langos San Alfonso del cantón Guano, provincia de Chimborazo. Tesis Ing.. Riobamba, Ecuador. : ESPOCH.
14. Casa Hernández C. Efecto de la utilización del forraje verde hidropónico de avena, cebada, maíz y trigo en la alimentación de cuyes. Tesis Ing. Riobamba. Ecuador.: ESPOCH.
15. E. C. El uso de forraje hidropónico en la elaboración de balanceado para la alimentación de cuyes en todas sus etapas. Tesis Ing. Riobamba, Ecuador.: ESPOCH.
16. E. C. Utilizacion del forraje hidropónico de cebada en el balanceado para la utilización en cuyes durante las etapas de gestación-lactancia y crecimiento-engorde. Tesis Ing. Riobamba, Ecuador.: ESPOCH.
17. Ccente J, Juño R. Efecto del forraje verde hidropónico de Avena. Cebada y Trigo en el crecimiento y engorde de Cuyes (*cavia porcellus*). Tesis ing. UNH.

18. J. V. Determinación del valor nutritivo del forraje verde hidropónico de trigo y su efecto en la alimentación de cuyes durante las etapas de gestación, lactancia y crecimiento, engorde. Tesis Ing. Riobamba, Ecuador.: ESPOCH.
19. Chavarria A, Castillo S. El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para todos los animales de la granja.. Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático. 2018; 4(8): p. 1032-1039.
20. Núñez O, Lozada E, Rosero M, Cruz E, Aragadvay R. Evaluación de avena hidropónica (*Arrhenatherum elatius*) en la alimentación de conejos en la etapa de engorde. Journal of the Selva Andina Animal Science. 2017; 4(1): p. 59-71.
21. González E, Jumbo J, Jumbo D. Evaluación de diferentes niveles de forraje hidropónico de maíz (*Zea mays*) como sustituto del forraje habitual en el crecimiento y engorde de cobayos (*Cavia porcellus*) en la provincia de Loja. Revista del Colegio de Médicos Veterinarios del Estado Lara. 2019; 9(17): p. 6.
22. Albert G, Alonso N, Cabrera A, Rojas L, Rosthoj S. Productive evaluation of green fodder hydroponics corn, oats and wheat. Compendio de Ciencias Veterinarias, 6(1):7-10. 2016.
23. Carmona F, Pérez P, Pizarro A. Respuesta productiva de conejos alimentados con forraje verde hidropónico de avena, como reemplazo parcial de concentrado comercial. Acta Agronómica. 2011; 60(2): p. 183-189.
24. Núñez O, Guerrero R. Hydroponic foods: an alternative for the feeding of domestic animals. Journal of the Selva Andina Animal Science. 2021; 8(1): p. 44-52.

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Efecto de diferentes tipos de sustratos y auxinas en el establecimiento *ex vitro* de segmentos nodales de arándano *Var. Biloxi***Effect of different substrates and auxins on *ex vitro* establishment of nodal segments of blueberry *Var. Biloxi***Leiva Mora Michel^{1*}, Andrea Alejandra Toapanta², Juan David Ati Tamayo³ and Tatiana Macarena Acosta³DOI: [10.21931/RB/2023.08.03.7](https://doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.7)¹ Laboratorio de Biotecnología, Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.² Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.³ Departamento de Veterinaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.Corresponding author: m.leiva@uta.edu.ec

Resumen: La micropropagación de especies de *Vaccinium* mediante el uso del medio de cultivo Murashige Skoog (MS) suplementado con Benzil-amino-purina ha sido exitosamente desarrollada. El presente trabajo se propuso como objetivo, determinar el efecto de diferentes tipos de sustratos así como auxinas (ácido naftalenacético ANA, ácido indol acético AIA y ácido indol butírico AIB) sobre en el enraizamiento *ex vitro* y enraizamiento de segmentos nodales de arándano *Var. Biloxi* para conformar un banco de plantas donantes. Se utilizaron cinco combinaciones de sustratos, así como tres tipos de auxinas y sus concentraciones para determinar sus efectos en el enraizamiento *ex vitro* de segmentos nodales. Mediante el uso del sustrato compuesto a base de 40 % fibra de coco + 20 % pomina + 40 % turba se logró el mayor porcentaje de enraizamiento *ex vitro* de *V. corymbosum Var. Biloxi*. Por otra parte, con la dosis de 100 ppm de ANA se alcanzó enraizamiento *ex vitro* de *V. corymbosum Var. Biloxi*. Con los resultados del presente trabajo se pudo conformar un banco de plantas juveniles de *V. corymbosum* que incrementan las posibilidades de establecer explantes *in vitro* como material de partida para la micropropagación masiva.

Palabras clave: aclimatización, ericaceae, fitohormonas, *Vaccinium*.

Abstract: Micropropagation of *Vaccinium spp.* using Murashige Skoog (MS) and benzylaminopurine (BAP) has been successfully developed. This work aimed to determine the effect of different types of substrates and auxins (naftalen acetic acid NAA, indol acetic acid IAA y, indol butyric acid IBA) on *ex vitro* establishment and rooting of nodal segments of *V. corymbosum Var. Biloxi* to create a donor bank of blueberry plants. The influence of five different substrates and three types of auxins using five concentrations was assessed for a better nodal segment *ex vitro* establishment. The 40 % coconut fiber substrate, 20 % pomine + 40 % peat improved *ex vitro* establishment of *V. corymbosum Var. Biloxi* nodal segments. Otherwise, using 100 ppm of NAA the *ex vitro* establishment of *V. corymbosum Var. Biloxi* nodal segments increased. These results will facilitate the conformation of a donor bank of youth plants of *V. corymbosum*, increasing possibilities of *in vitro* establishment for massive micropropagation.

Key words: Acclimatization, ericaceae, hormones, *Vaccinium*.

Introducción

El arándano es un arbusto perenne de la familia *Eriaceae*, género *Vaccinium*. Tiene como centro de origen América (25% en Norte América y un 10% de Centro y Sur América). Estados Unidos es el principal productor y exportador a nivel mundial. Actualmente es un cultivo con una gran demanda a nivel mundial por sus contenidos en antioxidantes (betacaroteno, antocianinas, vitamina C y ácido fólico), fibra y minerales¹.

Varios países han priorizado el desarrollo de herramientas que permitan la obtención de plantas de arándanos con calidad genética, fisiológica y fitosanitaria para incrementar el potencial productivo, mejorar y adaptar el cultivo a diversas condiciones edafoclimáticas y convertirlo en un

agronegocio de alta rentabilidad para los agricultores².

Se ha informado la presencia en Ecuador de aproximadamente unas 230 especies de la familia *Ericaceae*, 131 de estas especies son endémicas, las cuales en su mayoría se ubican en bosques montanos nublados (1700–2500 msnm), con suelo bien drenados, ácidos, con alto contenido de material orgánica, la presencia de niebla, humedad y lluvias es un requerimiento bioecológico necesario para su buen desarrollo³. La mayoría de las especies poseen un porte bajo que puede alcanzar de 0.1–0.2 m de altura, en otros casos prevalece el porte arbustivo de 1–3 m y menos frecuentemente se encuentran especies que pueden llegar a los 10 m con porte arbórea⁴.

Citation: Leiva Mora M, Toapanta AA, Ati Tamayo J D, Acosta T M. Efecto de diferentes tipos de sustratos y auxinas en el establecimiento *ex vitro* de segmentos nodales de arándano *Var. Biloxi*. *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 7. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.7>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** 15 July 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



El cultivo de arándanos en Ecuador ha comenzado a desarrollarse en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Azuay, debido a las características de sus suelos y las condiciones climáticas las cuales son apropiadas para el cultivo. Acorde con la Federación de Productores y Exportadores de Arándanos (Fepexa), en Ecuador existían 50 hectáreas en producción en el 2021, superficie insuficiente para cubrir la demanda local.

La propagación por injertos y porta injertos en algunas variedades de arándanos es posible, mientras que en otras no se logran con éxito debido a problemas de incompatibilidad⁵. La propagación por estacas se realiza en viveros y depende del tipo y concentración de auxina, así como del cultivar que se desea enraizar⁶. Por último, la propagación mediante semillas botánicas no garantiza obtener plantas con estabilidad genética, lo cual reduce el potencial productivo.

La micropropagación vía organogénesis mediante el uso del medio de cultivo Murashige Skoog (MS) suplementado con Benzil-amino-purina también ha sido posible⁷. Sin embargo, una de las principales limitantes de las técnicas micropropagativas de arándanos radica en la ausencia de bancos de plantas donantes para el establecimiento *in vitro* de los explantes seleccionados, debido a un alto porcentaje de contaminación causada por microorganismos presente en los mismos. Esta situación provoca que los índices de establecimiento sean bajos y que se incremente notablemente el costo de las plantas micropropagadas así como la reducción de su calidad⁸.

En base a la problemática anterior el presente trabajo se propone como objetivo determinar el efecto de diferentes tipos de sustratos y auxinas sobre en el enraizamiento ex vitro y enraizamiento de segmentos nodales de arándano Var. Biloxi para conformar un banco de plantas donantes.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de biotecnología vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato en el período comprendido de marzo-septiembre 2021.

Material vegetal

Los segmentos nodales se tomaron a partir de plantas de arándanos de aproximadamente 50 cm de altura, crecidas en bolsas de 20 L que contenía como sustrato una mezcla homogénea de fibra de coco 80% + perlita 20%. Como promedio los segmentos nodales tenían 1.5 cm de longitud. Para determinar el efecto de diferentes tipos de auxinas y sus concentraciones se realizaron ensayos para cada tipo de auxina.

Ensayo 1. Influencia de diferentes sustratos en el enraizamiento ex vitro de segmentos nodales de *V. corymbosum* Var. Biloxi (tabla 1).

Ensayo 2. Influencia de tres tipos de auxinas y sus concentraciones en el enraizamiento ex vitro de segmentos nodales de arándano Var. Biloxi (tabla 2).

Control sin auxina

En ambos ensayos se utilizaron diez segmentos nodales por cada tratamiento, así como el control. Durante 15 minutos fueron sumergidos cada solución de auxina. Posteriormente se colocó cada esqueje en un recipiente plástico de 500 mL de capacidad que contenía 450 mL de cada sustrato preparado. Las plantas fueron regadas diariamente y se colocaron en la parte superior vasos plásticos transparentes para mantener la humedad y evitar deshidratación del material vegetal.

Evaluaciones

Se determinó el porcentaje de enraizamiento ex vitro a los 15, 24, 30 y 42 días para cada ensayo.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar. Los datos registrados fueron analizados mediante el paquete estadístico SPSS versión 26.0. Para comprobar si los datos tenían distribución normal se utilizó la prueba de Kolmogorov Smirnov, mientras que para determinar si existía homogeneidad de varianza se utilizó la prueba de Levene. Para separar las medias se utilizó la prueba de Kruskal Wallis completada con una prueba de U Mann Whitney. En cada ensayo se trabajó con un nivel de significación de un 95 %.

Tratamientos	Descripción
T1	40 % fibra de coco + 20 % pomina + 40 % turba.
T2	50% de fibra de coco +20% de pomina + 30 % turba.
T3	60% fibra de coco + 20% de pomina + 20 de turba.
T4	30 % fibra de coco + 20 % de pomina + 50 % turba.
T5	20 % de fibra de coco + 20% de pomina + 60 % de turba.

Tabla 1. Tratamientos relacionados con la composición de diferentes sustratos.

Auxinas		
ANA	AIA	AIB
<ul style="list-style-type: none"> • T1 100 ppm ANA • T2 200 ppm ANA • T3 250 ppm ANA • T4 300 ppm ANA • T5 350 ppm ANA 	<ul style="list-style-type: none"> • T6 100 ppm AIA • T7 150 ppm AIA • T8 200 ppm AIA • T9 250 ppm AIA • T10 300 ppm AIA 	<ul style="list-style-type: none"> • T11 300 ppm AIB • T12 400 ppm AIB • T13 500 ppm AIB • T14 600 ppm AIB • T15 700 ppm AIB
Control sin auxina		

Tabla 2. Efecto del uso de auxinas en diferentes concentraciones sobre el enraizamiento *ex vitro* de segmentos nodales de arándano *Var. Biloxi*.

Resultados

Ensayo 1

La mejor composición de sustrato para el enraizamiento *ex vitro* de los segmentos nodales de *V. corymbosum* fue el sustrato formulado con un 40 % fibra de coco + 20 % pomina + 40 % turba, en las evaluaciones correspondientes a los 15, 24, 30 y 42 días (tabla 3, figura 1).

Ensayo 2

El mayor porcentaje de enraizamiento *ex vitro* de los segmentos nodales de *V. corymbosum* se obtuvo cuando los explantes fueron sumergidos durante 15 minutos en ANA a una concentración de 100 ppm (tabla 4).

Discusión

Al usar el sustrato compuesto de 40 % fibra de coco + 20 % pomina + 40 % turba. el porcentaje de enraizamiento

ex vitro de los segmentos nodales fue similar al referido por otros autores en cuanto al uso de los componentes fibra de coco y turba, aunque estos autores utilizaron dichos materiales en menor porcentaje y en lugar de utilizar pomina como mineral prefirieron la agrolita⁹. Por otra parte, otros han logrado hasta un 93,75% de porcentaje de supervivencia de *V. floribundum* al utilizar un sustrato compuesto a base de turba y vermiculita, lo cual es superior al valor alcanzado en el presente estudio¹⁰.

De modo similar, se han aclimatado plantas de *V. arboreum* mediante el uso de un sustrato compuesto por 70% de turba y 30 % de perlita que permitió un 100% de supervivencia de las plantas enraizadas en condiciones *ex vitro* mediante una cámara de niebla en la fase de aclimatación¹¹. Sin embargo, en el presente trabajo no fue necesario utilizar humedad en forma de niebla para aclimatar las plantas de *V. corymbosum* lo cual no solamente redujo el costo sino que evito la aparición de algas en la superficie de los sustratos usados.

La fibra de coco es un componente natural muy utilizado en la preparación de sustratos para el desarrollo de

Tratamientos	Rango promedio	Medias Reales
40 % fibra de coco + 20 % pomina + 40 % turba.	108,69 a	1,64
50% de fibra de coco +20% de pomina + 30 % turba.	76,24 b	1,24
60% fibra de coco + 20% de pomina + 20 de turba.	74,30 b	1,22
30 % fibra de coco + 20 % de pomina + 50 % turba.	72,47 b	1,19
20 % de fibra de coco + 20% de pomina + 60 % de turba.	70,47 b	1,14

Tabla 3. Efecto de sustratos en el enraizamiento *ex vitro* de los segmentos nodales de *V. corymbosum*.



Figura 1. Plantas de arándanos establecidas *ex vitro* en 40 % fibra de coco + 20 % pomina + 40 % turba a los 42 días de establecido el ensayo.

Tratamiento	Evaluación a los 15 días		Evaluación a los 24 días		Evaluación a los 30 días		Evaluación a los 42 días	
	Rango promedio	Medias Reales	Rango promedio	Medias Reales	Rango promedio	Medias Reales	Rango promedio	Medias Reales
T1	103,95 a	1,55	103,95 a	1,55	103,95 a	1,55	103,95 a	1,55
T2	90,45 b	1,35	68,85 d	1,15	73,85 c	1,15	74,35 c	1,15
T3	60,60 d	1,05	62,40 d	1,1	67,40 cd	1,1	67,90 cd	1,1
T4	77,75 c	1,25	75,30 c	1,2	80,30 b	1,2	80,80 bc	1,2
T5	73,30 c	1,15	62,40 d	1,1	67,40 cd	1,1	67,90 cd	1,1
T6	74,45 c	1,25	77,90 c	1,25	69,50 cd	1,15	69,95 cd	1,15
T7	68,10 d	1,2	71,45 c	1,2	69,50 cd	1,15	69,95 cd	1,15
T8	74,45 c	1,25	77,90 c	1,25	69,50 cd	1,15	69,95 cd	1,15
T9	83,85 bc	1,35	86,95 b	1,35	71,60 cd	1,2	72,00 c	1,2
T10	71,15 c	1,25	74,05 c	1,25	78,05 c	1,25	78,45 c	1,25
T11	61,75 d	1,15	65,00 d	1,15	69,50 cd	1,15	69,95 cd	1,15
T12	77,50 c	1,3	80,50 bc	1,3	84,50 b	1,3	78,45 c	1,25
T13	86,90 b	1,4	89,55 b	1,4	86,60 b	1,35	86,95 b	1,35
T14	74,20 c	1,3	76,65 c	1,3	80,15 bc	1,3	80,50 bc	1,30
T15	58,70 d	1,1	62,40 d	1,1	60,95 d	1,05	61,45 d	1,05
C	46,24 e	0,86	46,24 e	0,86	46,24 e	0,86	49,10 e	0,92

Tabla 4. Influencia de auxinas en el enraizamiento de segmentos nodales de *V. corymbosum* Var. *Biloxi*.

plántulas tanto en cultivos hortícolas como ornamentales, incluso debido a la baja conductividad eléctrica y a su pH; este material a su vez suele ser más favorable que incluso el vermicompost¹². Estos autores observaron un efecto potenciador del rendimiento agrícola en *Cucumis melo* L. y *Solanum lycopersicum* L. cuando utilizaron fibra de coco para la formulación de sustratos.

Por otra parte, al utilizar pomina como componente del sustrato mezclado con turba para el enraizamiento de

microestacas así como de plantas procedentes del cultivo *in vitro* de *V. corymbosum* de las variedades 'Bluecrop' y 'Duke' un grupo de investigadores lograron una mayor supervivencia y crecimiento¹³. Sin embargo, otros determinaron que el mejor sustrato para la aclimatización de plantas propagadas de *V. floribundum* fue la turba¹⁴.

En relación con el mayor porcentaje de supervivencia logrado mediante el uso del ANA a 100 ppm este resultado no coincide con lo informado por Braha y Rama (2016)



Figura 2. Plantas de *V. corymbosum* establecidas *ex vitro* utilizando 100 ppm de ANA.

quienes lograron un mayor enraizamiento *ex vitro* y supervivencia de planta de *V. corymbosum* cuando utilizaron IBA en lugar de ANA.15 Sin embargo, las concentraciones utilizadas por estos autores fueron muy superiores (IBA 2000–4000 ppm) a las ensayadas en el presente trabajo (300–700 ppm).

De modo similar, Erst *et al.*, (2018) determinaron que el uso de AIB y condiciones de oscuridad favorecieron el establecimiento, el porcentaje de enraizamiento y la supervivencia de plantas de *V. uliginosum* en condiciones *ex vitro*¹⁶. Asimismo, Mendoza *et al.*, (2020) determinaron que el AIB fue superior al ANA en el enraizamiento *ex vitro* de estacas de especies leñosas, entre las cuales se encontraba el arándano¹⁷.

Conclusiones

Con el sustrato compuesto a base de 40 % fibra de coco + 20 % pomina + 40 % turba se logró el mayor porcentaje de enraizamiento *ex vitro* de *V. corymbosum* Var. Biloxi lo cual garantiza mayor éxito en la obtención de plantas donantes.

Con la dosis de 100 ppm de ANA se alcanzó el mayor porcentaje de enraizamiento *ex vitro* de *V. corymbosum* Var. Biloxi lo cual significa una reducción sustancial en lo que sugiere la literatura.

Contribuciones de los autores

Conceptualización, Michel Leiva Mora, Metodología, Michel Leiva Mora y Andrea Toapanta, software, Michel Leiva Mora y Patricio Nuñez Torres, validación, Michel Leiva Mora y Sandra Cruz Quintana, análisis formal, Michel Leiva Mora y Sandra Cruz Quintana; investigación, Michel Leiva Mora y Andrea Toapanta; recursos, Andrea Toapanta, Michel Leiva Mora y Patricio Nuñez Torres, curado de datos, Andrea Toapanta, Michel Leiva Mora; redacción—redacción borrador original, Andrea Toapanta, Michel Leiva Mora; redacción, revisión y edición, Andrea Toapanta, Michel Leiva Mora, Patricio Nuñez Torres y Sandra Cruz Quintana; supervisión, Michel Leiva Mora; administración del proyecto, Andrea Toapanta, adquisición del financiamiento, Andrea Toapanta y Michel Leiva Mora; Todos los autores han leído y están de acuerdo con la versión publicada del manuscrito.

Agradecimiento

Agradecemos al apoyo ofrecido por la coordinadora de investigación Deysi Alexandra Guevara Freire y a las autoridades de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, así como a la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE-FCAGP) por siempre haber valorado positivamente y apoyado los esfuerzos realizados en este proyecto, mismo que fue autofinanciado por la Señorita Andrea Toapanta y el doctor Michel Leiva Mora.

Conflictos de Interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias bibliográficas

1. Varo, M., Martín-Gómez, J., Mérida, J., & Serratos, M. P. (2021). Bioactive compounds and antioxidant activity of high-bush blueberry (*Vaccinium corymbosum*) grown in southern Spain. *Eur. Food Res. Technol.*, 247(5): 1199-1208.
2. Aggio, C., Milesi, D., Verre, V., Zanazzi, L. and Lengyel, M. (2022). Rise and fall (and recovery?) of the blueberry business in Argentina: an analysis of private and public-private strategies. *J. Agribus. Dev. Emerg. Econ.*, 12(4):584-603.
3. Luteyn, J. L., Judd, W. S., Vander Kloet, S. P., Dorr, L. J., Wallace, G. D., Kron, K. A., Clemants, S. E. (1996). *Ericaceae of the southeastern United States*. *Castanea*, 101-144.
4. Zotz, G., Almeda, F., Bautista-Bello, A. P., Eskov, A., Giraldo-Cañas, D., Hammel, B., & Weichgrebe, L. (2021). Hemiepiphytes revisited. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.*, 51: 125620.
5. Li, Q., Yu, P., Lai, J., & Gu, M. (2021). Micropropagation of the potential blueberry rootstock—*Vaccinium arboreum* through axillary shoot proliferation. *Sci. Hortic.*, 280: 109908.
6. Villegas-Monter, A., & Castro-Garibay, S. L. (2019). Enraizamiento de estacas en tres cultivares de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.). *Agro product.*, 12(3): 63-68.
7. Georgieva, M., & Kondakova, V. (2021). *In vitro* propagation of *Vaccinium corymbosum* L. *BJAS.*, 27(2): 323-327.
8. Toapanta Nuela, A. A. (2021). Obtención de un banco de plantas donantes de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.) para el establecimiento *in vitro* de segmentos nodales en medio de cultivo semisólido (Bachelor's thesis).
9. Peralta, M. D. L. Á., Nava, J. R. G., Santos, G. G. D. L., García, A. R. R., Salado, N. T. (2017). Reguladores del crecimiento y sustratos en la propagación vegetativa de Nanche (*Malpighia mexicana* A. Juss. y *Byrsonima crassifolia* (L) HBK). *Rev. Bras. Frutic.*, 39(3): 1-9.

10. Cobo, M. M., Gutiérrez, B., & de Lourdes Torres, M. (2018). Regeneration of mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) plants through axillary bud culture. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant*, 54(1): 112-116.
11. Li, Q., Yu, P., Lai, J., & Gu, M. (2021). Micropropagation of the potential blueberry rootstock—*Vaccinium arboreum* through axillary shoot proliferation. *Sci. Hortic.*, 280, 109908.
12. Mejía, P. A., Ruíz-Zubiate, J. L., Correa-Bustos, A., López-López, M. J., & Salas-Sanjuán, M. D. C. (2022). Effects of Vermicompost Substrates and Coconut Fibers Used against the Background of Various Biofertilizers on the Yields of *Cucumis melo* L. and *Solanum lycopersicum* L. *Hortic.*, 8(5): 445.
13. Nowakowska, K., & Pacholczak, A. (2017). Analysis of genetic stability in the ex vitro rooted microcuttings of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Acta Sci Pol-hortoru*, 16(5): 19-27.
14. Meneses, L. S., Morillo, L. E., & Vásquez-Castillo, W. (2022). In vitro propagation of *Vaccinium floribundum* Kunth from seeds: promissory technology for mortiño accelerated production. *Can. J. Plant Sci.*, 102(1): 216-224.
15. Braha S, Rama P. (2016). The effects of indol butyric acid and naphthalene acetic acid of adventitious root formation to green cuttings in blueberry cv. *Vaccinium corymbosum* L. *Int J Sci Res.*, 5(7), 876-879.
16. Erst, A. A., Gorbunov, A. B., & Erst, A. S. (2018). Effect of concentration, method of auxin application and cultivation conditions on in vitro rooting of bog blueberry (*Vaccinium uliginosum* L.). *J. Berry Res.*, 8(1): 41-53.
17. Mendoza, W., López-Medina, S., Mostacero-León, J., Gil-Rivero, E., López, A., & De La Cruz-Castillo, A. (2020). Determinación de las concentraciones adecuadas de 2,4 diclorofenoxiacético y Kelpak en el enraizamiento de estacas de *Vaccinium floribundum* Kunth "pushgay". *Manglar*, 17(1): 21-25.

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Experiencias del profesional de enfermería durante el cuidado al paciente crítico: lecciones autoaprendidas

Nursing professional experiences during critical patient care: self-learned lessons

Diego Quinatoa, Mauricio Mejía, Priscila Herrera, Alisson Muñoz and Maricelys Jimenez Barrera [DOI. 10.21931/RB/2023.08.03.8](https://doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.8)

Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Santo Domingo, Escuela de enfermería, Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador.

Corresponding author: apmunozg@pucesd.edu.ec

Abstract: Patient care should be provided in a favorable environment, considering that it is an attitude endowed with understanding, compassion, awareness and competence, taking into account the essence of the profession. Objective: to analyze the nursing professional's experiences during patient care in critical care units. The approach was qualitative, with descriptive design and a phenomenological approach. Ten participants were considered through non-probabilistic sampling and theoretical saturation. The instrument was the semi-structured interview. The data analysis was carried out through Colaizzi's method. Six categories emerged as a result of the research: experiences of the nursing professional during patient care in critical care units; elements that stand out in the affairs of the nursing professional during patient care in critical care units; repercussions of self-taught learning in the nursing professional; humanized comprehensive care; knowledge of the nursing staff on the management of the critical patient; and increased patient-family-nurse bonding. Final considerations According to the findings, in the nursing professional's experiences, deficiencies are perceived in the communication provided to the patient and family with whom the nursing staff should establish an interpersonal bond. Work overload is an element that influences the quality of care of patients admitted to the ICU.

Palabras clave: Care, humanization, nurse, patient.

Resumen: La atención al paciente debe prestarse en un ambiente favorable, considerando que es una actitud dotada de comprensión, compasión, conciencia y competencia, teniendo en cuenta la esencia de la profesión. Objetivo: analizar las vivencias del profesional de enfermería durante la atención al paciente en unidades de cuidados críticos. El abordaje fue cualitativo, con diseño descriptivo y enfoque fenomenológico. Se consideraron diez participantes, mediante muestreo no probabilístico y saturación teórica. El instrumento fue la entrevista semiestructurada. El análisis de los datos se realizó a través del método de Colaizzi. Como resultado de la investigación surgieron seis categorías: experiencias del profesional de enfermería durante el cuidado del paciente en unidades de cuidados críticos; elementos que se destacan en las experiencias del profesional de enfermería durante el cuidado del paciente en unidades de cuidados críticos; repercusiones de los aprendizajes autodidactas en el profesional de enfermería; cuidado integral humanizado; conocimiento del personal de enfermería sobre el manejo del paciente crítico; y aumento del vínculo paciente-familia-enfermera. Consideraciones finales De acuerdo con los hallazgos, en las experiencias del profesional de enfermería se perciben deficiencias en la comunicación brindada al paciente y a la familia con quienes el personal de enfermería debe establecer un vínculo interpersonal. La sobrecarga de trabajo es un elemento que influye en la calidad de los cuidados a los pacientes ingresados en la UCI.

Key words: Cuidados, humanización, enfermera, paciente.

Introducción

La multidimensionalidad del humano hace que éste sea un ser biopsicosocial diferente expuesto a múltiples riesgos que pudiesen desencadenar en alteraciones funcionales que generen una enfermedad y el mismo necesite de cuidados. El cuidado puede estar centrado en el mantenimiento de la vida, sin embargo, la alimentación y la higiene son prácticas que se deben tener en cuenta en el mismo. El cuidado debe ser brindado en un ambiente favorable para que las personas puedan expresar sus necesidades y comportamientos al sentir seguridad y confianza; este proceso de cuidado se crea en un ambiente organizacional hospitalario, donde el cuidador y el ser cuidado son los protagonistas del escenario¹.

En este contexto, cuidar es más que una acción, comprendiendo que el cuidado en la actual sociedad ha permanecido limitado, por lo que él mismo es considerado una actitud. Cabe señalar que la visión del fenómeno del descuido, insensibilidad y negligencia desorienta hacia la unión con el todo y la capacidad de brindar cuidado al ser humano tiene que estar dotado de comprensión, compasión, conciencia, competencia y confianza².

Las vivencias de los profesionales de la salud al brindar cuidado al paciente en estado crítico evidencian que se deben superar metas de desigualdades sociales, siendo esto un desafío para los Gobiernos y el Sector Salud, para garantizar el bienestar de la población. En este contexto

Citation: Quinatoa D, Mejía M, Herrera P, Muñoz A, Jimenez Barrera M. Experiencias del profesional de enfermería durante el cuidado al paciente crítico: lecciones autoaprendidas *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 8. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.8>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** 15 July 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



cabe recalcar que en Ecuador, dentro de las unidades de cuidados intensivos, el exceso de trabajo es un factor fundamental que influye de manera negativa en la calidad de atención brindada al paciente en estos servicios, viéndose afectada la relación enfermero/paciente. La relación de los profesionales de enfermería UCI con los pacientes y familiares se encuentran en una posición privilegiada, que facilita una relación más cercana con los mismos, teniendo en cuenta las opiniones y decisiones de estos sobre el tratamiento brindado³.

Materiales y métodos

El presente estudio fue de enfoque cualitativo, la investigación cualitativa es un proceso interactivo que permite una deseable comprensión para la comunidad científica permitiendo distinciones significativas que se deriva de la aproximación al fenómeno de estudio, mejorando los diseños de las investigaciones⁴.

El método de estudio fue descriptivo con una aproximación fenomenológica, se utilizó el lenguaje EMIC-ETIC. Se ha identificado que puede ser particularmente relevante la utilización de este diseño para los profesionales de enfermería, que realizan una investigación primaria y proporciona una técnica excelente para el abordaje de las cuestiones clínicas, para ellos y su entorno de práctica. El escenario en donde se desarrolló el estudio fue en el hospital Pablo Arturo Suarez en la Unidad de Cuidados Intensivos en la ciudad de Quito.

Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia e involucró a los profesionales de enfermería que laboran en Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Pablo Arturo Suarez; se considerarán 10 participantes para la obtención de la muestra se tendrá en cuenta la saturación de unidades de significado.

Se informó a los participantes del estudio antes de inicio a la investigación todo lo relacionado con la misma; con la finalidad de obtener la autonomía de los informantes. Los participantes fueron parte del estudio, previo conocimiento del objetivo del estudio. La información de los participantes se encuentra segura, teniendo en cuenta el anonimato. Se protegió la identidad de los entrevistados, teniendo en cuenta el uso de seudónimos, además se hizo uso de un consentimiento informado, de esta manera, se respetó el principio de beneficencia y no maleficencia resguardando la salud mental y emocional de los participantes, se procuró seleccionar a los participantes de manera equitativa respetando el principio de justicia.

para obtener narraciones de vivencias de los participantes en estudios cualitativos, además señal que son guiadas mediante preguntas abiertas que permiten la exploración a profundidad de los relatos de los entrevistados⁵.

Guía de la entrevista, es fundamental teniendo en cuenta los objetivos trazados en el estudio para la obtención de la información de manera clara y precisa. El análisis de las descripciones se realizó teniendo en cuenta el método fenomenológico de Co-laizzi, que ayuda a elevar el grado de significado de la investigación cualitativa evitándose problemas en la información obtenida; se realizó lectura y relectura de los fragmentos para la interpretación de los testimonios, se transcribió los datos, a través del programa Microsoft Office Word, versión 2016. Asimismo, se realizaron los códigos colorimétricos para la codificación de manera abierta, inductiva a posteriori, que permitió la identificación de las unidades significativas, donde se agruparon las convergencias y divergencias de estas. Se conservó los textos fraccionados cuidando el lenguaje EMIC de los sujetos de estudio, a través del análisis del 15 investigador o ETIC, identificándose así las categorías y subcategorías. Cabe recalcar, que se dispuso de la aplicación de la herramienta de análisis cualitativa ATLAS.ti versión 2022, a modo de entablar una organización, análisis y clasificación de los datos obtenidos de los testimonios de cada entrevistado; siendo esta una labor minuciosa, compleja y no lineal para la relación con la información adquirida; la elaboración manual permitió descubrir el núcleo del significado de las unidades. Cabe puntualizar que, cuando se buscó la comprensión de significados, a través de este programa se reveló un sistema analítico de nodos para codificar e interpretar los datos, teniendo en cuenta el pensamiento crítico y reflexivo del investigador y los testimonios de los participantes. Finalmente, la articulación del tejido manual y la aplicación de la herramienta AT-LAS.ti facilitó evaluar la confiabilidad y validez en el procesamiento de los resultados; construyéndose 6 categorías acerca de las experiencias del profesional de enfermería en el cuidado al paciente crítico⁶⁻⁸.

Resultados

Posterior a la lectura, análisis y clasificación de los discursos; se realizó un proceso de codificación colorimétrica e identificación de las unidades de significados temáticas.

Subsiguientemente, tras la organización y agrupación de textos emergieron las siguientes categorías empíricas:

Número de código	Color	Significado
C1	Amarillo	Percepción del cuidado
C2	Gris	El cuidado por los profesionales de enfermería
C3	Turquesa	Manejo del paciente crítico
C4	Rojo	Pensamiento crítico
C5	Azul	Visión del supervisor en el contacto del área crítica
C6	Oro claro	Preparación del profesional de enfermería
C7	Azul claro	Relación paciente familia enfermero
C8	Verde claro	Conducta del profesional de enfermería ante la muestre de pacientes críticos

¹ Elaborado por Diego Quinatoa y Mauricio Mejía.

Tabla 1. Matriz de análisis: codificación y significado.

Categorías
Experiencias del profesional de enfermería durante el cuidado al paciente en las unidades de cuidados críticos.
Elementos que sobresalen de las experiencias del profesional de enfermería durante el cuidado al paciente en unidades de cuidados críticos
Repercusión de las lecciones auto aprendidas en el profesional de enfermería
Cuidado integral humanizado
Conocimientos del personal de enfermería en cuanto al manejo del paciente crítico
Mayor vinculación paciente familia y enfermero

¹Elaborado por Alisson Muñoz y Priscila Herrera

Tabla 2. Segunda matriz de análisis: Categorías definidas a posteriori.

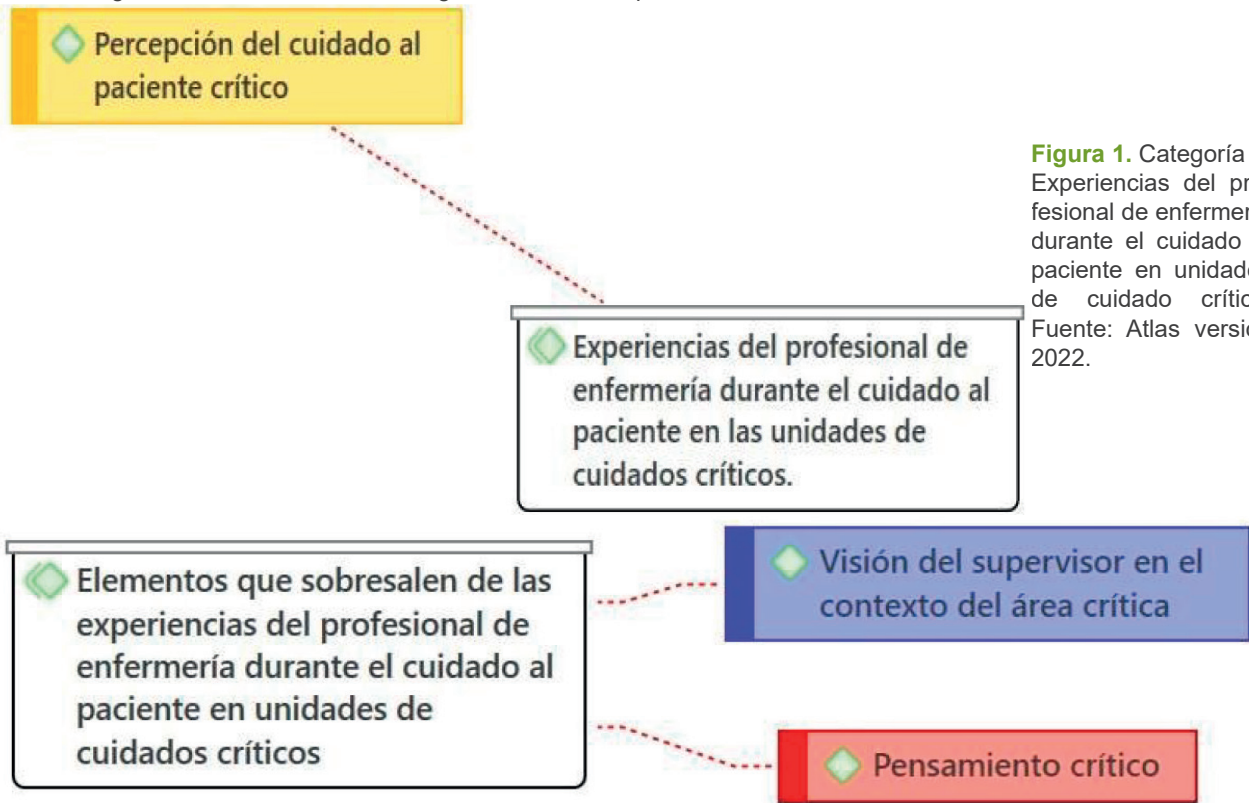


Figura 1. Categoría 1: Experiencias del profesional de enfermería durante el cuidado al paciente en unidades de cuidado crítico. Fuente: Atlas versión 2022.

Figura 2. Categoría 2: Elementos que sobresalen de las experiencias del profesional de enfermería durante el cuidado al paciente en unidades de cuidado críticos. Fuente: Atlas versión 2022.

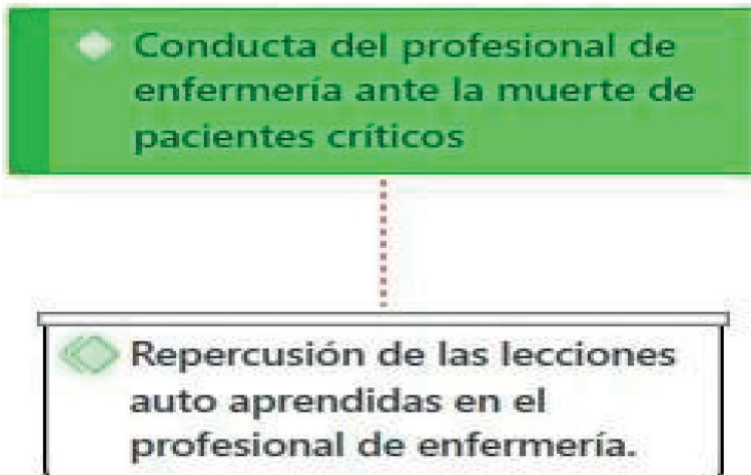


Figura 3. Categoría 3: Repercusión de las lecciones auto aprendidas en el profesional de enfermería. Fuente: Atlas versión 2022.

◇ Cuidado integral humanizado

Figura 4. Categoría 4: Cuidado integral humanizado. Fuente: Atlas versión 2022.

4

◇ El Cuidado por los profesionales de enfermería

◇ Conocimientos del personal de enfermería en cuanto al manejo del paciente crítico

◇ Manejo del paciente crítico

◇ Preparación del profesional de enfermería

Figura 5. Categoría 5: Conocimientos del personal de enfermería en cuanto al manejo del paciente crítico. Fuente: Atlas versión 2022.

◇ Mayor vinculación paciente familia y enfermero

◇ Relación paciente familia enfermero

Figura 6. Categoría 6: Mayor vinculación paciente familia y enfermero. Fuente: Atlas versión 2022.

Discusión

La elaboración de la estructura del conocimiento subjetivo se posibilitó a través del análisis independiente de las categorías comprendida en los testimonios de los participantes del estudio, posteriormente se reagruparon las categorías temáticas teniendo en cuenta las similitudes y diferencias relacionadas con el objeto de estudio. Es así que emergió lo siguiente:

1. Experiencias del profesional de enfermería durante el cuidado al paciente en las unidades de cuidados críticos. Los enfermeros ante las realidades suscitadas en las (UCI) adquieren diferentes vivencias y se debe tomar en consideración la condición del paciente y los cuidados que se le brinda, al ser el enfermero el pilar fundamental para el proceso y tratamiento del mismo, en este contexto todo profesional de enfermería adquieren experiencias. Las reflexiones más significativas de los participantes fueron:

“Nos deja vivencias enriquecedoras en donde nos lle-

na tanto como profesionales y en la parte personal, porque es un aporte inmenso para salvar una vida” (P2).

“Es muy buena, porque hemos aprendido bastante de ello” (P3).

“Una de las experiencias que más me ha marcado como profesional y durante el cuidado brindado a los pacientes es el no saber cómo actuar ante las diferentes adversidades que se presentan en dicha unidad, y eso se da por la inexperiencia al encontrarse por primera vez en una unidad crítica” (P8).

“Ha sido muy buena debido a que yo nunca había pasado por una unidad de cuidados intensivos, y al momento que ingrese aquí pues la experiencia que he vivido es muy favorable” (P10).

La atención y supervisión en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) de individuos en condiciones críticas revelan emociones y vivencias experimentadas tanto por el personal médico, el paciente y sus familiares. La continua exposición a situaciones cercanas a la muerte conlleva una reflexión sobre el valor de la vida y resalta la significativa importancia de dedicar tiempo a nuestros seres queridos⁹.

2. Elementos que sobresalen de las experiencias del profesional de enfermería durante el cuidado al paciente en unidades de cuidados críticos. Las experiencias percibidas por el profesional de enfermería en el cuidado al paciente en las unidades de cuidados críticos, evidencia la necesidad de atención, debido al agotamiento físico y espiritual que genera brindar cuidados en silencio, acompañado del sonido artificial, frío, sin calidez y sensibilidad, como son los equipos a los que están acoplados los pacientes críticos. En este sentido, cuidar está relacionado directamente con el verbo curar. Ante estas justificaciones, detrás de cada enfermo que se cura hay un enfermero con pensamiento crítico¹⁰⁻¹¹. En este sentido, se perciben los siguientes relatos:

“Ganar seguridad y fortalecer la comunicación ayuda a la construcción del sentimiento de confianza en sí mismo. Además de obtener experiencia al conocer sobre el paciente y además de la familia” (P9).

“Podemos brindar un mejor mañana a aquellas personas que más nos necesitan, como son nuestros pacientes, obviamente no dejando atrás el bienestar de nosotros como profesionales y el de nuestras familias” (P4).

“Llevo tiempo trabajando en UCI y de verdad que no es fácil sentir ese sonido en mis oídos que lo tienes que interpretar para saber si todo va bien con el paciente, al decir ahorita paciente me viene a la mente tantas cosas pues tiene nombre familias un futuro detenido en la espera, pues dependen de equipos que no saben lo que es un cuidado humanizado simplemente cumplen una función y nosotros tenemos que aprender a comunicarnos con ellos y creo es un poco deshumanizado, sabe algo yo hablo con los equipos y les pido que siempre den una señal cuando algo anda mal para actuar a tiempo y eso hace que me sienta fatigada e impotente” (P8).

3. Repercusión de las lecciones auto aprendidas en el profesional de enfermería; donde el enfermero es el primer eslabón de apoyo más sólido en el campo de la salud, siendo el cuidado la esencia, desempeñando múltiples funciones, capaz de brindar cuidado con calidad y calidez al paciente y población que lo necesite.

El profesional llega a la vida del paciente convirtiéndose en el único hallado para transitar en el proceso de su enfermedad, recuperación y rehabilitación; así como en el acompañamiento ante la muerte si esta llegara a suceder

con afecto y respeto a las familias¹².

En este contexto se mencionan los siguientes testimonios:

“He vivido lecciones en la unidad, con pacientes que me han marcado de por vida, ya sea positiva y negativa; recuerdo un caso de una señora que tenía una insuficiencia renal terminal y se complicó con una bronconeumonía, la recibimos en el turno y la hija estaba de la parte de afuera, me asome a la puerta y la vi llorar mucho, cuando le mire se había orinado y temblaba pues el miedo la tenía atrapada, le brinde apoyo psicológico y espiritual, ella me respondió que aunque su mamá se muera iba estar tranquila pues ya no estaría sola pues pensaba que todo allá dentro era de color oscuro, pero se había equivocado pues vio en mi la luz” (P5).

“Llevamos momentos agradables, momentos que impulsan a seguir luchando por brindar nuestros cuidados y ver la mejora de nuestros pacientes” (P2).

“Ser un apoyo emocional y darle calma, paciencia y adicional creo que una de las experiencias más gratificantes que vivo, haber sido parte de su recuperación y ver que luego pueden salir vivos y disfrutar de su familia” (P1).

4. Cuidado integral humanizado. Un enfermero para brindar cuidado debe de ser humano dotados de valores como: humildad, sinceridad, amor, respeto y cordialidad; si esto se contrapone deja de ser un enfermero humano para convertirse en uno deshumanizado, generando malestar en el paciente, familia y compañeros de trabajo, siendo un ambiente no saludable¹³. Ante estas realidades, el enfermero no siempre brinda un cuidado humanizado, por factores no deseados como la desmotivación, estrés, y normas institucionales que condicionan la falta de seguridad del profesional de enfermería, en el quehacer diario desencadenado limitaciones en el enfermero, así como se observa en los siguientes testimonios:

“En muchas ocasiones por el estrés del trabajo y la carga laboral nos convertimos en enfermeros deshumanos al no atender los problemas del paciente y familiar, enmarcándonos solamente en el cumplimiento de una indicación médica y nos alejamos totalmente de nuestro encargo social y de nuestra razón de ser como enfermeros” (P2).

“A veces en las instituciones no contamos con los insumos y equipos necesarios para brindar un cuidado humano lo que perjudica en la recuperación de paciente y en la autoestima del profesional que somos nosotros” (P7).

5. Conocimientos del personal de enfermería en cuanto al manejo del paciente crítico. En este sentido de idea, los enfermeros al momento de brindar cuidado al paciente crítico deben contar con habilidades, destrezas y conocimientos indispensables para enfrentar eventos en pacientes críticamente inestables. Siendo así el personal de enfermería un pilar fundamental en el cuidado. Es así que el profesional de enfermería desde el primer día que ingresa y forma parte de la (UCI) se convierte en un ser humano capaz de enfrentar responsabilidades ante retos y obstáculos que hacen al enfermero una persona integral desde las dimensiones actitudinal cognitivo y procedimental; siendo las vivencias el abanico de las habilidades para un desempeño profesional de excelencia¹⁴. Enmarcando lo antes mencionado se dispone de las siguientes narraciones:

“Nos esforzamos con los conocimientos que tenemos por sacar al paciente, por que día a día con los conocimientos de los médicos más nuestra ayuda, podemos administrar los medicamentos que necesitamos de acuerdo en cada patología” (P2).

“Estamos adaptados a la realidad desde que se abrió nuestra área, sabemos manejarlo a nuestro modo, sabemos cuándo un paciente recibe un protocolo PLACE ante nosotros prácticamente vemos al paciente en sí” (P8).

“Mis habilidades y destrezas la he adquirido con el paso del tiempo, ya que en el transcurso he tenido la oportunidad de enseñar compartiendo experiencias desde una simple curación hasta algo ya más avanzado como el trabajo con un paciente de cuidado crítico. He tenido la oportunidad de enseñar incluso a mis colegas de cómo activar una aguja huber o cómo curar, colocar una vía central y colocar un catéter picc. En sus diferentes indoles es importante siempre compartir conocimientos para así poder aprender y fortalecer el campo de la enfermería he ir cambiando esa mentalidad de que enfermería solamente administra medicamentos y en lo personal considero que enfermería está preparado en todos los campos” (P8).

6. Mayor vinculación paciente familia y enfermero. Las familias sufren cuando un miembro se encuentra hospitalizado en (UCI) al ser esta un área cerrada con horarios de visita restringido, limitando al familiar a ser partícipes del cuidado, perdiéndose así la relación paciente, familia y profesional de enfermería. Cabe resaltar que, la muerte está relacionada con el paciente internado en el área crítica; lo cual propicia una problemática social que afecta a la familia al afrontar esta situación. De esta manera, se aprecia que persisten la UCI a puertas cerrada la cual influye negativamente en el familiar, que espera y sufre el dolor del ser querido, aplicando estrategias de afrontamiento para batallar ante la incertidumbre, angustia y el miedo, acompañado de la desinformación que incrementa la depresión y el estrés desencadenado un desequilibrio en toda la familia¹⁵. De esta manera se presenta a continuación los datos más significativos:

“Básicamente a la parte afectiva o emocional y hay que recordar que nuestro paciente en una unidad crítica es con nosotros con quien tiene contacto mas no con la familia, entonces ser su apoyo dar ánimos, hablar ayudar en la parte emocional no solo en la parte de su enfermedad si a curar todo o ayudar a solucionar y a disminuir sus problemas saliendo de una unidad crítica porque a veces los dejan con bastantes secuelas en la parte emocional adicional a la parte física estos son los aspectos que sobresaldrían en esto” (P8).

“Ser empáticos con la situación que está viviendo, recordar que a veces están muy ansiosos que están desesperados, están preocupados y nuestra función ahí es brindar apoyo emocional y darle calma, paciencia y adicional creo que una de las experiencias más gratificantes es a ver sido parte de su recuperación y ver qué Luego está disfrutando de su vida con su familia” (P1).

“En la Unidad de Cuidados Intensivos donde laboro las visitas son un poco limitada, solo permiten 5 minutos, pienso que es poco el tiempo y solo se puede visitar una vez al día, esto no ayuda a la parte emocional del paciente, como bien sabemos el paciente necesita apoyo incondicional para su recuperación” (P3).

Es necesario entender mejor el fenómeno estudiado en un contexto del quehacer del profesional de enfermería en cuanto a la manera de brindar cuidado, siendo este un elemento paradigmático en la profesión al considerar al ser viviente como un todo íntegro, considerando las dimensiones social, psicológica, física y espiritual, con este antecedente, se exhorta a la población científica a continuar realizando investigaciones dentro de esta línea de estudio.

Conclusiones

Brindar cuidado al paciente en estado crítico es una de las dimensiones más importantes que se relaciona en el proceso de recuperación de este, articulando a la familia para satisfacer las necesidades afectadas, mejorando así la calidad de atención para una estancia menos traumática y hostil; siendo imprescindible la visibilización del profesional de enfermería.

De acuerdo con los hallazgos, en las vivencias del profesional de enfermería; se perciben falencias en la comunicación que se le otorga al paciente y familiar con quien el personal de enfermería debe establecer un vínculo interpersonal, así mismo; la sobrecarga laboral es un elemento que influye en la calidad de atención a los pacientes ingresados en (UCI).

Las instituciones de salud, articulada con la educación médica, deben identificar las necesidades reales y sentidas del profesional de enfermería que labora en las unidades críticas, y fuera de ellas, para darle solución a los problemas encontradas, implementando estrategias de formación humanista, en esta etapa que pudiera ser el final de la vida, considerando los cuidados de enfermería como la esencia de la profesión.

Son representativas las siguientes categorías: Elementos que sobresalen de las experiencias del profesional de enfermería durante el cuidado al paciente en unidades de cuidados críticos; se-guidas de cuidado integral humanizado, conocimientos del personal de enfermería en cuanto al manejo del paciente crítico y mayor vinculación paciente familia y enfermero.

Son evidentes las vivencias del profesional de enfermería durante el cuidado brindado al paciente en estado crítico. Al ser una actividad que aboga por un personal con alto sentido humanista orientado hacia un cuidado humanizado, que comprometa a este personal que es quien cuida y concede el cuidado. Consideramos además haber alcanzado los objetivos del estudio, se impone la socialización de las problemáticas identificadas promoviendo para hacer visible la necesidad de una atención integral, holística y humanista; dado que al cuidar humanizadamente mejora la calidad de vida de las personas, sin dejar de lado los valores humanos y las dimensiones de la espiritualidad y la fenomenología¹⁶.

Referencias bibliográficas

1. Waldow Vera R. Enseñanza de enfermería centrada en el cuidado. *Aquichan*. 2009;9(3):246-256. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/741/74112147005.pdf>
2. Boff L. *Saber Cuidar: Ética do humano - compaixão pela terra*. Petrópolis RJ: Vozes; 2002.
3. González-Rincón M, de Herrera-Marchal PD, Martínez-Martín ML. Rol de la enfermera en el cuidado al final de la vida del paciente crítico. *Enfermería Intensiva*. 2019;30(2):78-91. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1130239918300567>
4. Aspers P, Corte U. What is qualitative in qualitative research. *Qualitative sociology*. 2019;42(2):139-160.
5. Do Prado M, De Souza M, Monticelli M, Cometto M, Gomez P, Organización Panamericana de la Salud [OPS]. *Investigación cualitativa en enfermería. Metodología y didáctica*. Washington DC: Serie Paltex Salud y Sociedad; 2013. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/51587>

6. Colaizzi P. Psychological research as the phenomenologist views it. In R. Valle & M. King (Eds.), Oxford University Press, New York. Disponible en (1978). <https://philpapers.org/rec/COLPRA-5>.
7. Hernández S, Fernández C, Baptista M. Metodología de la investigación. 6th ed. Mexico: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.; 2014. p. 1-600.
8. Corona J, Maldonado J. Investigación Cualitativa: Enfoque Emic-Etic. Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas [Internet]. 2018; 37(4):1-4. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S08643002018000400022&script=sci_arttext&lng=en.
9. Ruidiaz-Gómez KS, Fernández-Aragón S. Temor y angustia: vivencia del paciente en la unidad de cuidados intensivos. Rev Cienc Ciudad. 2020;17(3):7-19. Disponible en: <https://doi.org/10.22463/17949831.1695>
10. Waldow VR, Deorristt RC, Germán C. El cuidado integral del ser humano. In: Memorias del III Congreso Internacional y V Nacional de Enfermería en Cuidado Humano. Venezuela: Universidad de Carabobo, Facultad de Ciencias de la Salud; 2013. p. 53-62.
11. Alfaro R. Pensamiento crítico, razonamiento clínico, y juicio clínico en enfermería. Barcelona: Critical Thinking. clinical Reasoning Judgment; 2020.
12. García CP, Gallegos-Torres RM. El papel del personal de enfermería en la educación para la salud. Horizonte de enfermería. 2019;30(3):271-285. Disponible en: <http://www.cuadernos.info/index.php/RHE/article/view/10870>
13. Watson J. The Philosophy and Science of Caring. Editorial de la Universidad de Colorado: E.E.U.U; 2008.
14. Rincón Cepeda, C La comunicación terapéutica entre la enfermera y el paciente como habilidad de cuidado humanizado en la UCI. [Internet]. 2017. Disponible en: <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/641>
15. Duque-Ortiz Camilo, Arias-Valencia María Mercedes. Relación enfermera-familia en la unidad de cuidados intensivos. Hacia una comprensión empática. Rev. Cienc. Salud [Internet]. 2021 Apr [cited 2023 May 09]; 19(1): 124-143. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-72732021000100124&lng=en. Epub Aug 05, 2021. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.10059>.
16. Watson J. Filosofía y ciencia del cuidado. Modelos y teorías en enfermería. 2003;5:145-64.

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Influencia de las condiciones de iluminación sobre el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. var. Cecilia

Influence of lighting conditions on the *in vitro* bud set of *Solanum tuberosum* L. var. Cecilia

Silva Agurto Catherine^{1*}, Michel Leiva Mora¹, Nayeli Sanchez Ortiz² and Danny del Castillo Bastidas²

DOI. 10.21931/RB/2023.08.03.9

¹Laboratorio de Biotecnología. Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

²Estudiante de la Maestría de Agronomía Mención Nutrición Vegetal cohorte 2022, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Corresponding author: cl.silva@uta.edu.ec

Resumen: La micropropagación *in vitro* es una importante herramienta biotecnológica para la producción masiva de plantas, existen varios factores que intervienen en el desarrollo las plantas *in vitro* como el medio de cultivo, fitohormonas y condiciones de iluminación. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de condiciones de iluminación sobre el establecimiento *in vitro* de yemas de *S. tuberosum* Var. Cecilia. Se utilizaron brotes de tubérculos previamente desinfectados y se sembraron en un medio de cultivo compuesto por MS + 20 g.L⁻¹ de sacarosa + 7 g.L⁻¹ de agar y se expusieron a diferentes condiciones de iluminación, se determinó el número de nudos, número de hojas, número de brote, altura de planta, porcentaje de establecimiento y porcentaje de contaminación. A los 30 días la luz blanca fluorescente total y 12 h luz natural + 12 h oscuridad mostraron una mayor altura de planta, mientras que las condiciones de iluminación no mostraron efecto sobre el número de nudos, número de hojas, número de brotes por planta, porcentaje de establecimiento y porcentaje de contaminación. En base a los resultados del presente trabajo se concluyó que tanto la luz blanca fluorescente total y 12 h luz natural + 12 h oscuridad favorecieron el establecimiento *in vitro*.

Palabras clave: Brotes, crecimiento, luz, oscuridad.

Abstract: *In vitro*, micropropagation is an essential biotechnological tool for the mass production of plants. Several factors influence *in vitro* plant development, such as the culture medium, phytohormones, and illumination conditions. The present work aimed to evaluate the effect of illumination conditions on the *in vitro* establishment of buds of *S. tuberosum* Var. Cecilia. Previously disinfected tuber shoots were sown in a culture medium composed of MS + 20 g.L⁻¹ sucrose + 7 g.L⁻¹ agar and exposed to different illumination conditions. The number of nodes, the number of leaves, the number of shoots, plant height, percentage of establishment and percentage of contamination were determined. At 30 days, total fluorescent white light and 12 h natural light + 12 h darkness showed a greater plant height, while the lighting conditions showed no effect on the number of nodes, number of leaves, number of shoots per plant, percentage of establishment and percentage of contamination. Based on the results of the present work, it was concluded that both total white fluorescent light and 12 h natural light + 12 h darkness favored *in vitro* establishment.

Key words: Darkness, growth, light, sprouts.

Introducción

La micropropagación *in vitro* es una herramienta que se ha convertido en una alternativa para producir plantas masivamente y satisfacer las necesidades alimenticias de la población actual¹. La papa *S. tuberosum* es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial y ventajosamente ha sido una de las primeras especies vegetales en ser desarrolladas por la Biotecnología, esto ha permitido resolver problemas prácticos relacionados con el manejo y su fitomejoramiento. El primer enfoque biotecnológico utilizado para eliminar virus de clones de papa infectados sistémicamente fue posiblemente el cultivo de meristemas; con el paso de los años esta técnica ha sido combinada con la micropropagación *in vitro* para la producción de semillas sanas y libres de cualquier agente fitopatógeno², cabe recalcar que debido a la rápida multiplicación de clones sanos se considera como una parte fundamental para la produc-

ción de semillas en varios países³.

La micropropagación *in vitro* es un método en el cual el material vegetal se replica a través de explantes, entre los principales factores que intervienen en este proceso se pueden mencionar el medio de cultivo, reguladores de crecimiento, aseptia, pH, condiciones de iluminación, tipo de explante, etcétera⁴. La luz es uno de los factores ambientales más indispensable para el crecimiento de la papa, debido a que el crecimiento celular, la morfogénesis y la microtuberización de la papa *in vitro* dependen de la luz; los niveles de irradiación pueden provocar plantas *in vitro* etioladas y cloróticas, mientras que la calidad de luz influye en su morfología⁵.

La luz interviene en la actividad de las fitohormonas puesto que estas sustancias químicas necesitan de condiciones de iluminación específicas para un correcto funcio-

Citation: Silva Agurto C, Leiva Mora M, Sanchez Ortiz N, del Castillo Bastidas D. Influencia de las condiciones de iluminación sobre el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. var. Cecilia. *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 9. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.9>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** 15 July 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



namiento, su regulación y metabolismo dependen considerablemente de la intensidad lumínica⁶; además, los cambios morfológicos y fisiológicos de la planta asimismo dependen de la intensidad y calidad de la luz, al estar regulados por las fitohormonas, debido a la interacción que existe entre la intensidad de la luz, las auxinas y citoquininas endógenas, que directa o indirectamente intervienen en la expansión celular, callogénesis, proliferación de brotes, formación de raíces y actividad fotosintética⁷.

Hasta la actualidad, se han utilizado diversos tipos de fuentes de luz, como las lámparas fluorescentes, lámparas de vapor de sodio a alta presión, luces led. Las lámparas fluorescentes proporcionan un amplio espectro de luz y son las más utilizadas para la producción de plantas *in vitro*, sin embargo, presentan inconvenientes como el alto consumo energético, radiación inestable y emisión de calor⁸. La implementación de luces LED en el cultivo *in vitro* es una alternativa a los sistemas convencionales de iluminación, mejoran eficientemente la micropropagación y reducen los costos de producción⁹, la sustitución de lámparas fluorescentes por luces LED puede reducir hasta en un 50% los costos y consumos anuales de electricidad¹⁰.

La papa es una planta que en el sistema *in vitro* requiere de un fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad, este fotoperiodo es necesario para los procesos fotosintéticos adecuados¹¹. En cuanto a la proporción adecuada de luz roja y luz azul autores manifiestan que las proporciones que oscilan entre 1:3 y 3:1 son las adecuadas para la mayoría de las plantas^{12,13}. Sin embargo, su utilización individual también muestra efectos positivos en relación al grosor de hojas, diámetro de tallo y peso de tubérculos¹⁴.

En base a la problemática anterior, la presente investigación se propuso evaluar el efecto de diferentes condiciones de iluminación en el establecimiento *in vitro* de yemas de *S. tuberosum* Var. Cecilia para determinar su efecto en el número de nudos, número de hojas, número de brotes por planta, altura de la planta, porcentaje de establecimiento y porcentaje de contaminación.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, ubicado en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua, en el período comprendido de abril-septiembre 2022.

Material vegetal

Se seleccionaron yemas de los tubérculos y cortaron con un bisturí, se colocaron en un frasco esterilizado. El protocolo de desinfección consistió en sumergir las yemas en una solución de etanol al 70% por 30 segundos, luego se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio al 2% por 15 minutos y se realizaron tres enjuagues con agua destilada estéril. Una vez desinfectadas las yemas se colocaron en una placa y se cortaron explantes de 2 nudos, para luego colocarlos en un frasco.

Los explantes se cultivaron en medio MS + 20 g.L⁻¹ de sacarosa y 7 g.L⁻¹ de agar, el pH se ajustó a 5.9, se sembró un explante por tubo de ensayo.

Evaluaciones

Se determinó el número de nudos, número de hojas, número de brotes por planta, altura de la planta, porcentaje de establecimiento y porcentaje de contaminación a los 15 y 30 días del ensayo.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar. Los datos obtenidos de las variables se registraron en el paquete SPSS versión 26.0, se comprobaron si presentaban distribución normal por medio de la prueba de Kolmogorov Smirnov y la homogeneidad de varianza mediante la prueba de Levene. Para las variables que no cumplieron con estos requerimientos, se utilizó la prueba de Kruskal Wallis completada con una prueba de U Mann Whitney. Para un nivel de significación de un 95%.

Resultados

A los 15 y 30 días del ensayo se observó que no existieron diferencias estadísticas significativas sobre el establecimiento *in vitro* de segmentos nodales de *S. tuberosum* Var. Cecilia sobre las variables número de nudos y número de hojas por planta; sin embargo, a los 30 días los explantes expuestos a luz blanca fluorescente total y 12 h luz natural + 12 h oscuridad mostraron una mayor altura (Tabla 2 y Figura 1).

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis completada con la prueba U de Mann Whitney para $p < 0,05$ con $n = 10$.

Con relación a las variables número de brotes por explante, porcentaje de contaminación y porcentaje de esta-

Tratamientos	Descripción
T1	Oscuridad total
T2	Luz blanca fluorescente total
T3	12 horas luz natural y 12 horas oscuridad

Tabla 1. Tratamientos utilizados en el experimento.

TRATAMIENTOS		NÚMERO DE NUDOS		NÚMERO DE HOJAS		ALTURA (cm)	
		\bar{X}	Rango promedio	\bar{X}	Rango promedio	\bar{X}	Rango promedio
15 días	Oscuridad total	0,6	13,60	1,4	15,20	0,7	16,45
	Luz blanca fluorescente total	0,8	15,95	1,5	15,45	0,7	15,75
	12 horas luz natural y 12 horas oscuridad	0,9	16,95	1,5	15,85	0,5	14,30
30 días	Oscuridad total	2,4	11,20	4,0	11,05	2,2	10,25 b
	Luz blanca fluorescente total	5,8	19,75	9,1	20,25	5,7	20,00 a
	12 horas luz natural y 12 horas oscuridad	4,0	15,55	6,4	15,20	4,5	16,25 ab

Tabla 2. Efecto de las condiciones de iluminación sobre el número de nudos, número de hojas y altura de planta en el establecimiento *in vitro* de yemas de *S. tuberosum* a los 15 y 30 días.

blecimiento, a los 15 y 30 días del ensayo no mostraron diferencias estadísticas significativas entre las condiciones de iluminación (Tabla 3 y Figura 1).

Discusión

La luz es uno de los factores principales dentro del cultivo de tejidos vegetales, de ello depende el crecimiento y desarrollo de las plantas¹⁵; la iluminación artificial es clave en la producción de plantas *in vitro*, siendo las más utilizadas las lámparas fluorescentes, éstas emiten luz omnidireccionalmente lo cual permite obtener una gran uniformidad lumínica¹⁶. La utilización de lámparas fluorescentes de luz blanca cálida indujo una mayor altura en planta, área foliar y peso fresco y seco de plantas de *Cucumis sativus* L., mientras que la luz blanca fluorescente fría produjo un mayor grosor en los tallos¹⁷. En la presente investigación la luz blanca fluorescente mostró una mayor altura de las plantas de *S. tuberosum* a los 30 días.

Autores han señalado que los explantes de *S. tuberosum* expuestos a condiciones de luz total mostraron los mejores resultados para las variables longitud de brote, número de raíces y hojas en comparación con los explantes mantenidos en condiciones de oscuridad total o temporal, también cabe mencionar que las condiciones de oscuridad ocasionaron que las plantas tuvieran un menor número de raíces, hojas y longitud¹⁸. Los resultados obtenidos en esta investigación, demostraron que la mayor longitud de planta se obtuvo con la exposición a luz blanca fluorescente total; además, las plantas en oscuridad tuvieron una menor longitud y se tornaron cloróticos y etiolados.

Mientras que, otros autores señalaron que todos los factores de crecimiento medibles a excepción del número

de hojas y nudos obtuvieron los mejores resultados al mantener los explantes por 30 días expuestos a condiciones de luz solar (con un fotoperiodo de 16 horas luz y 6 horas de oscuridad)¹⁹. También se menciona que el fotoperiodo de 16 horas luz favorece la regeneración *in vitro* y establecimiento de brotes de *S. tuberosum*²⁰. Del mismo modo, para la microtuberización *in vitro* se observó que 16 horas de luz con 8 horas de oscuridad fue el fotoperiodo más recomendable, seguido de las condiciones completas de oscuridad²¹.

En algunas investigaciones se ha señalado que la simulación del espectro solar mediante iluminación artificial LED permitió el desarrollo de plantas con mayor longitud, entrenudos más largos y mayor uniformidad en la longitud de entrenudos por planta²². Los resultados obtenidos indicaron que en las plantas que se expusieron a luz natural también se favoreció la variable altura.

Por otra parte, la luz es un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo de plantas en el sistema *in vitro*, en su ensayo probaron diferentes colores de luz LED y encontraron que la luz roja es superior a la luz blanca pues existió un incremento significativo en la longitud de la planta y grosor de las raíces²³. Los resultados mostraron que la combinación de la luz roja y azul aumentaron la masa fresca, masa seca, el diámetro del tallo, el número de láminas, el área foliar, el peso específico de la hoja y el índice de salud de plántulas de patata *in vitro*²⁵.

Conclusiones

Con el uso de la luz blanca fluorescente total y 12 h luz natural + 12 h oscuridad se logró una mayor altura de las plantas lo cual beneficia el establecimiento *in vitro* de yemas de *Solanum tuberosum* L. Var. Cecilia. El uso de

TRATAMIENTOS		NÚMERO DE BROTES		PORCENTAJE DE ESTABLECIMIENTO		PORCENTAJE DE CONTAMINACIÓN	
		\bar{X}	Rango promedio	\bar{X}	Rango promedio	\bar{X}	Rango promedio
15 días	Oscuridad total	0,6	14,50	100	14,50	0	13,50
	Luz blanca fluorescente total	0,7	16,00	100	16,00	0	13,50
	12 horas luz natural y 12 horas oscuridad	0,7	16,00	100	16,00	0	19,50
30 días	Oscuridad total	0,9	13,30	100	13,50	0	13,50
	Luz blanca fluorescente total	1,5	18,10	100	16,50	0	13,50
	12 horas luz natural y 12 horas oscuridad	1,0	15,10	100	16,50	0	19,50

Rangos promedios que en una misma columna tengan letras no comunes, difieren según la prueba de Kruskal Wallis complementada con la prueba U de Mann Whitney para $p < 0,05$ con $n = 10$.

Tabla 3. Efecto de las condiciones de iluminación sobre el número de brotes, porcentaje de establecimiento y porcentaje de contaminación en el establecimiento *in vitro* de yemas de *S. tuberosum* a los 15 y 30 días.

oscuridad total en los explantes fue perjudicial al producir plantas cloróticas y con una menor altura.

Contribuciones de los autores

Conceptualización, Catherine Silva Agurto, Metodología, Catherine Silva Agurto y Michel Leiva Mora, software, Catherine Silva Agurto y Nayeli Sánchez Ortiz, validación, Catherine Silva Agurto y Danny del Castillo Bastidas, análisis formal, Catherine Silva Agurto y Danny del Castillo Bastidas; investigación, Catherine Silva Agurto y Michel Leiva Mora; recursos, Michel Leiva Mora, Catherine Silva Agurto y Nayeli Sánchez Ortiz, curado de datos, Michel Leiva Mora, Catherine Silva Agurto; redacción—redacción borrador original, Michel Leiva Mora, Catherine Silva Agurto; redacción, revisión y edición, Michel Leiva Mora, Catherine Silva Agurto, Nayeli Sánchez Ortiz y Danny del Castillo Bastidas; supervisión, Catherine Silva Agurto; administración del proyecto, Michel Leiva Mora, adquisición del financiamiento, Michel Leiva Mora y Catherine Silva Agurto; Todos los autores han leído y están de acuerdo con la versión publicada del manuscrito.

Agradecimientos

Agradecemos al apoyo ofrecido por la coordinadora de investigación Deysi Alexandra Guevara Freire y a las autoridades de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, así como a la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE-FCAGP) por reconocer y brindar el apoyo a los esfuerzos realizados en este proyecto, mismo que fue autofinanciado por la Ingeniera Catherine Silva Agurto y el Doctor Michel Leiva Mora.

Conflictos de Interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias bibliográficas

- Priyadarshani P, Batra V. Tissue Culture of Potato (*Solanum tuberosum* L.): A review. *Int J Curr Microbiol Appl Sci.* 2017; 6(4): 489-495.
- Hajare ST, Chauhan NM, Kassa G. Effect of growth regulators on *in vitro* micropropagation of potato (*Solanum tuberosum* L.) Gudiene and Belete varieties from Ethiopia. *ScientificWorldJournal.* 2021; 2021: 1-9.
- Sunil T, Nitin M, Girum K. Effect of Growth Regulators on *In Vitro* Micropropagation of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Gudiene and Belete Varieties from Ethiopia. *ScientificWorldJournal.* 2021; 2021: 1-8.
- Nasiruddin M, Islam AR. *In vitro* slow-growth conservation for two genotypes of *Solanum tuberosum* L. *Bangladesh J Bot.* 2018; 47(3): 369-380.
- Jiang L, Wang Z, Jin G, Lu D, Li X. Responses of Favorita Potato Plantlets Cultured *In Vitro* under Fluorescent and Light-Emitting Diode (LED) Light Sources. *Am J Potato Res.* 2019; 96: 396-402.
- Chen YM, Huang JZ, Hou TW, Pan I. Effects of light intensity and plant growth regulators on callus proliferation and shoot regeneration in the ornamental succulent *Haworthia*. *Bot Stud.* 2019; 60(10): 1-12.
- Kissoudis C, Seifi A, Yan Z, et al. Ethylene and abscisic acid signaling pathways differentially influence tomato resistance to combined powdery mildew and salt stress. *Front Plant Sci.* 2017; 7: 2009.
- Bello-Bello JJ, Martínez-Estrada E, Caamal-Velázquez JH, Morales-Ramos V. Effect of LED light quality on *in vitro* shoot proliferation and growth of vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews). *Afr J Biotechnol.* 2016; 15(8): 272-277.
- Pawłowska B, Żupnik M, Szewczyk-Taranek B, et al. Impact of LED light sources on morphogenesis and levels of photosynthetic pigments in *Gerbera jamesonii* grown *in vitro*. *Hortic Environ Biotechnol.* 2018; 59: 115-123.



Figura 1. Yemas de *S. tuberosum* Var. Cecilia establecidas *in vitro* bajo condiciones: Oscuridad total (A), luz blanca fluorescente total (B) y 12 horas luz natural + 12 horas oscuridad (C) a los 15 y 30 días.

10. Miler N, Kulus D, Woźny A, et al. Application of wide-spectrum light-emitting diodes in micropropagation of popular ornamental plant species: a study on plant quality and cost reduction. *In Vitro Cell Dev Biol Plant*. 2018; 55: 89-100.
11. Muñoz M, Díaz O, Reinún W, Winkler A, Quevedo R. Slow growth in vitro culture for conservation of Chilotanum potato germplasm. *Chilean J Agric Res*. 2019; 79(1): 26-35.
12. Zheng L, Van LMC. Long-term effects of red- and blue-light emitting diodes on leaf anatomy and photosynthetic efficiency of three ornamental pot plants. *Front Plant Sci*. 2017; 8: 1-12.
13. Jensen NB, Clausen MR, Kjaer KH. Spectral quality of supplemental LED grow light permanently alters stomatal functioning and chilling tolerance in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Scientia Horticulturae*. 2018; 227: 38-47.
14. Chen LL, Zhang K, Gong XC, et al. Effects of different LEDs light spectrum on the growth, leaf anatomy, and chloroplast ultrastructure of potato plantlets in vitro and minituber production after transplanting in the greenhouse. *J Integr Agric*. 2020; 19(1): 108-119.
15. Batista DS, Felipe SHS, Silva TD, et al. Light quality in plant tissue culture: does it matter? *In Vitro Cell Dev Biol Plant*. 2018; 54: 195-215.
16. Gago-Calderón A, Barceló-Muñoz M, Barceló-Muñoz A. Descripción y estandarización de la iluminación LED para su utilización en el cultivo in vitro de plantas. *Rev Colomb Cienc Hortíc*. 2021; 15(2): e11912.
17. Zazueta Torres ND, Ayala Tafoya F, González Morales S, Velázquez Alcaraz TDJ, Yáñez Juárez MG, Partida Ruvalcaba L. Crecimiento in vitro de *Sclerotium rolfsii* en respuesta a la calidad de luz de tres tipos de lámparas fluorescentes. *Rev Mex Cienc Agríc*. 2021; 12(1): 141-147.
18. Mng'omba A, Mwale H, Chimzinga B, Longwe K, Muhota P. In vitro potato (*Solanum tuberosum* L.) growth under different orientation and light/dark exposure conditions. *Afr J Biotechnol*. 2017; 16(34): 1784-1790.
19. Rehana S, Ahmed F, Zeba N, Husna A, Hossain F. Effect of sunlight and artificial light on micropropagation of potato (*Solanum tuberosum* L.) plantlets. *Arch Agric Environ Sci*. 2018; 3(2): 151-156.
20. Zhang Z, Wang QC, Spetz C, Blystad DR. In vitro therapies for virus elimination of potato-valuable germplasm in Norway. *Sci Hortic*. 2019; 249: 7-14.
21. Ashraf S, Mustafa G, Khan MS, Aslam M. Exploitation of varying light regimes and high sucrose concentrations for in vitro tuberization in potato: a step towards disease-free seed production. *Pak J Phytopathol*. 2022; 34(1): 47-56.
22. Grishchenko OV, Subbotin EP, Gafitskaya IV, et al. Growth of micropropagated *Solanum tuberosum* L. plantlets under artificial solar spectrum and different mono- and polychromatic LED lights. *Hortic Plant J*. 2022; 8(2): 205-214.
23. Karmakar S, Zaman R, Nasiruddin M, Hossain M. Effect of different illumination types on in vitro microplants of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Eur J Biotechnol Biosci*. 2018; 6(6): 76-80.
24. Li R, Huang W, Wang X, Liu X, Xu Z. Effects of yellow, green, and different blue spectra on growth of potato plantlets in vitro. *HortScience*. 2018; 53(4): 541-546.

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Actividad hipoglucémica de las hojas de Yaca (*Artocarpus heterophyllus Lam*) Hypoglycemic activity of Jackfruit leaves (*Artocarpus heterophyllus Lam*)

Linda Mariuxi Flores Fiallos^{1*}, Juan José Flores Fiallos², Adriana Isabel Rodríguez Basantes¹, María Augusta Guadalupe Alcoser¹, Sofía Carolina Godoy Ponce¹

DOI. 10.21931/RB/2023.08.03.10

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias, Ecuador.

² Investigador independiente.

Corresponding author: linda.flores@esPOCH.edu.ec

Resumen: Actualmente se buscan alternativa al uso de medicamentos para contrarrestar la hipoglucemia, a través del uso de la medicina natural. En este sentido el presente artículo presenta una investigación sobre la evaluación del efecto hipoglucémico que presentan los extractos hidroalcohólico y acuoso de las hojas de Yaca (*Artocarpus heterophyllus Lam*), basándose en un análisis en biomodelos experimentales, ratas *Rattus*. Se prepararon extractos mencionados con concentraciones de 125, 250 y 400 ppm. En un periodo de 15 días se llevó a cabo el análisis hipoglucemiante, en el cual se utilizaron 45 ratas macho, las cuales fueron divididas en 9 grupos: blanco, control negativo, control positivo. A los 8 grupos exceptuando el blanco, se les administró una dieta rica en almidón a una concentración de 2000 ppm (mg/Kg) de peso corporal por 15 días, efectuando así una hiperglucemia. Después se procedió a medir la glucemia en 15 días, de manera intercalada, el primero, séptimo y décimo quinto día, en intervalos de 30, 60 y 120 minutos. El efecto hipoglucémico se evidenció en ambos extractos a una concentración de 400 ppm. Como conclusión se evaluó la capacidad de los extractos hidroalcohólico y acuoso de las hojas de la Yaca (*Artocarpus heterophyllus Lam*) sobre la hipoglucemia.

Palabras clave: Hojas de Yaca, extracto hidroalcohólico, extracto acuoso, efecto hipoglucémico, actividad antioxidante.

Abstract: Currently, alternatives to the use of drugs to counteract hypoglycemia are being sought through the use of natural medicine. In this sense, this article evaluates the hypoglycemic effect of hydroalcoholic and aqueous extracts of jackfruit leaves (*Artocarpus heterophyllus Lam*), based on an analysis in experimental models, *Rattus* rats. Extracts were prepared with concentrations of 125, 250 and 400 ppm. The hypoglycemic analysis was carried out over 15 days, using 45 male rats divided into 9 groups: target, negative control, and positive control. The 8 groups, except for the target group, were administered a diet rich in starch at a concentration of 2000 ppm (mg/kg) of body weight for 15 days, thus carrying out hyperglycemia. Afterward, glycemia was measured on 15 days, intercalated on the first, seventh and fifteenth day, at 30, 60 and 120 minute intervals. The hypoglycemic effect was evidenced in both extracts at a concentration of 400 ppm. In conclusion, the ability of hydroalcoholic and aqueous extracts of Yaca leaves (*Artocarpus heterophyllus Lam*) on hypoglycemia was evaluated.

Key words: Yaca leaves, hydroalcoholic extract, aqueous extract, hypoglycemic effect, antioxidant activity.

Introducción

Una de las enfermedades que está en auge, es sin duda alguna la diabetes, la cual es un trastorno crónico caracterizado por anomalías en el metabolismo de carbohidratos, lípidos y lipoproteínas, se ha considerado un riesgo importante para la salud en la sociedad moderna¹. Enfermedad que está influyendo en la población de manera significativa sin mirar condición social ni edad². En Ecuador la diabetes presenta el 1.7% en personas que tiene la edad de entre 10 y 59 años y esta cantidad va subiendo a la edad de 30 años, y a los 50 años 2 de cada 20 ecuatorianos presenta diabetes³. Causas como una mala alimentación, la falta de ejercicio, el exceso con las bebidas alcohólicas y el abuso en el consumo del cigarrillo, representan cuatro factores peligrosos para contraer dicha enfermedad⁴. La diabetes *mellitus* tipo 2 es un tipo de diabetes más común la cual se caracteriza por presentar una elevación de glucosa en la sangre conocida como Hiperglucemia debido a

fallos en la hormona insulina, lo cual puede ser causado por estrés oxidativo aumentando los niveles de radicales libres⁴. Los fármacos utilizados para tratar la diabetes en el país y en el extranjero se pueden dividir en tres categorías: insulina y análogos de insulina⁵. Los principales síntomas de esta enfermedad son: aumento de la sed, visión borrosa, náuseas, dolor de cabeza, orinar con mayor frecuencia⁶.

Sin embargo, los medicamentos utilizados para tratar a pacientes con Diabetes *mellitus* tipo 2 tienen algunos efectos adversos⁴. Nuevos medicamentos a base en nanotecnología se utilizan como terapias emergentes para un control efectivo de la Diabetes *mellitus* tipo 2⁷. Estudios han demostrado que ciertas plantas presentan efectos hipoglucémicos: algas⁸, hojas de *Dodecadenia grandiflora* (*Lauraceae*)⁹, flavonoides presentes en *Artemisia dracunculus*¹⁰, frutos *Pongamia pinnata*¹¹, melon (*Momordica charantia*)¹²⁻¹⁴. Los compuestos fenólicos antioxidantes han sido

Citation: Flores Fiallos L Flores Fiallos M., Rodríguez Basantes A I, Guadalupe Alcoser M A, Godoy Ponce S C. Actividad hipoglucémica de las hojas de Yaca (*Artocarpus heterophyllus Lam*). *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 10. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.10>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** 15 July 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



considerados como fuente alternativa para el tratamiento de la hiperglucemia.

La Yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam) es una planta de la familia de las moráceas conocida comúnmente como jaca en América Latina¹⁵, es originaria del sudeste asiático. se ha demostrado que tiene una amplia variedad de metabolitos secundarios, incluidos varios tipos de flavonoides, carotenoides, flavonas y esteroides; de los que destacan artocarpina, artocarpetina, norartocarpetina, morina, artocarpina, isocarpina, artocarpesina, taninos y saponinas^{16,17}.

A partir de estos estudios el presente trabajo tiene como objetivo evaluar la capacidad de los extractos hidroalcohólico y acuoso a partir de las hojas de Yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam) sobre la hipoglucemia como una alternativa para elaborar nuevos productos naturales que contribuyan a la población con problemas relacionados a la hiperglucemia. Se realizó un estudio en biomodelos "ratas" las cuales fueron previamente inducidas experimentalmente a Diabetes mellitus experimentales para evaluar la actividad hipoglucemiante de los extractos hidroalcohólico y acuoso de las hojas de Yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam).

Materiales y métodos

Preparación de extractos

En esta investigación se utilizó 2 Kg de hojas de la Yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam), estas fueron previamente secadas en una estufa de aire a 40 °C por 48 horas, posteriormente fue fraccionado en un molino marca Arthur H. Tomas C.O hasta que las porciones de las hojas tengan un tamaño de entre 2-3 mm.

Para preparar el extracto hidroalcohólico se procedió a pesar 1 g del material vegetal seco y molido, se colocó 10 ml de alcohol isopropílico al 70 % y 10 ml de hexano, para llevarlo al agitador vórtex durante 15 minutos durante 6 horas, el residuo se lavó con 10 ml de alcohol isopropílico y 10 ml de hexano, este proceso se lo realiza hasta completar 10 g de muestra y finalmente el extracto hidroalcohólico se concentró a $\frac{1}{4}$ de su volumen inicial. Almacenando el extracto en un frasco ámbar en refrigeración a una temperatura de 20°C para su posterior uso.

Para la preparación del extracto se empezó de igual manera pesando 1 g del material vegetal seco y molido, esta se añadió en un tubo de ensayo con tapa de rosca y se colocó 10 ml de agua y 10 ml de hexano, para llevarlo al agitador vórtex por 15 minutos. Una vez terminado este paso se lo llevo a un matraz Kitasato para su posterior filtrado mediante la utilización de una bomba de vacío, el residuo se lavó así mismo con 10 ml de agua y 10 ml de hexano, este proceso se lo realiza hasta completar 10 g de muestra¹⁸.

Estudio Fitoquímico

La identificación de metabolitos secundarios se realizó a través de pruebas químicas de caracterización (Ensayo de Dragendorff, Mayer y Wagner, ensayo de Shinoda, ensayo de mucílagos, ensayo de cloruro férrico, ensayo de Fehling, ensayo de espuma, ensayo de principios amargos).

Modelos experimentales

Se trabajó con ratas (*Rattus norvegicus*), machos ya que desarrollan hipoglucemia más rápidamente¹⁹ los cuales se encontraban sanos entre 4-5 meses de edad, con un

peso promedio de 300g. Las "ratas" se instalaron en el Bioterio de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, donde fueron aclimatadas durante 07 días a una temperatura entre 25–28 °C, con una humedad entre 60–70% y un ciclo de luz/oscuridad de 12/12 horas, se les mantuvo con libre acceso al agua y alimentos. Después de la aclimatación, las "ratas" alcanzaron un peso > 300 g (criterio de inclusión para el estudio) y se utilizaron 45 ratas para tomar una muestra de sangre, previo ayuno de 12 horas, para determinar las glicemias y verificar si son normales comparándolas con el rango de valores de normalidad según la base de datos de glicemias para ratas (*Rattus norvegicus*) machos²⁰.

A las ratas cuyas glicemias estuvieron dentro del rango de normalidad, se les indujo la diabetes experimental (Hiperglicemia) mediante la administración vía intraperitoneal de Metformina/Glibenclamida diluido en propilenglicol al 15% a una dosis de 100 mg/kg como control positivo; también se realizó un control negativo únicamente con una sobrecarga de almidón con propilenglicol al 15% como vehículo en su dieta a una dosis de 150mg/kg, luego de esta administración se esperó 48 h, momento en el cual se les tomó una prueba basal de glicemia, previo ayuno de 12 h, para evaluar si el nivel de glicemia se encontraba por encima de 200 mg/dL.

Los extractos hidroalcohólico y acuoso de las hojas de Yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam) fueron probados a distintas concentraciones de 125ppm, 250 ppm y 400ppm (considerando el peso de las ratas) todos ellos con una sobrecarga de almidón.

Grupos experimentales

Las ratas que cumplieron con todos los parámetros de inclusión fueron divididas en 9 grupos tal como lo muestra la Tabla 1.

En la caja número 1 perteneciente al grupo blanco, no se le administro ningún tratamiento, únicamente una alimentación normal. La Caja 2 concerniente al control negativo se le administro solamente una solución de almidón. Por otra parte, la caja número 3 referente al control positivo de igual forma se le administro una solución de almidón más una solución de Metformina/Glibenclamida a una concentración de 5 ppm. Para las cajas número 4, 5 y 6 pertenecientes a los grupos del extracto hidroalcohólico, de igual forma se le administro primero una solución de almidón seguido del extracto a una concentración de 125, 250 y 400 ppm respectivamente.

Por ultimo las cajas número 7, 8 y 9 correspondientes a los grupos del extracto acuoso, igualmente se les administro una solución de almidón seguido del extracto a una concentración de 125, 250 y 400 ppm correspondientemente.

Medición de glucosa

La medición de los niveles de glucosa se llevó a cabo a través de un glucómetro marca Prodigy, extrayendo una gota de sangre de la cola del animal desechando la primera gota y colocando en las tirillas reactivas para que el glucómetro pase a leer la cantidad de glucosa. Esta medición se la realizó 30 min, 60 min y 120 min después de haber administrado los tratamientos durante 15 días consecutivos.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de las variables cuantitativas se empleó el análisis ANOVA para determinar si existen diferencias significativas para la variable evaluada.

CAJA	GRUPO	TRATAMIENTO	NÚMERO DE ANIMALES
1	Blanco	Ningún Tratamiento	5
2	Control negativo	Sobrecarga de Almidón	5
3	Control Positivo	Sobrecarga de Almidón + Metformina/Glibenclamida	5
4	Dosis baja del Extracto hidroalcohólico a 125 ppm	Sobrecarga de almidón + 2 mL del extracto	5
5	Dosis media del Extracto hidroalcohólico a 250 ppm	Sobrecarga de almidón + 2 mL del extracto	5
6	Dosis alta del extracto hidroalcohólico a 400 ppm	Sobrecarga de almidón + 2 mL del extracto	5
7	Dosis baja del Extracto acuoso a 125 ppm	Sobrecarga de almidón + 2 mL del extracto	5
8	Dosis media del Extracto acuoso a 250 ppm	Sobrecarga de almidón + 2 mL del extracto	5
9	Dosis alta del Extracto acuoso a 400 ppm	Sobrecarga de almidón + 2 mL del extracto	5

Tabla 1. Grupos para el análisis del efecto hipoglucemante en las Ratas (*Rattus norvegicus*).

Resultados

Tamizaje fitoquímico

Tal como se Muestra en la tabla 2 los resultados del estudio fitoquímico preliminar se determinaron que los metabolitos secundarios que estuvieron presentes tanto en el extracto hidroalcohólico y acuoso de las hojas de la Yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam), fueron alcaloides, flavonoides, fenoles, taninos, azúcares reductores.

Evaluación de la toxicidad de los extractos

En la evaluación de la toxicidad aguda oral, la sintomatología observada en mayor frecuencia en relación directa con la dosis fue sedación y disminución de la actividad motora, que en algunos casos desapareció en las primeras 24 horas luego de la administración.

Evaluación de la actividad Hipoglucémica

Previamente a los ensayos de la actividad hipoglucemante in vivo, fue necesario obtener ratas (*Rattus norvegicus*) que presenten la enfermedad de Diabetes *mellitus* tipo 2, para este objetivo fue utilizado el medicamento Metformina/Glibenclamida diluido en propilenglicol al 15% a una dosis de 100 mg/kg, la (Fig. 1) muestra la efectiva inducción de la Diabetes mellitus en ratas saludables del género *Rattus norvegicus*, después de los días de inoculación del medicamento fue mostrado diferencia significativa al compararlo con el grupo control ("Ratas" saludables).

Después de inducir al grupo de animales la Diabetes *mellitus* tipo 2, se decidió evaluar el tiempo que estos animales podían permanecer con esta enfermedad, debido a que se sabe que el Metformina/Glibenclamida provoca una inestabilidad homeostática alterando directamente a las células beta pancreáticas, originando de esta forma una alteración en la síntesis de insulina en estos organismos; en este sentido, existe un tiempo en el cual estos animales

consiguen recuperar la homeostasis. La eficiencia de la inducción de Diabetes mellitus en Ratas (*Rattus norvegicus*) durante el periodo experimental en este trabajo, es mostrado en la Fig. 2.

Después de realizar la caracterización del modelo de estudio con Ratas (*Rattus norvegicus*), el objetivo de este trabajo es evaluar la capacidad de los extractos hidroalcohólico y acuoso a partir de las hojas de Yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam) sobre la hipoglicemia

En la tabla 3 se evidencian los valores del día 1 los 8 grupos alcanzaron valores que se encuentran en un rango entre 140 y 165 mg/dl con lo que se confirmó la inducción a la patología; el grupo blanco presentó valores de hasta 85mg/dl. el grupo control positivo presentó una ligera disminución de glucemia en los diferentes tiempos; los grupos extractos acuoso de 125 ppm, 250 ppm y 400 ppm siguen la tendencia de disminución de glucosa sin una diferencia marcada por ser el primer día de experimentación, de manera similar los grupos de extractos hidroalcohólico de 125 ppm, 250 ppm y 400 ppm disminuyen sus valores glucémicos, siendo un efecto mayor a concentraciones de 250 ppm y 400 ppm.

En la tabla 4 se evidencia los resultados del día 7 el grupo perteneciente al control negativo mostró valores en el rango de 145 a 150 mg/dl, el cual en comparación con el primer día de la experimentación, tiende a disminuir debido a que el organismo de los animales empieza a eliminar el polisacárido de manera natural. Con respecto a los extractos, la glucemia va disminuyendo, mínimamente, pero aún no se evidencia su grado hipoglucémico.

El día 15 mostró que el grupo blanco no tiene diferencias mayores con respecto a los otros días ya que han sido alimentados de manera normal tal como lo muestra la Tabla 5; el grupo de control negativo tiende a una reducción normal sin embargo se mantuvo la hiperglucemia en valores entre 129 y 125 mg/dl. El control positivo disminuye casi a los valores normales de glucemia del blanco esto determinó su efecto como antidiabético oral al inhibir la absorción y captación de glucosa en el organismo. Los extractos acuo-

METABOLITO	ENSAYO	EXTRACTO HIDROAL- COHÓLICO	EXTRACTO ACUOSO
Alcaloides	Mayer	+++	+
	Dragendorff	+++	+
	Wagner	+++	+++
Flavonoides	Shinoda	+++	+++
	1/2 Alcalino	++	+++
Fenoles y Taninos	Cloruro Férrico (Cl ₃ Fe)	+	+
Resinas	Resinas	NA	NA
Azúcares Reductores	Fehling	+	+++
Lactonas	Baljet	NA	NA
Triterpenos-Esteroides	Liebermann-Bucharl	NA	NA
Catequinas	Catequinas	NA	NA
Saponinas	Espuma	+	+
Aminoácidos	Ninhidrina	+	NA
Quinonas	Bontrager	+++	NA
Antocianos	Antocianidina	+	NA
Principios Amargos	Principios Amargos	NA	NA
Mucilagos	Mucilagos	NA	NA

+ (Escaso), ++ (Moderado), +++ (Abundante), NA (No aplica)

Tabla 2. Resultados del tamizaje fitoquímico en los extractos hidroalcohólico y acuoso.

GRUPO	CONCENTRACIÓN DE GLUCOSA		REDUCCIÓN DE GLUCOSA (%)
	AYUNO (mg/dl)	2 HORAS DESPUÉS (mg/dl)	
Blanco	75,4	81,60	
Extracto hidroalcohólico 125 ppm	154,4	145,60	0,056
Extracto hidroalcohólico 250 ppm	152,8	141,60	0,073
Extracto hidroalcohólico 400 ppm	143,4	130,80	0,087
Extracto acuoso 125 ppm	163,2	145,4	0,109
Extracto acuoso 250 ppm	156,6	145,20	0,072
Extracto acuoso 400 ppm	156,4	143,60	0,081

Tabla 3. Niveles de Glucemia en el día 1.

so e hidroalcohólico de 125 ppm y 250 ppm denotó que la glucemia es menor en comparación con el resto de los días de tratamiento. El extracto acuoso e hidroalcohólico de 400 ppm son los que mostraron una mejor actividad hipoglucémica debido a que los valores de glucosa en la sangre al

final de la experimentación están entre los 88 mg/dl, datos similares al fármaco y con una diferencia mínima con respecto al blanco.

Los resultados muestran que existe efectos hipoglucémicos de los extractos acuosos e hidroalcohólicos, porque

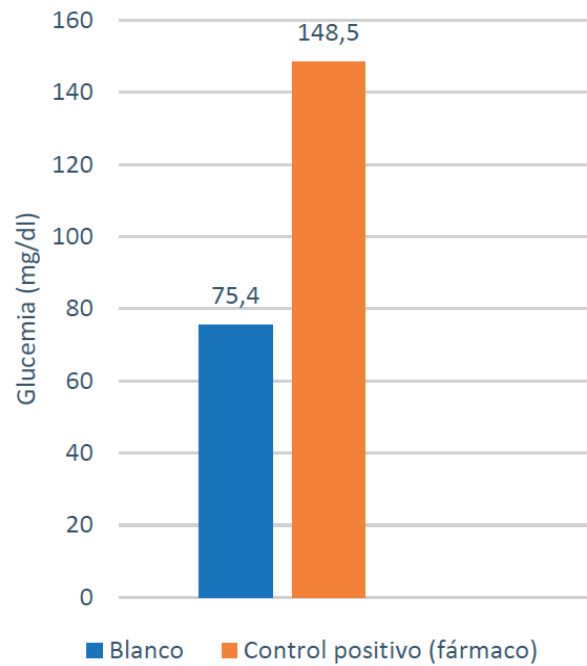
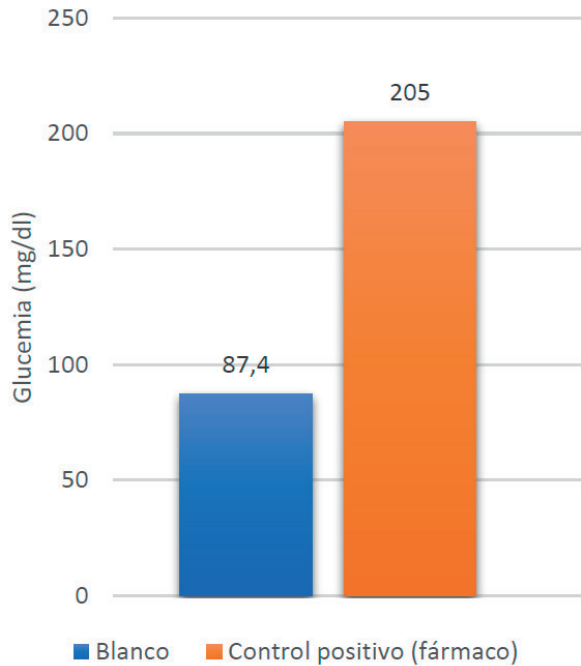


Figura 1. Rattus (*Rattus norvegicus*) inducidas con Diabetes mellitus tipo 2. Mediante la administración intraperitoneal de medicamento Metformina/Glibenclamida diluido en propilenglicol al 15% a una dosis de 100 mg/kg por un periodo de 48 horas en condiciones de laboratorio (DIABETICO) fueron inducidas 10 ratas (*Rattus norvegicus*) a la enfermedad de Diabetes mellitus tipo 2. Como grupo control, fueron usados 10 animales inoculados con suero fisiológico (CONTROL).

Figura 2. Inducción de Ratas (*Rattus norvegicus*) con Diabetes mellitus tipo 2 durante 15 días. Fue evaluado la hiperglucemia del grupo de Ratas (*Rattus norvegicus*) inducidas a Diabetes mellitus tipo 2 Metformina/Glibenclamida diluido en propilenglicol al 15% a una dosis de 100 mg/kg durante quince días y el grupo de Ratas (*Rattus norvegicus*) saludables fueron usadas como CONTROL.

GRUPO	CONCENTRACIÓN DE GLUCOSA		REDUCCIÓN DE GLUCOSA (%)
	AYUNO (mg/dl)	2 HORAS DESPUÉS (mg/dl)	
Blanco	75,4	88,80	
Extracto hidroalcohólico 125 ppm	154,4	124,40	0,19
Extracto hidroalcohólico 250 ppm	152,8	121,00	0,20
Extracto hidroalcohólico 400 ppm	143,4	121,20	0,15
Extracto acuoso 125 ppm	163,2	129,80	0,20
Extracto acuoso 250 ppm	156,6	130,00	0,16
Extracto acuoso 400 ppm	156,4	125,40	0,19

Tabla 4. Niveles de Glucemia en el día 7.

GRUPO	CONCENTRACIÓN DE GLUCOSA		REDUCCIÓN DE GLUCOSA (%)
	AYUNO (mg/dl)	2 HORAS DESPUÉS (mg/dl)	
Blanco	75,4	78,80	
Extracto hidroalcohólico 125 ppm	154,4	102,20	0,33
Extracto hidroalcohólico 250 ppm	152,8	96,20	0,37
Extracto hidroalcohólico 400 ppm	143,4	88,40	0,38
Extracto acuoso 125 ppm	163,2	105,20	0,35
Extracto acuoso 250 ppm	156,6	104,20	0,33
Extracto acuoso 400 ppm	156,4	88,20	0,43

Tabla 5. Niveles de Glucemia en el día 15.

hubo diferencias significativas respecto al control negativo, mediante el test de ANOVA para datos agrupados con un intervalo de confianza del 95%. Además existió diferencias significativas entre los extractos acuosos e hidroalcohólicos con valor de $p = 0,00$; mientras que por el contrario no hay diferencias entre el extracto acuoso e hidroalcohólico de 400 ppm, lo que indicó que tienen un igual efecto hipoglucémico.

Discusión

Los efectos hipoglucemiantes observados en los extractos hidroalcohólico y acuoso a partir de las hojas de Yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam) tienen resultados similares al trabajo realizado por S.M.D. NALINIE WICKRAMASINGHE quien evaluó los efectos del agua caliente sobre los extractos de hojas de *Artocarpus heterophyllus* como material vegetal completo sobre la tolerancia a la glucosa de sujetos humanos normales y pacientes diabéticos de inicio en la madurez. Los extractos de *Artocarpus heterophyllus* mejoraron significativamente la tolerancia a la glucosa en sujetos normales y pacientes diabéticos²¹. A partir del estudio realizado en 1991 por S.M.D. NALINIE WICKRAMASINGHE no existe bibliografía que respalde dichos resultados.

Sin embargo, existen estudios relacionados al efecto hipoglucémico que presenta las hojas del Fruto de pan (*Artocarpus altilis*) que es una especie del género *Artocarpus*. En el trabajo titulado “Efecto hipoglucemiante de las hojas del *Artocarpus altilis* en ratas aloxanizadas, dicho trabajo de investigación recabó información importante acerca del efecto hipoglucemiante de extractos etanólicos de hojas de *Artocarpus altilis* a diferentes concentraciones (25%, 50% y 75%) respectivamente, demostrando que el extracto etanólico de hojas de *Artocarpus altilis* a una concentración de 75%, fueron efectivas en la disminución de los niveles de glucosa sanguínea en contraste con las demás concentraciones usadas y de la Glibenclamida respectivamente²².

Así mismo, se ha estudiado el extracto acuoso de las hojas *Artocarpus altilis* en el trabajo titulado “Actividad hipoglucemiante y antioxidante in vitro de algunas plantas medicinales utilizadas en el tratamiento de la diabetes en el sur de Ecuador” presentaba actividad hipoglucemiante ya que ha sido utilizada como planta medicinal para controlar los niveles de azúcar en el sur de Ecuador²³.

Al comparar los resultados obtenidos con los extractos a partir de la cáscara los metabolitos secundarios identificados de manera cualitativa son similares²⁹, confirmando así su capacidad antioxidante para disminuir el efecto hipoglucémico.

Los resultados obtenidos respaldan los hallazgos previos de Chandrika³⁰ donde indica que la actividad hipoglucemiante del extracto de hoja de Yaca (*Artocarpus heterophyllus*) está mediada principalmente por flavonoides, que tienen una mayor solubilidad en extracto acuoso. Por lo tanto, en el presente estudio, se investigaron los efectos de los extractos hidroalcohólico y acuoso de hojas de Yaca en la disminución de los niveles de glucosa en ratas (*Rattus norvegicus*). Los resultados proporcionan evidencia que los extractos acuosos e hidroalcohólicos a una concentración de 400 ppm tienen efectos hipoglucémicos hasta en un 40% tal como lo muestra la Tabla 6. Este efecto sobre la hipertrigliceridemia diabética en ratas tratadas con la fracción hidroalcohólica y acuosa podría deberse a un mejor control glucémico.

Para obtener evidencia que confirme los puntos de vista, es necesario realizar más estudios sobre los efectos de la fracción hidroalcohólica y acuosa en los niveles de colesterol LDL y lipoproteína de alta densidad (HDL). Una ingesta elevada de grasas y un aumento de los niveles de ácidos grasos libres en la circulación se relacionaron con el desarrollo de la resistencia a la insulina³¹.

Conclusiones

En conclusión, los datos obtenidos del presente estudio indican que las fracciones de extractos hidroalcohólico y acuoso de las hojas de Yaca (*Artocarpus heterophyllus*) pueden contener uno o más principios activos que producen un efecto hipoglucemiante significativo. Esta investigación revela que las fracciones de extractos hidroalcohólico y acuoso de las hojas de Yaca (*Artocarpus heterophyllus*) tienen el potencial de convertirse en un fármaco antidiabético natural que puede ejercer efectos hipoglucémicos.

Referencias bibliográficas

1. Wang Y, Su N, Hou G, Li J, Ye M. Hypoglycemic and hypolipidemic effects of a polysaccharide from Lachnum YM240 and its derivatives in mice, induced by a high fat diet and low dose STZ †The authors declare no competing interests. *Medchemcomm*. 20 de febrero de 2017;8(5):964-74.
2. Bakar MHA, Sarmidi MR, Cheng KK, Khan AA, Suan CL, Huri HZ, et al. Metabolomics – the complementary field in systems biology: a review on obesity and type 2 diabetes. *Mol BioSyst*. 16 de junio de 2015;11(7):1742-74.
3. Calahorrano AZ, Fernández E. Diabetes mellitus tipo 2 en el Ecuador: revisión epidemiológica. *Medicinas UTA*. 1 de diciembre de 2018;2(4):3-9.
4. Wang M, Liang Y, Chen K, Wang M, Long X, Liu H, et al. The management of diabetes mellitus by mangiferin: advances and prospects. *Nanoscale*. 10 de febrero de 2022;14(6):2119-35.
5. Liu J ping, Qian Y fang, Qin G yi xin, Zhao L yan, Chen G tang. Antidiabetic activities of glycoprotein from pea (*Pisum sativum* L.) in STZ-induced diabetic mice. *Food Funct*. 2021;12(11):5087-95.
6. Hyperglycemia - an overview | ScienceDirect Topics [Internet]. [citado 19 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/hyperglycemia>
7. Sharma R, Borah SJ, Bhawna, Kumar S, Gupta A, Kumari V, et al. Emerging trends in nano-based antidiabetic therapeutics: a path to effective diabetes management. *Mater Adv* [Internet]. 28 de junio de 2023 [citado 16 de julio de 2023]; Disponible en: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2023/ma/d3ma00159h>
8. Aranda-Ventura J, Villacrés J, Mego R, Delgado H. Efecto de los extractos de *Geranium ayavacense* W. (Pasuchaca) sobre la glicemia en ratas con diabetes mellitus experimental. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* [Internet]. 2 de julio de 2014 [citado 26 de junio de 2023];31(2). Disponible en: <https://rpmesp.ins.gob.pe/index.php/rpmesp/article/view/43>
9. Kumar M, Rawat P, Rahuja N, Srivastava AK, Maurya R. Antihyperglycemic activity of phenylpropanoyl esters of catechol glycoside and its dimers from *Dodecadenia grandiflora*. *Phytochemistry*. 1 de julio de 2009;70(11):1448-55.
10. Logendra S, Ribnicky DM, Yang H, Poulev A, Ma J, Kennelly EJ, et al. Bioassay-guided isolation of aldose reductase inhibitors from *Artemisia dracunculoides*. *Phytochemistry*. 1 de julio de 2006;67(14):1539-46.
11. Tamrakar AK, Yadav PP, Tiwari P, Maurya R, Srivastava AK. Identification of pongamol and karanjin as lead compounds with antihyperglycemic activity from *Pongamia pinnata* fruits. *Journal of Ethnopharmacology*. 13 de agosto de 2008;118(3):435-9.

12. Lee MS, Kim CH, Hoang DM, Kim BY, Sohn CB, Kim MR, et al. Genistein-derivatives from *Tetracera scandens* stimulate glucose-uptake in L6 myotubes. *Biol Pharm Bull.* marzo de 2009;32(3):504-8.
13. Zhang M, Chen M, Zhang HQ, Sun S, Xia B, Wu FH. In vivo hypoglycemic effects of phenolics from the root bark of *Morus alba*. *Fitoterapia.* diciembre de 2009;80(8):475-7.
14. Qa'dan F, Verspohl EJ, Nahrstedt A, Petereit F, Matalka KZ. Cinchonain Ib isolated from *Eriobotrya japonica* induces insulin secretion in vitro and in vivo. *J Ethnopharmacol.* 15 de julio de 2009;124(2):224-7.
15. Chavez-Santiago JO, Rodríguez-Castillejos GC, Montenegro G, Bridi R, Valdés-Gómez H, Alvarado-Reyna S, et al. Phenolic content, antioxidant and antifungal activity of jackfruit extracts (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). *Food Sci Technol.* 2022;42:e02221.
16. Jagtap UB, Bapat VA. *Artocarpus*: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology.* 27 de mayo de 2010;129(2):142-66.
17. (PDF) CHEMISTRY AND MEDICINAL PROPERTIES OF JACKFRUIT (*ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS*): A REVIEW ON CURRENT STATUS OF KNOWLEDGE [Internet]. [citado 26 de junio de 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/304605177_CHEMISTRY_AND_MEDICINAL_PROPERTIES_OF_JACKFRUIT_ARTOCARPUS_HETEROPHYLLUS_A_REVIEW_ON_CURRENT_STATUS_OF_KNOWLEDGE
18. Alvis A, Martínez W, Arrazola G. Obtención de Extractos Hidro-Alcohólicos de Limoncillo (*Cymbopogon citratus*) como Antioxidante Natural. *Información tecnológica.* 2012;23(2):3-10.
19. Arias-Díaz J, Balibrea J. Modelos animales de intolerancia a la glucosa y diabetes tipo 2. *Nutrición Hospitalaria.* abril de 2007;22(2):160-8.
20. González Torres Y, Scull Campos I, Bada Barro AM, Fuentes Morales D, González Navarro B, Arteaga Pérez ME, et al. Ensayo de toxicidad a dosis repetidas durante 28 días del extracto acuoso de *Cecropia peltata* L. (yagruma) en ratas Cenp: SPRD. *Revista Cubana de Plantas Medicinales.* junio de 2006;11(2):0-0.
21. Fernando MR, Wickramasinghe SMDN, Thabrew MI, Ariyananda PL, Karunanayake EH. Effect of *Artocarpus heterophyllus* and *Asteracanthus longifolia* on glucose tolerance in normal human subjects and in maturity-onset diabetic patients. *Journal of Ethnopharmacology.* marzo de 1991;31(3):277-82.
22. Escobedo-Bailón CM. Efecto hipoglucemiante de las hojas del pandisho (*artocarpus altilis*) en ratas aloxanizadas. *gacien.* 21 de junio de 2019;3(2):133-40.
23. Jaramillo Fierro X, Ojeda Riascos S. In vitro hypoglycemic and antioxidant activities of some medicinal plants used in treatment of diabetes in southern Ecuador. *Axioma: Revista de docencia, investigación y proyección social.* 2018;(18):23-36.
24. Phytochemical Screening and Antimicrobial Activity of *Artocarpus heterophyllus* and *Artocarpus altilis* Leaf and Stem Bark Extracts - OUSL Journal [Internet]. [citado 28 de junio de 2023]. Disponible en: <https://ouslj.sljol.info/articles/10.4038/ouslj.v9i0.7324>
25. Sundarraj AA, Thottiam VR. PHYTOCHEMICAL SCREENING AND SPECTROSCOPY ANALYSIS OF JACKFRUIT (*ARTOCARPUS INTEGER* THUMB.) PEEL. *Int Res J Pharm.* 23 de octubre de 2017;8(9):151-9.
26. Sundarraj A. Phytochemical constituents and thin-layer chromatography evaluation of the ethanolic extract of jackfruit (*Artocarpus integer*) peel. *Informatics Pvt Ltd [Internet].* 1 de enero de 2018 [citado 28 de junio de 2023]; Disponible en: https://www.academia.edu/36804478/Phytochemical_constituents_and_thin_layer_chromatography_evaluation_of_the_ethanolic_extract_of_jackfruit_Artocarpus_integer_peel
27. Preliminary nutritional and biological potential of *Artocarpus heterophyllus* L. shell powder - PMC [Internet]. [citado 28 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4348283/>
28. Nguyen H, Nguyen H, Nguyen CTL. Phytochemical, Nutritional, Laxative and Hypoglycemic Activity Evaluation of Seeds of Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam). *Research & Reviews: Journal of Botanical Sciences.* 30 de diciembre de 2016;5(5):47-51.
29. Wibowo A. Effect of Storage on Antioxidant Activity and Bioactive Compound of *Artocarpus heterophyllus* J33 Rind Extract. *Advances in Applied Chemistry and Biochemistry.* 10 de septiembre de 2019;2019.
30. Udumalagala Gamage C, Wedage W, Wickramasinghe S, Fernando W. Hypoglycaemic action of the flavonoid fraction of *Artocarpus heterophyllus* leaf. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines.* 21 de agosto de 2006;3.
31. Manco M, Bertuzzi A, Salinari S, Scarfone A, Calvani M, Greco AV, et al. The ingestion of saturated fatty acid triacylglycerols acutely affects insulin secretion and insulin sensitivity in human subjects. *Br J Nutr.* diciembre de 2004;92(6):895-903.

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Caracterización fenotípica en flores de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en 40 híbridos experimentales en la finca experimental La Represa

Phenotypical characterization of Cocoa flowers (*Theobroma cacao* L.) in 40 experimental hybrids at La Represa experimental farm

Cyntia Erazo-Solorzano¹, Jaime Vera-Chang¹, Diego Tuarez-García^{2*}, Luis Vásquez-Cortez^{2,3,6}, Kerly Alvarado-Vásquez^{2,3,6}, Carlos Zambrano¹, Karen Mindiola Véliz¹, Raúl Mora Yela¹, karol Revilla Escobar¹

DOI: [10.21931/RB/2023.08.03.11](https://doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.11)

¹Facultad de Ciencias de la Industria y Producción Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.

²Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador.

³Instituto de Posgrados, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

⁴Universidad Americana de Europa México-Cancún; Universidad Técnica del Estado de Quevedo (UTEQ), Los Ríos, Ecuador.

⁵Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Departamento de Recursos Fitogenéticos, Ecuador.

⁶Universidad del Cuyo, Argentina.

Corresponding author: parada.ro91@gmail.com

Resumen: La polinización es una de las prácticas más determinantes en el cultivo de cacao; por ello con el objetivo de determinar la autocompatibilidad, y evaluar la morfología de la flor, la presente investigación se realizó en la finca experimental "La Represa", Quevedo, Ecuador. Para el efecto, se empleó un diseño completamente al azar DCA, con cuarenta tratamientos, considerando como tratamientos a los híbridos de cacao utilizados, con tres repeticiones. Para determinar las diferencias entre las medias, se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey (Pocompat Se realizaron pruebas de polinización manual para determinar el porcentaje de fecundación con quince flores por tratamiento, cuyo porcentaje de polinización sobresalieron los tratamientos T26 y T38 con el 100% de autocompatibilidad, seguido del T15 y T35 con 80% de autoincompatibilidad. También se registraron variables como el largo y ancho de sépalo y pétalo, largo de pedúnculo, largo del estaminoide y pistilo, y el peso de la flor en donde sobresalieron diferentes híbridos, tales como el T1 y T11 para largo y ancho del sépalo con 2.70 y 8.20 mm respectivamente. En el largo y ancho del pétalo resaltaron los tratamientos T10 y T26 con 2.50 mm. En el largo del pedúnculo resalto el T20 con 1.81 mm y T6 con 6.20 mm para el largo del estaminoide. El largo del pistilo, el T10 obtuvo el mayor índice con 2.50 mm. No obstante el peso de la flor resaltaron los tratamientos T13 y T20, registrando el promedio más alto con 0.065 g, con relación a los demás híbridos estudiados.

Palabras clave: Autocompatibilidad, cacao, híbridos, polinización, flores.

Abstract: Pollination is one of the most decisive practices in cocoa cultivation; therefore, to determine the self-compatibility and evaluate the morphology of the flower, it was carried out in the experimental farm "La Represa", Quevedo, Ecuador. For this purpose, a completely randomized DCA design was used, with forty treatments, considering treatments the cocoa hybrids used, with three repetitions. Tukey's multiple range test ($P \leq 0.05$) was applied to determine the differences between the means. Manual pollination tests were performed to determine the percentage of fertilization with fifteen flowers per treatment, whose pollination rate stood out in the T26 and T38 treatments with 100% self-compatibility, followed by T15 and T35 with 80% anti-incompatibility. Variables such as the length and width of sepal and petal, peduncle length, length of staminoid and pistil, and the weight of the flower were also recorded where different hybrids stood out, such as T1 and T11 for sepal length and width with 2.70 and 8.20 mm respectively. In the height and width of the petal, the T10 and T26 treatments stood out with 2.50 mm. In the size of the peduncle, I highlight the T20 with 1.81 mm and T6 with 6.20 mm for the length of the staminoid. The length of the pistil, the T10, obtained the highest index at 2.50 mm. However, the weight of the flower highlighted the T13 and T20 treatments, registering the highest average with 0.065 g, concerning the other hybrids studied.

Key words: Autocompatibility, cocoa, hybrids, pollination, flowers.

Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.), es uno de los cultivos más importantes en la agricultura y es originario de las zonas tropicales de América. Actualmente se cultiva en más de 60 países, la producción mundial se concentra en África occidental, Centro y Sudamérica y las regiones tropicales de

Asia¹. En el Ecuador el cacao se encuentra históricamente enlazado con la actividad, política, económica y social del país. Debido a su producción y calidad de aroma único en el mundo ha generado una gran demanda de mano de obra en la región, tanto como en el sector agrícola o industrial².

Citation: Erazo-Solorzano C, Vera-Chang J, Tuarez-García D, Vásquez-Cortez L, Alvarado-Vásquez K, Zambrano C, Mindiola Véliz K, Mora Yela R, Revilla Escobar k. Caracterización fenotípica en flores de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en 40 híbridos experimentales en la finca experimental La Represa, Revis Bionatura 2023;8 (3) 11. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.11>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** 15 July 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



En Ecuador se cultivan varios tipos de cacao, pero la variedad conocida como “Nacional” es la más requerida por los fabricantes de chocolate por su calidad y aroma. Anecacacoo afirma que más del 70% de la producción mundial de cacao fino y de aroma corresponde al Nacional. El orden socio-económico ecuatoriano se desarrollaba en gran medida alrededor del mercado internacional del cacao, la “pepa de oro” dominó por varios siglos la generación de divisas para el país antes del boom petrolero, dando lugar a los primeros capitales y desarrollando sectores importantes como la banca, industria y el comercio³, en la actualidad el Ecuador es el tercer exportador de cacao a nivel mundial por su calidad y apreciación en el mercado mundial, durante el primer trimestre del 2023 el país exportó USD 284 millones lo cual es un indicador económico muy bueno para los agricultores⁴.

Los bajos rendimientos del cacao Nacional han contribuido a que los agricultores lo sustituyan por materiales de origen trinitario más productivos y tolerantes a enfermedades, ocasionando una erosión genética, especialmente de genes relacionados con la calidad⁵.

La caracterización fenotípica en flores de cacao consiste en evaluar el tamaño, forma y demás descriptores físicos que caracterizan a la variedad. De esta manera se consigue determinar si las variedades del tipo fino de aroma “Nacional” son diferentes estructural o morfológicamente a las otras variedades en calidad y si son susceptibles a enfermedades⁶.

Uno de los principales problemas de los productores cacaoteros ecuatorianos es la falta de conocimiento en características floral, componente importante en el que radica la base de una buena producción, además una de las debilidades fundamentales en el programa genético para establecer nuevas plantaciones de cacao, siendo una de ellas las causantes de que las plagas y enfermedades sean resistentes, lo cual no generan una producción deseada, a esto se suma el problema de la incompatibilidad, y demás factores ambientales. El objetivo principal de la investigación fue evaluar las características fenotípicas de flores provenientes de 40 híbridos experimentales de cacao (*Theobroma cacao* L.) provenientes de la Finca Experimental La Represa.

Materiales y métodos

Localización

La presente investigación se llevó a cabo en la finca experimental “La Represa” propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), localizada en el recinto Faita, Kilómetro 7.5 de la vía San Carlos, en Quevedo, provincia de Los Ríos, República del Ecuador. Su ubicación geográfica corresponde a 01°03'18" de latitud Sur y 79°25'24" de longitud Oeste localizada en una zona clasificada como bosque húmedo-tropical a una altura de 73 msnm. El ensayo se estableció entre los meses de enero a mayo del 2017 (ver tabla 1).

Diseño de la investigación

En la presente investigación se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), donde se determinó la caracterización fenotípica de las flores de cacao pertenecientes a 40 híbridos (consideradas los tratamientos en estudio), el experimento estuvo conformado por 40 tratamientos y tres repeticiones. Cada unidad experimental estuvo constituida por un grupo de diez flores de cacao, totalizando treinta flores por tratamiento. Luego de este análisis se procedió a realizar las correspondientes tablas y gráficos para una mejor interpretación de los resultados podemos observar en la tabla 2 el análisis de varianza. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de rango múltiples de Tukey a la probabilidad ($P \leq 0.05$).

Técnicas de autopolinización

Para polinizar las flores de un mismo híbrido, se utilizó la técnica manual o controlada, la cual consistió en colocar en los botones florales un tubo eppendorf transparente de 1 cm de diámetro por 1.5 cm de largo para que de este modo la flor no sea polinizada por ningún insecto polinizador.

Cuando los botones estaban completamente abiertos se retiró el tubo sin dañar a la flor para realizar la polinización, se utilizaron pinzas de metal para retirar los estaminoides, estambres y pétalos para dejar libre el estigma y poder polinizar a la flor donante; de este modo se procedió a frotar las anteras sobre el estigma o estilo de la flor de abajo hacia arriba hasta haber depositado el polen en el

Parámetro	Promedio
Temperatura °C	25,47
Humedad relativa %	85,84
Precipitación anual /mm	2223
Heliofanía, hora luz/año	898,77
Evaporación, promedio mensual mm	78,30
Zona ecológica	bh-T
Topografía	Ligeramente ondulada

Tabla 1. Características agroclimáticas de la zona implantada del proyecto de investigación⁷.

	Fuente de Variación	Grados de libertad
Tratamiento	(t-1)	39
Error Experimental	t(r-1)	80
Total	(t*r)-1	119

Tabla 2. Análisis de varianza en la caracterización de la flor.

órgano femenino. Cabe mencionar que los resultados de esta variable de autopolinización se obtuvieron con un total de quince flores por tratamiento.

Número e identificación de flores

Para la identificación de flores polinizadas se utilizaron alfileres, los cuales sujetaron pequeñas láminas plásticas que indicaron los datos de cada clon, nombre de la autora y fecha de polinización. Luego se procedió a registrar el número de flores polinizadas, fecundadas y el porcentaje de fecundación.

Variables evaluadas y gestión de ensayos

Laro del pedúnculo (mm)

Para registrar esta variable se procedió a medir el pedúnculo desde la base de la flor hasta la unión de los sépalos con la ayuda de una hoja milimetrada.

Largo y ancho de sépalo (mm)

Se registró la longitud desde el punto de unión con el receptáculo hasta su ápice, mientras que el ancho se midió registrando la parte más ancha del sépalo entre los bordes laterales utilizando papel milimetrado mediante observación directa.

Largo y ancho del pétalo (mm)

La longitud y ancho del pétalo se midió en la misma hoja milimetrada de la misma manera como se realizó con el sépalo de la flor.

Largo del estaminoide (mm)

Para registrar esta variable se procedió a medir con una hoja milimetrada la longitud desde el encuentro con la columna estaminal hasta el ápice.

Largo del pistilo (mm)

Para registrar esta variable se procedió a medir con una hoja milimetrada la longitud desde el estigma hasta el ovario de cada flor.

Peso de la flor (g)

Se pesaron 10 flores enteras, con una balanza de precisión para luego extraer el promedio de este parámetro.

Material genético

Se utilizaron 40 híbridos, con características similares de producción, tolerantes a las principales enfermedades, pertenecientes al Departamento de Investigación Científica y Tecnológica de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. En la tabla 3 se muestran las características de los híbridos en estudio experimental.

Resultados y discusión

Porcentajes de fecundación (autopolinización)

De acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) se encontraron diferencias estadísticas en la variable porcentaje de autopolinización. Sin embargo se observa que los tratamientos T26 (DYRCYT-H -297), y T38 (DYRCYT-H -309) resultaron ser autocompatibles con un porcentaje del 100% de autocompatibilidad, seguido del T15 (DYRCYT-H -286) y T35 (DYRCYT-H -306) que registraron un promedio de 80% de autocompatibilidad.

Por otro lado, los tratamientos T21 (DYRCYT-H -292) y T24 (DYRCYT-H -295) fueron autoincompatibles con una fecundación del 0%, seguido del T4 (DYRCYT-H -275), T5 (DYRCYT-H -276), que obtuvieron un promedio de 6.67%.

Estos promedios registrados concuerdan con la investigación realizada por Mendoza⁸, quien obtuvo un índice de autocompatibilidad de 1.00. Por su parte, Meza⁹ al evaluar el sistema de reproducción sexual y morfología floral de cinco clones de cacao encontró que el clon DIRCYT 186 presentó el mayor índice de auto compatibilidad 0.93.

Arciniegas¹⁰ estudió la compatibilidad de clones de cacao y encontró que un 67.7% de los 62 árboles evaluados fueron autocompatibles, mientras que 32.2% fueron autoincompatibles. Valores de compatibilidad superiores fueron registrados en la presente investigación.

En general es necesario mencionar que se clasificaron los materiales en grupos de acuerdo al porcentaje de prendimiento $>40\%$ para determinar la autocompatibilidad, razón por la cual, no se puede asegurar que niveles inferiores a este indiquen que los árboles sean incompatibles, si no que posiblemente, esto se deba a que en ocasiones el polen no queda bien adherido al estigma de la flor o que las temperaturas en las cuales se realizaron dichos eventos no sean la sugeridas.

El gráfico expuesto demuestra los valores de autocompatibilidad y autoincompatibilidad de 40 líneas híbridas de cacao. Estos valores corresponden a los porcentajes obtenidos luego de la polinización manual, en donde se observa que el 75% de las flores son autocompatibles, mientras que el 25% restante son autoincompatibles. Entendiéndose como autocompatibilidad a aquellos valores que superen el 40%, y como autoincompatibilidad a los valores comprendidos entre 0 y 40% (Ver tabla 4).

Parámetros de producción

a. Largo del sépalo

Los resultados de la variable largo del sépalo presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. De acuerdo al análisis de varianza aplicado, esta variable alcanzó el mayor promedio en el T11 (DYRCYT-H -282) con 8.2 mm. No obstante, el menor promedio lo presentó el

Nº	Código	Híbrido	Material Genético
1	DIRCYT-H -272	LR17 × L46H88	Trinitario × Nacional
2	DIRCYT-H -273	LR17 × L12H27	Trinitario × Nacional
3	DIRCYT-H -274	CCN-51 × L46H75	Trinitario × Nacional
4	DIRCYT-H -275	LR18 × T19	Trinitario × Nacional
5	DIRCYT-H -276	CCN-51 × L46H57	Trinitario × Nacional
6	DIRCYT-H -277	CCN-51 × L49H98	Trinitario × Nacional
7	DIRCYT-H -278	LR17 × JHVH-10	Trinitario × Nacional
8	DIRCYT-H -279	CCN-51 × L4H98	Trinitario × Nacional
9	DIRCYT-H -280	CCN-51 × L26H64rl	Trinitario × Nacional
10	DIRCYT-H -281	CCN-51 × L26H64	Trinitario × Nacional
11	DIRCYT-H -282	LR14 × L12H27	Trinitario × Nacional
12	DIRCYT-H -283	LR14 × L46H67	Trinitario × Nacional
13	DIRCYT-H 284	LR20 × L12H27	Trinitario × Nacional
14	DIRCYT-H -285	LR20 × L40H49	Trinitario × Nacional
15	DIRCYT-H -286	LR20 × L8H12	Trinitario × Nacional
16	DIRCYT-H -287	LR18 × L12H37	Trinitario × Nacional
17	DIRCYT-H -288	LR18 × LN3H27	Trinitario × Nacional
18	DIRCYT-H -289	LR18 × L21H38	Trinitario × Nacional
19	DIRCYT-H -290	LR14 × L13H37	Trinitario × Nacional
20	DIRCYT-H -291	LR14 × L46H75	Trinitario × Nacional
21	DIRCYT-H -292	LR46H75 × DR14	Trinitario × Nacional
22	DIRCYT-H -293	LR20 × D40H66	Trinitario × Nacional
23	DIRCYT-H -294	LR15 × L20H43	Trinitario × Nacional
24	DIRCYT-H -295	LR16L11H18 × L19H43	Trinitario × Nacional × Nacional
25	DIRCYT-H -296	LR14 × LR16L18H58	Trinitario × Nacional
26	DIRCYT-H -297	LR20H21 × LR14 × L18H58	Trinitario × Nacional × Nacional
27	DIRCYT-H -298	LR19 × D42H80	Trinitario × Nacional
28	DIRCYT-H -299	LR14L26H64 × L46H66	Trinitario × Nacional
29	DIRCYT-H -300	LR20H26 × LR18 × L49H98	Trinitario × Nacional
30	DIRCYT-H -301	LR19 × LR18L26H69	Trinitario × Nacional × Nacional
31	DIRCYT-H -302	LR16D11H19 × L15H34	Trinitario × Nacional
32	DIRCYT-H -303	LR18 × L23H64	Trinitario × Nacional
33	DIRCYT-H -304	LR20 × LR16L18H58	Trinitario × Nacional
34	DIRCYT-H -305	LR20 (LR16) (EET-103)	Trinitario × Nacional
35	DIRCYT-H -306	LR14 × LR14L18H53	Trinitario × Nacional
36	DIRCYT-H -307	LR20 × LR17L11H19	Trinitario × Nacional
37	DIRCYT-H -308	LR17L11H19 × L8H12	Trinitario × Nacional
38	DIRCYT-H -309	LR17L11H19 × L32H72	Trinitario × Nacional
39	DIRCYT-H -310	LR19 × L12H27	Trinitario × Nacional
40	DIRCYT-H -311	L46H75 × LR20	Trinitario × Nacional

*DIRCYT= Departamento de Investigación Científica y Tecnológica.

Tabla 3. Características de los híbridos interclonales de la finca experimental “La Represa” utilizadas en este estudio.

Nº	Código	PF(%)
1	DIRCYT-H -272	53.33 ^{+a}
2	DIRCYT-H -273	20.00 ^a
3	DIRCYT-H -274	33.33 ^b
4	DIRCYT-H -275	6.67 ^b
5	DIRCYT-H -276	6.67 ^b
6	DIRCYT-H -277	46.66 ^{+a}
7	DIRCYT-H -278	26.66 ^b
8	DIRCYT-H -279	33.33 ^b
9	DIRCYT-H -280	40.00 ^{+ab}
10	DIRCYT-H -281	60.00 ^{+a}
11	DIRCYT-H -282	26.66 ^a
12	DIRCYT-H -283	20.00 ^a
13	DIRCYT-H 284	46.66 ^{+a}
14	DIRCYT-H -285	13.33 ^a
15	DIRCYT-H -286	80.00 ^{+a}
16	DIRCYT-H -287	40.00 ^{+ab}
17	DIRCYT-H -288	33.33 ^b
18	DIRCYT-H -289	73.33 ^{+a}
19	DIRCYT-H -290	33.33 ^b
20	DIRCYT-H -291	26.66 ^a
21	DIRCYT-H -292	0.00 ^b
22	DIRCYT-H -293	33.33 ^b
23	DIRCYT-H -294	53.33 ^{+a}
24	DIRCYT-H -295	0.00 ^b
25	DIRCYT-H -296	26.66 ^b
26	DIRCYT-H -297	100.00 ^{+a}
27	DIRCYT-H -298	13.33 ^b
28	DIRCYT-H -299	20.00 ^b
29	DIRCYT-H- 300	60.00 ^{+a}
30	DIRCYT-H -301	46.66 ^{+a}
31	DIRCYT-H -302	40.00 ^{+a}
32	DIRCYT-H -303	53.33 ^{+a}
33	DIRCYT-H -304	46.66 ^{+a}
34	DIRCYT-H -305	66.66 ^{+a}
35	DIRCYT-H -306	80.00 ^{+a}
36	DIRCYT-H -307	46.66 ^{+a}
37	DIRCYT-H -308	66.66 ^{+a}
38	DIRCYT-H -309	100.00 ^{+a}
39	DIRCYT-H -310	60.00 ^{+a}
40	DIRCYT-H -311	73.33 ^{+a}
	Promedio	42.67
	Coefficiente de variación	20.65
	Erros Estándar	0.002

*PF: Porcentaje de fecundación.

+Autocompatibilidad

Valores con letras diferentes son significativos según la prueba de Tukey (P<0.05).

Tabla 4. Porcentajes de fecundación (autopolinización) en 40 híbridos experimentales en la Finca Experimental “La Represa”.

T22 (DYRCYT-H -293) con un promedio de 7.0 mm.

Estos valores coinciden con Hardy¹¹, quien señala que el sépalo posee 7.0 a 11.0 mm de longitud. A pesar de esto, el estudio realizado por Pacheco, (12) muestra un promedio inferior de 6.0 a 8.0 mm. El coeficiente de variación para esta variable fue de 13%. Además Meza, (9) en su investigación y registró un promedio de 8.49 mm longitud del sépalo. Por su parte, Villegas y Astorga, (13) en su estudio de “caracterización morfológica del cacao Nacional Boliviano”, registraron promedios aproximados de 8.4 mm para el largo del sépalo.

b. Ancho de sépalo

En el análisis de varianza aplicado no se encontraron diferencias estadísticas para la variable ancho del sépalo entre los híbridos de cacao evaluados. Sin embargo, el promedio más alto lo presentaron los tratamientos T1 (DYRCYT-H -272) y T3 (DYRCYT-H -274) con 2.7 mm. el tratamiento que presentó el menor valor fue el T 22 (DYRCYT-H -293) con 2.0 mm.

Laje, (14) evaluó la Autocompatibilidad en algunos cultivares de cacao Tipo Nacional y Trinitario, en donde mencionó que el ancho de sépalo pueden alcanzar un promedio de 2.0 mm. Estos valores se encontraron dentro del rango encontrado por Dostert *et al.*¹⁵, quienes reportaron un promedio entre 1.5–2.0 mm de ancho de sépalo. El coeficiente de variación fue de 19.46%.

c. Largo de pétalo

El largo del pétalo presentó diferencias significativas entre los híbridos evaluados, de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), siendo T10 (DYRCYT-H -281) el tratamiento que registró el mayor promedio con 25.0 mm, a diferencia de T3 (DYRCYT-H -274) y T19 (DYRCYT-H -290) que registraron el menor valor (19.0 mm). El coeficiente de variación para esta variable fue de 25.07%.

En relación a lo anterior, estos valores fueron inferiores a los reportados por Veliz¹⁶ en el 2015, que obtuvo un promedio de 7.0 mm de longitud.

d. Ancho de pétalo

Para el ancho de pétalo se encontraron diferencias estadísticas entre los híbridos de cacao evaluados, siendo T26 (DYRCYT-H -297) el tratamiento que obtuvo el mayor promedio (2.0 mm) mientras que T22 (DYRCYT-H -293) obtuvo el menor promedio (1.6 mm).

Estos valores estuvieron dentro del rango encontrado por Veliz¹⁶ cuyos promedios de ancho de pétalo no superaron los 2.0 mm. De la misma forma Mendoza,⁽⁸⁾ registró un promedio aproximado de 2.19 mm para el ancho de sépalo.

e. Largo de Pédunculo

El largo del pedúnculo, presentó diferencias estadísticas entre todos los tratamientos evaluados, tal como se muestra en la (Tabla 5), donde el tratamiento que presentó la mejor característica fue el T20 (DYRCYT-H -291) con un promedio de (18.1 mm), con lo que respecta al tamaño del pedúnculo, el cual fue el de mayor promedio, mientras que el tratamiento T23 (DYRCYT-H -294) presentó el menor promedio (12.1 mm).

Por su parte, Baena y García¹⁷ mencionan que la longitud del pedúnculo es de entre 10.0 a 30.0 mm, lo que concuerda con lo registrado en la presente investigación.

Meza, (9) en su investigación en flores de cacao Nacional y Trinitario encontró un promedio de 21.9 mm para la longitud del pedúnculo.

f. Largo de Estaminoide

Se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos analizados, por cuanto T6 (DYRCYT-H -277), obtuvo el mayor promedio (6.2 mm); sin embargo T 21 (DYRCYT-H -292) presentó el menor valor (4.8 mm).

Peña¹⁸, estudió el largo del estaminoide en flores de cacao y encontró promedios de 6.5 a 7.5 mm de longitud, por lo tanto estos valores fueron superiores a los registrados en la presente investigación, en donde se obtuvieron promedios comprendidos entre 4.8 y 6.2 mm. Por su parte, Meza⁹, encontró un promedio de 7.1 mm para longitud del estaminoide. Villegas y Astorga, (13) demostraron un promedio de 7.6 mm para el largo del estaminodio.

g. Largo de Pistilo

De acuerdo con el análisis de la variancia se evidenciaron diferencias estadísticas entre los híbridos de cacao. Fácilmente se observa que el T10 (DYRCYT-H -281) obtuvo el mayor promedio en el largo del pistilo (2.5 mm) y el menor promedio lo presentaron los tratamientos T3 (DYRCYT-H -274) y T19 (DYRCYT-H -290) con 1.90 mm. Cabe recalcar que esta variable presentó un coeficiente de variación de 25.07%.

Estos promedios guardan relación a los mencionados por Villegas y Astorga (13) con 2.20 mm de longitud. Por su parte, Mendoza⁸, registró un promedio superior con 2.90 mm en longitud de pistilo. Meza⁹, registró un promedio de 4.88 mm para longitud del pistilo en su caracterización floral en clones de cacao de tipo Nacional y Trinitario.

Peso de Flor

El análisis de variancia realizado al peso de la flor reportó diferencias estadísticas entre los tratamientos de cacao ($P \leq 0.05$), con un promedio general de todos los tratamientos o híbridos experimentales estudiados de 0.05 g.

El T13 (DYRCYT-H 284) y T20 (DYRCYT-H 291), registraron el promedio más alto del peso de la flor con 0.06 g, con relación a los demás híbridos estudiados. Por otro lado el análisis indicó que el promedio más bajo (0.04 g) fue obtenido en la mayoría de los híbridos estudiados, como se observa en la Tabla 6. Estos valores promedios fueron similares a los citados por Mendoza⁸, quien obtuvo un valor de 0.063 g en el peso de la flor. Por su parte, Véliz, (19) encontró un promedio inferior de 0.040 g en el peso de la flor, con un coeficiente de variación de 13.72%.

Meza, (9) menciona que en la caracterización de la estructura floral se identificó que el tamaño de los órganos florales influye en la compatibilidad genética. Concuerda con lo encontrado en la presente investigación, siendo el clon DIRCYT 217 quien registró el mayor peso de la flor con 0.0749 g, en el mismo sentido Mendoza, (8) en su estudio reportó un promedio del peso de la flor de 0.063 g, el cual guarda relación con los datos encontrados en esta investigación.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados expuestos, se plantean las siguientes conclusiones:

Los híbridos de cacao evaluados que resultaron ser autocompatibles fueron los T15 DYRCYT-H 286, T26 DYRCYT-H 297, T35 DYRCYT-H 306 y T38 DYRCYT-H 309 con porcentajes comprendidos entre 80 y 100 %.

La mayoría de los tratamientos evaluados obtuvieron porcentajes muy bajos de fecundación entre 0 y 50%.

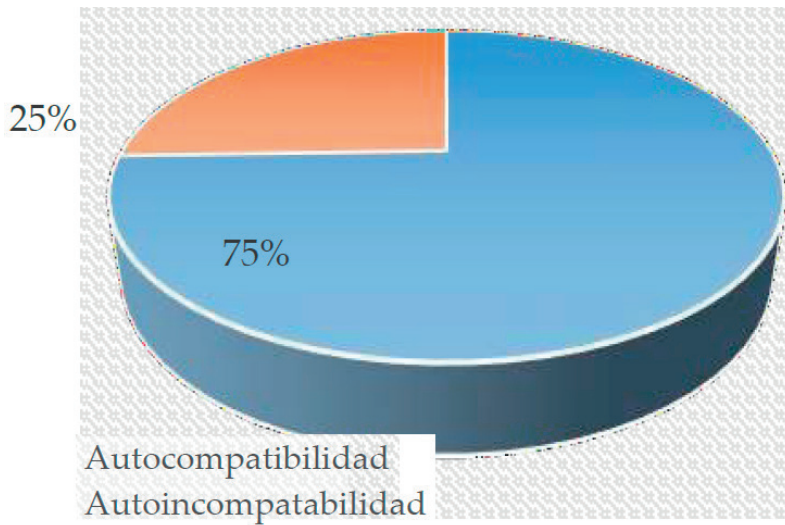


Figura 1. Promedio de autocompatibilidad y autoincompatibilidad floral de los 40 híbridos estudiados.

Tratamiento	L.Sépalo (mm)	A. Sépalo (mm)	L.Pétalo (mm)	A.Pétalo (mm)	L.Pedúnculo (mm)	L.Estaminioide (mm)	L. Pistilo (mm)
T1 (DYRCYT-H -272)	7.20 fghi	2.70 a	20.0 efg	2.30 abcde	14.2 ab	5.50 ef	2.00 efg
T2 (DYRCYT-H -273)	7.30 efghi	2.30 a	20.0 cdefg	1.90 g	12.4 b	5.50 ef	2.00 cdefg
T3 (DYRCYT-H -274)	7.70 abcdefgh	2.70 a	19.0 g	2.40 ab	15.1 ab	5.60 abcde	1.90 g
T4 (DYRCYT-H -275)	7.20 ghi	2.50 a	22.0 abcdef	2.10 bcdefg	15.9 ab	5.70 abcde	2.20 abcdef
T5 (DYRCYT-H -276)	7.10 hi	2.60 a	22.0 abcdef	2.00 efg	15.2 ab	5.50 abcde	2.20 abcdef
T6 (DYRCYT-H -277)	7.70 abcdefgh	2.50 a	21.0 bcdefg	2.20 abcdefg	14.4 ab	6.20 a	2.10 bcdefg
T7 (DYRCYT-H -278)	7.60 abcdefgh	2.60 a	21.0 bcdefg	2.20 abcdefg	14.3 ab	6.00 abc	2.10 bcdefg
T8 (DYRCYT-H -279)	7.90 abcdef	2.50 a	22.0 abcdef	2.40 abc	14.7 ab	6.00 ab	2.20 abcdef
T9 (DYRCYT-H -280)	7.70 abcdefgh	2.60 a	22.0 abcdefg	2.30 abcde	15.4 ab	5.70 abcde	2.20 abcdefg
T10 (DYRCYT-H -281)	7.90 abcdef	2.60 a	25.0 a	2.30 abcde	16.5 ab	5.90 abc	2.50 a
T11 (DYRCYT-H -282)	8.20 a	2.60 a	20.0 cdefg	2.40 ab	16.2 ab	5.60 abcde	2.20 cdefg
T12 (DYRCYT-H -283)	7.20 fghi	2.30 a	22.2 abcdefg	2.30 abcde	14.1 ab	5.70 abcde	2.20 abcdefg
T13 (DYRCYT-H -284)	8.00 abc	2.60 a	23.0 abcde	2.40 ab	15.5 ab	6.10 ab	2.30 abcde
T14 (DYRCYT-H -285)	7.80 abcdefg	2.50 a	22.0 abcdef	2.30 abcde	16.0 ab	5.80 abc	2.20 abcdef
T15 (DYRCYT-H -286)	7.80 abcdefg	2.60 a	21.0 bcdefg	2.30 abcdef	15.2 ab	5.90 abc	2.10 bcdefg
T16 (DYRCYT-H -287)	7.70 abcdefg	2.40 a	21.0 bcdefg	2.30 abcd	15.3 ab	5.60 abcde	2.10 bcdefg
T17 (DYRCYT-H -288)	7.80 abcdefg	2.50 a	21.0 bcdefg	2.30 abcde	15.2 ab	5.90 abc	2.10 bcdefg
T18 (DYRCYT-H -289)	7.50 bcdefghi	2.40 a	24.0 abc	2.00 fge	15.8 ab	5.60 bcde	2.40 abc
T19 (DYRCYT-H -290)	7.30 defghi	2.30 a	19.0 fg	2.10 defg	14.4 ab	5.60 bcde	1.90 fg
T20 (DYRCYT-H -291)	8.10 ab	2.60 a	22.0 abcdef	2.00 fg	18.1 a	5.30 cdef	2.20 abcdef
T21 (DYRCYT-H -292)	7.30 efghi	2.40 a	23.0 abcdef	2.00 fg	12.2 b	4.80 f	2.30 abcdef
T22 (DYRCYT-H -293)	7.00 i	2.00 a	22.0 abcdef	1.60 h	13.3 b	5.10 def	2.20 abcde
T23 (DYRCYT-H -294)	7.40 defghi	4.90 a	22.0 abcdefg	2.00 fg	12.1 b	5.10 def	2.20 abcdefg
T24 (DYRCYT-H -295)	7.60 abcdefgh	2.40 a	21.0 bcdefg	2.30 abcdef	15.4 ab	5.50 bcdef	2.10 bcdefg
T25 (DYRCYT-H -296)	7.40 cdefghi	2.40 a	20.0 fg	2.10 bcdefg	15.4 ab	5.60 abcde	2.00 fg
T26 (DYRCYT-H -297)	7.40 cdefghi	2.40 a	21.0 bcdefg	2.50 a	15.3 ab	5.90 abc	2.10 bcdefg
T27 (DYRCYT-H -298)	7.50 bcdefghi	2.50 a	23.0 abcd	2.20 abcdefg	14.2 ab	5.90 abc	2.30 abcd
T28 (DYRCYT-H -299)	7.90 abcde	2.50 a	22.0 abcdf	2.10 cdefg	16.1 ab	5.60 abcde	2.20 abcdef
T29 (DYRCYT-H -300)	7.50 abcdefghi	2.40 a	21.0 abcdefg	2.20 abcdefg	14.1 ab	5.70 abcd	2.10 abcdefg
T30 (DYRCYT-H -301)	7.60 abcdefghi	2.60 a	23.0 abcdef	2.10 bcdefg	14.1 ab	5.60 abcde	2.30 abcdef
T31 (DYRCYT-H -302)	7.10 cdefghi	2.60 a	24.0 ab	2.20 abcdefg	14.7 ab	5.70 abcde	2.40 ab
T32 (DYRCYT-H -303)	7.70 abcdefgh	2.50 a	22.0 abcdef	2.20 abcdefg	14.2 ab	5.60 abcde	2.20 abcdef
T33 (DYRCYT-H -304)	7.40 defghi	2.50 a	22.0 abcdefg	2.20 abcdefg	15.6 ab	5.50 bcdef	2.20 abcdefg
T34 (DYRCYT-H -305)	7.70 abcdefghi	2.40 a	21.0 bcdefg	2.20 abcdefg	15.3 ab	5.30 cdef	2.10 bcdefg
T35 (DYRCYT-H -306)	7.80 abcdef	2.50 a	20.0 fg	2.10 cdefg	15.6 ab	5.80 abc	2.00 fg
T36 (DYRCYT-H -307)	7.70 abcdefghi	2.40 a	23.0 abcdef	2.30 abcde	15.7 ab	5.90 abc	2.30 abcdef
T37 (DYRCYT-H -308)	7.70 abcdefghi	2.30 a	20.0 defg	2.30 abcde	16.1 ab	5.40 bcdef	2.00 defg
T38 (DYRCYT-H -309)	7.50 bcdefghi	2.30 a	22.0 abcdef	2.20 abcdefg	16.0 ab	5.90 abc	2.20 abcdef
T39 (DYRCYT-H -310)	7.40 defghi	2.50 a	21.0 bcdefg	2.40 abc	16.4 ab	5.50 bcde	2.10 bcdefg
T40 (DYRCYT-H -311)	7.70 abcdefghi	2.40 a	20.0 bcdefg	2.30 abcdefg	15.6 ab	5.80 abcd	2.00 bcdefg
Promedio	7.60	2.60	22.0	2.20	15.0	5.60	2.20
CV%	13.02	19.46	25.07	21.53	20.48	19.27	25.07
EEM	0.002	0.011	0.001	0.001	0.007	0.002	0.001

* Los promedios con letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey (P<0.05).

*CV= Coeficiente de variación EEM= Error estándar de la media.

Tabla 5. Variables de índice de caracterización floral (Largo del sépalo, ancho del sépalo, largo del pétalo, ancho del pétalo, largo del pedúnculo, largo del estaminioide, y largo del pistilo) en 40 híbridos experimentales en la Finca Experimental "La Represa".

N°	Código	Peso de flor (g)
1	DIRCYT-H -272	0.057 ^{abcdef}
2	DIRCYT-H -273	0.046 ^{cdefghij}
3	DIRCYT-H -274	0.051 ^{abcdefghi}
4	DIRCYT-H -275	0.064 ^{ab}
5	DIRCYT-H -276	0.055 ^{abcdef}
6	DIRCYT-H -277	0.043 ^{defghij}
7	DIRCYT-H -278	0.058 ^{abcdef}
8	DIRCYT-H -279	0.050 ^{abcdef}
9	DIRCYT-H -280	0.062 ^{ab}
10	DIRCYT-H -281	0.058 ^{abcdef}
11	DIRCYT-H -282	0.057 ^{abcdef}
12	DIRCYT-H -283	0.051 ^{abcdef}
13	DIRCYT-H 284	0.065 ^a
14	DIRCYT-H -285	0.055 ^{abcdef}
15	DIRCYT-H -286	0.057 ^{abcdef}
16	DIRCYT-H -287	0.060 ^{ab}
17	DIRCYT-H -288	0.061 ^{ab}
18	DIRCYT-H -289	0.054 ^{abcdef}
19	DIRCYT-H -290	0.055 ^{abcdef}
20	DIRCYT-H -291	0.065 ^a
21	DIRCYT-H -292	0.044 ^{abcdefg}
22	DIRCYT-H -293	0.034 ⁱ
23	DIRCYT-H -294	0.036 ^{ij}
24	DIRCYT-H -295	0.036 ^{ij}
25	DIRCYT-H -296	0.041 ^{ghij}
26	DIRCYT-H -297	0.042 ^{fghij}
27	DIRCYT-H -298	0.040 ^{ghij}
28	DIRCYT-H -299	0.038 ^{hij}
29	DIRCYT-H- 300	0.042 ^{fghij}
30	DIRCYT-H -301	0.044 ^{defghij}
31	DIRCYT-H -302	0.043 ^{defghij}
32	DIRCYT-H -303	0.048 ^{cdefghij}
33	DIRCYT-H -304	0.054 ^{abcdef}
34	DIRCYT-H -305	0.043 ^{defghij}
35	DIRCYT-H -306	0.053 ^{abcdef}
36	DIRCYT-H -307	0.042 ^{efg hij}
37	DIRCYT-H -308	0.044 ^{efg hij}
38	DIRCYT-H -309	0.050 ^{abcdef}
39	DIRCYT-H -310	0.044 ^{defghij}
40	DIRCYT-H -311	0.049 ^{abcdefghi}
Promedio		0.05
CV %		9.53
EEM		0.0001

* Los promedios con letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

* CV= Coeficiente de variación.

*EEM= Error estándar de la media.

Tabla 6. Variables de índice de caracterización floral (Largo del sépalo, ancho del sépalo, largo del pétalo, ancho del pétalo, largo del pedúnculo, largo del estaminoide, y largo del pistilo) en 40 híbridos experimentales en la Finca Experimental “La Represa”.

En cuanto al peso de la flor los híbridos T13 DYRCYT-H 284 y T20 DYRCYT-H 291 alcanzaron el mayor peso de la flor con 0.065 g.

Referencias bibliográficas

1. Vásquez L, Vera J, Erazo C, Intriago F. Induction of rhizobium japonicum in the fermentative mass of two varieties of cacao (*Theobroma cacao* L.) as a strategy for the decrease of cadmium. *Int J Health Sci (Qassim)*. 2022;3(April):11354–71.
2. Alvarado K, Vera J, Tuarez D, Intriago F. Fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.) con adición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y enzima (PPO's) en la disminución de metales pesados. *Centrosur* [Internet]. 2022;2014. Available from: <https://centrosuragraria.com/index.php/revista/article/view/191>
3. Bárcena A, Prado A, Samaniego J, Pérez R. La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe [Internet]. 1st ed. Ferrer J, editor. Santiago de Chile: CEPAL; 2015. 1–70 p. Available from: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37310/S1420656_es.pdf
4. Vera J, Benavides J, Vásquez L, Alvarado K, Reyes J, Intriago F, et al. Efecto de dos métodos fermentativos en cacao (*Theobroma cacao* L.) trinitario, inducido con *Rhizobium japonicum* para disminuir cadmio. *Rev Colomb Investig Agroindustriales* [Internet]. 2012;10(1):95–106. Available from: <https://revistas.sena.edu.co/index.php/recia/article/view/efectos-de-dos-metodos-fermentativos-en-cacao-theobroma-cacao-l>
5. Vera J, Vásquez L, Alvarado K, Mora K, Intriago F, Raju M, et al. Mucílago de cacao (CCN-51) en la elaboración de almibar de manzana con propiedades antioxidantes. *Rev Multidisciplinaria Desarro Agropecu Tecnológico, Empres y Humanista* [Internet]. 2023;5(1):1–10. Available from: <https://www.dateh.es/index.php/main/article/view/130>
6. González R, Silva N, Suarez A, Castañeda D. Evaluación y caracterización de clones regionales de cacao en la subregión del Urabá antioqueño: fase I. *Rev Nov* [Internet]. 2019;4(1):21–30. Available from: <https://revistas.sena.edu.co/index.php/mova/article/view/2022>
7. Agropecuaria C, Alberto S, Andrade L. Efecto de la fertilización orgánica sobre las variables agronomicas y su calidad de forraje en la *Morus alba* [Internet]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2022. Available from: <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/2bf41eba-c516-4d0f-b607-8b626dcf0114>
8. Mendoza C, Ramos R. Compatibilidad genética de 64 clones élites de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipos nacional y trinitario [Internet]. Repositorio UTEQ. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2015. Available from: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/985/1/T-UTEQ-0022.pdf>
9. Meza G, Ramos R. Sistema de reproducción sexual y morfología floral de cinco clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional y dos trinitarios en la finca experimental La Represa [Internet]. Repositorio UTEQ. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2016. Available from: <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/3e5979a1-bafe-47cb-8534-71a047941838>
10. Arciniegas A. Caracterización de árboles superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados por el programa de mejoramiento genético del CATIE [Internet]. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza; 2005. Available from: <http://hdl.handle.net/11554/4571>
11. Arvelo M, González D, Maroto A, Delgado T, Montoya P. Manual técnico de cultivo de cacao buenas prácticas para América Latina [Internet]. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Costa Rica; 2017. 1–143 p. Available from: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6181>
12. Sánchez F, Medina M, Díaz G, Ramos R, Vera J, Vásquez V, et al. Potencial sanitario y productivo de 12 clones de cacao en Ecuador. *Rev Fitotec Mex* [Internet]. 2015;38(3):265–74. Available from: https://www.researchgate.net/publication/281628469_Potencial_sanitario_y_productivo_de_12_clones_de_cacao_en_Ecuador
13. Villegas R, Astorga C. Caracterización morfológica del cacao Nacional Boliviano, Alto Beni, Bolivia. *Agroforesteria en las Am* [Internet]. 2005;43–44:81–85. Available from: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5874>
14. Laje O, Ampuño S. Evaluación de la autocompatibilidad en algunos cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional y Trinitario en el litoral ecuatoriano [Internet]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2013. Available from: <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/8a58b083-2f8a-4692-a6e2-4489df41e42e>
15. Dostert N, José R, Cano A, Torre M, Weigend M. Hoja botánica : Cacao. In: Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2012-06345, editor. D38/08-19. Lima: Giacomotti Comunicación Gráfica S.A.C.; 2011. p. 20.
16. Vera, Véliz B, Herrera N. Calidad física de almendras en veintidós cruces interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Ecuador. *Univ y Soc*. 2019;11(2):402–8.
17. Baena LM, García Cardona NA. Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de casacarilla de las semillas tostadas de *Theobroma cacao* L. de una industria chocolatera Colombiana. Tesis de licenciatura. 2012;60.
18. Peña G. Caracterización morfológica de 57 accesiones de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional del banco de germoplasma de la Estación Experimental Tropical Pichilingue [Internet]. Universidad Técnica de Manabí; 2003. Available from: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4302>
19. Véliz B, Vera J. Auto-compatibilidad genética y calidad física de almendra en veinte híbridos interclonales de cacao (*Theobroma cacao* L.) [Internet]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2015. Available from: <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/6396c115-34d2-41a3-8d75-092603487088>

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Efectos de la dieta mediterránea en medidas antropométricas en una población ecuatoriana

Effects of the Mediterranean diet on anthropometric measurements in an Ecuadorian population

Yoel López Gamboa¹ and Roelbis Lafita Frómata²

DOI. 10.21931/RB/2023.08.03.12

¹ Carrera de Enfermería, Universidad Metropolitana del Ecuador, Matriz Guayaquil, Ecuador.

² Carrera de Laboratorio Clínico, Universidad Metropolitana del Ecuador, Matriz Guayaquil, Ecuador.

Corresponding author: yoel11975@gmail.com

Resumen: Los hábitos de alimentación constituyen patrones culturales heredados de las familias, que a su vez son elementos distintivos e identifican a los pueblos. El objetivo de este estudio fue determinar los efectos producidos en medidas antropométricas en personas atendidas en un consultorio nutricional en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. Se realizó un estudio transversal entre los meses de noviembre de 2021 y febrero del 2022. Se determinó la normalidad de las variables con la prueba estadística de Shapiro-Wilks, y luego se calculó el T student para muestras dependientes para valorar el efecto de la dieta en los citados parámetros antropométricos antes y después de la intervención; para evaluar el efecto de la dieta por sexo se realizó el T student para muestras independientes. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas en el índice de masa corporal, circunferencia abdominal y masa muscular, no así en el porcentaje de grasa; mientras que con relación al sexo solamente se evidenció diferencia significativa estadísticamente en la masa muscular. La dieta mediterránea mostró resultados positivos en los indicadores de composición corporal evaluados, disminuyendo el IMC, el porcentaje de grasa, la circunferencia abdominal, a la vez que favoreció el incremento de la masa muscular.

Palabras clave: Dieta Mediterránea; composición corporal, obesidad.

Abstract: Eating habits constitute cultural patterns inherited from families, distinctive elements that identify people. The objective of this study was to determine the effects produced by anthropometric measurements in people who attended a nutritional clinic in the city of Guayaquil, Ecuador. A cross-sectional study was carried out between November 2021 and February 2022. The normality of the variables was determined with the Shapiro-Wilks statistical test, and then the T student was calculated for dependent samples to assess the effect of the diet. In the aforementioned anthropometric parameters before and after the intervention. To evaluate the impact of the diet by sex, the T student was performed for independent samples. The results showed statistically significant differences in body mass index, abdominal circumference and muscle mass but not in fat percentage. In contrast, concerning sex, only a statistically significant difference was evidenced in muscle mass. The Mediterranean diet showed positive results in the body composition indicators evaluated, decreasing the BMI, the percentage of fat, and the abdominal circumference while favoring the increase in muscle mass.

Key words: Mediterranean Diet; body composition, obesity.

Introducción

Los hábitos de alimentación constituyen patrones culturales heredados de las familias, que a su vez son elementos distintivos de las costumbres que identifican a los pueblos dentro de cada país y a los países en determinadas regiones del mundo. Dichos hábitos de alimentación inciden considerablemente en el estado de salud, pudiendo ser positivos o negativos en dependencia del tipo de alimento consumido¹.

Los estilos de vida actuales marcados por diferentes factores sociodemográficos han ido modificando los hábitos de alimentación convencionales, y la población se ha ido alejando del consumo de alimentos naturales o mínimamente procesados, a la vez que se incrementa vertiginosamente el consumo de alimentos poco nutritivos y con elevados aportes calóricos que al final terminan provocando daño a la salud de los individuos¹.

La dieta mediterránea constituye un elemento identitario de los habitantes del mediterráneo, reconocida incluso como patrimonio inmaterial de la humanidad; la misma ha demostrado fehacientemente los beneficios que aporta a la salud, particularmente a la cardiovascular². Además, se ha demostrado efectos beneficiosos de dietas que siguen patrón mediterráneo en la prevención de enfermedades metabólicas, alzhéimer, entre otras³.

Los alimentos considerados clásicos dentro de una dieta con patrón mediterráneo incluyen carnes blancas, pescados, frutas, verduras, y como fundamental fuente de grasa la de oliva, también incluye el consumo regular de vino, y un consumo bajo en carbohidratos². En este tipo de dieta también están permitidas las carnes rojas, pero en bajo consumo y con poca frecuencia a la semana.

Se han realizados investigaciones donde se demuestra

Citation: López Gamboa Y, Lafita Frómata R. Efectos de la dieta mediterránea en medidas antropométricas en una población ecuatoriana. *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 12. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.12>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** 15 July 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



que la alimentación basada en la dieta mediterránea tienen una calidad de vida inherente a la salud diferente a los que siguen otro tipo de alimentación, al asociar varios indicadores de composición corporal con valores considerados dentro de los límites favorables, destacan los siguientes: porcentaje de grasa, índice de masa corporal (IMC) y porcentaje de grasa visceral⁴.

Existen un número significativo de enfermedades asociadas a los malos hábitos de alimentación, constituyendo la obesidad una de las más conocidas por la población, pero no es la única donde se ha demostrado la influencia de la alimentación en su aparición y/o desequilibrio; tal es el caso de la diabetes tipo 2, en la hipertensión arterial, enfermedades endocrinas como el síndrome de ovario poliquístico, afectaciones a las tiroides, enfermedades autoinmunes, entre otras¹.

Las enfermedades relacionadas con la alimentación constituyen una carga social importante para los sistemas de salud pública en las diferentes regiones del mundo, tal como ocurre con la obesidad, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2016, 1900 millones de personas mayores de 18 años tenían un peso superior al estimado, de los cuales 600 millones eran obesos; dicha enfermedad se sabe que es de origen multifactorial, con influencia genética, ambiental y social fundamentalmente. A menudo se asocia el padecimiento de obesidad con inseguridad alimentaria, sobre todo guardando relación con la accesibilidad de alimentos, pues se ha observado que las personas con niveles socioeconómico bajo presentan altas probabilidades de padecerla⁵.

La obesidad por sí sola ya constituye un serio problema de salud, adicionalmente constituye un factor de riesgo para el padecimiento de otras enfermedades crónicas no transmisibles que incluyen algunas respiratorias y cardiovasculares, además de haber estudios que establecen asociación con algunos tipos de cáncer⁶. Uno de los factores que incide decisivamente en el control del peso corporal y otros indicadores antropométricos es precisamente la alimentación.

Motivado por los beneficios que se le atribuyen a la dieta mediterránea los autores de la presente investigación se plantearon como objetivos determinar los efectos producidos en medidas antropométricas (Índice de masa corporal, porcentaje de grasa, circunferencia abdominal y porcentaje de masa muscular) en personas atendidas en un consultorio nutricional en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, tras consumir una dieta mediterránea por un período de 3 meses.

Materiales y métodos

Características generales de la investigación

Se realizó un estudio transversal en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, en el período comprendido entre los meses de noviembre de 2021 y febrero del 2022. La población estudiada se corresponde con los pacientes atendidos en una consulta de asesoría nutricional, el tamaño muestral fue calculado para un riesgo de 0.05 y un poder estadístico de 95%, al igual que el resto de los parámetros estadísticos. Se usó la siguiente fórmula de cálculo de tamaño de muestra para una población infinita⁶.

$$n = (Z \cdot S / d)^2$$

donde:

n: tamaño de la muestra.

Z: puntuación típica asociada al nivel de confianza.

S: varianza de la población en estudio

d: nivel de precisión absoluta. Referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio.

La selección de la muestra se realizó por muestreo probabilístico aleatorio siempre. Cada participante en el estudio dio por escrito su consentimiento informado con las características de la investigación. Se aplicaron los siguientes criterios de inclusión:

* Personas adultas mayores de 18 años de sexo femenino y masculino.

* Personas sin enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) descompensada.

Criterios de exclusión:

* Personas con enfermedades renales y/o cancerosas.

* Personas con desnutrición por defecto.

Procedimientos para la medición de los parámetros antropométricos

Para la medición de la talla, se midió con estadímetro (Se determinó en metros, con un estadímetro modelo SECA 217 con precisión de 1mm) y se procedió de la siguiente manera: las personas estaban de pie, descalzo completamente estirado, con los pies paralelos y los talones unidos; con puntas separadas aproximadamente en un ángulo de 60 grados. La cabeza, la espalda y los glúteos en contacto con un plano vertical. La cabeza erguida en plano de Frankfort⁷.

Para la medición del peso corporal la persona se ubicó de pie, erguido, con los brazos a ambos lados del cuerpo, sin zapatos con ropa ligera y sin haber realizado comidas principales⁷. Para la medición del peso corporal, el porcentaje de grasa, el índice de masa corporal y de masa muscular se usó el método de bioimpedancia en una balanza digital. Modelo: HBF-214, con precisión +-1%, que tiene en cuenta las extremidades inferiores y el abdomen bajo, lo que constituye una limitante del equipo, aunque es un método validado para las mediciones antropométricas. Existen otros métodos de mayor precisión que en este caso no se usaron por no estar accesible para nuestra investigación^{8,9}.

Para definir las medidas de abdomen se procedió a la medición de la cintura con cinta flexible no elástica, en el punto medio entre la última costilla y la cresta ilíaca, de pie con los pies juntos, el abdomen relajado y los brazos colgando junto a los costados y aproximando la medición a 0,1 cm.¹⁰.

El control de la dieta se llevó a cabo a través de recordatorio de 24 horas con un control riguroso de los alimentos consumidos basados en los principios de la dieta mediterránea con las necesidades calóricas diarias personalizadas¹¹.

Los planes de alimentación basados en los principios de la dieta mediterránea de cada participante fueron elaborados por un nutricionista en función de las necesidades individuales tanto de nutrientes como de calorías.

Procedimiento estadístico

Para la caracterización de la muestra se calcularon los estadísticos descriptivos frecuencia, media y desviación estándar. Para evaluar los efectos de la dieta en los parámetros antropométricos (peso, circunferencia de cintura, índice de masa corporal (IMC), porcentaje de grasa y porcentaje de masa muscular), primeramente, se determinó la normalidad de las variables con la prueba estadística de Shapiro-Wilks, y luego se calculó el T student para mues-

tras dependientes con la finalidad de valorar el efecto de la dieta en los citados parámetros antropométricos antes y después de la intervención. Con la intención de evaluar el efecto de la dieta por sexo se realizó el T student para muestras independientes. Los datos fueron procesados a través del programa estadístico SPSS versión 25.

Resultados

Luego de realizar el cálculo del tamaño de la muestra (n=25) se procedió al análisis de las variables antropométricas antes y después de la intervención según grupos de edades y sexo; se obtuvieron los resultados que se muestran en las siguientes tablas.

Discusión

Índice de masa corporal

Como se ilustra en la tabla 1 después de la intervención con la dieta mediterránea hubo una disminución del índice de masa corporal; inicialmente 13 participantes en el estudio presentaban sobre peso representando el 52%, y luego de modificar la dieta 10 se mantenían con sobre peso, por lo que hubo un decrecimiento del 12%.

El número de personas obesas se mantuvo, lo mismo antes que después de la modificación de la alimentación, aunque de manera general los participantes en el estudio disminuyeron en el peso corporal como promedio 3,6 Kg, +/-0.7kg, a razón de 1.2 kg por meses. Los resultados obtenidos muestran valores ligeramente inferiores con los mostrados en una revisión sistemática (12), donde se valoraron los resultados del ayuno intermitente y una dieta basada en

restricción calórica (500Kcal). En el ayuno hubo una disminución de peso de 14.1 kg en 8 meses, a razón de 1.72 kg/mes, y con la restricción calórica 1.13 kg/mes y durante los 8 meses de análisis de 9.1Kg, destacando que en nuestro estudio los consumos calóricos fueron los necesarios según sus necesidades personalizadas sin restricción.

Según Primo *et al.*² que en su investigación estudiaron los efectos de una dieta mediterránea con restricción calórica de 500 Kcal en variables antropométricas, por un período de 3 meses, logró una disminución de peso en los pacientes estudiados de 1.6 +/-0.7 kg. En la citada investigación la disminución del peso corporal fue superior a la del nuestro, aunque debemos señalar que en el presente estudio no se indujo disminución calórica alguna. Al comparar los valores del IMC, antes y después de la intervención con la dieta mediterránea nos muestra una diferencia estadísticamente significativa; P<0.05, con un valor de P=0.00. Es válido señalar que la modificación del IMC fue independiente del sexo al no mostrar diferencias estadísticas significativas, P=0.277.

Circunferencia abdominal

Como se ilustra en la tabla 2, en nuestro estudio se tomó como referencia para la comparación de la circunferencia abdominal los valores planteados en la investigación de Frohlich y colaboradores¹³, donde se consideraron valores aceptables para mujeres ≤87 cm, y para los hombres ≤101 cm. 5 mujeres antes de la intervención (45.4%) presentaron valores superiores al de referencia, con disminución de 1 caso después de la intervención, aunque la disminución de la circunferencia abdominal fue de 2 cm como promedio. Para el sexo masculino al inicio de la investigación, 3 hombres (21.4%) tenían valores de abdomen por encima del valor de referencia, con un decrecimiento de 2

Grupo de edades	Sexo				IMC, antes de la intervención					IMC después de la intervención					
	M	F	Total	%	18,9-24,9	25-29,9	30-40	Total	%	-18,6	18,9-24,9	25-29,9	30-40	Total	%
20-30	2	2	4	16	2	1	1	4	16	1	1	1	1	4	16
31-40	6	5	11	44	2	8	1	11	44	-	4	6	1	11	44
41-60	3	7	10	40	5	4	1	10	40	-	6	3	1	10	40

Tabla 1. Distribución de IMC por grupos de edades y sexo, antes y después de la intervención.

Sexo	Circ. Abdominal antes de la intervención					Circ. Abdominal después de la intervención				
	54-87 cm	87,1-101 cm	101,1-115 cm	Total	%	54-87 cm	87,1-101 cm	101,1-115 cm	Total	%
F	6	3	2	11	44	7	4	-	11	44
M	3	8	3	14	56	7	6	1	14	56

Tabla 2. Distribución de la circunferencia abdominal por sexo antes y después de la intervención.

Sexo	% de grasa antes de la intervención					% de grasa después de la intervención				
	8-25	25,1-35	35,1-50	Total	%	8-25	25,1-35	35,1-50	Total	%
F	2	4	5	11	44	2	5	4	11	44
M	9	4	1	14	56	11	2	1	14	56

Tabla 3. Distribución de porcentaje de grasa por sexo, antes y después de la intervención.

Sexo	% de masa muscular antes de la intervención					% de masa muscular después de la intervención.				
	15,0-23,8	23,9-35,3	Mayor de 35,3	Total	%	15,0-23,8	23,9-35,3	Mayor de 35,3	Total	%
F	2	9	-	11	44	-	11	-	11	44
M	15,0-32,8	32,9-44,0	Mayor de 44	Total	%	15,0-32,8	32,9-44,0	Mayor de 44	Total	%
	3	10	1	14	56	3	7	4	14	56

Tabla 4. Distribución del porcentaje de masa muscular por sexo, antes y después de la intervención.

después de consumir la dieta mediterránea, y una disminución promedio de 3 cm.

Como se puede apreciar fue más frecuente la obesidad abdominal en el sexo femenino, que en el masculino, resultados que coinciden con otro estudio realizado en Brasil, probablemente asociado a la ocurrencia de desregulación hormonal más frecuente en el sexo femenino¹⁴; si se toma en cuenta que más del 80% de las mujeres en nuestro estudio se encuentran en un rango de edad entre 31 y 60 años coincidentemente en el período menopáusico, donde se conoce que la disminución de estrógenos condiciona el incremento de grasa abdominal y corporal de manera general¹⁵.

Las diferencias entre la circunferencia abdominal antes y después de la intervención muestran diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$, con valor de $p = 0.01$), mientras que entre ambos sexos las diferencias no muestran valores significativos con $p = 0.157$, lo que sugiere que la disminución de la grasa abdominal en nuestra investigación es indistinta del sexo.

Porcentaje de grasa corporal

Como muestran los resultados de la tabla 3, después de la intervención hubo una disminución del porcentaje de grasa corporal tanto en hombres como en mujeres, 1 mujer pasó del rango de 35.1-50 al de 25.1-35. Mientras que, en el sexo masculino, 2 pasaron al rango menor de 8 -25%. Al evaluar la modificación en porcentaje se observó en el caso de las mujeres una reducción de 2.8% y en los hombres del 4% como promedio; lo que refleja que una dieta adecuada, con equilibrio de nutrientes y aportes personalizados de calorías influye favorablemente en el control de los indicadores de composición corporal, lo que resulta particularmente interesante en el porcentaje de grasa, que mide con mayor precisión el nivel de grasa que el índice de masa corporal, pudiendo constituir un predictor de enfermedades cardiovasculares con mayor precisión¹⁶. Para el análisis de los porcentajes de grasa se ha tomado como referencia para hombres, valores entre 8 y 25% y en las mujeres desde 21 hasta 35% según refieren Dopsaj y Rodríguez^{17,18}, aunque dichos valores pueden ser muy variables según la edad y los niveles de actividad física.

Las diferencias entre los porcentajes de grasa antes y después del consumo de la dieta mediterránea no mostró diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$: $p = 0.083$), aun cuando los resultados expresados se consideran favorables. Los análisis por sexos tampoco muestran diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$: $p = 0.420$).

Masa muscular

La masa muscular después de la intervención con la dieta mediterránea mostró un incremento de 1.58 % para las mujeres y del 2.4 % en el caso de los hombres; resultados estadísticamente significativos al valorar dicha variable antes y después del consumo de la dieta planificada ($P < 0.05$, con valor de $p = 0.00$). Además, al evaluar los resultados por sexo igualmente mostró diferencia significativa entre hombres y mujeres $P < 0.05$, con valor de $p = 0.031$). Normalmente se describe como aceptables los valores de masa muscular esquelética entre el 25 y el 35 % del peso, aunque la tendencia es que en los hombres dicho valor sea superior que en las mujeres¹⁹.

Existen muchos factores que inciden en el desarrollo adecuado de la masa muscular, dentro de los que se destacan el consumo personalizado de proteínas y la realización

de ejercicios físicos de contra resistencia²⁰. Lo que muestra la tendencia en las investigaciones actuales es que para el incremento de la masa muscular el consumo adecuado de proteínas, ya sea por alimentación o por suplementación no es suficiente, que se debe agregar la realización de ejercicios físicos de fuerza²¹, y sería la combinación de ambas variables lo que conformaría la estrategia más adecuada. Son escasos los estudios que han evidenciado que solamente la alimentación podría favorecer el mantenimiento o desarrollo de la masa muscular²². En el trabajo que se presenta no se evaluó la realización de ejercicios físicos, variable que puede haber distorsionado los resultados obtenidos, y no deberse exclusivamente a la dieta.

Independientemente de las razones que hayan favorecido el incremento de la masa muscular se debe destacar que dicho parámetro juega un papel significativo en el manteamiento del estado de salud, pues se conoce que pasado los 40 años de edad se pierde aproximadamente el 1% de la masa muscular por cada década, lo que conduce al padecimiento de la sarcopenia, proceso patológico que se asocia con enfermedades metabólicas, degenerativas, entre otras^{21,23}.

Conclusiones

La dieta mediterránea mostró resultados positivos en los indicadores de composición corporal evaluados; disminuyendo el IMC, el porcentaje de grasa y la circunferencia abdominal, a la vez que favoreció el incremento de la masa muscular. Los datos obtenidos en las variables estudiadas sugieren que los beneficios que se han descrito para la dieta mediterránea pueden ser usados como modelo en la promoción de alimentación saludable para fomentar hábitos adecuados compatible con buen estado de salud.

Financiamiento

Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Declaración de la junta de revisión institucional

El estudio se realizó de acuerdo con las pautas de la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Salud de la Universidad Metropolitana del Ecuador, en la sección ordinaria realizada el día 26 de octubre del 2021, con el número de acuerdo 19/2021.

Declaración de consentimiento informado

Se obtuvo el consentimiento informado de todos los sujetos involucrados en el estudio.

Declaración de disponibilidad de datos

No se usaron datos públicos.

Conflictos de Interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias bibliográficas

1. Fuentes Prieto J, Herrero-Martín G, Montes-Martínez M, Jáuregui-Lobera I, Fuentes Prieto J, Herrero-Martín G, et al. Alimentación familiar: influencia en el desarrollo y mantenimiento de los trastornos de la conducta alimentaria. *J Negat No Posit Results* [Internet]. 2020 [citado 3 de junio de 2022];5(10):1221-44. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2529-850X2020001000011&lng=es&nrm=iso&tlng=es

2. Primo D, Izaola O, López JJ, Gómez E, Ortolá A, Delgado E, et al. Efecto de una dieta de patrón mediterráneo en la respuesta metabólica secundaria a la pérdida de peso; papel del polimorfismo de un único nucleótido (rs16147) del gen del neuropéptido Y. *Nutr Hosp* [Internet]. agosto de 2020 [citado 19 de octubre de 2021];37(4):742-9. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0212-16112020000500014&lng=es&nrm=iso&tlng=es
3. Azorín Ras M, Martínez Ruiz M, Sánchez López AB, Ossa Moreno M de la, Hernández Cerón I, Tello Nieves GM, et al. Adherencia a la dieta mediterránea en pacientes hipertensos en Atención Primaria. *Rev Clínica Med Fam* [Internet]. febrero de 2018 [citado 19 de octubre de 2021];11(1):15-22. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1699-695X2018000100015&lng=es&nrm=iso&tlng=es
4. Uyar GÖ, Coşkun AB, Gökalp G, Köksal E, Uyar GÖ, Coşkun AB, et al. Asociación de la dieta mediterránea y las medidas antropométricas con la calidad de vida en pacientes con enfermedad arterial coronaria. *Nutr Hosp* [Internet]. junio de 2019 [citado 19 de octubre de 2021];36(3):674-80. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0212-16112019000300025&lng=es&nrm=iso&tlng=en
5. Montero-López M, Santamaría-Ulloa C, Bekelman T, Arias-Quesada J, Corrales-Calderón J, Jackson-Gómez M, et al. Determinantes sociales de la salud y prevalencia de sobrepeso-obesidad en mujeres urbanas, según nivel socioeconómico. *Hacia Promoc Salud* [Internet]. diciembre de 2021 [citado 5 de junio de 2022];26(2):192-207. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0121-75772021000200192&lng=en&nrm=iso&tlng=es
6. Aguilar-Barojas S. Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud En Tabasco* [Internet]. 2005 [citado 18 de abril de 2022];11(1-2):333-8. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>
7. Martínez Sanz JM, Norte A, Martínez-Rodríguez A, Sellés S, Ferriz Valero A, Díez-Espinosa P, et al. Contenidos didácticos para la medición antropométrica [Internet]. Universidad de Alicante. Instituto de Ciencias de la Educación; 2018 [citado 22 de noviembre de 2021]. Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/91112>
8. Alvero-Cruz JR, Gómez LC, Ronconi M, Vázquez RF. La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal: normas prácticas de utilización. :9.
9. Balón RGN, Godínez MC, Campos YD, Hung NS, Pujadas EA, Nicot JM. Bioimpedancia como método de valoración de la Composición Corporal en bailarinas de Ballet y gimnastas. *Rev Cuba Med Deporte Cult Física* [Internet]. 9 de octubre de 2020 [citado 27 de mayo de 2021];13(1). Disponible en: <http://www.revmedep.sld.cu/index.php/medep/article/view/57>
10. Neri-Sánchez M, Martínez-Carrillo BE, Valdés-Ramos R, Soto-Piña AE, Vargas-Hernández JA, Benítez-Arciniega AD. Dietary patterns, central obesity and serum lipids concentration in Mexican adults. *Nutr Hosp*. 7 de marzo de 2019;36(1):109-17.
11. Troncoso-Pantoja C, Alarcón-Riveros M, Amaya-Placencia J, Sotomayor-Castro M, Maury-Sintjago E, Troncoso-Pantoja C, et al. Guía práctica de aplicación del método dietético para el diagnóstico nutricional integrado. *Rev Chil Nutr* [Internet]. junio de 2020 [citado 3 de enero de 2022];47(3):493-502. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0717-75182020000300493&lng=es&nrm=iso&tlng=en
12. Spalevic Z, Veljovic V, Bjelica D, Masanovic B, Spalevic Z, Veljovic V, et al. Índice de Masa Corporal y Medidas de la Grasa Corporal para Definir la Obesidad y el Bajo Peso: Un Estudio Transversal de Diversas Especialidades en la Policía de Montenegro. *Int J Morphol* [Internet]. diciembre de 2021 [citado 16 de mayo de 2022];39(6):1677-82. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0717-95022021000601677&lng=es&nrm=iso&tlng=en
13. Fröhlich C, Garcez A, Canuto R, Paniz VMV, Pattussi MP, Olinto MTA. [Abdominal obesity and dietary patterns in female shift workers]. *Cienc Saude Coletiva*. 9 de septiembre de 2019;24(9):3283-92.
14. Queiroz P de SF, Miranda L de P, Oliveira PSD, Rodrigues Neto JF, Sampaio CA, Oliveira TL, et al. Obesidade abdominal e fatores associados em comunidades quilombolas do Norte de Minas Gerais, 2019. *Epidemiol E Serviços Saúde* [Internet]. 23 de agosto de 2021 [citado 16 de mayo de 2022];30:e2020833. Disponible en: <https://www.scielosp.org/article/ress/2021.v30n3/e2020833/>
15. Zulet Fraile P, Lizancos Castro A, Andía Melero V, González Antigüedad C, Monereo Megía S, Calvo Revilla S, et al. Relación de la composición corporal medida por DEXA con el estilo de vida y la satisfacción con la imagen corporal en estudiantes universitarios. *Nutr Hosp* [Internet]. agosto de 2019 [citado 19 de octubre de 2021];36(4):919-25. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0212-16112019000400025&lng=es&nrm=iso&tlng=es
16. Echeverría G, Rigotti A. Impacto de la dieta mediterránea sobre las lipoproteínas de alta densidad. *Rev Chil Cardiol* [Internet]. 2017 [citado 19 de octubre de 2021];36(2):136-43. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-85602017000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
17. Dopsaj M, Pajic Z, Kocic A, Erak M, Pajkic A, Vicentijevic A, et al. Perfil del Porcentaje de Grasa Corporal de la Población Activa Serbia, de 18 a 65 Años, Medido por el Método de Bioimpedancia Multicanal. *Int J Morphol* [Internet]. diciembre de 2021 [citado 15 de abril de 2022];39(6):1694-700. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0717-95022021000601694&lng=es&nrm=iso&tlng=en
18. Rodríguez Valdés S, Donoso Riveros D, Sánchez Peña E, Muñoz Cofré R, Conei D, del Sol M, et al. Uso del Índice de Masa Corporal y Porcentaje de Grasa Corporal en el Análisis de la Función Pulmonar. *Int J Morphol* [Internet]. junio de 2019 [citado 14 de abril de 2022];37(2):592-9. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0717-95022019000200592&lng=es&nrm=iso&tlng=en
19. Chapela S, Martinuzzi A. Pérdida de masa muscular en el paciente críticamente enfermo: ¿Caquexia, sarcopenia y/o atrofia? Impacto en la respuesta terapéutica y la supervivencia. *Rev Cuba Aliment Nutr* [Internet]. 2018 [citado 24 de marzo de 2022];28(2):393-416. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=85620>
20. Solano García Bach W, Carazo Vargas P, Solano García Bach W, Carazo Vargas P. Efecto de intervenciones con ejercicio y/o suplementación sobre la masa muscular de personas mayores con sarcopenia: un metaanálisis. *Pensar En Mov Rev Cienc Ejerc Salud* [Internet]. junio de 2019 [citado 16 de marzo de 2021];17(1):60-81. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1659-44362019000100060&lng=en&nrm=iso&tlng=es
21. Beaudart C, Dawson A, Shaw SC, Harvey NC, Kanis JA, Binkley N, et al. Nutrition and physical activity in the prevention and treatment of sarcopenia: systematic review. *Osteoporos Int J Establ Result Coop Eur Found Osteoporos Natl Osteoporos Found USA*. junio de 2017;28(6):1817-33.
22. Sánchez-Oliver AJ, Martínez-Sanz JM, Pérez-López A, Domínguez R. Reformulando la relación nutrición, deporte y fuerza: perspectiva desde la suplementación nutricional ergogénica. *Rev Esp Nutr Humana Dietética* [Internet]. 1 de diciembre de 2021 [citado 18 de enero de 2022];25(Supl. 1). Disponible en: <https://www.doaj.org/article/038e08ce61a9437d86b-8b28e7ce42669>
23. Becerra C, Carmen M del. Efecto de un tratamiento nutricional sobre el estado nutricional en adultos mayores en riesgo de sarcopenia y con sarcopenia de la Quinta de las Rosas del DIF Estatal Veracruz. 2018 [citado 16 de marzo de 2021]; Disponible en: <https://repositorio.iberopuebla.mx/handle/20.500.11777/3657>

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Beyond reproduction: Exploring the Non-Canonical roles of the Kisspeptin System in Diverse Biological Systems

Deisy Yurley Rodríguez Sarmiento

DOI. 10.21931/RB/2023.08.03.13

Medicine Program, Faculty of Health Sciences, Universidad Autonoma de Bucaramanga, Colombia.
Corresponding author: drodriguez184@unab.edu.co

Abstract: G protein-coupled receptors are integral membrane proteins in cell signaling processes. Activation of G protein-coupled receptors by specific agonists promotes the activation of different G-proteins, activating different intracellular signaling pathways, including adenylate cyclase activation and intracellular calcium release. One of the G protein-coupled receptors studied is the kisspeptin receptor, which regulates reproduction and gonadotropin secretion. However, recent studies have shown that kisspeptin and its receptor have non-canonical roles in cell signaling and several biological systems. In the present review, we will present these different functions exerted by the kisspeptin system in different biological systems, such as the central nervous system, the cardiovascular system, and the immune system, as well as the role of this system in pathologies such as preeclampsia, diabetes, and cancer. Understanding their non-canonical roles in cell signaling may have important implications in developing new therapies for various diseases.

Key words: Kisspeptin-1 Receptor, Kisspeptins, G-protein coupled receptor, Signal Transduction, Cancer, Diabetes Mellitus, Preeclampsia.

Introduction

Kisspeptins are a family of related peptides identified as the natural ligands of the G protein-coupled receptor (GPCR) GPR54¹⁻³, also known as the kisspeptin receptor (KISS1R). The physiological ligand for the KISS1R receptor was identified by several groups in 2001²⁻⁴ and is encoded by the KISS1 gene, which produces a 145 amino acid protein, Kisspeptin54 (KP-54), also known as metastin (Figure 1). The C-terminal region of KP-54 is responsible for binding to the receptor, and this region is the most conserved among different species. The peptides in this 10-, 13- and 14-amino acid portion (KP-10, KP-13, and KP-14) exhibit similar activities at the Kiss1R receptor in vitro assays²⁻⁴.

The kisspeptin-KISS1R system plays an essential role in the neuroendocrine control of the reproductive axis⁵.

However, in recent years, the kisspeptin system has also been found to be involved in various biological processes non-related to reproduction. These non-canonical roles of kisspeptin have been identified in multiple methods, including the cardiovascular system⁶, central nervous system⁷, immune system⁸, preeclampsia⁹, diabetes¹⁰, and cancer¹¹.

Non-canonical signaling refers to biological effects that occur through pathways other than classical GPCR signaling. In the case of the kisspeptin system, these effects may be mediated by the activation of sex hormone receptors¹², translation factors¹³, and ionic channels¹⁴. It has also been shown that kisspeptin can interact with other signaling systems, such as the insulin signaling system and the insulin-like growth factor (IGF) system¹⁵. The precise mechanisms

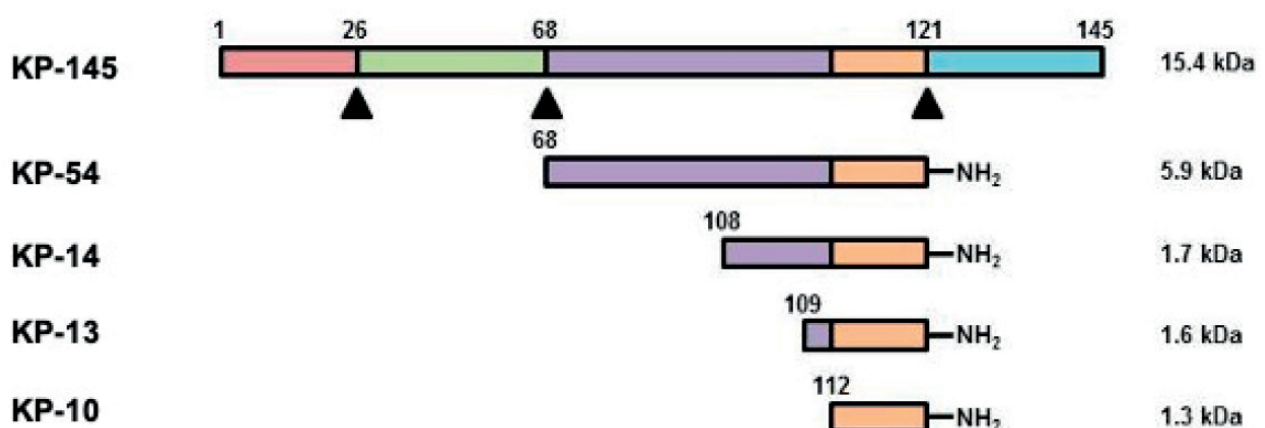


Figure 1. Production of kisspeptins. The primary protein product of the KISS1 gene is cleaved (triangles) to produce small amidated peptides (kisspeptins, Kp) capable of binding to the GPR54 receptor. All peptides containing the same C-terminal portion are biologically active. Source: Author.

Citation: Rodríguez Sarmiento D Y. Beyond reproduction: Exploring the Non-Canonical roles of the Kisspeptin System in Diverse Biological Systems. *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 13. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.13>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** 15 July 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



of kisspeptin non-canonical signaling and its physiological effects have yet to be fully elucidated and are still under study.

In this review, recent findings on the non-canonical roles of kisspeptin in various biological systems, including the cardiovascular system, central nervous system, preeclampsia, immune system, diabetes, and cancer, will be presented. In addition, possible underlying mechanisms of non-canonical kisspeptin signaling and their potential clinical significance will be discussed.

Non-Canonical Signaling of Kisspeptins

Studies have revealed that Kisspeptins, primarily acting via the KISS1R receptor, activate the Gq/11 protein, increasing intracellular calcium through PLC activation². Also, kisspeptins can activate critical non-canonical pathways, allowing us to understand the complexity of the signaling processes. One of the most studied examples of non-canonical kisspeptin signaling is the activation of the ERK1/2 signaling pathway through the direct binding of kisspeptin to the MET tyrosine kinase receptor¹⁶, and this signaling pathway has been implicated in promoting progesterone secretion. Also, according to a study conducted by Kim and Cho¹³, the activation of EIF2AK2 induced by kisspeptin may require the presence of RhoA. This suggests that the signaling pathway responsible for the effects of kisspeptin may be illustrated by the sequence KISS1R/Gq/11/p63RhoGEF/RhoA/EIF2AK2. This signaling pathway leads to inhibit cancer growth and metastasis.

In addition, it has been shown that kisspeptin can activate the Ca^{2+} mobilization and cAMP reduction levels through interaction with receptors for other ligands, such as Neuropeptide FF receptors (NPFFR1 and NPFFR2)¹⁷, with highly potent activity leading to the possible localization of a secondary kisspeptin receptors such as NPFFRs (Figure 2.).

In summary, non-canonical cell signaling of the kisspeptin system is an emerging area of research that may

have essential implications in regulating physiological and pathological function. Although several non-canonical signaling pathways activated by kisspeptin have been identified, further studies are needed to understand their role in regulating physiology and pathology.

Non-Canonical Roles of Kisspeptins

Kisspeptins and the Cardiovascular System

The kisspeptin system is a peptide signaling important in regulating reproduction, appetite, metabolism and energy homeostasis²⁻⁴. In addition, the kisspeptin system has also been shown to be involved in regulating cardiovascular function.

Kisspeptin and its receptor KISS1R can be found in endothelial cells, vascular smooth muscle, and other cardiovascular tissues, including the aortic artery¹⁸. In the isolated human coronary artery and umbilical vein, it was observed that KP-10, KP-13, and KP-54 act as powerful vasoconstrictors. The response of these tissues to KP was similar to that of angiotensin (AngII) in the coronary artery, as reported in that study¹⁸.

Also, in 2011, Maguire et al. showed that kisspeptins are a potent positive inotrope in the atria of humans, rats, and mice¹⁹. KP-10 vascular effects are considered significant due to hypertension and edema as symptoms of preeclampsia in late-term pregnancies, which subside after delivery.

In summary, understanding the potential "off-target" cardiovascular effects can guide the development and usage of kisspeptin-derived treatments, such as improved analogs and antagonists with increased efficacy²¹.

Kisspeptins and Preeclampsia

Preeclampsia is a pregnancy complication that involves high blood pressure and dysfunction of the body's endothelial cells. Studies suggest that changes in the levels of

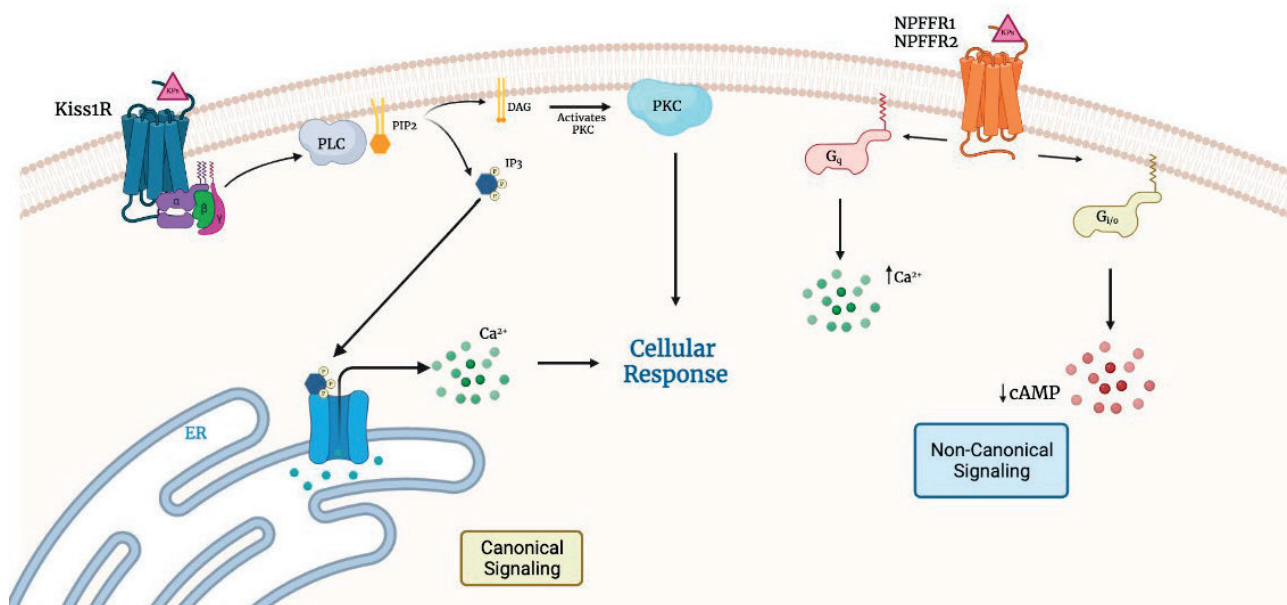


Figure 2. Distinct signaling pathways are triggered following the activation of the Kiss1 receptor by the endogenous agonist's KPs. The canonical KISS1 receptor signal transduction pathways triggered by the endogenous agonist KPs include coupling to the Gq-protein with the activation of PLC, which processes the membrane PIP2 to produce IP3 and DAG. IP3 interacts with IP3 receptors (IP3R) at the endoplasmic reticulum and releases Ca^{2+} , which, together with DAG, leads to PKC activation. In the non-canonical signaling pathway, KPs bind to NPFFR receptors, activating two G_q - and $G_{i/o}$ -dependent signaling that promote an increase in intracellular calcium and a decrease in cAMP concentration.

KISS1 and KISS1R, both at the mRNA and protein levels, may be responsible for causing preeclampsia. These changes lead to a decrease in KISS1 expression and an increase in KISS1R expression compared to a normal, healthy pregnancy²². Kisspeptin is expressed in the placenta and has been shown to play an essential role in regulating fetal growth and development²³, as well as in angiogenesis and placental endothelial function^{23,24}. In addition, lower levels of plasma kisspeptin-10 have been associated with more severe forms of the disease²⁵.

Kisspeptin may play a role in the development of preeclampsia by inhibiting the growth of new vessels from placental vessels²⁴. A clinical study demonstrated that women with preeclampsia had lower levels of plasma kisspeptin-10, which was inversely correlated with the severity of their condition. Maternal plasma KP-10 levels were also associated with estimated fetal weight during the second and third trimesters²⁶. Another study found that kisspeptin levels at 16 weeks in maternal plasma were positively correlated with the birthweight of fetuses in uncomplicated pregnancies²⁷. The results indicate that plasma levels of kisspeptin may function as a biomarker of insufficient blood flow to the uterus and placenta, along with limited fetal development within the uterus, lead to restricted growth.

Kisspeptins and the Central Nervous System

Several lines of evidence indicate kisspeptin directly affects Gonadotropin hormone-releasing Hormone (GnRH) neurons. Firstly, most GnRH neurons express KISS1R²⁸. Furthermore, the fibers of KISS1R are close to GnRH neurons and stimulate the release of gonadotropin-releasing hormone by activating multiple ion channels through a pathway dependent on phospholipase C and calcium²⁹. Thirdly, kisspeptin can directly depolarize and increase the firing rates of GnRH neurons *in vitro*²⁸. It is important to note that kisspeptin may not only act through traditional synaptic mechanisms to stimulate GnRH secretion but also directly in a non-synaptic manner, especially in the median eminence³⁰. Increasing evidence suggests that kisspeptin also affects intermediary neurons, such as GABAergic cells, to regulate GnRH secretion^{31,32}.

Additionally, the study conducted by Khonacha et al. demonstrated that KP-13 can enhance spatial memory consolidation and retrieval. Also, when administered in the presence of Amiloid β (A β), KP-13 significantly improved reference memory impairment caused by A β . These findings suggest that KP-13, as a neuropeptide, may possess neuroprotective properties against amyloid-beta-induced pathology and has the potential to enhance spatial memory³³.

Kisspeptins and the Immune System

Due to the expression of kisspeptin receptors on various immune system cells²⁻⁴, it has been proposed that kisspeptin, in conjunction with other pregnancy hormones and proteins, has the potential to regulate immune responses. Also, kisspeptin may play a role in regulating cytokines, which are proteins that control the immune response and can be regulated through modulation of their production. In particular, it has been shown that kisspeptin can increase the production of anti-inflammatory cytokines such as interleukin-10 (IL-10) and decrease the production of proinflammatory cytokines such as interleukin-17A (IL-17A)³.

Studies on the immune system response to kisspeptin have covered how the hormone regulates CD4+T lymphocytes through molecular mechanisms³⁵. By binding to

KISS1R, kisspeptin increases intracellular cAMP concentrations, boosting iTreg production and the quantity of these cells in the culture. The heightened cAMP also activates cAMP response element binding protein (CREB) and MAPK/ERK (MEK1/2)³⁶, which helps CD4+ lymphocytes differentiate into iTreg and reduces RORC expression. The capacity of [Ca²⁺] governs the control of the cAMP-dependent activity of kisspeptin in lymphoid cells I to trigger protein kinase A (PKA) through Ca²⁺/CaM, Ca²⁺/CaM dependent protein kinase 2 (CaMKK2), and AMP-activated protein kinase (AMPK)³⁷. PKA, in turn, inhibits mTOR³⁸, which activates RORC transcription³⁹ and phosphorylates CREB⁴⁰. The role of kisspeptin in coordinating reproductive and immune functions may help to discover new mechanisms of this control system.

Kisspeptins and Diabetes

Diabetes is a long-term condition marked by high glucose levels in the blood. This occurs either because the pancreas does not produce enough insulin or because it is resistant to the effects of insulin, a hormone responsible for regulating blood glucose levels. The kisspeptin system has been interested in diabetes because it regulates energy metabolism and pancreatic function¹⁰.

It has been shown that kisspeptin and its receptor KISS1R are expressed in the pancreas, the organ responsible for the production of insulin⁴. In particular, it has been demonstrated that kisspeptin administration can increase insulin production in animal models of type 2 diabetes (DM2)⁴¹.

The role of KP in DM2 indicates that KP-10 may benefit diabetic patients, as it has been found to increase testosterone secretion in men with DM2 and central hypogonadism⁴². Animal studies have also shown that KP may regulate insulin secretion⁴³, but *in vivo*, experiments are necessary to explore its effects on peripheral organs that control metabolism.

In summary, pancreatic function, insulin production, energy metabolism, and insulin sensitivity are significantly influenced by the regulation of the kisspeptin system. However, the effects of kisspeptin on pancreatic function may be contradictory, and additional research is required to investigate the relationship between KP and insulin in DM2 patients.

Kisspeptins and Cancer

The regulation of cancer cell proliferation and invasion in various types of cancer has been linked to the kisspeptin system and its receptor, KISS1R. Studies have demonstrated that kisspeptin inhibits cell proliferation and invasion in breast⁴⁴, prostate⁴⁵, ovarian⁴⁶, lung⁴⁷, and gastric⁴⁸ cancers.

In breast cancer, kisspeptin and KISS1R expression have been shown to correlate inversely with the degree of tumor malignancy, suggesting that the kisspeptin system may have a role in suppressing invasion and metastasis in this type of cancer⁴⁹. In addition, it has been shown that kisspeptin administration can inhibit cell proliferation and tumor formation in animal models of breast cancer⁵⁰. In prostate cancer, it has been reported that kisspeptin and KISS1R expression is reduced in advanced tumors⁴⁵, suggesting that the kisspeptin system may also have a role in suppressing invasion and metastasis in this type of cancer. In ovarian cancer, high concentrations of KISSR lead to increased inhibition of cell migration⁵¹ and hypersensitization of cells to chemotherapy⁵². It has also been shown to act

as a suppressor of metastasis and suppresses NF-κB and MMP9 expression⁵³.

In gastric cancer, the kisspeptin system also has metastasis suppressor activity, as it inhibits cell growth, proliferation, and invasion⁴⁸.

To summarize, the kisspeptin system seems to significantly inhibit the spread and metastasis of various cancer types, indicating its potential as a therapeutic target for cancer treatment. However, additional research is necessary to understand better the kisspeptin system's role in cancer progression and its efficacy in treating diverse cancer types.

Conclusions

Investigating the kisspeptin system is crucial for both its reproductive and non-reproductive functions. Regarding reproduction, kisspeptin is essential in regulating the hypothalamic-pituitary-gonadal axis, which controls puberty, menstrual cycles, fertility, and overall reproductive health. Understanding the mechanisms behind this regulation can provide valuable insights into reproductive disorders and offer new avenues for treatment.

Moreover, the kisspeptin system has been found to play non-reproductive roles in various physiological systems (Table 1.), including diabetes, metabolism, memory, cardiovascular function, preeclampsia, and cancer. These findings suggest that kisspeptin has a broader scope and is vital in maintaining organismal homeostasis.

Therefore, studying the non-canonical roles of kisspeptin can provide a more comprehensive understanding of its function and lead to the development of therapies and treatments for various health issues, such as obesity, diabetes, cardiovascular disorders, and stress.

Funding

This research was funded by MINCIENCIAS, Government of Colombia, grant number 808-2017.

Conflicts of Interest

The author declares no conflict of interest.

Bibliographic references

1. Lee, D. K. et al. Discovery of a receptor related to the galanin receptors. *FEBS Lett* 446, 103-107, doi:10.1016/s0014-5793(99)00009-5 (1999).
2. Muir, A. I. et al. AXOR12, a novel human G protein-coupled receptor, is activated by the peptide KiSS-1. *J Biol Chem* 276, 28969-28975, doi:10.1074/jbc.M102743200 (2001).
3. Ohtaki, T. et al. Metastasis suppressor gene KiSS-1 encodes peptide ligand of a G-protein-coupled receptor. *Nature* 411, 613-617, doi:10.1038/35079135 (2001).
4. Kotani, M. et al. The metastasis suppressor gene KiSS-1 encodes kisspeptins, the natural ligands of the orphan G protein-coupled receptor GPR54. *J Biol Chem* 276, 34631-34636, doi:10.1074/jbc.M104847200 (2001).
5. Popa, S. M., Clifton, D. K. & Steiner, R. A. The role of kisspeptins and GPR54 in the neuroendocrine regulation of reproduction. *Annu Rev Physiol* 70, 213-238, doi:10.1146/annurev.physiol.70.113006.100540 (2008).
6. Sawyer, I. et al. The vasoactive potential of kisspeptin-10 in the peripheral vasculature. *PLoS One* 6, e14671, doi:10.1371/journal.pone.0014671 (2011).
7. Mills, E. G. A., O'Byrne, K. T. & Comninou, A. N. Kisspeptin as a Behavioral Hormone. *Semin Reprod Med* 37, 56-63, doi:10.1055/s-0039-3400239 (2019).
8. Gorbunova, O. L. & Shirshv, S. V. Role of Kisspeptin in Regulation of Reproductive and Immune Reactions. *Biochemistry (Mosc)* 85, 839-853, doi:10.1134/S0006297920080015 (2020).

Tissue	Physiologic / Pathophysiological role	Reference
Placenta	The Kisspeptin system may be involved in placental vascularization and in modulating the production of hormones involved in the maintenance of pregnancy, such as hCG (human chorionic Gonadotropin) and progesterone.	²³ Hu, 2019
Pituitary Gland	Kisspeptins act on its specific receptor (Kiss1R) to stimulate the release of gonadotropin-releasing hormone (GnRH).	⁵⁴ d'Anglemont de Tassigny, 2008
Pancreas	Kiss1R overexpression shows evidence of association of Kiss1R with a reduction in the invasive and migratory ability of pancreatic cancer cells ⁵⁵ . Also, studies suggest that kisspeptin may influence insulin secretion and insulin sensitivity ¹⁰ .	⁵⁵ Wang, 2016 ¹⁰ Dudek, 2019
Liver	Using high-fat diet-fed mice, it was demonstrated that a deletion of hepatic Kiss1R exacerbated hepatic steatosis. In contrast, enhanced stimulation of Kiss1R protected against steatosis and decreased fibrosis using a diet-induced mouse model of Nonalcoholic fatty liver disease (NASH). These findings establish Kiss1R as a therapeutic target for treating NASH.	⁵⁶ Guzman, 2022
Brain	KP-13 shows potential neuroprotective effects against amyloid-beta-induced pathology and improves spatial memory.	³³ Khonacha, 2022
Aorta, Coronary Artery, Umbilical Vein	The Kisspeptin system signaling promotes vasoconstrictor effects.	¹⁸ Mead, 2007
Prostate	Kisspeptin expression levels are significantly higher in benign prostate tissues compared to primary and metastatic prostate carcinomas. Thus, it has been suggested that Kisspeptins expression in the tumor may serve as an essential prostate cancer marker that can be used to monitor the conversion of a benign condition to malignancy.	⁵⁰ Cho, 2009
Breast	The KP10/Kiss1R signaling increased MMP-9 activity, and the cytoskeletal changes induced by this factor enhanced the motility of breast cancer cells.	⁴⁹ Zajac, 2011
Ovary	The overexpression of Kiss1R in ovarian carcinoma suppresses the expression of MMP-9 and NF-κB, factors linked to cancer formation, growth and migration	⁵⁷ Ji, 2013
Gastric	Overexpression of the gene KiSS-1 inhibits cell growth, proliferation and invasion in gastric carcinoma cells, proving the antimetastatic potential of kisspeptin. It has also been suggested that KiSS-1 expression as a prognostic marker can be employed to anticipate survival outcomes.	⁴⁸ Ergen, 2012

Table 1. Physiological and pathophysiological roles of the Kisspeptin system in different tissues.

9. Perez-Lopez, F. R. et al. Preeclampsia and gestational hypertension are associated with low maternal circulating kisspeptin levels: a systematic review and meta-analysis. *Gynecol Endocrinol* 37, 1055-1062, doi:10.1080/09513590.2021.2004396 (2021).
10. Dudek, M., Ziarniak, K., Cateau, M. L., Dufourny, L. & Sliwowska, J. H. Diabetes Type 2 and Kisspeptin: Central and Peripheral Sex-Specific Actions. *Trends Endocrinol Metab* 30, 833-843, doi:10.1016/j.tem.2019.07.002 (2019).
11. Stathaki, M. et al. The role of the kisspeptin system in cancer biology. *Crit Rev Oncol Hematol* 142, 130-140, doi:10.1016/j.critrevonc.2019.07.015 (2019).
12. Munoz de la Torre, L. P., Trujillo Hernandez, A., Eguibar, J. R., Cortes, C. & Morales-Ledesma, L. Sex-specific hypothalamic expression of kisspeptin, gonadotropin-releasing hormone, and kisspeptin receptor in progressive demyelination model. *J Chem Neuroanat* 123, 102120, doi:10.1016/j.jchemneu.2022.102120 (2022).
13. Kim, T. H. & Cho, S. G. Kisspeptin inhibits cancer growth and metastasis via activation of EIF2AK2—*Mol Med Rep* 16, 7585-7590, doi:10.3892/mmr.2017.7578 (2017).
14. Zhang, C., Bosch, M. A., Ronnekleiv, O. K. & Kelly, M. J. Kisspeptin activating TRPC4 channels in female GnRH neurons requires PIP2 depletion and cSrc kinase activation. *Endocrinology* 154, 2772-2783, doi:10.1210/en.2013-1180 (2013).
15. Izzzi-Engbeaya, C. & Dhillon, W. S. Emerging roles for kisspeptin in metabolism. *J Physiol* 600, 1079-1088, doi:10.1113/JP281712 (2022).
16. Peng, J. et al. Kisspeptin stimulates progesterone secretion via the Erk1/2 mitogen-activated protein kinase signaling pathway in rat luteal cells. *Fertil Steril* 99, 1436-1443 e1431, doi:10.1016/j.fertnstert.2012.12.008 (2013).
17. Oishi, S. et al. Activation of Neuropeptide FF Receptors by Kisspeptin Receptor Ligands. *ACS Med Chem Lett* 2, 53-57, doi:10.1021/ml1002053 (2011).
18. Mead, E. J., Maguire, J. J., Kuc, R. E. & Davenport, A. P. Kisspeptins are novel potent vasoconstrictors in humans, with a discrete localization of their receptor, G protein-coupled receptor 54, to atherosclerosis-prone vessels. *Endocrinology* 148, 140-147, doi:10.1210/en.2006-0818 (2007).
19. Maguire, J. J. et al. Inotropic action of the puberty hormone kisspeptin in rat, mouse and human: cardiovascular distribution and characteristics of the kisspeptin receptor. *PLoS One* 6, e27601, doi:10.1371/journal.pone.0027601 (2011).
20. Zhang, J., Meikle, S. & Trumble, A. Severe maternal morbidity associated with hypertensive disorders in pregnancy in the United States. *Hypertens Pregnancy* 22, 203-212, doi:10.1081/PRG-120021066 (2003).
21. Curtis, A. E. et al. A kisspeptin-10 analog with greater in vivo bioactivity than kisspeptin-10. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 298, E296-303, doi:10.1152/ajpendo.00426.2009 (2010).
22. Cartwright, J. E. & Williams, P. J. Altered placental expression of kisspeptin and its receptor in preeclampsia. *J Endocrinol* 214, 79-85, doi:10.1530/JOE-12-0091 (2012).
23. Hu, K. L. et al. Potential roles for the kisspeptin/kisspeptin receptor system in implantation and placentation. *Hum Reprod Update* 25, 326-343, doi:10.1093/humupd/dmy046 (2019).
24. Ramaesh, T. et al. Kisspeptin-10 inhibits angiogenesis in human placental vessels ex vivo and endothelial cells in vitro. *Endocrinology* 151, 5927-5934, doi:10.1210/en.2010-0565 (2010).
25. Adali, E. et al. Metastin levels in pregnancies complicated by preeclampsia and their relation with disease severity. *J Matern Fetal Neonatal Med* 25, 2671-2675, doi:10.3109/14767058.2012.708369 (2012).
26. Ziyaraa, M. A., Hamdan, F. B. & Mousa, L. R. Correlation of Kisspeptin-10 level and fetal well-being in preeclamptic patients. *Taiwan J Obstet Gynecol* 55, 840-846, doi:10.1016/j.tjog.2015.10.028 (2016).
27. Smets, E. M. et al. Decreased plasma levels of metastin in early pregnancy are associated with small for gestational age neonates. *Prenat Diagn* 28, 299-303, doi:10.1002/pd.1969 (2008).
28. Han, S. K. et al. Activation of gonadotropin-releasing hormone neurons by kisspeptin as a neuroendocrine switch for the onset of puberty. *J Neurosci* 25, 11349-11356, doi:10.1523/JNEUROSCI.3328-05.2005 (2005).
29. Liu, X., Lee, K. & Herbison, A. E. Kisspeptin excites gonadotropin-releasing hormone neurons through a phospholipase C/calcium-dependent pathway regulating multiple ion channels. *Endocrinology* 149, 4605-4614, doi:10.1210/en.2008-0321 (2008).
30. Ramaswamy, S., Guerriero, K. A., Gibbs, R. B. & Plant, T. M. Structural interactions between kisspeptin and GnRH neurons in the mediobasal hypothalamus of the male rhesus monkey (*Macaca mulatta*) as revealed by double immunofluorescence and confocal microscopy. *Endocrinology* 149, 4387-4395, doi:10.1210/en.2008-0438 (2008).
31. Pielecka-Fortuna, J., Chu, Z. & Moenter, S. M. Kisspeptin acts directly and indirectly to increase gonadotropin-releasing hormone neuron activity and its effects are modulated by estradiol. *Endocrinology* 149, 1979-1986, doi:10.1210/en.2007-1365 (2008).
32. Zhang, C., Bosch, M. A., Ronnekleiv, O. K. & Kelly, M. J. Gamma-aminobutyric acid B receptor-mediated inhibition of gonadotropin-releasing hormone neurons is suppressed by kisspeptin-G protein-coupled receptor 54 signaling. *Endocrinology* 150, 2388-2394, doi:10.1210/en.2008-1313 (2009).
33. Khonacha, S. E. et al. Kisspeptin-13 prevented the electrophysiological alterations induced by amyloid-beta pathology in rat: Possible involvement of stromal interaction molecules and pCREB. *Brain Res Bull* 184, 13-23, doi:10.1016/j.brainresbull.2022.03.003 (2022).
34. Gorbunova, O. L. & Shirshov, S. V. The role of kisspeptin in immune tolerance formation during pregnancy. *Dokl Biol Sci* 457, 258-260, doi:10.1134/S0012496614040085 (2014).
35. Gorbunova, O. L., and Shirshov, S. V. . Molecular mechanisms of the regulation by kisspeptin of formation and functional activity of TREG and TH17. *Biol. Membr.* 33, 47-55, doi:10.7868/S0233475516020067 (2016).
36. Zhang, H. T., Zhao, Y., Huang, Y., Dorairaj, N. R., Chandler, L. J., and O'Donnell, J. M. . Inhibition of the phosphodiesterase 4 (PDE4) enzymes reverses memory deficits produced by infusion of the MEK inhibitor U0126 into the CA1 subregion of the rat hippocampus. *Neuropsychopharmacology* 39, 1432-1439, doi:10.1038/sj.npp.1300440 (2004).
37. Quan, J., He, M., Ko, W. K., and Wong, A. O. Kisspeptin induction of somatolactin release in goldfish pituitary cells: functional role of cAMP/PKA, PLC/PKC, and Ca²⁺/calmodulin-independent cascades. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 307, 872-884, doi:10.1152/ajpendo.00321.2014 (2014).
38. Wen, A. Y., Sakamoto, K. M. & Miller, L. S. The role of the transcription factor CREB in immune function. *J Immunol* 185, 6413-6419, doi:10.4049/Jimmunol.1001829 (2010).
39. Ivanov, I. et al. The orphan nuclear receptor ROR γ directs the differentiation program of proinflammatory IL-17⁺ T helper cells. *Cell* 126, 1121-1133, doi:10.1016/j.cell.2006.07.035 (2006).
40. Schwartz, J. H. The many dimensions of cAMP signaling. *Proc Natl Acad Sci U S A* 98, 13482-13484, doi:10.1073/pnas.251533998 (2001).
41. Dudek, M. et al. Effects of high-fat diet-induced obesity and diabetes on Kiss1 and GPR54 expression in the hypothalamic-pituitary-gonadal (HPG) axis and peripheral organs (fat, pancreas and liver) in male rats. *Neuropeptides* 56, 41-49, doi:10.1016/j.npep.2016.01.005 (2016).
42. George, J. T., Veldhuis, J. D., Tena-Sempere, M., Millar, R. P. & Anderson, R. A. Exploring the pathophysiology of hypogonadism in men with type 2 diabetes: kisspeptin-10 stimulates serum testosterone and LH secretion in men with type 2 diabetes and mild biochemical hypogonadism. *Clin Endocrinol (Oxf)* 79, 100-104, doi:10.1111/cen.12103 (2013).
43. Dufourny, L., Delmas, O., Teixeira-Gomes, A. P., Decourt, C. & Sliwowska, J. H. Neuroanatomical connections between kisspeptin neurons and somatostatin neurons in female and male rat hypothalamus: possible involvement of SSTR1 in kisspeptin release. *J Neuroendocrinol*, e12593, doi:10.1111/jne.12593 (2018).

44. Martin, T. A., Watkins, G. & Jiang, W. G. KiSS-1 expression in human breast cancer. *Clin Exp Metastasis* 22, 503-511, doi:10.1007/s10585-005-4180-0 (2005).
45. Wang, H. et al. Clinical and biological significance of KiSS1 expression in prostate cancer. *Am J Pathol* 180, 1170-1178, doi:10.1016/j.ajpath.2011.11.020 (2012).
46. Jayasena, C. N. et al. Plasma kisspeptin: a potential biomarker of tumor metastasis in patients with ovarian carcinoma. *Clin Chem* 58, 1061-1063, doi:10.1373/clinchem.2011.177667 (2012).
47. Popper, H. H. Progression and metastasis of lung cancer. *Cancer Metastasis Rev* 35, 75-91, doi:10.1007/s10555-016-9618-0 (2016).
48. Ergen, A. et al. Plasma Kisspeptin-54 levels in gastric cancer patients. *Int J Surg* 10, 551-554, doi:10.1016/j.ijsu.2012.08.014 (2012).
49. Zajac, M. et al. GPR54 (KiSS1R) transactivates EGFR to promote breast cancer cell invasiveness. *PLoS One* 6, e21599, doi:10.1371/journal.pone.0021599 (2011).
50. Cho, S. G. et al. Kisspeptin-10, a KiSS1-derived decapeptide, inhibits tumor angiogenesis by suppressing Sp1-mediated VEGF expression and FAK/Rho GTPase activation. *Cancer Res* 69, 7062-7070, doi:10.1158/0008-5472.CAN-09-0476 (2009).
51. Wiiger, M. T., Bideli, H., Fodstad, O., Flatmark, K. & Andersson, Y. The MOC31PE immunotoxin reduces cell migration and induces gene expression and cell death in ovarian cancer cells. *J Ovarian Res* 7, 23, doi:10.1186/1757-2215-7-23 (2014).
52. Prentice, L. M. et al. Kisspeptin and GPR54 immunoreactivity in a cohort of 518 patients defines a favorable prognosis and clear cell subtype in ovarian carcinoma. *BMC Med* 5, 33, doi:10.1186/1741-7015-5-33 (2007).
53. Gao, G. L., Liu, L. D., Zou, X. S. & Chen, W. X. Expression of KiSS-1, matrix metalloproteinase-9, nuclear factor-kappaBp65 in ovarian tumor. *Zhonghua fu chan ke za zhi* 42, 34-38 (2007).
54. d'Anglemont de Tassigny, X., Fagg, L. A., Carlton, M. B. & Colledge, W. H. Kisspeptin can stimulate gonadotropin-releasing hormone (GnRH) release by a direct action at GnRH nerve terminals. *Endocrinology* 149, 3926-3932, doi:10.1210/en.2007-1487 (2008).
55. Wang, C. H., Qiao, C., Wang, R. C. & Zhou, W. P. KiSS-1-mediated suppression of the invasive ability of human pancreatic carcinoma cells is not dependent on the level of KiSS-1 receptor GPR54. *Mol Med Rep* 13, 123-129, doi:10.3892/mmr.2015.4535 (2016).
56. Guzman, S. et al. Targeting hepatic kisspeptin receptor ameliorates nonalcoholic fatty liver disease in a mouse model. *J Clin Invest* 132, doi:10.1172/JCI145889 (2022).
57. Ji, K., Ye, L., Mason, M. D. & Jiang, W. G. The Kiss-1/KiSS-1R complex as a negative regulator of cell motility and cancer metastasis (Review). *Int J Mol Med* 32, 747-754, doi:10.3892/ijmm.2013.1472 (2013).

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Identificación y caracterización morfológica de hongos asociados a daños en tuna (*Opuntia ficus-indica*), en la provincia de Chimborazo, Ecuador

Identification and morphological characterization of fungi associated with damage in prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) in the province of Chimborazo, Ecuador

María Fernanda Espinoza Castro¹, Álvaro Mauricio Rivera Casignia¹, Fernando José Rivas Figueroa¹ and Michel Leiva Mora^{2*}

DOI. 10.21931/RB/2023.08.03.14

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur km 1 ½, Riobamba, Ecuador.² Universidad Técnica de Ambato, Laboratorio de Biotecnología, Facultad de Ciencias Agropecuarias (UTA-DIDE), Cevallos, Tungurahua, Ecuador.
Corresponding author: m.leiva@uta.edu.ec

Resumen: La presente investigación tuvo como objetivo realizar la identificación y caracterización morfológica de hongos asociados con síntomas en el cultivo de Tuna en la provincia de Chimborazo, Ecuador, para lo cual se colectaron muestras de cladodios que abarcaron las fases de crecimiento y maduros. Estos presentaban áreas necróticas, manchas cloróticas, hendiduras, pústulas, así como halos. Los muestreos se realizaron en zonas productoras de las localidades de Tunshi, Chingazos, Alacao y el campus principal de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de la provincia de Chimborazo. Se aislaron los hongos a partir de la siembra directa de porciones de cladodios "afectados" previamente desinfectados. Se utilizó el medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA) para obtener los aislados fúngicos. Se obtuvieron un total de 44 aislados de hongos filamentosos quienes fueron identificados en base a las características culturales y morfológicas con el uso de las claves taxonómicas. Dentro de los aislados fúngicos obtenidos prevalecieron los géneros *Alternaria* sp. con una prevalencia del 50%, seguidos por *Fusarium* sp. (9,09%), *Scytalidium* sp. (9,09%), *Cladosporium* sp. (6,82%), *Geotrichum* sp. (6,82%), *Trichoderma* sp. (4,55%), *Armillaria* sp. (2,27%), *Rhizopus* sp. (2,27%) y finalmente hongos no identificados (9,09%). Este estudio es el primer informe realizado en la provincia de Chimborazo sobre especies fúngicas asociadas a este cultivo, lo cual abre un nuevo camino para realizar nuevos estudios moleculares complementarios que permitan precisar la posición taxonómica de aquellos aislados que no pudieron ser clasificados mediante claves taxonómicas.

Palabras clave: Agentes Causales, Caracterización, Identificación, Hongos, Sintomatología.

Abstract: This research aimed to identify and morphologically characterize fungi associated with symptoms in cultivating prickly pear (*Opuntia*) in Chimborazo, Ecuador. Samples of cladodes were collected at different growth stages, including immature and mature stages, exhibiting necrotic areas, chlorotic spots, fissures, pimples, and halos. Sampling was conducted in productive regions of Tunshi, Chingazos, Alacao, and the main campus of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo in the province of Chimborazo. Fungi were isolated by directly inoculating disinfested "affected" portions of cladodes. Potato Dextrose Agar (PDA) was used as the culture medium to obtain fungal isolates. A total of 44 isolates of filamentous fungi were obtained and identified based on their cultural and morphological characteristics using taxonomic keys. The predominant fungal genera among the isolates were *Alternaria* sp. (50%), followed by *Fusarium* sp. (9.09%), *Scytalidium* sp. (9.09%), *Cladosporium* sp. (6.82%), *Geotrichum* sp. (6.82%), *Trichoderma* sp. (4.55%), *Armillaria* sp. (2.27%), *Rhizopus* sp. (2.27%), and unidentified fungi (9.09%). This study represents the first report conducted in the province of Chimborazo regarding fungal species associated with this crop, paving the way for further complementary molecular studies to determine the taxonomic position of those isolates that could not be classified using taxonomic keys.

Key words: Characterization, Identification, Sympomatology, Causal Agents, Fungi.

Introducción

La tuna (*Opuntia ficus-indica*) es una planta xerófila que pertenece a la familia de las cactáceas es una especie endémica del continente americano, adaptada a regiones áridas y semiáridas. De esta especie vegetal, se conocen diversos usos en la medicina y la nutrición humana¹. Actualmente el consumo del fruto de la tuna ha crecido continuamente en todo el mundo por sus valores nutricionales, como también por sus características sensoriales, proporcionados por el aroma y sabor características de la especie².

En Ecuador de este cultivo se avizora un incremento productivo debido a su alta demanda y consumo de su fruta con un aumento de sus exportaciones a países como Italia, Sudáfrica, Chile e Israel³. Sus frutos son consumidos en forma natural tanto por campesinos como por pobladores locales y son comercializados en los principales mercados del país.

Sin embargo en Ecuador, existe falta de asistencia técnica, investigaciones y desarrollo de tecnologías al alcance

Citation: Espinoza Castro M F, Rivera Casignia Á M, Rivas Figueroa F J and Leiva Mora M. Identificación y caracterización morfológica de hongos asociados a daños en tuna (*Opuntia ficus-indica*), en la provincia de Chimborazo, Ecuador. *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 14. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.14>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** 15 July 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



de los agricultores para valorizar este recurso y alcanzar altos niveles de producción. Es por ello que varios problemas fitosanitarios afectan a este cultivo como: *Fusarium sp.*, principal agente fitopatógeno que causa la enfermedad conocida como “lágrima de espelma”, tanto en tunaes jóvenes como adultos.

La enfermedad denominada “antracnosis” producida por el hongo *Colletotrichum sp.*, y una asociación de hongos *Alternaria sp.*, y *Capnodium sp.*, que produce la “mancha plateada” generalmente en plantas de más de 5 años puede ocasionar daños en todos los órganos de la planta como: sistema radical, tallo, cladodios y frutos⁴. Cuando la intensidad de los síntomas se incrementa es común observar una disminución de la cantidad y calidad de los frutos⁵.

Los trabajos de investigación científica en Ecuador con respecto a la identificación de agentes causantes de enfermedades en el cultivo de tuna son limitados, lo que dificulta la identificación de los síntomas de las enfermedades y los agentes causales que las provocan, con la aplicación de inadecuadas prácticas de manejo⁶. Acorde con la problemática anteriormente definida, el presente trabajo tuvo como objetivo: identificar y caracterizar morfológicamente hongos asociados a daños en cladodios de *Opuntia ficus-indica* en la provincia de Chimborazo, Ecuador.

Materiales y métodos

Sitio y estudio de muestreo

Se colectaron 44 muestras de cladodios de tuna con la presencia de diferentes síntomas (áreas necróticas, manchas cloróticas, hendiduras, pústulas y presencia de halos) en los meses de septiembre del 2020 a febrero del 2021, en las localidades de Tunshi, Chingazos, Alacao y ESPOCH (Tabla 1). Las muestras fueron debidamente identificadas, georeferenciadas y codificadas.

Los cladodios de tuna enfermos fueron tomados directamente de la planta con ayuda de herramientas previamente desinfectadas como estilete y navaja que permitieron realizar un corte limpio de la muestra. Las muestras fueron envueltas en papel periódico y colocadas separadas en una caja de cartón debidamente etiquetadas con su código, nombre, lugar, fecha de recolección y registradas en la matriz de información. Se mantuvieron las muestras a temperatura ambiente 22-25°C para su inmediato procesamiento en el laboratorio de Sanidad Vegetal de la ESPOCH.

Aislamiento fúngico

El aislamiento de los hongos se realizó en el laboratorio

de Fitopatología de la ESPOCH, en base a la metodología propuesta por Alfenas y Mafia⁷. Las muestras de tuna fueron cortadas con un bisturí aséptico en porciones de 5 a 8 mm del tejido enfermo y desinfectadas con agua corriente por 1 min, luego con alcohol al 70% por 1 min, posteriormente en hipoclorito de sodio al 3% por 5 min, para finalmente lavarlas por 1 min con agua destilada estéril y secadas en papel absorbente estéril antes de la siembra en el medio. Las secciones fueron colocadas en cajas Petri (90 mm de diámetro) con medio de cultivo agar- agua al 3% e incubadas a 25°C ± 1 durante 2 a 7 días. El crecimiento fúngico presente se transfirió a los medios estériles PDA al 3,9%.

Para obtener aislados puros, se realizó a partir del re-aislamiento de colonias fúngicas⁸. Los hongos aislados en condiciones asépticas fueron sembrados con pequeños fragmentos de micelio colocados en el centro de la caja Petri que contenía 20 mL del medio de cultivo PDA al 3,9%. Los cultivos puros fueron registrados e incubados en posición invertida a 25° C a 25° C durante 48h, finalmente después de 15 a 21 días las colonias fueron conservadas a 4°C en refrigerador.

A partir de las colonias puras se realizó el cultivo monospórico del cual se tomó un fragmento de la zona del micelio de la colonia con asas estériles dentro de la cámara de flujo laminar y se sumergió en una suspensión en un tubo de ensayo con 10 ml de agua estéril, luego fue agitado por 1 min y se vertió sobre las cajas Petri con medio Agar- Agua al 2%, inmediatamente se eliminó el exceso de agua de las cajas por decantación. Por último, las cajas Petri se incubaron a 25°C en posición vertical durante 24h. Transcurrido el tiempo, con ayuda de un estereoscopio se localizaron los conidios germinados y se transfirieron de manera individual a cajas de Petri (de 90 mm de diámetro) que contenían cada una 20 ml de medio de cultivo PDA con sulfato de gentamicina al 2,3% y posteriormente fueron incubadas de forma invertida a 25° C hasta la obtención de colonias Balmas *et al* (2000)⁹.

Caracterización e identificación de microorganismos fúngicos

La identificación se realizó mediante la observación y descripción de las colonias crecidas en el medio de cultivo PDA, donde se evaluaron las siguientes características: textura, forma, margen, elevación del crecimiento de los aislados, color del anverso y del reverso de las colonias en base a la escala de colores propuesta por Munsell (Rivas, 2015)¹⁰.

En el análisis morfológico se utilizaron dos técnicas de observación microscópica, las recomendadas por Rivas

LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m)
Tunshi	1,75 °S	78,63 °O	2728,7
Alacao	1,58 S°	78,61 O°	2787,7
Chingazo	1,59 S°	78,62 O°	2853,7
Epoch	1,66 °S	78,68 O°	2830

Tabla 1. Ubicación geográfica de las localidades de estudio de la Provincia de Chimborazo.

(2015)¹⁰ y Giraldo (2016)¹¹ mediante la observación de microcultivos, para ello se promovió previamente la formación de estructuras reproductivas en medio de cultivo Spezieller Nährstoffarmer Agar (SNA). La primera fue a partir de la preparación de láminas portaobjeto con una gota de lactoglicerol con azul de metileno la cual se colocó sobre la porción de micelio y se cubrió con el cubreobjetos para su observación microscópica de las estructuras reproductivas.

En la segunda técnica para desarrollar el microcultivo se utilizó una caja de Petri estéril, dentro de ella se colocó 1 vidrio fusible en forma de triángulo como soporte para el portaobjetos estéril que poseía una porción de 1x1cm de Spezieller Nährstoffarmer Agar (SNA) y el fragmento del hongo se inoculó en los cuatro extremos del Agar. El microcultivo se incubó durante 3 a 7 días y posteriormente se observó con el uso de un microscopio Carl Zeiss (Axiocam 205) para determinar la presencia y características de hifas, conidióforos y conidios de cada aislado.

Se registraron en una base de datos la formación de esporas, forma y color de los conidios; también como ausencia o presencia de septos, pigmentos, ausencia o presencia de filídes, clamidosporas, ascas, basidios, esporangios, rizoides, conidióforos y conidios. Para la identificación de las especies de hongos según los criterios morfológicos, se utilizaron las siguientes claves taxonómicas de Barnett y Hunter (1999), Balmás *et al.*, (2000: pp.16-22).

Resultados y discusión

Determinación de síntomas y signos presentes en los cladodios de tuna

Se observaron áreas necróticas, manchas cloróticas, hendiduras, pústulas y presencia de halos, considerando el patrón de distribución. La sintomatología observada en los diferentes cladodios de Tuna se detalla a continuación:

En la sintomatología tipo A se reconocieron manifestaciones en el cladodio con diferente progreso de la enfermedad como áreas cloróticas alrededor de las espinas o heridas las cuales después se tornaron a formas irregulares de color pardo y con aspecto necrosado. En estado avanzado se evidenciaron manchas que se rodearon de un polvillo gris o pardo que dio lugar a una mancha de color pardo que

cubrió la totalidad de los cladodios (Figura 1).

La sintomatología tipo B se caracterizó por áreas necróticas con depresión desde el centro, de forma circular, de color marrón oscuro, con bordes acuosos o de colores naranjas a marrón oscuro. Se observó la presencia de exudado de color blanquecino o crema (Figura 2).

La sintomatología tipo C se definió por la presencia de necrosis, clorosis sin un patrón definido con agrietamiento sobre la superficie de la epidermis de los cladodios (Figura 3).

La sintomatología tipo D se identificó como una necrosis irregular de color marrón claro a blanco con agrietamientos en la superficie de la epidermis presente en bordes y la parte interna de la mayoría del cladodio (Figura 4).

La sintomatología tipo E se representó por pústulas de color amarillo naranja de forma circular sobre superficie del cladodio (Figura 5).

Aislamiento, identificación y caracterización de los microorganismos fúngicos asociados al cultivo de tuna

Las colonias que se desarrollaron en el medio de cultivo PDA mostraron diferentes características morfológicas macroscópicas y microscópicas. El color y el tipo de micelio fueron las principales características que se consideraron para seleccionar los 6 microorganismos fúngicos morfológicamente diferentes después de los 8 días de incubación a 25°C. A continuación se presentan los resultados de caracterización e identificación:

Morfotipo 1: *Alternaria sp.*

El crecimiento de la colonia del género *Alternaria sp.* en medio de cultivo PDA presentó una apariencia algodonosa de color blanco en el anverso y color negro parduzco en su reverso que con el tiempo se tornaron grisáceas (Figura 6A). Del mismo modo reflejó una forma circular con elevación media y márgenes enteros a ondulados¹⁴. Microscópicamente, las estructuras morfológicas del género *Alternaria sp.* mostraron hifas septadas o tabicadas con tonalidades levemente marrón (Figura 6 B). Los conidióforos fueron simples con uno o varios conidios de color marrón claro a oscuro (Figura 6 C) con formas elipsoides u ovoides, con un pico cónico corto aproximadamente con cinco septos transversales y en varios tamaños (Figura 6 D).

Estos resultados referentes a las caracterización ma-

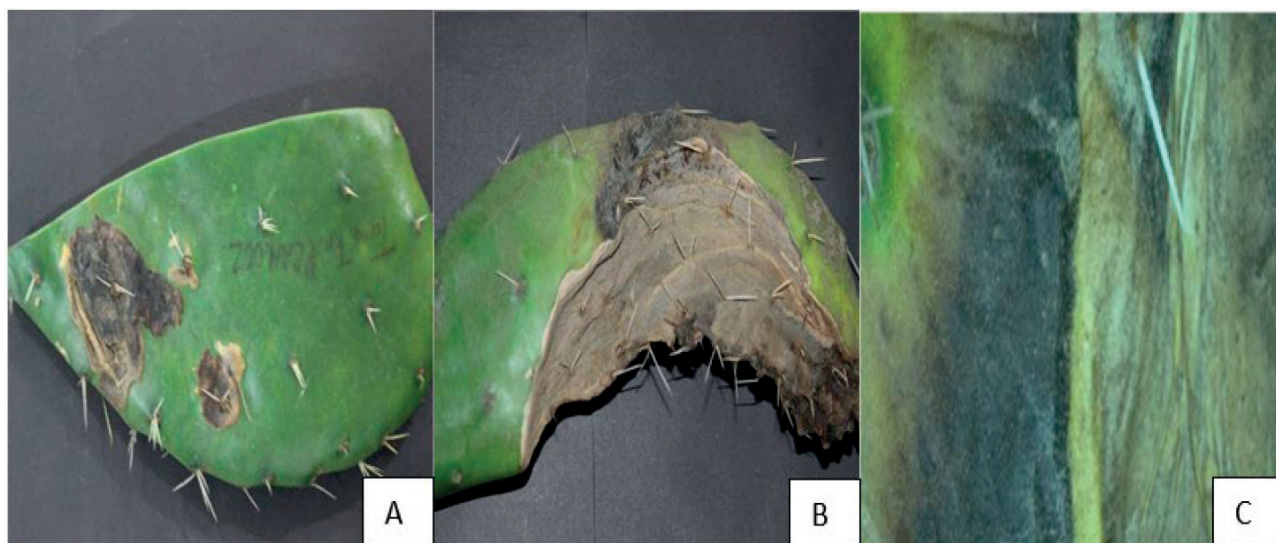


Figura 1. Sintomatología tipo A en los cladodios de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) (A-B). Área necrótica de formar irregular (C) Vista parental en el estereoscopio.

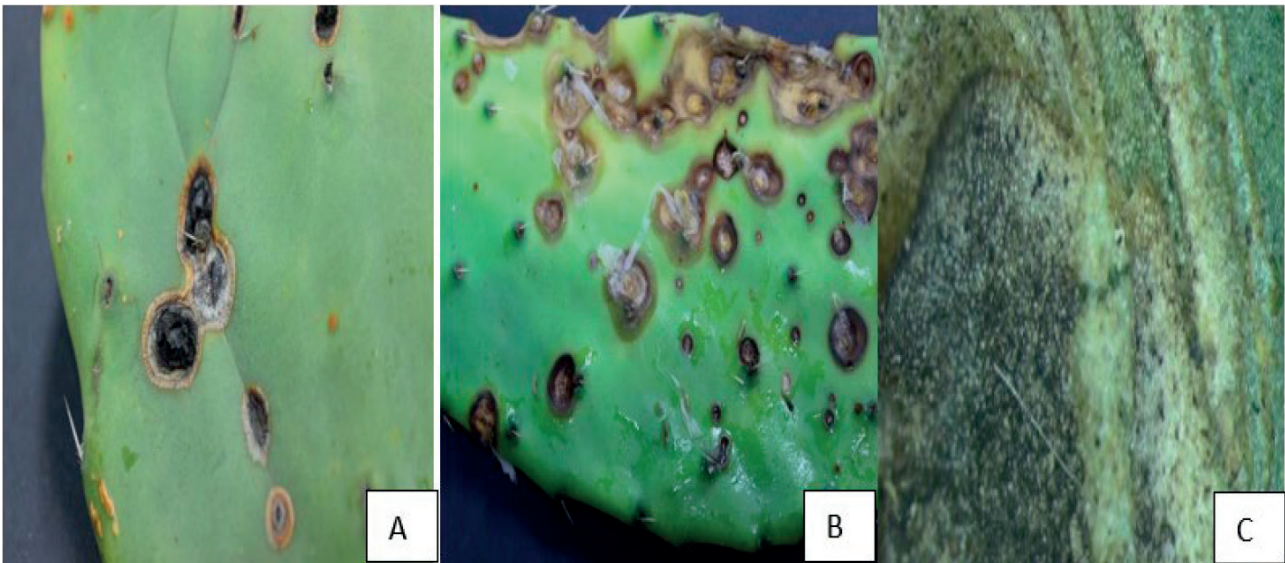


Figura 2. Sintomatología tipo B en los cladodios de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) (A-B). Necrosis de forma circular y exudados (C). Vista bajo el estereoscopio.

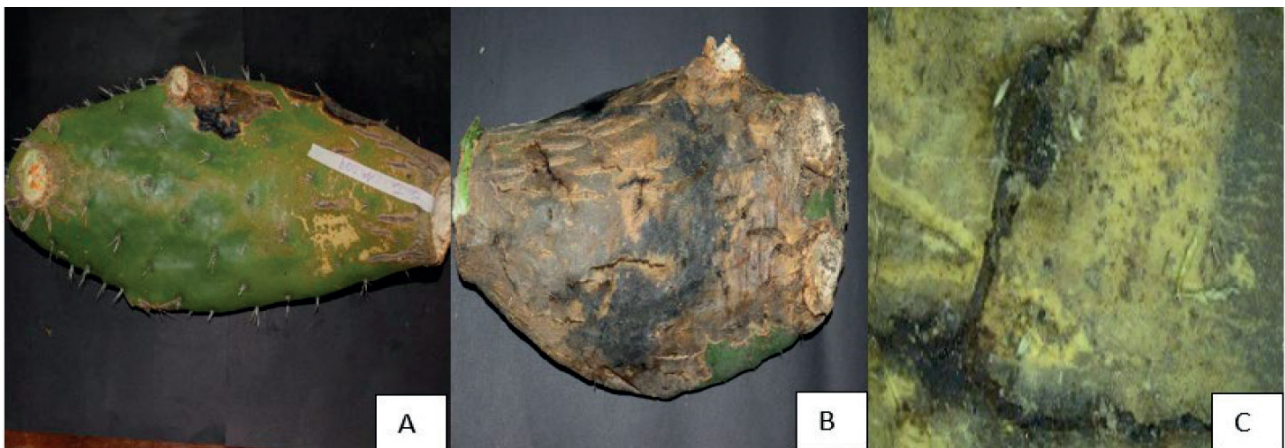


Figura 3. Sintomatología tipo C en los cladodios de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) (A-B). Presencia de clorosis y área negruzcas (C). Vista parental en el estereoscopio.

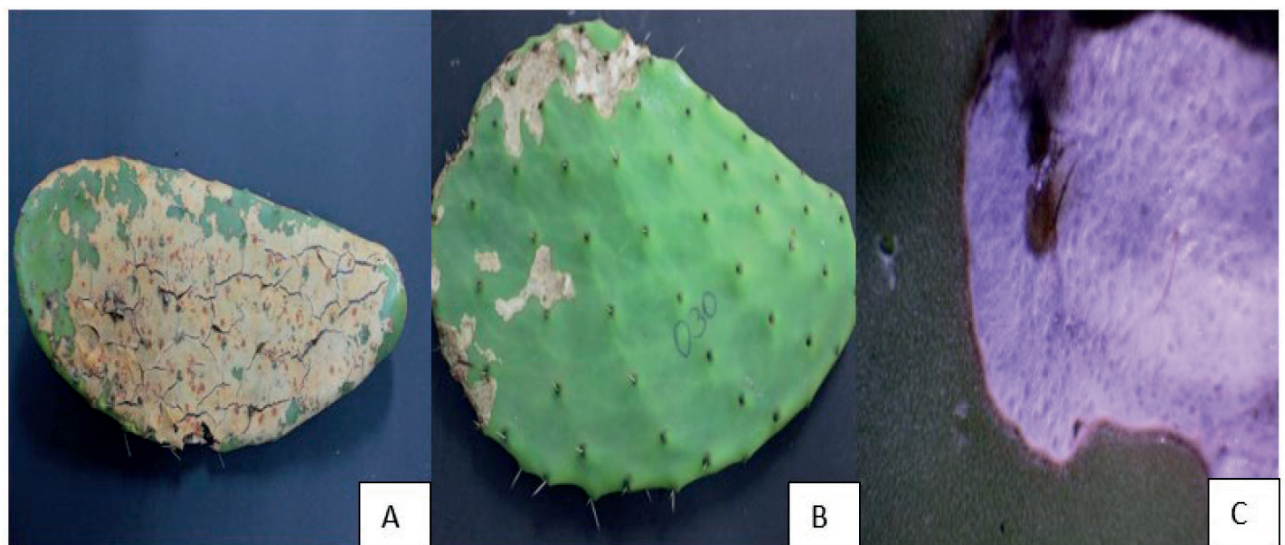


Figura 4. Sintomatología tipo D en los cladodios de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) (A-B) Necrosis irregular con agrietamientos (C) Vista parental en estereoscopio.



Figura 5. Sintomatología tipo E en los cladodios de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) (A- B) Pústulas anaranjadas (C) Vista parental en el estereoscopio.

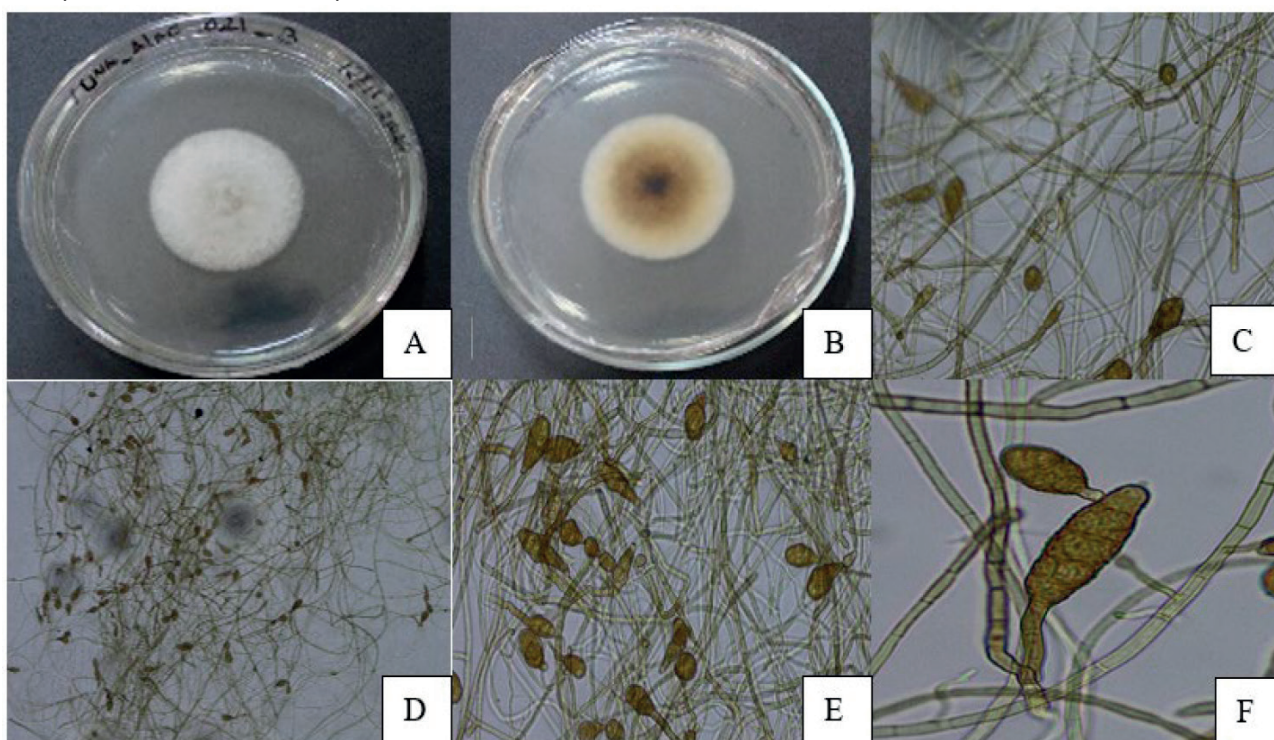


Figura 6. Caracterización macroscópica y microscópica de *Alternaria* sp. aislado de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) (A) Anverso de la colonia en PDA (B) Reverso de la colonia en PDA (C-D) Conidióforos con lente 20x y 40x (E) Hifas septadas (F) Conidios.

croscópica y microscópica¹⁴ de los aislados perteneciente al género *Alternaria* concuerdan a los obtenidos por Ellis (1971)¹² así como López *et al.* (1999) sp.

Morfotipo 2: *Fusarium* sp.

El crecimiento de la colonia de *Fusarium* sp. en medio de cultivo PDA presentó una apariencia algodonosa de color gris claro rojizo en el anverso y color marrón rojizo en su reverso¹⁶ (Figura 7); las colonias mostraron forma filamentososa con elevación media y márgenes filamentosos¹⁴. El aislado de *Fusarium* sp. presentó macroconidios relativamente curvados en forma de gancho con 3- 4 septos (Figura 7 A), los microconidios se formaron en falsas cabezas en forma ovoide (Figura 7 B), se observaron monofialides

en forma de frasco o de bolos así como polifialides (Figura 7 C). Finalmente, los microconidios son de forma ovoide o elipsoidal (Figura 7 D). No presentaron clamidosporas. Estos resultados referentes a su caracterización macroscópica y microscópica concuerdan a los obtenidos por Balmás *et al.*, (2000)⁹ y Leslie y Summerell (2006)¹⁵ para este género.

Morfotipo 3: *Scytalidium* sp.

El crecimiento de la colonia del género *Scytalidium* sp. en medio de cultivo PDA presentó una apariencia de textura viscosa de color amarillo a naranja para ambas caras de la caja Petri (Munsell, 2009)¹⁶ (Figura 8.). Las colonias tuvieron forma circular con elevación plana y márgenes

erosionados (Madigan, 2009)¹⁴. Microscópicamente, las estructuras morfológicas del género *Scytalidium* sp. presentaron hifas modificadas septadas o tabicadas con tonalidades ligeramente de color marrón (Figura 8 A).

Los conidios formaron artroconidios en cadenas y alargados (Figura 8C). Estos resultados referentes a su caracterización macroscópica y microscópica concuerdan con *Neoscytalidium dimidiatum* (Penz.) y coincide con los

obtenidos por Crous *et al.* (2006) y Phillips *et al.* (2013) de Crous y Slippers¹⁷, Dy *et al.*, (2022)¹⁸ para el género *Neoscytalidium* sp.

Morfotipo 4: *Trichoderma* sp.

El crecimiento de la colonia del género *Trichoderma* sp. en medio de cultivo PDA presentó una apariencia algodonosa de color blanco al inicio y luego tornaron rápidamente

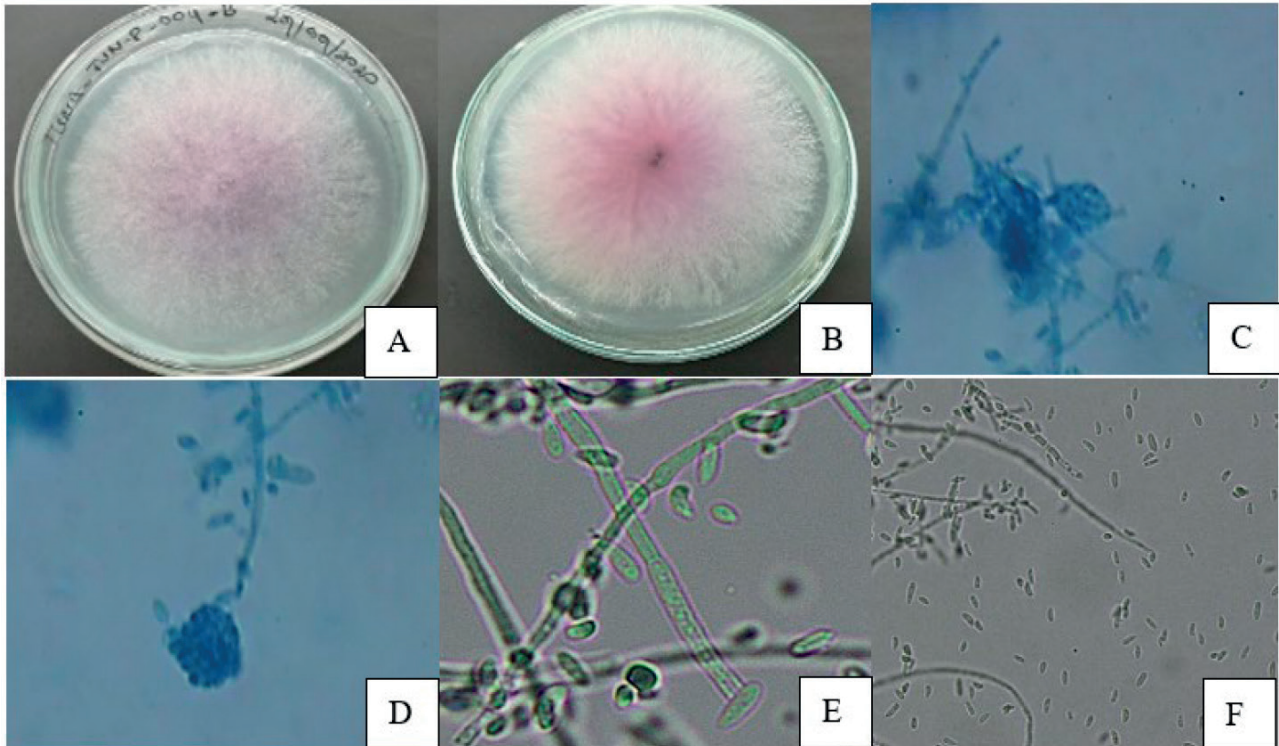


Figura 7. Caracterización macroscópica y microscópica de *Fusarium* sp. aislado de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) (A) Anverso de la colonia en PDA (B) Reverso de la colonia en PDA (C) Macroconidios (D) Falsas cabezas (E) Monofialides (F) Microconidios.

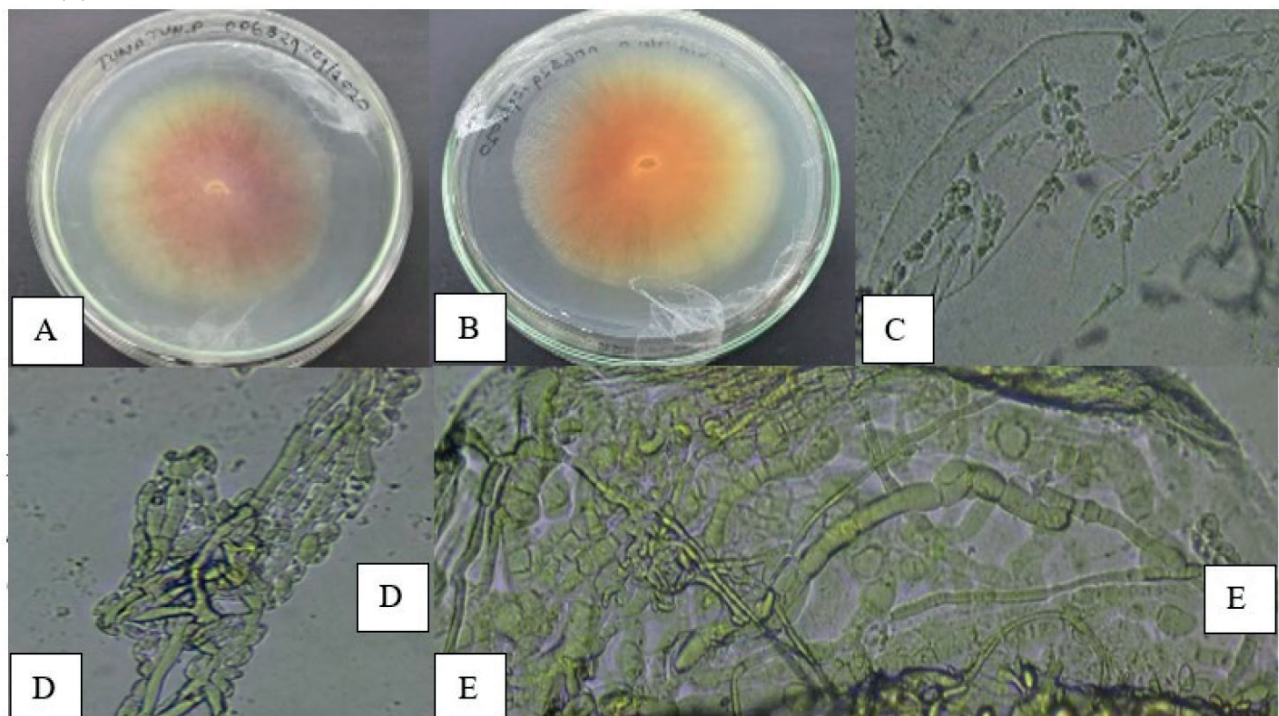


Figura 8. Caracterización macroscópica y microscópica de *Scytalidium* sp. aislado de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) (A) Anverso de la colonia en PDA. (B) Reverso de la colonia. C, D y E Artroconidios en cadenas y en forma rectangulares alargados.

a color negro aceituna para ambas caras de la colonia a medida que transcurrió el tiempo (Munsell, 2009)¹⁶ (Figura 9). Del mismo modo se observó una forma rizoide con elevación umbonada y márgenes filamentosos (Madigan, 2009)¹⁴. Microscópicamente, las estructuras morfológicas del género *Trichoderma sp.* mostraron hifas hialinas tabicadas de paredes lisas. Los conidióforos fueron simples, no ramificados con fiáldes terminales en forma cilíndrica (Figura 9 A-C), asimismo los conidios en fialosporas ovoides o elipsoides (Figura 9 B), con tonalidades ligeramente verde, aparentemente lisas, que se producen solas y sucesivamente se acumulan en el extremo de cada fiálide para formar una cabeza globosa (Figura 9 D). Estos resultados referentes a su caracterización macroscópica y microscópica fueron similares a los obtenidos por Singh y Sharma (2020)¹⁹.

Morfotipo 5: *Geotrichum spp.*

El crecimiento de la colonia del género *Geotrichum spp.* en medio de cultivo PDA presentó una apariencia viscosa de color blanco para ambas caras de la caja Petri el anverso y el reverso¹⁶ (Figura 10); Del mismo modo reflejó una forma irregular con elevación plana y márgenes erosionado (Madigan)¹⁴. Las estructuras morfológicas del género *Geotrichum spp.* mostraron hifas hialinas, tabicadas o septadas de forma rectangular (Figura 10 A), que da origen a los conidios del mismo color (Figura 10 D) a partir de arthroconidios en cadenas y en forma rectangulares alargados con extremos truncados (Figura 10 B-C). Estos resultados referentes a su caracterización macroscópica y microscópica son similares a los obtenidos por Raghuwanshi²⁰.

Morfotipo 6: *Cladosporium sp.*

El crecimiento de la colonia del género *Cladosporium sp.* en medio de cultivo PDA presentó una apariencia aterciopelada de color gris en el anverso y color negro aceituna

en su reverso (Munsell)¹⁶ (Figura 11.); Del mismo modo reflejó una forma circular con elevación plana y márgenes enteros (Madigan, 2009)¹⁴. Microscópicamente, las estructuras morfológicas del género *Cladosporium sp.* mostraron hifas hialinas a oscuras y septadas. Los conidióforos ramificados y septados de color oscuro (Figura 11 A). Los conidios unicelulares que se presentaron en cadenas simples y cortas de forma ovoide o elipsoide con pico cónico corto en un extremo y de color olivo claro a oscuros (Figura 11 C). Estos resultados referentes a su caracterización macroscópica y microscópica concuerdan con los obtenidos por Laureano-Ahuelicán²¹.

Frecuencia de los aislados fúngicos asociados al cultivo de Tuna.

Los hongos que fueron aislados con mayor frecuencia fue el género *Alternaria sp.*, luego siguieron los siguientes géneros: *Fusarium sp.*, *Cladosporium sp.*, *Scytalidium sp.*, *Trichoderma sp.*, *Geotrichum sp.*, *Armillaria sp.* y *Rhizopus sp.* (Tabla 2).

La prevalencia del género *Alternaria sp.* fue mayor debido a que es un hongo fitopatógeno con gran importancia causante de daños en cladodios y frutos que tiene la capacidad por sí solo de causar enfermedades en varias plantas de la familia Solanácea y cactácea²², capaz de debilitar a la planta, lo cual facilita el ingreso del saprófito *Cladosporium sp.* Asimismo, varias especies de *Alternaria sp.* se han reportado como saprófito debido a heridas²³, las cuales son producto de las podas consecutivas, además, en la plantación se encuentran insectos principalmente hemípteros que provocan lesiones al alimentarse. Similarmente, el crecimiento y roce entre los cladodios generan daño mecánico que facilita el ingreso de patógeno²⁴.

La frecuencia relativa a nivel de los género obtenidos por localidad arrojó los siguientes resultados: *Alternaria* (ESPOCH 71,40%, Tunshi 56,3%, Alacao 50% y Chingazos

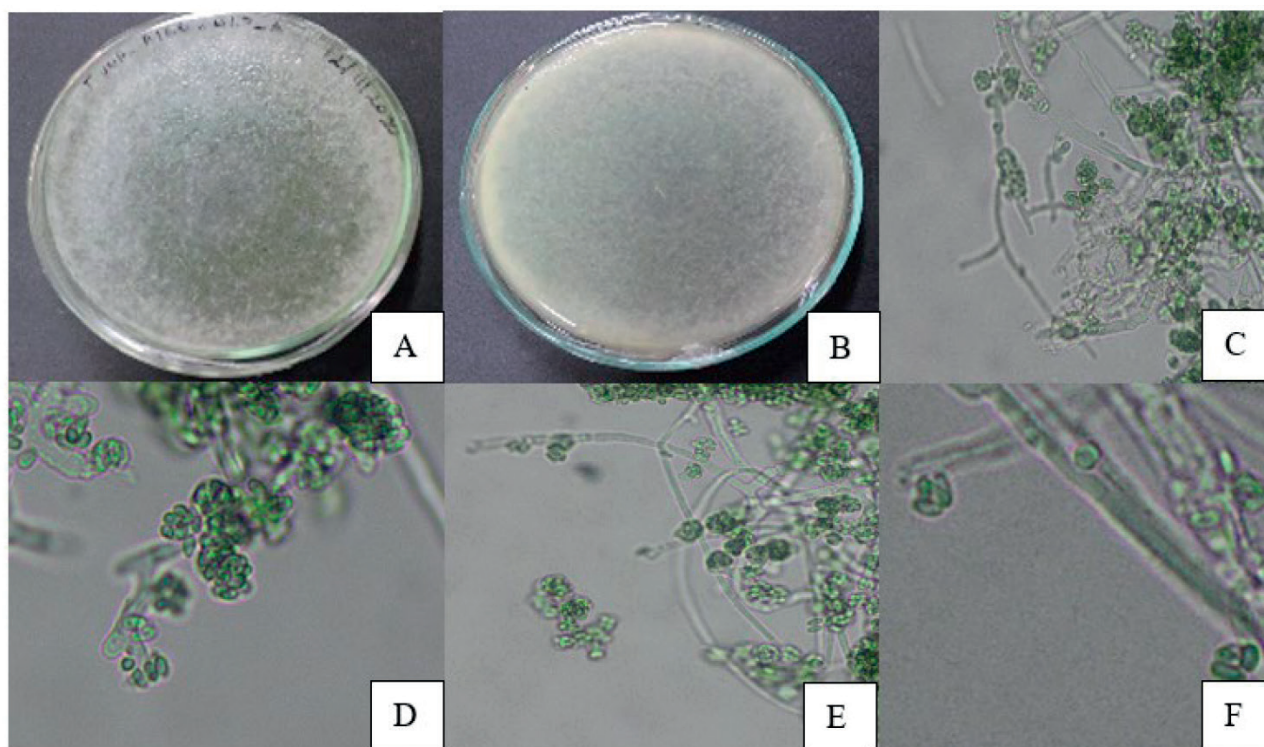


Figura 9. Caracterización macroscópica y microscópica de *Trichoderma sp.* aislado de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Anverso de la colonia en PDA (B) Reverso de la colonia en PDA (C-D) Conidióforos ramificados (E) Fialosporas. (F) Conidios.

27,3%); *Scytalidium* (ESPOCH 14,30% y Tunshi 18,86%), *Fusarium* (Tunshi 18,80% y Chingazos 9,1%); *Armillaria* (Tunshi 6,30%); *Geotrichum* (Alacao 10% y Chingazos 18,20%); *Trichoderma* (Alacao 20%); *Cladosporium* (Chingazos 9,1%) (figura 12).

Conclusiones

Se identificaron y clasificaron cinco tipos de síntomas asociados a los cladodios de la tuna en la provincia de Chimborazo: áreas necróticas negras (síntoma A), necro-

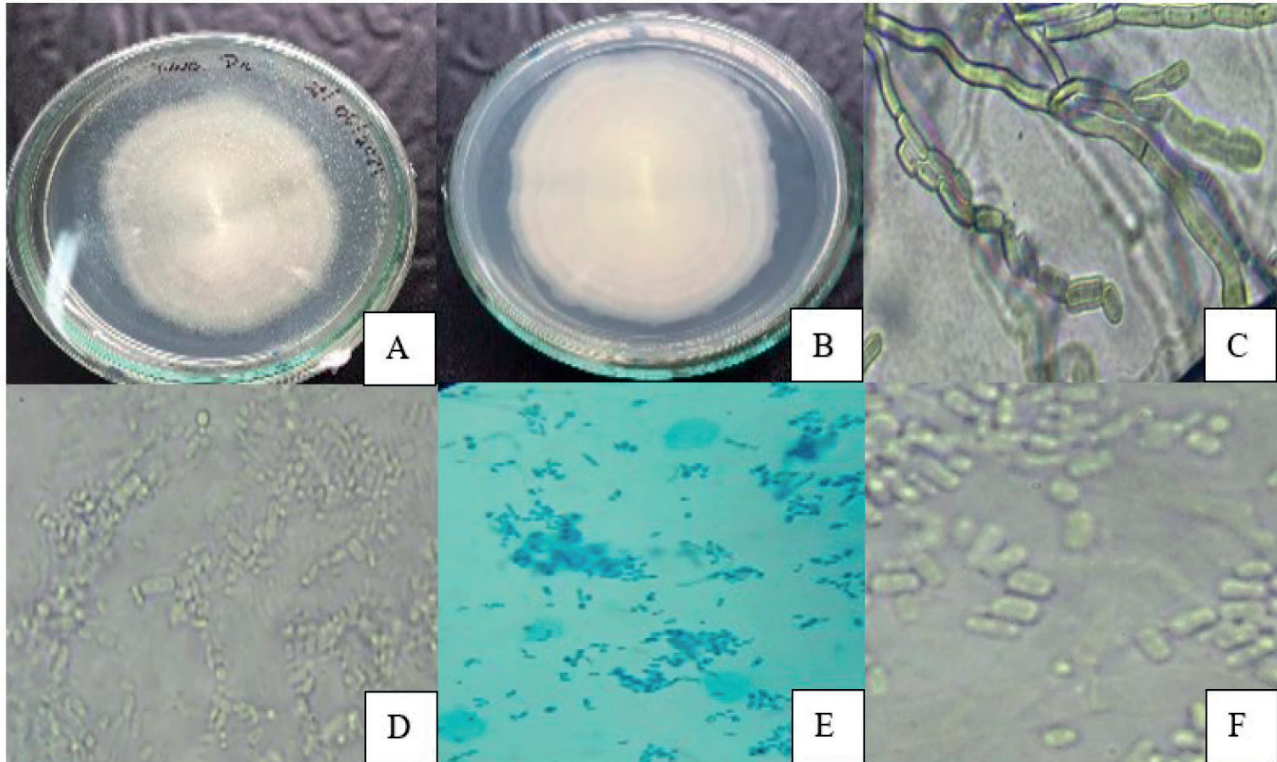


Figura 10. Caracterización macroscópica y microscópica de *Geotrichum* sp. aislado de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) Anverso de la colonia en PDA (B) Reverso de la colonia en PDA (C) Hifas septadas. (D-E) Antroconidios (F) Conidios.

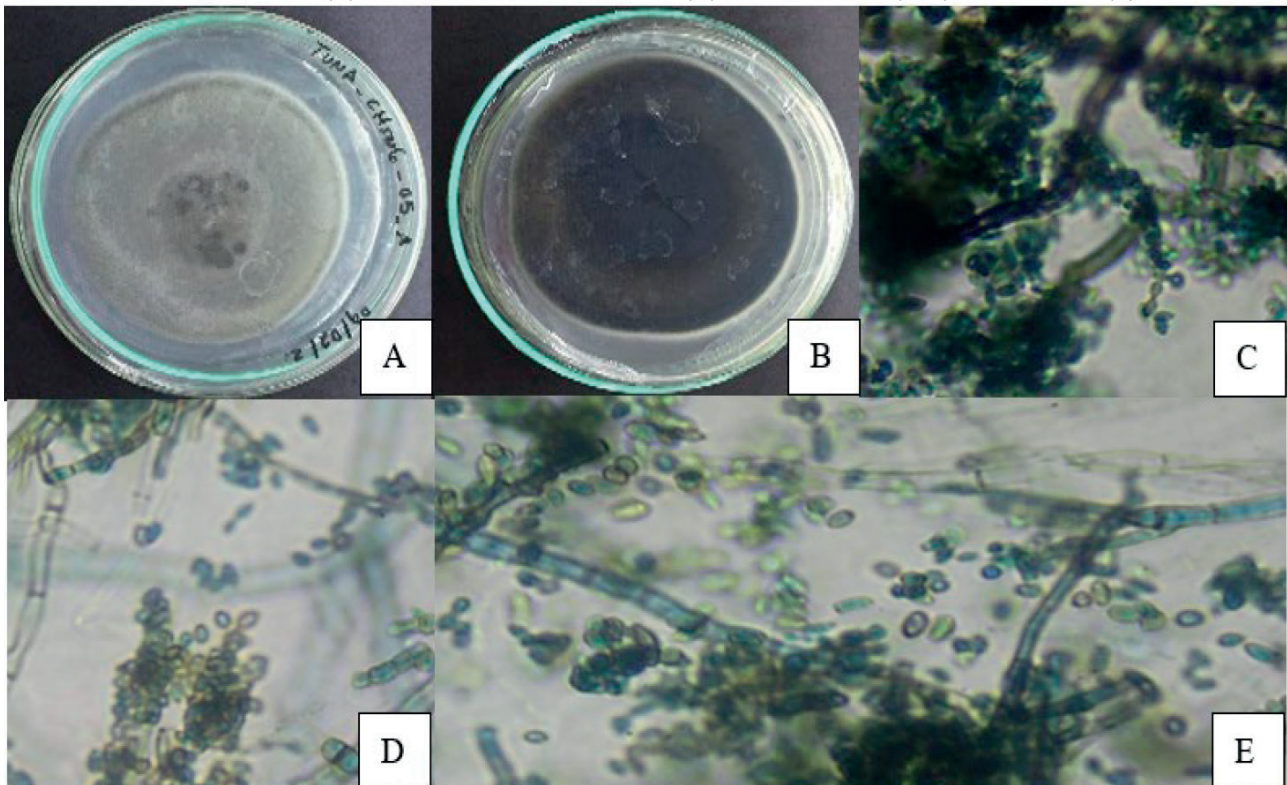


Figura 11. Caracterización macroscópica y microscópica de *Cladosporium* sp. en *Opuntia ficus indica* (L.) Mill). Anverso de la colonia en PDA (B) Reverso de la colonia en PDA (C) Conidióforo. (D-E) Conidios.

Hongo fitopatogeno	Número de aislados	Porcentaje
<i>Alternaria sp.</i>	22	47,03
<i>Fusarium sp.</i>	4	9,09
<i>Scytalidium sp.</i>	4	9,09
No indentificados	4	9,09
<i>Cladosporium sp.</i>	3	6,82
<i>Geotrichum sp.</i>	3	6,82
<i>Cladosporium sp.</i>	3	6,82
<i>Rhizopus sp.</i>	1	2,27
<i>Armillaria sp.</i>	1	2,97

Tabla 2. Frecuencia de Hongos aislados obtenidos de los cladodios de Tuna (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill) en las diferentes localidades de la provincia de Chimborazo.

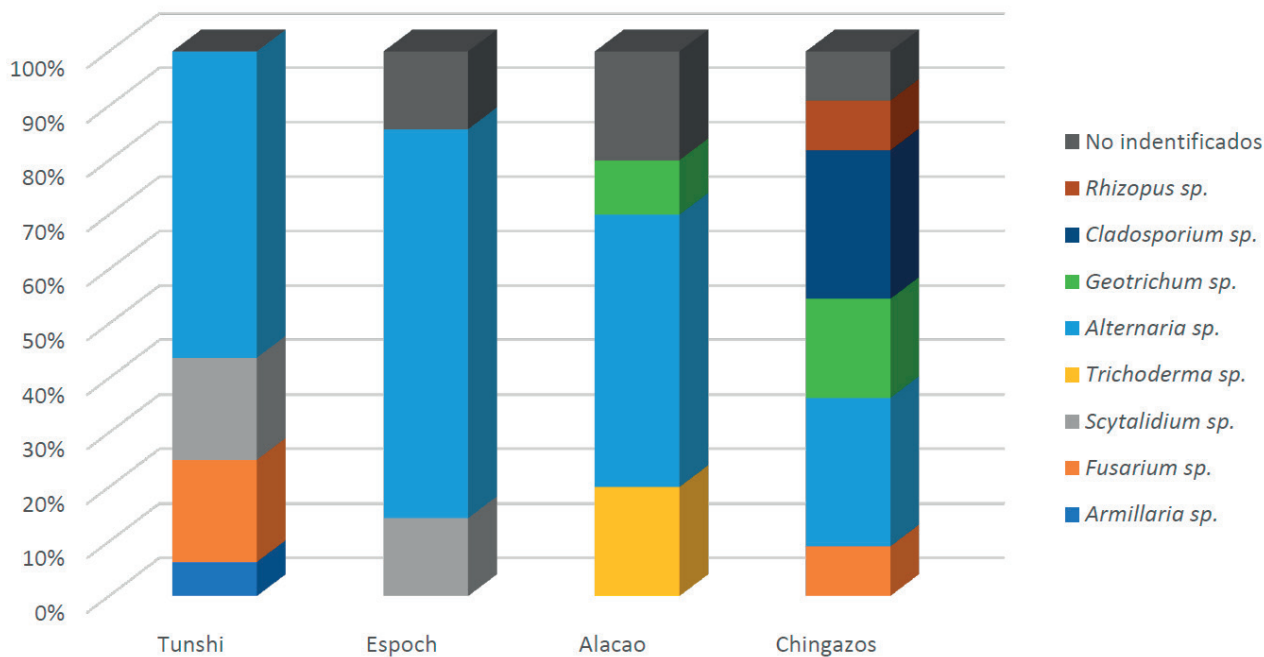


Figura 12. Frecuencia relativa a nivel de género obtenidos de los cladodios de tuna (*Opuntia ficus indica* (L.)) en las diferentes localidades de la provincia de Chimborazo.

sis circular con exudados cremosos o blancos (síntoma B), clorosis y áreas negras (síntoma C), necrosis irregular con grietas de color marrón a blanco (síntoma D), y presencia de pústulas anaranjadas (síntoma E).

Se aislaron un total de 44 microorganismos fúngicos a partir de cladodios de tuna con síntomas visibles en diferentes localidades productoras. Los síntomas observados en los cladodios incluyeron áreas necróticas, manchas cloróticas, hendiduras, pústulas y halos de varios colores, como gris, café oscuro, negro y naranja.

Se identificaron y caracterizaron diferentes géneros de microorganismos fúngicos en los cladodios de tuna, destacando la presencia predominante del género *Alternaria sp.*

(47,03%), seguido de *Fusarium sp.* (9,09%), *Scytalidium sp.* (9,09%), *Cladosporium sp.* (6,82%), *Geotrichum sp.* (6,82%), *Trichoderma sp.* (4,55%), *Armillaria sp.* (2,27%), *Rhizopus sp.* (2,27%) y un 9,09% correspondiente a hongos no identificados.

Contribuciones de los autores

Conceptualización, Michel Leiva Mora y Fernando Rivas Figueroa; Metodología María Fernanda Espinoza Castro y Álvaro Mauricio Rivera Casignia; software, María Fernanda Espinoza Castro y Fernando Rivas Figueroa validación; Michel Leiva Mora, María Fernanda Espinoza Castro y Álvaro Mauricio Rivera Casignia análisis formal; María

Fernanda Espinoza Castro y Fernando Rivas Figueroa recursos, María Fernanda Espinoza Castro, Álvaro Mauricio Rivera Casignia y Michel Leiva Mora, redacción borrador original; Michel Leiva Mora, redacción, revisión y edición; Fernando Rivas Figueroa; supervisión, Michel Leiva Mora; María Fernanda Espinoza Castro administración del proyecto; María Fernanda Espinoza Castro y Fernando Rivas Figueroa adquisición del financiamiento, Todos los autores han leído y están de acuerdo con la versión publicada del manuscrito.

Conflictos de Interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Referencias bibliográficas

1. Feugang JM, Konarski P, Zou D, Stintzing FC, Zou C. Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Front Biosci (Landmark Ed)*. 2006;11:2574-2589.
2. Barboza-Mejía MJ, Velásquez-Barreto FF. Efecto del tratamiento térmico en la aceptabilidad del néctar mixto de tuna (*Opuntia ficus-indica*) con aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). *Rev Invest Agropecu Sci Biotechnol*. 2022;2(3):01-13.
3. De Gante AM, Akaki PP. Comercialización, industrialización, transformación y problemática de la tuna en la región de Zumpango, Estado de México. En: *Variación climática e impactos en la producción agrícola, Centro-Occidente de México*. 177.
4. Conforto C, Lima NB, Silva FJA, Câmara MPS, Maharachchikumbura S, Michereff SJ. Characterization of fungal species associated with cladode brown spot on *Nopalea cochenillifera* in Brazil. *Eur J Plant Pathol*. 2019;155:1179-1194.
5. Sortino G, Inglese P, Farina V, Gullo G, Allegra A. The role of mucilage of *Opuntia ficus-indica* Mill. on sweet cherry fruit during storage. In: *X International Congress on Cactus Pear and Cochineal: Cactus-the New Green Revolution in Drylands*. Vol 1343. September 2022:323-330.
6. Swart WJ. Strategies for the management of cactus pear diseases: a global perspective. In: *VI International Congress on Cactus Pear and Cochineal*. Vol 811. October 2007:207-216.
7. Alfenas AC, Mafia RG. *Métodos de Fitopatología*. 2a Ed. Viçosa, Brasil: Editora UFV; 2016. pp. 59-63.
8. Kadhoda-Hematabadi S, Mohammadi H, Sohrabi M. Morphological and molecular identification of plant pathogenic fungi associated with necrotic wood tissues of pomegranate trees in Iran. *J Plant Pathol*. 2023;1-15.
9. Balmas V, Santori A, Corazza L. Le specie di *Fusarium* più comuni in Italia. Suggestimenti per il loro riconoscimento. *Patria Giornale di Patol delle Piante*. 2000;10(1):1-60.
10. Rivas-Figueroa F. Etiología y caracterización del cogollo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en San Lorenzo, Esmeraldas, Ecuador [tesis doctoral]. Santa Clara, Cuba: Central "Marta Abreu" de las Villas; 2015. pp. 36-38. [Consulta: 14 de Diciembre de 2020]. Disponible en: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/6889/Tesis%20Dr.%20Fernando%20Rivas%20Figueroa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
11. Giraldo Naranjo SJ, Villa Ramos AF. Caracterización morfológica y metabólica de los hongos filamentosos asociados a la rizósfera de plantas arvenses en la zona cafetera [en línea] (Trabajo de titulación). (Bacteriólogo) Universidad Católica de Manizales, Facultad de Salud. Manizales-Colombia. 2016. p. 28. [Consulta: 2020-07-12]. Disponible en: <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/1320/Sara%20Jain%20Giraldo%20Naranjo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
12. Ellis MB. *Dematiaceous hyphomycetes*. Dematiaceous hyphomycetes. 1971.
13. López MO, et al. Manual para la identificación de los hongos fitopatógenos de la caña de azúcar en Cuba. *Acta Botánica Cubana*. 1999.
14. Madigan M, et al. *Biología de los microorganismos*. 12ma ed. Madrid, España: Pearson Educación, S.A; 2009. p. 321.
15. Leslie JF, Summerell BA. *Fusarium laboratory workshops—A recent history*. *Mycotoxin Research*. 2006;22(2):73-74.
16. MUNSELL Color. *Munsell Color Charts for Plant Tissues*. New Windsor, New York-United States of America: Munsell Color; 1977. pp.2-17.
17. Crous P, Verkley G, Groenewald J, Samson R. *Fungal Biodiversity*. CBS-KNAW; 2006. ISBN 978-90-70351-77-9.
18. Dy KS, Wonglom P, Pornsuriya C, Sunpapao A. Morphological, molecular identification and pathogenicity of *Neoscytalidium dimidiatum* causing stem canker of *Hylocereus polyrhizus* in southern Thailand. *Plants*. 2022;11(4):504.
19. Singh P, Sharma M. Cultural and Morphological Characterization of Antagonistic *Trichoderma* Isolates. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*. 2020;9(3):1041-1048.
20. Raghuvanshi S, Prasher IB, Shehnaz. Optimal Growth and Lignolytic Enzyme Production by *Geotrichum europaeum*. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*. 2023;93(2):451-459.
21. Laureano-Ahuelicán B, Moreno-Velázquez M, Hernández-Ramos L, Alvarado-Rosales D, Saavedra-Romero LDL, Quezada-Salinas A, Martínez-Domínguez E. Etiology of black scab on prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) in Mexico. *Revista mexicana de fitopatología*. 2021;39(2):329-338.
22. NABAHAHAT, et al. *Alternaria* species associated with early blight epidemics on tomato and other Solanaceae crops in north-western Algeria. *Eur J Plant Pathol*. 2023;1:1-17.
23. Kumar N, Dutta R, Ajay BC, Radhakrishnan T. *Alternaria* leaf blight (*Alternaria* spp.)—an emerging foliar fungal disease of winter-summer groundnut (*Arachis hypogaea*): A review. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2022;92(9).
24. Francesco ALOI, Giambra S, Schena L, Surico G, Antonella PANE, Gusella G, Cacciola SO. New insights into scabby canker of *Opuntia ficus-indica*, caused by *Neofusicoccum batanagarum*. *Phytopathologia Mediterranea*. 2020;59(2):269-284.

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Obesity and overweight as an international public health problem

Yury Rosales-Ricardo*, Mireya Ortiz-Perez , Fernanda Lopez-Merino and Belen Perez-Garcia

DOI. 10.21931/RB/2023.08.03.15

Universidad Nacional de Chimborazo-Ecuador, Ecuador.
Corresponding author: yuryrr82@gmail.com

Abstract: The study aimed to analyze the theoretical references of obesity as a public health problem at the international level. Obesity has been associated with a high risk of chronic diseases such as hypertension, heart failure, and diabetes mellitus type II. However, it is unpredictable to calculate the social costs and losses of psychosocial well-being, causing stress and depression. However, to correctly treat this pathology that affects us so much, it is necessary to start with a correct and effective diagnosis, which should be carried out by physicians, nutritionists and other specialists in primary health care. To this end, a review of the literature on the subject was carried out in the databases of academic journals: Web of Science (Core Collection) Scopus, Medline through Pubmed and Scielo. Obesity is a severe social health problem since it affects many people worldwide, and only through scientific and technological development can it be adequately treated, diagnosed and prevented.

Key words: Obesity, health, quality of life, chronic diseases.

Introduction

Science and technology are social processes, and their functioning and development are unthinkable without the social context that surrounds and conditions them. Obesity is a severe social health problem affecting many worldwide; it can only be adequately treated and prevented through scientific and technological development.

According to the World Health Organization (WHO)¹, obesity is the most frequent chronic non-communicable disease, and being overweight is its precursor. It is defined as an "abnormal or excessive accumulation of body fat that may be detrimental to health"¹. There are more than 1 billion overweight adults worldwide, and according to this source, in 2015, the figure will reach 3 billion. Cuba is not free from this danger, and according to surveys conducted by the National Institute of Hygiene and Epidemiology, 15.44% of women are obese, and 31.5% are overweight. It is then the female sex the most affected and the one that suffers and worries the most about this disease, according to several studies^{2,3}.

This pathology has been associated with a high risk of chronic diseases such as hypertension, heart failure, and type II diabetes mellitus. However, it is unpredictable to calculate the social costs and the loss of psychosocial well-being caused by stress and depression. However, to correctly treat this pathology that affects us so much, it is necessary to start with a correct and effective diagnosis, which should be carried out by physicians, nutritionists and other specialists in primary health care²⁻⁴.

Defining obesity as a body weight above the values considered normal for height would be incorrect and far from the actual concept of obesity since body fat is only one component of total body weight. Obesity, especially central obesity, is associated with chronic non-communicable di-

seases, and the association is independent of hypertension, diabetes and metabolic syndrome⁵.

The indicator used and validated to evaluate obesity in adults is the Body Mass Index (BMI), but this has several difficulties in the sense that what it evaluates is overweight and not obesity. On the other hand, other indicators, such as waist circumference (WCWC) and waist height index (WHIWHI), have yet to be studied in these populations. Specifically, the latter has been even less studied and could be a valuable and effective method for determining obesity. The ECIECI in Asian studies (in Chinese adults) is a better indicator of coronary risk factors, dyslipidemias and type 2 diabetes than other anthropometric indicators such as BMIBMI, CC and Hip-Waist Index in some epidemiological studies. The results indicated that the ECIECI could be an optimal anthropometric predictor of metabolic syndrome risk factors⁶⁻¹².

Based on these assessments, the following objective of the study is proposed: to analyze the theoretical references of obesity and overweight as a public health problem at the international level.

Materials and methods

The search strategies were based on the authors' descriptive terms and keywords: scientific production, health, scientific articles, and databases, in Spanish and English. The search was performed in Spanish and English using the same methodology. These keywords were combined from the following academic journal databases: Web of Science (Core Collection), Scopus, Medline through Pubmed and Scielo.

The advanced metasearch option was performed using

Citation: Rosales-Ricardo Y, Ortiz-Perez M, Lopez-Merino F and Perez-Garcia B. Obesity and overweight as an international public health problem. *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 15. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.15>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** 15 July 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



the resources inherent to each database. The search strategy was carried out by two independent, blinded reviewers, who performed the initial search using the list of keywords prepared for this analysis by the authors who wrote the article.

The following screening procedures were applied to determine whether the articles obtained in the initial searches were relevant to the present study: a) reading the titles: if the titles appeared relevant, all duplicates would be eliminated after the initial review; b) reading the abstracts: if the abstracts did not provide sufficient information related to the inclusion criteria, they would be excluded from the study; c) reading the full-text articles.

Results and discussion

Adults between 20 and 60 years of age comprise the age group on which the capacity for production and services is almost totally based and on which those under 20 years of age depend for the most part, a group made up to a large extent of individuals in training both from a physical and intellectual point of view, as well as those over 60 years of age, also made up of a more significant proportion of individuals who are not incorporated into production or services because they have retired from these activities. That is why the nutritional evaluation of this group, whose social importance is indisputable, acquires excellent relevance in the study of any population from the point of view of their state of health¹³.

Obesity in women has peculiar nuances that are beginning to be understood. The higher prevalence of obesity in women is a product of biological and psychological characteristics and social situations. Biological factors. Compared to men, the higher percentage of fat mass in women determines a lower energy expenditure per kilogram of weight, which makes it more challenging to lose the excess weight gained. Pregnancies favor obesity, as suggested by data showing an association between the number of pregnancies and the development of obesity. Menopause has unfavorable effects on body composition, leading to an increase in obesity between the ages of 40 and 60, mainly if the necessary adjustments in energy balance are not made—psychological factors. Women have a higher prevalence of eating disorders. Some studies show a higher prevalence of depression and anxiety among women with obesity. These psychological factors are both cause and consequence of obesity¹⁴.

Effect of the environment. The "obesogenic" environment may have a more significant effect on women because the portions they eat are usually greater than their needs since their energy requirements are lower than those of men due to their phenotype and activity level¹⁵.

According to the World Health Organization (WHO), obesity is the world's most common chronic non-communicable disease, called "The Epidemic of the 21st Century". 2005, there were 400 million obese adults, and in 2015, the figure may reach more than 700 million. If we add to this figure the number of overweight people, which will reach 3 billion, we will realize the importance of this disease. In Cuba, 7.95% of men and 15.44% of women are obese, while 29.7% of men and 31.5% of women are overweight¹⁻¹⁴.

However, what is obesity?

Overweight and obesity are defined as an abnormal

or excessive accumulation of fat that can be detrimental to health^{1,15}.

Facts about overweight and obesity

Overweight and obesity are the fifth leading risk factor for death worldwide. At least 2.8 million adults die annually due to being overweight or obese. In addition, 44% of the burden of diabetes, 23% of the burden of ischemic heart disease and between 7% and 41% of the burden of some cancers are attributable to overweight and obesity¹⁶.

Anthropological configuration of obesity

The word "obese" comes from the Latin "obedere". Formed from the roots ob (over, or all-embracing) and here (to eat), i.e., "someone who eats everything." The first known use of this word was in 1651 in English, in a medical book by Noha Biggs (Biggs, Noha (fl. 1651), medical practitioner and social reformer)¹⁷.

From an anthropological point of view, obesity became a problem approximately 10,000 years ago, particularly with the emergence of agricultural art, with which nomadic life was abandoned and civilization began, although with little incidence due to the physical labor that existed and whose particularity was intense. However, this problem intensified with the advent of the Industrial Revolution¹⁸.

From a socio-anthropological context, obesity has been observed from two perspectives, as a favorable adaptive condition or an ailment, depending on how the provision of reserves impacts as a protective factor in the face of food shortage or crystallizes in a metabolic overload. In one way or another, obesity has been present in the history of humanity, with a changing social significance according to the characteristics and conditions of life in the different evolutionary moments of humanity. Especially 200 years ago, when a very preponderant capacity arose for societies to produce, collect and distribute food regularly, which decreased famines and tacitly began the epidemic of obesity, a product of the ways of acting of individuals concerning disorderly consumption or excess of food for various cultural, religious or customary characteristics, in which the act of eating came to have interpretations or negative connotations. This system of interrelationships, which incorporates the experiences, ideas and perceptions of the members of society, influence the biological, psychosocial and cultural factors that influence their eating pattern and perception of body image¹⁶⁻¹⁹.

Obesity, as a sociocultural expression, has become an epidemic that demands from society general strategies that include preventive and control activities, which should focus on reducing exposure to an environment that favors the development of this disease. Particularly leading to more excellent knowledge of the population about the determinants and whose geographical variation and cultural diversity predispose this susceptibility to weight gain among people. Culture refers to learned behavior patterns and beliefs, characteristic of a society or social group. It includes values of all kinds, from food, the means of production, and the management of its economy to ideological elements such as body aesthetics, which must be permanently modified to reduce obesity.

Medical approach to obesity as a disease

The medical approach to obesity has predominated in the 20th and 21st centuries, where obesity and overweight have been characterized as a clinical public health en-

tity that requires treatment and prevention, as well as the identification of risk factors with food in the foreground and its relationship with a large number of chronic diseases, a decrease in life expectancy and an increase in mortality in people who suffer from it²⁰.

Obesity is a health problem of enormous dimensions that reaches epidemiological significance and extends to large masses, regardless of race, sex, age, social status, economic solvency and other factors.

In the last 20-30 years, overweight and obesity threaten the world's entire population. Enormous budgets are allocated for their prevention and control. However, the numbers are increasing unchecked, without the intervention policies of governmental and non-governmental institutions and organizations achieving the desired success. However, at the same time, great efforts are being made to achieve scientific advances that provide promising results. The influence of eating habits on obesity, genetic factors, the role played by lifestyle, in particular, the systematic practice of physical exercise through an active life, the discovery of neurophysiological mechanisms of food consumption control and the existence of drugs that stimulate appetite or depress it have been demonstrated, the incidence of social and psychological factors that condition psychiatric diseases, such as the unbridled appetite of bulimia, and surgical treatments such as liposuction or gastric interventions to reduce stomach capacity¹⁸⁻²¹.

All this intemperance of obesity and tendencies to be overweight have undoubtedly come along with the advances brought about by a "civilized," "developed," "modern," and "fast" society. Let us analyze the medical approach to obesity in history. It is evident that before the 20th century and especially the 21st century, obesity did not represent or manifest itself with the importance, incidence and transcendence that it has reached in today's world.

Although Hippocrates (460-377? b.c.) and his disciple Galen (129-216) made mention of obesity in their texts associated with infertility in women, sudden death and other disorders with recommendations for frequent and vigorous physical exercise, restriction of food and consumption of certain foods to control appetite, it is preferred that the first text where obesity is the main topic appeared in the XVII century, a time when the human models of mechanistic medicine predominated, where obesity is related to gastrointestinal fermentation and putrefaction disorders regulated by chemical reactions²¹.

In the 18th century, under the predominance of medical trends led by the Dutchman H. Boerhaave (1688-1738) and his disciples, the published monographs on obesity referred to the lack of balance of the human body systems and its influence on obesity. In this regard, light diets and physical exercise were recommended. Later, still under the importance of European medicine and with the advances in thermodynamics, the concept of energy balance significantly influenced the appearance of dietary recommendations to treat or prevent obesity²².

In the first part of the 20th century, the fat cell or lipocyte was identified in Germany and with it, the relationship between obesity and the endocrine system. This is the period in which the hormonal approach to obesity was very influential, with some attributing a metabolic origin. Years later, in 1994, leptin was discovered in the mouse, and subsequent studies related this peptide, synthesized mainly in adipose tissue, to body fat, the size of adipose cells, the functions of regulating food intake, and the body's energy balance. This

becomes particularly important, considering, among other factors, that serum leptin levels are much higher in obese people with body mass index (BMI) above 30 than in people of average weight. Thus, the circulating levels of leptin are much higher in obese people with body mass indexes (BMI) above 30 than in people of average weight. Thus, circulating leptin levels in the blood increase as body fat increases²⁰⁻²².

In the present 21st century, the multifactorial orientation of obesity stands out since this disease only has a predominantly endocrine or genetic origin in a minority of people, and the factors of imbalance between energy consumption and expenditure from uncontrolled food intake prevail.

Obesity and overweight. World prevalence

The geometric progression that characterizes the increase of obesity and overweight in the adult population requires multidisciplinary attention, in which physical activity is a fundamental pillar of its prevention and treatment. According to the World Health Organization (WHO), obesity is the most frequent chronic non-communicable disease, and overweight is its precursor. Its March 2011 report defines it as an "abnormal or excessive accumulation of body fat that can be harmful to health." Globally, there are more than 1 billion overweight adults, and according to this source, by 2015, the figure will reach 3 billion²³.

Obesity was considered a worldwide epidemic by the World Health Organization (WHO) in 1998 because globally, there are over one billion overweight adults, and at least 300 million are obese. It affects children and adults, especially women, both in developed and developing countries; in the latter, there is a "double burden of disease" or face a double challenge, obesity along with malnutrition problems. This "double burden" is a consequence of several factors, among which the modification of eating patterns and lifestyles due to migration to urban areas, demographic changes and the decrease in physical activity stand out²⁴.

It was not until 1999 that the Milan Declaration was published, in which the countries belonging to the European Union assumed that obesity constitutes a fundamental disorder from which comorbidities of all kinds (cardiac, rheumatological, digestive, endocrine, etc.) develop. In 2002, the World Health Organization, in its resolution WHA 55.23, developed the Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health, which was approved by the member states in May 2004 (Resolution WHA 57.17), at which time obesity was labeled as the "epidemic of the 21st century"²⁵.

In Latin American countries, there are worrying levels of obesity and overweight prevalence²⁶, as shown in Table 1.

Other countries also report high and worrying levels of obesity 26-28 (see Table 2).

Social changes and sedentary lifestyles

Several social influences are driving the environmental changes implicated in the obesity epidemic. These include modernization, increasing urbanization, scientific and technical development, and changes in types of employment. Although these factors are considered social advances, they have also caused negative changes, such as urban overcrowding and the breakdown of traditional family values. In most countries, urbanization has significantly affected physical activity levels. It has led to lower consumption of complex carbohydrates and higher levels of fat and animal products, more sugar, more processed food and more food consumed outside the home²⁹.

Country	% Obesity	% Overweight	% Total
Ecuador	14.2	36.7	50.9
Venezuela	26.3	34	60.3
Peru	17.5	34.7	52.2
Cuba	15	29.8	44.8
Colombia	25.3	38.8	64.1
Argentina	19.2	32.6	51.8
Brazil	20.9	32.7	53.6
Uruguay	27.6	37.2	64.8

Table 1. Prevalence of overweight and obesity in some Latin American countries²⁶.

Country	% Obesity
Canada	20.2
Spain	16.9
Letonia	21.3
Hungria	21.2
United Kingdom	24.9
Australia	28

Table 2. Prevalence of overweight and obesity in other countries of the world²⁶⁻²⁸.

Significant variations in the structure of the type of jobs worldwide have occurred, with a massive shift towards jobs that require less physical exercise. In developing countries, there has been a shift in recent years towards knowledge-based employment that is much less dependent on physical activity. Jobs have become less physically demanding, and the proportion of people working in agriculture, services and industry is declining, as is the type of work performed in most occupations. The increasing use of automated transportation, technological advances in the performance of household chores, and the search for more idle ways to spend leisure time have also contributed to sedentary lifestyles. Thus, the increase in the number of hours spent in front of the computer or television and the decrease in the use of bicycles as a means of transportation are clear examples that explain the persistent change in the energy balance that favors the prevalence of obesity³⁰.

There are already identified groups at increased risk of weight gain and obesity due to biological, genetic, lifestyle, etc. These include a family history of obesity, smoking cessation, excessive alcohol consumption, some pharmacological treatments, certain diseases and changes in social circumstances.

Consequences of obesity

A higher frequency of obesity is described in people with ischemic heart disease. There is no doubt that in the obese, and particularly in those with morbid obesity or with abdominal predominance, other additional risk factors are

associated, such as arterial hypertension, type 2 diabetes mellitus (non-insulin-dependent), insulin resistance and hyperinsulinism, dyslipidemia (alterations in blood fats), among others, which are closely related to the development of accelerated atherosclerosis and all its consequences.

Multiple national and international studies have shown that arterial hypertension is associated with obesity (particularly abdominal obesity), advanced age and decreased physical activity. The prevalence of arterial hypertension can reach figures close to 80% in the obese population³¹⁻³³.

The accelerated atherosclerosis observed in obese people explains why obese people frequently develop cerebral infarction or cerebral hemorrhages, severe situations that can endanger the patient's life. Obesity compromises venous circulation, which favors the development of edema and varicose veins of the lower limbs, as well as hemorrhoids and thromboembolic disease of the lower limbs and vena cava³⁴.

Obesity can compromise respiratory function, a compromise that is greater the more severe the obesity. In obese individuals, a decrease in lung volume is usually confirmed. In people with morbid (severe) obesity, there is hypoventilation of the pulmonary alveoli, which predisposes to pulmonary infections, breathing difficulties, drowsiness, and increased concentration of carbon dioxide (CO₂) in the blood. The latter can cause a state of acidosis and favor the development of congestive heart failure³⁵.

The strong correlation between obesity and type 2 (non-insulin-dependent) diabetes is well known. Obesity is

the most potent known risk factor for developing type 2 diabetes. The severity and duration of obesity are two important considerations. Obesity contributes to the development of diabetes by promoting insulin resistance. Resistance has significant pathophysiological effects on the development of type 2 diabetes, hypertension and metabolic syndrome³⁶.

The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism study clearly states these complex consequences³⁷ (see Figure 1).

Studies conducted in the United States³⁸⁻⁴⁶ identified some determinants and consequences of obesity. Weight gain and overweight or obesity were shown to be significant risk factors for type 2 diabetes, cardiovascular disease, certain cancers and premature death. Cohorts have elucidated the role of dietary and lifestyle factors in obesity, especially sugar-sweetened beverages, poor diet quality, and physical inactivity. Genome-wide association and gene-lifestyle interaction studies have shown that genetic factors predispose to obesity but that this susceptibility can be attenuated by healthy lifestyle choices (see Figure 2).

The pathology of obesity produces a myriad of health-related problems. These health-related problems can be attributed to either the increased mass of fat or the increased release of peptides from enlarged fat cells. CVD, Cardiovascular disease; GBGB, gallbladder.

In the skin of obese people, different alterations can be frequently observed, among which are acanthosis nigricans (blackish spots in regions of the body where there are folds, e.g., neck, armpit), hirsutism (an increase of body hair in unusual areas), intertrigo (infections usually caused by fungi in areas of folds, furunculosis, plantar calluses due to excess weight and multiple papillomas. As a result of the increase in body weight, the joints may be compromised. It is common in these individuals to confirm osteoarthritis of the knees and spine, a higher frequency of heel spurs, and hip disorders (coxavara, epiphysiolysis of the femoral head). In those with postural defects, these are often aggravated (flat feet, scoliosis, varus genus)^{47,48}.

Endometrial, breast, colon and gallbladder cancer incidence is increased in obese women. Obese men suffer more colon and prostate cancer when compared to non-obese people. A higher risk of obstetric complications has been described in obese women, including toxemia,

arterial hypertension, gestational diabetes, prolonged labor and frequent cesarean sections⁴⁹.

Psychosocial problems These disorders are more relevant the more significant the severity of obesity. The deterioration of self-image and difficulties in social communication should be highlighted. Not infrequently, these people are socially and economically discriminated against and, therefore, have more significant abstention from work. Depending on the degree of obesity, the mobility of these people may be compromised. The above can make these people more susceptible to developing psychoneurotic states⁵⁰.

Conclusions

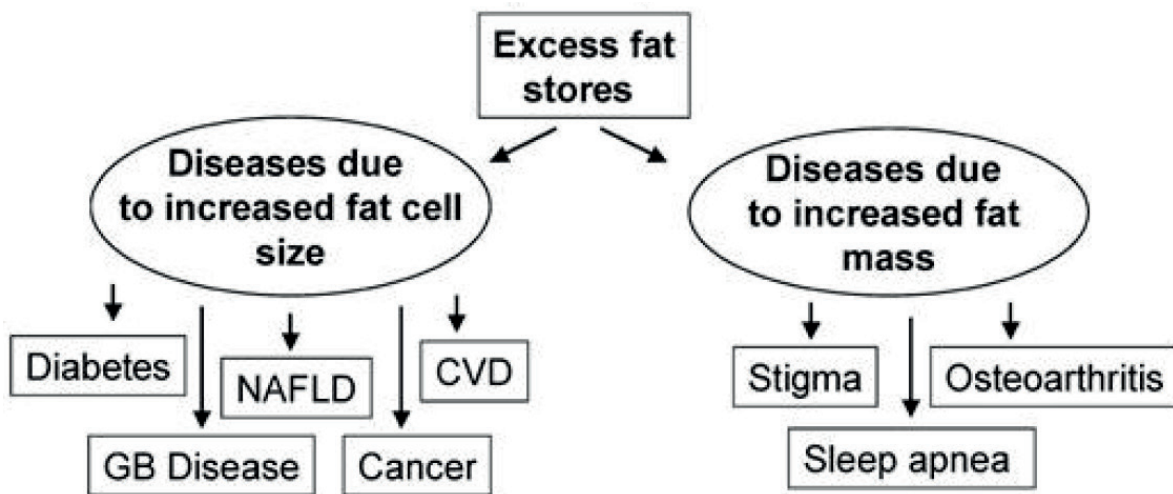
Obesity is a severe social health problem since it affects many people worldwide, and only through scientific and technological development can it be adequately treated, diagnosed and prevented. Despite the great variety of existing anthropometric indicators to diagnose obesity in adults, all of them have difficulties with their application and generalization. It is, therefore, necessary to develop research to validate new indicators adjusted to the characteristics of the population being evaluated.

Author Contributions

A short paragraph specifying their contributions must be provided for research articles with several authors. The following statements should be used: "Conceptualization, YRRYRR; methodology, YRRYRR; software, MOPMOP; validation, YRRYRR, and MOPMOP; formal analysis, YRRYRR and BLGBLG; investigation, YRRYRR; resources, FMLFML; data curation, MOPMOP; writing—original draft preparation, YRRYRR and MOPMOP; writing—review and editing, YRRYRR; visualization, MOPMOP; supervision, YRRYRR; project administration, YRRYRR All authors have read and agreed to the published version of the manuscript." Please turn to the CRediT taxonomy for the term explanation. Authorship must be limited to those who have contributed substantially to the work reported.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.



Note: GBGB disease: gallbladder disease. CVD: cardiovascular disease. NAFLD: non-alcoholic fatty liver disease.

Figure 1. Some health consequences of obesity³⁷.

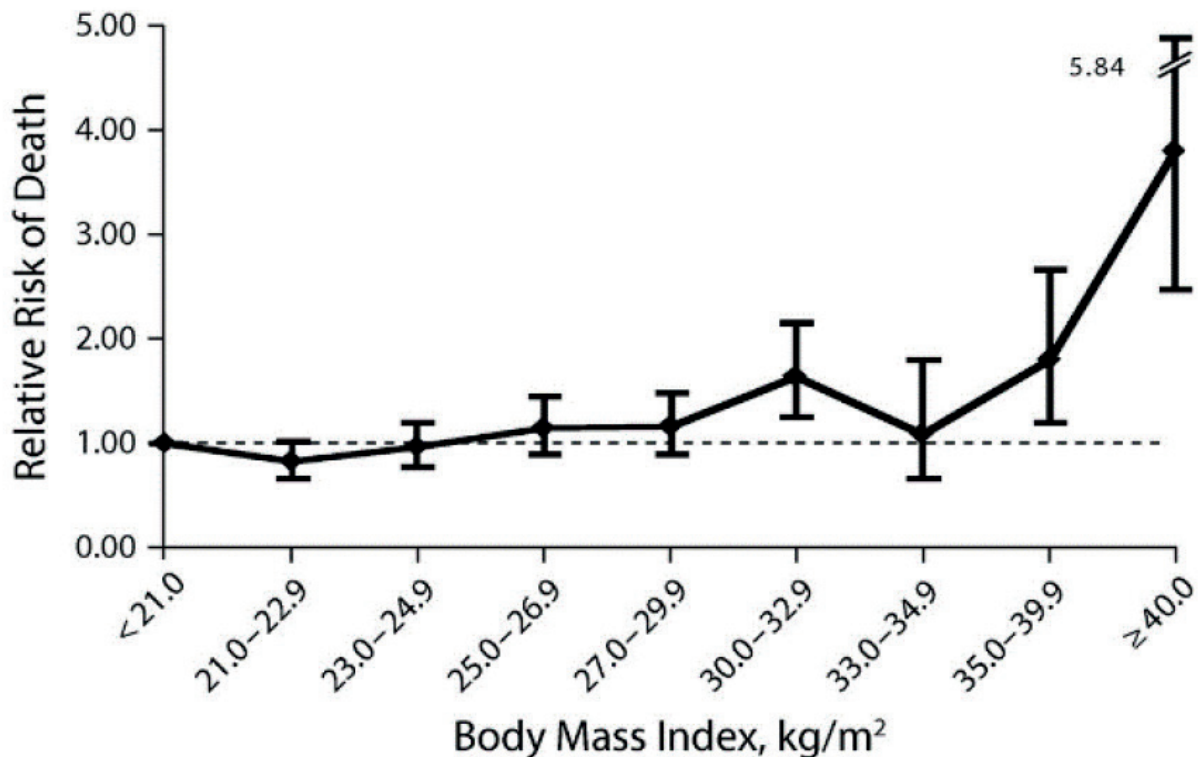


Figure 2. The relative risk of death from different causes according to body mass index in the United States³⁸.

Bibliographic references

- Organización Mundial de la Salud. [Internet]. Washinton; 2022-03 [actualizado 2023 may 12]. Disponible en: <http://www.who.org/>.
- Pérez Moreno J, de la Mata Navazo S, López-Herce Arteta E, Tolín Hernani M, González Martínez F, González Sánchez MI, Rodríguez Fernández R. Influencia del estado nutricional en la evolución clínica del niño hospitalizado. *An Pediatr (Engl Ed)*. 2019;91(5):328-335.
- Rubio MA, Salas-Salvado J, Barbany M, Moreno B, Aranceta J, Bellido D, et al. Consenso SEEDO 2007 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. *Rev Esp Obes*. 2007; 7-48
- Saraf-Bank S, Ahmadi A, Paknahad Z, Maracy M, Nourian M. Effects of curcumin on cardiovascular risk factors in obese and overweight adolescent girls: a randomized clinical trial. *Sao Paulo Med J*. 2019 Sep-Oct;137(5):414-422.
- Lim LL, Seubsman SA. Validity of self-reported abdominal obesity in Thai adults: A comparison of waist circumference, waist-to-hip ratio and waist-to-stature ratio. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2010; 14(4).
- Lean, EJEJ. Waist circumference as a measure for indicating the need for weight management, *BMJBMJ*. 1995; 311:158-161.
- Silveira EA, Mendonça CR, Delpino FM, Souza GVE. Sedentary behavior, physical inactivity, abdominal obesity and obesity in adults and older adults: A systematic review and meta-analysis. *Clinical nutrition ESPEN*. 2022; 50: 63-73.
- Donini LM, Busetto L, Bischoff SC, Cederholm T, Ballesteros-Pomar MD, Batsis JA, Barazzoni R. Definition and diagnostic criteria for sarcopenic obesity: ESPEN and EASO consensus statement. *Obesity facts*. 2022; 15(3): 321-335.
- Romain AJ, Marleau J, Baillot A. Association between physical multimorbidity, body mass index and mental health/disorders in a representative sample of people with obesity. *J Epidemiol Community Health*. 2019; 73(9): 874-880.
- Gómez-del-Río N, González-González CS, Toledo-Delgado PA, Muñoz-Cruz V, García-Peñalvo F. Health promotion for childhood obesity: An approach based on self-tracking of data. *Sensors*. 2020; 20(13): 3778.
- Sasaki E, Ota S, Chiba D, Kimura Y, Sasaki S, Yamamoto Y, Ishibashi Y. Early knee osteoarthritis prevalence is highest among middle-aged adults with obesity based on a new set of diagnostic criteria from a large sample cohort study in the Japanese general population. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2020; 28: 984-994.
- Tutunchi H, Ebrahimi-Mameghani M, Ostadrahimi A, Asghari-Jafarabadi M. What are the optimal cut-off points of anthropometric indices for prediction of overweight and obesity? Predictive validity of waist circumference, waist-to-hip and waist-to-height ratios. *Health promotion perspectives*. 2020; 10(2): 142.
- Rubino D, Abrahamsson N, Davies M, Hesse D, Greenway FL, Jensen C, Lingvay I, Mosenzon O, Rosenstock J, Rubio MA, Rudofsky G, Tadayon S, Wadden TA, Dicker D; STEP 4 Investigators. Effect of Continued Weekly Subcutaneous Semaglutide vs Placebo on Weight Loss Maintenance in Adults with Overweight or Obesity: The STEP 4 Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2021 Apr 13;325(14):1414-1425.
- Zaki M, Robaayah Z. Malaysia Shape of the Nation: a primary care-based study of abdominal obesity in Malaysia. *B. Med J Malaysia*. 2010; Jun; 65 Suppl A: 143-9.
- Patil VC, Parale GP. Generalized and abdominal adiposity are important risk factors for chronic disease in older people: results from a nationally representative survey. *J Nutr Health Aging*. 2011; 15(6):469-78.
- Molina-Luque R, Romero-Saldaña M, Álvarez-Fernández C, Rodríguez-Guerrero E, Hernández-Reyes A, Molina-Recio G. Waist to Height Ratio and Metabolic Syndrome as lung dysfunction predictors. *Sci Rep*. 2020 Apr 29;10(1):7212.
- Vaquero-Álvarez M, Molina-Luque R, Fonseca-Pozo FJ, Molina-Recio G, López-Miranda J, Romero-Saldaña M. Diagnostic Precision of Anthropometric Variables for the Detection of Hypertension in Children and Adolescents. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Jun 19;17(12):4415.
- Han TS. Waist circumference predicts intra-abdominal fat better than waist-to-hip ratio in women. *Proc Nutrition Soc*. 1995; 54:152.
- Poletto JE, Rizzo DT, Almeida AMN, Cândido EC, Cazzo E, Chaim ÉA. Evolution of anthropometric data and quality of life in active bariatric individuals. *Rev Assoc Med Bras*. 2021 Sep;67(9):1274-1278.

20. Żurawiecka M, Wronka I. Association between age at menarche and body mass index, waist circumference, waist to hip ratio, and waist to height ratio in adult women. *Am J Hum Biol.* 2021 Nov;33(6): e23523.
21. Özkaya İ. Nutritional status of the free-living elderly. *Cent Eur J Public Health.* 2021 Mar;29(1):68-75.
22. Booth ML, Hunter C. The relationship between body mass index and waist circumference: implications for estimates of the population prevalence of overweight. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2000; Aug;24(8):1058-61
23. Hsieh T. La relación cintura y estatura como simple índice antropométrico para identificar riesgo metabólico, *Internac J of Obesity.* 2003; 27(5): 610-616
24. Shao J, Yu L. Waist-to-height ratio, an optimal predictor for obesity and metabolic syndrome in Chinese adults. *J Nutr Health Aging.* 2010; Nov;14(9):782-5.
25. Wei J, Liu X, Xue H, Wang Y, Shi Z. Comparisons of Visceral Adiposity Index, Body Shape Index, Body Mass Index and Waist Circumference and Their Associations with Diabetes Mellitus in Adults. *Nutrients.* 2019 Jul 12;11(7): 1580.
26. Hernández-Rodríguez J, Domínguez YA, Moncada-Espinal OM. Prevalencia y tendencia actual del sobrepeso y la obesidad en personas adultas en el mundo. *Rev cubana Endocrinol.* 2019; 30(3): e193. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-29532019000300009&lng=es.
27. Colectivo de autores. II Consenso Latinoamericano de Obesidad 2017. Federación Latinoamericana de Sociedades de Obesidad. [Internet] 2017 [citado 30/05/2017]; 144 págs. Disponible en: <http://fliphtml5.com/hvov/cxpr/basic>
28. World Obesity Federation. World Obesity Atlas 2023. <https://data.worldobesity.org/publications/?cat=19>
29. Rosales Ricardo Y. Evaluaciones antropométricas en mujeres obesas. Saarbrücken. Editorial Académica Española; 2011.
30. Bojanic D, Ljubojevic M, Krivokapic D, Gontarev S. Waist circumference, waist-to-hip ratio, and waist-to-height ratio reference percentiles for abdominal obesity among Macedonian adolescents. *Nutr Hosp.* 2020 Aug 27;37(4):786-793.
31. He YH, Chen YC. Evaluation of anthropometric indices for metabolic syndrome in Chinese adults aged 40 years and over. *Eur J Nutr.* 2011; Apr 11.
32. Kulkarni PM, Patil HV. Relation of anthropometric variables to coronary artery disease risk factors. *Indian J Endocrinol Metab.* 2011; Jan; 15(1):31-7.
33. Zhang FL, Ren JX, Zhang P, Jin H, Qu Y, Yu Y, Guo ZN, Yang Y. Strong Association of Waist Circumference (WCWC), Body Mass Index (BMIBMI), Waist-to-Height Ratio (WHR), and Waist-to-Hip Ratio (WHRWHR) with Diabetes: A Population-Based Cross-Sectional Study in Jilin Province, China. *J Diabetes Res.* 2021; 2021:8812431.
34. Oumer A, Ale A, Tariku Z, Hamza A, Abera L, Seifu A. Waist-to-hip circumference and waist-to-height ratio could strongly predict glycemic control than body mass index among adult patients with diabetes in Ethiopia: ROCROC analysis. *PLoS One.* 2022 Nov 9;17(11): e0273786.
35. Shao J, Yu L. Waist-to-Height Ratio, an Optimal Predictor for Obesity and Metabolic Syndrome in Chinese Adults. *J Nutr Health Aging.* 2010; 14(9):782-5.
36. Rakesh M. Limit your waist size to half of your height. *Indian J Endocrinol Metab.* 2011; Jul-Sep; 15(3): 228–229.
37. George AB. Medical Consequences of Obesity. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism.* 2004; 89 (6): 2583–2589. <https://doi.org/10.1210/jc.2004-0535>
38. Hruby A. Determinants and Consequences of Obesity. *American Journal of Public Health.* 2016; 106(9): 1656-1662. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2016.303326>
39. Demeulemeester F, de Punder K, van Heijningen M, van Doesburg F. Obesity as a risk factor for severe COVID-19 and complications: a review. *Cells.* 2021; 10(4): 933.
40. Raud B, Gay C, Guiguet-Auclair C, Bonnin A, Gerbaud L, Pereira B, Coudeyre E. Level of obesity is directly associated with the clinical and functional consequences of knee osteoarthritis. *Scientific reports.* 2020; 10(1): 3601.
41. Hong SH, Choi KM. Sarcopenic obesity, insulin resistance, and their implications in cardiovascular and metabolic consequences. *International journal of molecular sciences.* 2020; 21(2): 494.
42. Jastreboff AM, Kotz CM, Kahan S, Kelly AS, Heymsfield SB. Obesity as a disease: the obesity society 2018 position statement. *Obesity.* 2019; 27(1): 7-9.
43. Pilon, N. J., Loos, R. J., Marshall, S. M., & Zierath, J. R. (2021). Metabolic consequences of obesity and type 2 diabetes: Balancing genes and environment for personalized care. *Cell*, 184(6), 1530-1544.
44. Hojjat, T. A., & Hojjat, T. A. (2021). Consequences of Obesity. *The Economics of Obesity: Poverty, Income Inequality, and Health*, 21-26.
45. Endalifer, M. L., & Diress, G. (2020). Epidemiology, predisposing factors, biomarkers, and prevention mechanism of obesity: a systematic review. *Journal of Obesity*, 2020.
46. Tsatsoulis, A., & Paschou, S. A. (2020). Metabolically healthy obesity: criteria, epidemiology, controversies, and consequences. *Current obesity reports*, 9, 109-120.
47. Lee HS, Lee J. Influences of Ketogenic Diet on Body Fat Percentage, Respiratory Exchange Rate, and Total Cholesterol in Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2021 Mar 12;18(6):2912.
48. Bergman R. A better index of body adiposity. *Obesity*, 2011; 9(5).
49. Durá-Travé T, Gallinas-Victoriano F, Malumbres Chacón M, Moreno González P, Ahmed-Mohamed L, Urretavizcaya-Martínez M. Reference values of fat mass index and fat-free mass index in healthy Spanish adolescents. *Nutr Hosp.* 2020 Oct 21;37(5):902-908.
50. Kocaadam-Bozkurt B, Karaçil Ermumcu MŞ, Erdoğan Gövez N, Bozkurt O, Akpınar Ş, Mengi Çelik Ö, Köksal E, Acar Tek N. Association between adherence to the Mediterranean diet with anthropometric measurements and nutritional status in adolescents. *Nutr Hosp.* 2023 Apr 20;40(2):368-376.

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Acompañamiento al paciente en estado crítico percepción del familiar/cuidadores sobre puertas abiertas

Accompanying the critically ill patient family/caregiver's perception of open doors

Jenifer Triviño, Silvia Curi, Maricelys Jimenez, Alisson Muñoz, Priscila Herrera*

DOI. 10.21931/RB/2023.08.03.16

Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Santo Domingo, Escuela de enfermería, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

Corresponding author: mjimenez@pucesd.edu.ec

Abstract: The objective of this study was to analyze the perception of family members/caregivers on the accompaniment of the critically ill patient in the intensive care unit. It had a qualitative approach a descriptive study method, with a phenomenological approach. Ten family members of patients admitted to the Unit participated in the study, employing non-probabilistic sampling by convenience and category saturation. The instrument was a semi-structured interview. Colaizzi's method was used. Results: 4 categories emerged: perception of family/caregivers on the accompaniment of the critically ill patient in the intensive care unit, elements that benefit an open-door ICU for the patient, family and health personnel, outstanding aspects that would improve communication between the critically ill patient and the family with an open-door ICU, elements that limit the use or usefulness of open doors in intensive care units. Final considerations: Proper education and communication with the family members will make the ICU stay more pleasant, reduce the stress levels of the patient and companion, and motivate the nurse to recover. To open the doors of the ICU, it is necessary to train the professionals and the family members to guarantee patient safety.

Key words: Medical care, patient, health.

Resumen: El objetivo de este estudio fue analizar la percepción de los familiares/cuidadores sobre el acompañamiento del paciente crítico en la unidad de cuidados intensivos. Tuvo un abordaje cualitativo un método de estudio descriptivo, con enfoque fenomenológico. Participaron en el estudio diez familiares de pacientes ingresados en la Unidad, empleando muestreo no probabilístico por conveniencia y saturación de categorías. El instrumento fue una entrevista semiestructurada. Se utilizó el método de Colaizzi. Resultados: Surgieron 4 categorías: percepción de la familia/cuidadores sobre el acompañamiento del paciente crítico en la unidad de cuidados intensivos, elementos que benefician una UCI de puertas abiertas para el paciente, la familia y el personal sanitario, aspectos destacables que mejorarían la comunicación entre el paciente crítico y la familia con una UCI de puertas abiertas, elementos que limitan el uso o utilidad de las puertas abiertas en las unidades de cuidados intensivos. Consideraciones finales: Una adecuada educación y comunicación con los familiares hará más agradable la estancia en la UCI, reducirá los niveles de estrés del paciente y acompañante y motivará la recuperación de la enfermera. Para abrir las puertas de la UCI es necesario formar a los profesionales y a los familiares para garantizar la seguridad del paciente.

Palabras clave: Cuidados médicos, paciente, salud.

Introducción

Las Puertas abiertas en unidades de cuidados intensivos (UCI) tienen ante sí el enorme reto en un mundo caracterizado por la globalización impulsada por notables cambios que permitan visibilizar las necesidades afectadas tanto potenciales como reales del paciente, familia y personal de salud. De ahí se hace necesario la incorporación de la familia en los cuidados al paciente teniendo en cuenta las condiciones clínicas del mismo permitiendo así, la ayuda hacia el paciente que se encuentra alejado de su medio, esta cercanía del cuidador/ familiar favorece al paciente para su pronta recuperación e incorporación a la sociedad. En este contexto, las puertas abiertas en las unidades de cuidados intensivos a nivel mundial permiten una transformación del medio, tanto de los hábitos y la formación del personal para dar paso al cambio que se necesita para per-

mitir al paciente, familiar y profesional beneficiarse de las puertas abiertas¹.

Además, el acompañamiento de los pacientes ingresados en la UCI es de 12 horas, favoreciendo así tanto al paciente, familiares y personal de salud. Cabe señalar que el ingreso de los familiares a esta unidad se rige por protocolos y normas de políticas de visitas controlado por los líderes del servicio para una atención de calidad^{2,3}.

Desde otra mirada, hoy es un hecho el cambio de las normativas relacionado a las visitas en las unidades de cuidados intensivos, rompiendo con los paradigmas de las puertas cerradas; es ineludible que el acompañamiento familiar/paciente simboliza un papel muy importante e imprescindible dentro de este servicio siendo valorada por este sujeto, cabe señalar que el profesional de la salud re-

Citation: Triviño J, Curi S, Jimenez M, Muñoz A, Herrera P. Acompañamiento al paciente en estado crítico percepción del familiar/cuidadores sobre puertas abiertas. *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 16. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.16>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** 15 July 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



conoce la no aceptación de este acompañamiento⁴.

Por otro lado, en México la visión de las UCI abiertas, demuestran que existen pocos conocimientos en cuanto a organización y diseños establecidos, siendo esto un obstáculo para establecer horarios de visitas dirigidos a la familia del paciente en estado crítico, a diferencia de otros países como España que el régimen de visitas es controlado con instrucciones de UCI abierta y la familia es incorporada en los cuidados del paciente⁵.

Los aspectos descritos se hacen más concretos al considerar a la familia como protagonista en el proceso del cuidado, para que esta tenga la oportunidad de participar en la recuperación del paciente en estos servicios, sin embargo, para lograr tal cometido se requiere de una preparación centrada en la seguridad del paciente, fortaleciendo la preparación del familiar con la finalidad de evitar riesgos de eventos adversos, infecciones cruzadas y alteraciones emocionales como angustia, ansiedad, estrés y depresión, a lo que se denomina síndrome de cuidados intensivos. Al profundizar en dicha denominación, los cuidados brindados son sucesos dolorosos para el paciente, familia y personal de salud; causando malestares emocionales como la angustia, miedo, estrés, depresión e incertidumbre, inducido por la convivencia y vivencia en esta área hospitalaria⁶.

Ante lo antes expuesto, es preciso reconocer que para la incorporación del acompañante a los cuidados del paciente en estado crítico se hace necesario una preparación del personal de la salud para brindar apoyo emocional, familiar y social que respondan a las alteraciones emocionales del paciente y la familia, donde este profesional sanitario necesita estar formado cognitiva, actitudinal y procedimentalmente.

Cabe destacar que las consideraciones y resultados delineados, motivaron a las autoras del presente proyecto a plantear la siguiente reflexión ¿Será beneficioso que el familiar del paciente crítico hospitalizado en UCI, participe en los cuidados de este paciente por el estado del mismo? Y emergieron los siguientes objetivos: 1. Analizar la percepción de los familiares/cuidadores sobre el acompañamiento al paciente en estado crítico en la unidad de cuidados intensivos. 2. Determinar los beneficios que brinda una UCI de puertas abiertas al paciente, familiar y personal de salud. 3. Analizar los aspectos relevantes que mejorarían la comunicación entre el paciente crítico y el familiar con una UCI de puertas abiertas. 4. Identificar los elementos que limitan el empleo o la utilidad de las puertas abiertas en las unidades de cuidados intensivos. Es trascendental considerar la apreciación del familiar en relación a las unidades de cuidados intensivos, ya que, ellos lo perciben como lugares que crean temor, incertidumbre, ansiedad, debido a que no son agradables para el paciente, familiar/acompañante, por lo que genera preocupación ante el estado crítico del paciente⁷.

Materiales y métodos

La presente investigación es de enfoque cualitativo, la cual accedió a las herramientas metodológicas involucradas en las experiencias de las personas que posibilitan brindarle un significado a las mismas. En este sentido, la real existencia social abordada en este tipo de investigación da respuesta a argumentos propios donde no se puede cuantificar las experiencias del hombre como un ser biopsicosocial; y volver a fabricar sus aspiraciones, motivaciones

de manera teórica⁸. El método de estudio que se utilizó en la presente investigación fue descriptivo con una aproximación fenomenológica, dado que este tipo de investigación permite describir las particularidades de la población a estudiar durante un tiempo determinado, estableciéndose una guía de preguntas previamente formuladas; orientadas al sujeto de la investigación⁹.

El escenario del estudio se desarrolló en un contexto natural en el hogar de los entrevistados, pudiéndose observar los diferentes comportamientos y actitudes de los familiares de los pacientes hospitalizados en estado crítico. En este sentido, el escenario donde se desarrolló la entrevista debe de cumplir con requisitos como un ambiente de privacidad, libre de ruidos, luminoso, y confortable para que el entrevistado se sienta seguro, tranquilo de poder compartir sus vivencias del fenómeno de estudio¹⁰.

En el presente estudio se involucraron a los familiares de los pacientes hospitalizados en la sala de Unidad de Cuidados Intensivos, donde se consideró una muestra de 10 personas. Para la obtención de la información se aplicó como instrumento la entrevista semiestructurada, técnica considerablemente flexible en relación a las entrevistas estructuradas, por lo que se realizan preguntas que permiten al investigador responder con libertad sus criterios y le da la posibilidad al investigador de indagar más del tema si así lo decide, sin la necesidad de tener que elegir una respuesta cerrada como sucede en las entrevistas estructuradas¹¹.

Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia y saturación de categorías, debido a que dicho muestreo hace énfasis al grupo seleccionado para un estudio el cual es tomado de aquellos asequibles y que permiten al investigador realizar un estudio. No obstante, la saturación de categorías consiste en realizar investigaciones hasta agotar las búsquedas de nuevas respuestas a un tema planteado, sin embargo, menciona que siempre quedará algo más por descubrir al finalizar una investigación^{12,13}.

En el análisis de las descripciones se utilizó el método de Colaizzi donde la primera actividad fue la lectura y relectura de las transcripciones producto de las entrevistas, se fragmentaron los testimonios más significativos, de manera manual mediante el programa Microsoft Office Word, versión 2016; Luego se realizó la interpretación de las diferentes declaraciones, a través de un lenguaje EMIC, que permitió obtener las unidades de análisis temáticas, teniendo en cuenta el análisis de lenguaje de acentuación de las palabras ETIC. Seguidamente se reagruparon los significados en convergentes y divergentes estableciéndose una codificación colorimétrica, abierta, inductiva o a posteriori; permitiendo la identificación y formulación de las categorías para comprender las características generales del fenómeno de estudio, igualmente las vivencias de los participantes se deben tener en cuenta y vincularlos al problema de estudio^{14,16}.

Para facilitar el análisis, de los datos obtenidos se utilizó el software ATLAS. ti, se fragmentaron los testimonios de los participantes, a partir de la representación de la nube de palabras se evidenció que el rango semántico de las palabras repetidas fueron: cuidados, paciente, salud, comunicación, sentimientos, familiar, puertas abiertas, esta nube permitió que la interpretación sea más clara y precisa; asimismo, permitió generar una frecuencia de palabras, siendo las de mayor frecuencia: familiar, paciente, cuidados, salud.

Resultados

Sobresalen los testimonios de los participantes que comparten vivencias de su realidad. Consecutivamente de la lectura de las entrevistas se procedió a seccionar los textos que emergieron de los objetivos del estudio manteniendo el lenguaje de los participantes EMIC/ ETIC, de esta manera se realizó el proceso de codificación y colorimetría en base a lo convergente y lo divergente.

A consecuencia, se realizó el análisis temático productivo y atractivo en la expectativa sobre la UCI puertas abiertas, donde emergieron las siguientes categorías empíricas:

Discusión

El análisis de los testimonios de los participantes posibilitó la confección de las categorías, donde las principales reconocidas fueron las siguientes:

1. Percepción de los familiares/cuidadores sobre el acompañamiento al paciente en estado crítico en la unidad de cuidados intensivos. Los familiares perciben realidades sobre el acompañamiento al paciente en estado crítico, siendo una necesidad real que brinda una mayor confianza y seguridad. Los testimonios de los mismos tienen matices que develan la existencia de una necesidad de cambio en

Número de código	Color	Significado
C1	Amarillo	Percepción de los familiares del paciente crítico sobre Unidad de Cuidados Intensivos puertas abiertas
C2	Verde lima	Preocupación del familiar ante la condición crítica del paciente
C3	Turquesa	Relación del equipo de salud/paciente y familiar
C4	Fucsia	La familia involucrada en el cuidado del paciente
C5	Azul	Beneficios de las puertas abiertas
C6	Verde azulado	Necesidad de afecto del ser cuidado/cuidador
C7	Verde	Cuidado humanizado
C8	Gris 25%	Limitaciones de las UCI puertas abiertas
C9	Oliva	Privacidad y confort del paciente

Tabla 1. Matriz de análisis: codificación.

Categorías	Subcategorías
Percepción de los familiares/cuidadores sobre el acompañamiento al paciente en estado crítico en la unidad de cuidados intensivos.	Propuesta para una implementación de UCI puertas abiertas
Elementos que benefician una UCI puertas abiertas al paciente, familiar y personal de salud	
Aspectos destacados que mejoraría la comunicación entre el paciente crítico y el familiar con una UCI de puertas abiertas	
Elementos que limitan el empleo o la utilidad de las puertas abiertas en las unidades de cuidados intensivos	

Tabla 2. Segunda matriz de análisis: Categorías y subcategorías definidas a posteriori.

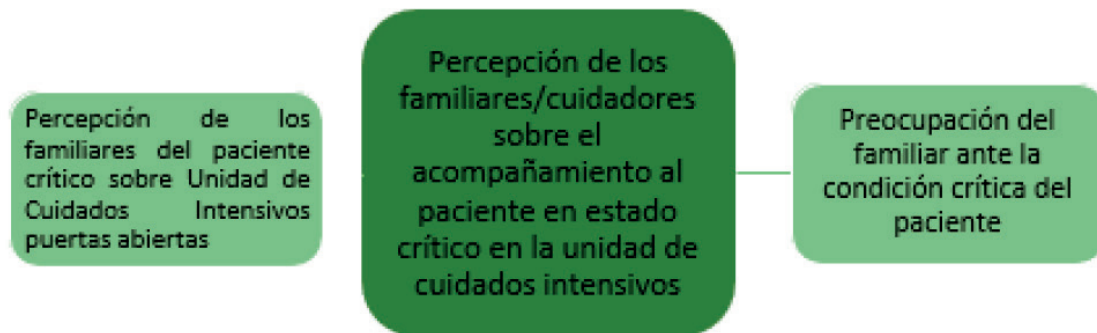


Figura 1. Categoría 1: Percepción de los familiares/cuidadores sobre el acompañamiento al paciente en estado crítico en la unidad de cuidados intensivos. Atlas. Ti 2022.

4

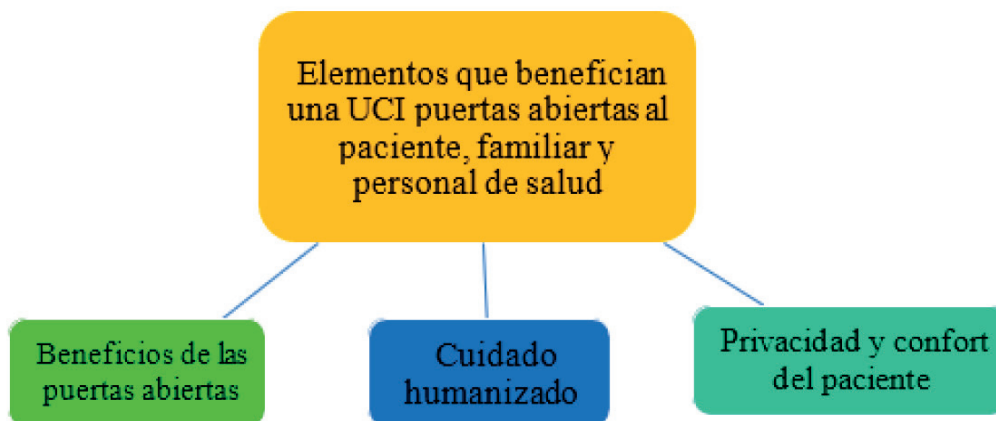


Figura 2. Categoría 2: Elementos que benefician una UCI puertas abiertas. Atlas ti versión 2022.

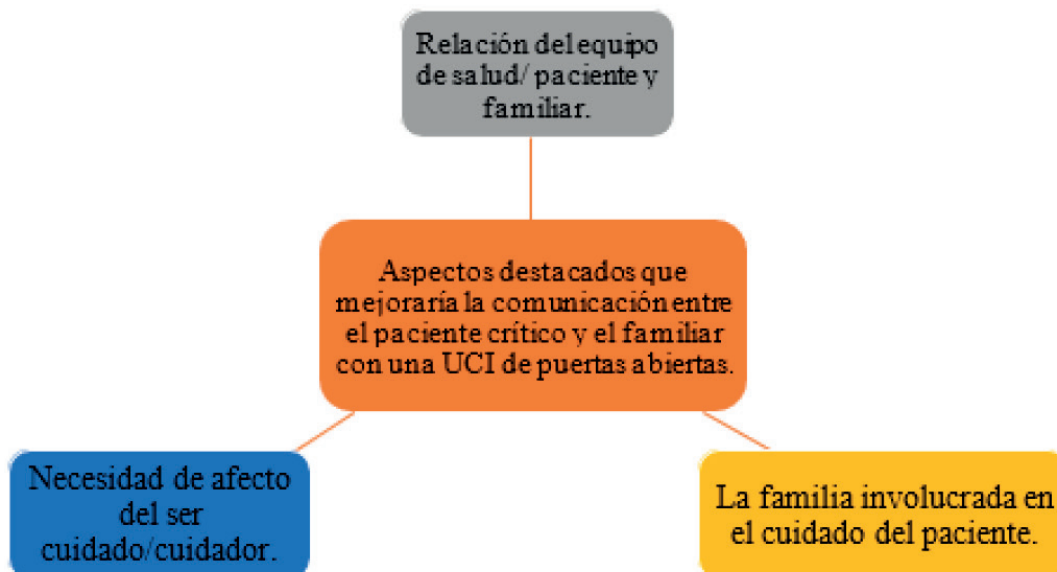


Figura 3. Categoría 3: Aspectos destacados que mejoraría la comunicación entre el paciente crítico y el familiar con una UCI de puertas abiertas. Atlas ti versión 2022.

el personal de salud sobre las visitas no restringidas.

En en toda sociedad la familia es el eslabón fundamental, al ejercer una influencia en el proceso de la salud/enfermedad de sus miembros, la visión de salud familiar ante la enfermedad tiene retos al constituir una excelente realidad para establecer un vínculo afectivo con el fin de fomentar en el enfermero que trabaja con estos pacientes una posición juiciosa en la toma de decisiones en la implementación de UCI de las visitas abiertas donde la presencia del familiar no le vulnera la intimidad, el tiempo para atender a los demás pacientes y el temor al cometer eventos adversos en los cuidados brindados al paciente¹⁷. Llaman la atención

los siguientes testimonios:

“La flexibilidad en las visitas ayudaría en la recuperación del paciente” (F2).

“Mi percepción es que abrir las puertas de la UCI sería un gran beneficio para el personal de salud y los familiares, porque nos permitiría colaborar en los cuidados del paciente, incrementado la satisfacción del personal por este apoyo” (F 5).

“Las puertas abiertas en la unidad de cuidados intensivos permiten un contacto con el paciente, el personal de salud y la familia favoreciendo el acompañamiento para ambos desde la mejora en el estado emocional pudiendo

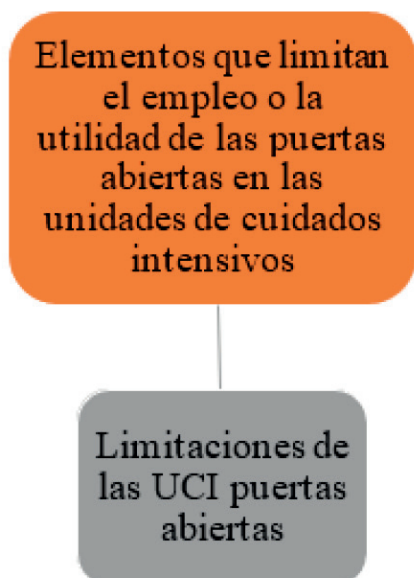


Figura 4. Categoría 4: Elementos que limitan el empleo o la utilidad de las puertas abiertas en las unidades de cuidados intensivos. Atlas ti versión 2022.

acortar la estancia en esta área" (F8).

"Sería muy satisfactorio estar presente en el cuidado de mi familiar, el hecho de ver a mi familiar acostada en una cama me causa mucho sufrimiento y ayudar en su cuidado puede hacerme sentir más segura y hará más llevadero mi dolor; las puertas abiertas de la UCI beneficiarían al familiar y al paciente disminuyendo las preocupaciones y ansiedad" (F10).

Lo antes mencionado coincide con la investigación de Fernández (2015) en la que se resalta la importancia de incluir al familiar dentro del cuidado del paciente crítico ya que ayuda en el tratamiento y recuperación del paciente, asimismo disminuye el estrés e incertidumbre del familiar que no conoce el estado en que se encuentra el paciente; haber vivido las experiencias de los cuidados brindados a puertas abiertas modifica la visión significativamente considerando beneficiosa esta implementación.

2. Elementos que benefician una UCI puertas abiertas al paciente, familiar y personal de salud. En esta dirección el aumento de horas de visitas a 24 horas del día favorecen el acompañamiento al paciente, incluso en situación de muerte imperiosa, reduciendo así el estrés familiar y aumentando el deseo de vivir del paciente que se encuentre en situación de muerte inminente¹⁸. En este sentido se perciben los siguientes relatos:

"Una UCI puertas abiertas necesita de horarios flexibles creo que no existe ninguna razón para que sean restringidos, esto mejora la comunicación con nuestro familiar" (F 4).

"Que nos enseñen cosas de la unidad de cuidados intensivos para poder evitar cualquier error; así ayudamos al enfermero y nosotros cuidamos más a nuestro familiar y no nos contagiamos porque ya conocemos los protocolos que utilizan en el Servicio" (F2).

"La organización de las visitas es un elemento esencial, esto ayuda a que nos explique bien todo y conozcamos el estado de nuestros familiares; necesitamos de enfermeros que nos ayuden y ser guiados" (F8).

"La habilidad que nos propicia cuidar a nuestra familia, nos hace sentir mejor emocionalmente y nos sentimos más satisfechos y estables" (F6).

"Tratando de aprender como cuidan las enfermeras a los pacientes, y así poder estar presto a colaborar en el cuidado y tratamiento de mi familiar" (F3).

Es de suma importancia formar al personal de la salud en cuanto a las UCI de puertas abiertas para facilitar la comunicación con el familiar del paciente hospitalizado en estos servicios, teniendo en cuenta las políticas de visitas, organización de la unidad para satisfacer las necesidades generando bienestar y confort al paciente y familiar, priorizando las demandas emocionales y personales

Otro elemento importante para abrir las UCI, es brindar confort y privacidad al paciente que anhela la presencia del familiar; así como se evidencia en el siguiente relato:

"Deberían diseñar este lugar diferente porque da miedo está lleno de equipos y sonidos, después de haber entrado se quedaron retumbando en mi mente los sonidos de los equipos, mi hermano ha manifestado que no le gusta estar ahí" (F10).

3. Aspectos destacados que mejoraría la comunicación entre el paciente crítico y el familiar con una UCI de puertas abiertas. La interacción entre el personal de salud, paciente y familia es indispensable, pues es el enfermero el encargado de cuidar al paciente, velar por el y brindar atención a la familia al ser el eslabón fundamental en la formación de valores y comportamientos que influye en el proceso de prevención promoción y recuperación de la salud^{19,20}. Todo ello se evidencia en los siguientes relatos:

"Para preguntar por mi familiar debo esperar el horario de información, siento temor de preguntarle al médico porque me habla de una manera que no entiendo, termino más confundida, y espero a un enfermero que siempre tiene más tiempo para explicarme" (F9).

"Necesitamos ser escuchados, poder hablar principalmente con los médicos para que nos puedan devolver la fe y sentir que nuestro familiar se recupera (...) me siento nervioso cada vez que llega la hora de visita, los cristales me afectan mucho pues me separan de lo que más quiero mi madre" (F3).

"Cuando los médicos hablan entre ellos, con términos que no logramos entender, nos causan miedo porque no comprendemos el lenguaje que ellos manejan y esto causa incertidumbre al no saber si mi familiar está mejorando o empeorando" (F7).

"Hoy estuve en el hospital a la espera de información alentadora sobre mi familiar, la cual no pude recibir de manera exacta ya que al momento el médico no fue tan amable al decirme la condición en que se encuentra mi paciente, motivo por el cual quedé con mucha más ansiedad e inseguridad de la evolución de mi esposo" (F5).

"En ocasiones cuando estoy en la sala de espera, esperando que me den información o ver si me dejan visitar a mi familiar, salen los doctores y ni saludan, ese silencio o falta de atención hacia las personas que estamos ahí esperando, me hace sentir mal porque pienso que no valgo o no existo." (F 2).

Cabe expresar que el familiar que tiene un paciente hospitalizado en la unidad de cuidados intensivos en estado crítico necesita de atención al encontrarse en un medio vulnerable con incapacidad de poder establecer una comunicación verbal y no verbal con su familiar, desencadenando reacciones emocionales de dolor, miedo, tristeza, angustia e incertidumbre ante el silencio que se convierte en el compañero de la espera.

4. Elementos que limitan el empleo o la utilidad de las puertas abiertas en las unidades de cuidados intensivos

vos. El personal de la salud que labora en UCI implementando las puertas abiertas, evidencia una gran dificultad de su quehacer por la presencia del familiar, así como el incremento de personas en el área de trabajo que favorece el riesgo de infecciones cruzadas. Cabe expresar la importancia de este nuevo modelo en el que se debe escuchar la solicitud de los familiares con respecto a este cambio por la presencia de algunas discrepancias y percepción del riesgo que traen a las UCI puertas abiertas²¹. A esto responde los siguientes testimonios:

“Uno de los inconvenientes son las autoridades de las instituciones que no crean normativas que permitan la apertura de las UCI” (F 5).

“El inconveniente según mi percepción es el riesgo de contagiar al paciente por alguna bacteria o virus al no tomar las medidas de bioseguridad necesarias al ingresar a la sala” (F9).

En esta categoría los discursos evidenciaron que la mayoría de los participantes aluden carga de trabajo para el personal que labora en esta unidad, no hay privacidad afectando la intimidad de los demás pacientes; así mismo la infraestructura del espacio físico se ve afectado y creando demora en el cumplimiento de los procedimientos diarios sintiéndose observado, controlado y evaluado por el familiar. El aumento de las horas de visitas con las puertas abiertas las 24 horas del día incrementado el estrés del personal por la presencia de este familiar bajo un interrogatorio permanente del porqué de cada accionar, del que cómo y para qué de cada actividad del cuidado interrumpiendo los procedimientos e incrementado la distracción del personal. Al no estar preparado para un nuevo modelo de las UCI puertas abiertas, el personal rechaza la transformación por posibles desventajas y barreras que puedan ocasionar la apertura de la misma.

Subcategoría: Propuesta para una implementación de UCI puertas abiertas. Luego de realizar una lectura de las transcripciones de los testimonios se obtiene que los participantes admiten la existencia de progreso ante este nuevo modelo. Aportando una mejor interrelación entre el equipo médico, paciente y familiar percibiendo un ambiente favorable armónico, con una infraestructura humanizada; liderada por un personal formado capaz de enfrentar los nuevos retos que proporcionan esta transformación en la política de visitas de la UCI. Siendo relevantes los siguientes relatos:

“Se deben elaborar protocolos que direccionen las políticas de estas visitas” (F2).

“Tal vez no aceptemos de manera inmediata la implementación de este nuevo reto siendo necesario que las instituciones admitan que se deben capacitar al personal de salud, pero ellos deben estar preparados ante este nuevo cambio” (F3).

“Implementar en los programas académicos de enfermería de cuidados críticos la temática de UCI de puertas abiertas como estrategia de un cuidado humanizado” (F8)

En este sentido, humanizar los cuidados intensivos es una necesidad, la participación de familiar en UCI puerta abiertas cambia la rutina y el modelo biomédico por un modelo holístico en el que se hace imprescindible el bienestar del paciente y una buena comunicación entre el personal y el familiar; los currículos académicos deben ser actualizados dando solución a los problemas y necesidades identificadas, así como las instituciones deben tomar estrategias de extender a toda las unidades asistencial la importancia de una humanización de los cuidados intensivos siendo estas un camino por recorrer²².

Conclusiones

La presente investigación responde al análisis de la percepción de los familiares/cuidadores sobre el acompañamiento al paciente en las UCI, siendo la primera categoría la que responde al objetivo que visibiliza la importancia del acompañamiento de los familiares a los pacientes en estado crítico contando con una correcta educación de los mismos, puesto que serían personas que servirían de apoyo en la atención y disminuiría la ansiedad que genera en el paciente la presencia del ser querido en esta unidad.

La categoría número dos evidencia los diferentes beneficios que representa abrir las puertas de la UCI en el núcleo familia, paciente y personal de salud; dado que el familiar estará presente y constantemente informado sobre los procedimientos y el estado del paciente, brindará ayuda al personal de salud y le permitirá mejorar su estado emocional. Por otro lado el paciente reducirá sus niveles de estrés, podrá sentir el calor de su hogar en el hospital y se motivará a mejorar su condición de salud; el personal de salud recibirá apoyo en los cuidados por parte del familiar lo que le permitirá a los mismos realizar mayores actividades asistenciales.

En la cuarta categoría se destaca las barreras que impiden la aplicación de las puertas abiertas en áreas críticas, siendo las principales el riesgo de contagio y la falta de recursos hospitalarios para la aplicación paulatina de esta propuesta. Es necesario establecer normativas que garanticen la seguridad del paciente, además, es imprescindible mejorar la infraestructura de las áreas y preparar al profesional desde la academia.

Referencias bibliográficas

1. Garzaron Rupérez I. Puertas abiertas en la Unidad de Cuidados Intensivos. [Internet]. 2019 [citado el 9 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/40963/TFG-L2566.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. Moreno D. UCI de puertas abiertas como estrategia de humanización del cuidado. Revisión bibliográfica. Revista Médica Clínica del Country| Artículo de Revisión. 2019;10(1). Disponible en: <https://revistamedicacountry.com/app/default/files-module/local/documents/art-uci-de-puertas-abiertas.pdf>
3. Kochar G, Tripathi PK, Rai PL, Prasad PL. The impact of adherence to the American College of Critical Care Medicine 2017 guidelines in the management of septic shock in pediatric intensive care units: A prospective observational study. J Pediatr Crit Care. 2022;9(6):208-212. Disponible en: <https://www.jpcc.org.in/article.asp?issn=2349-6592;year=2022;volume=9;issue=6;spage=208;epage=212;aulast=Kochar>
4. Bustamante Díaz NL. Beneficios de las visitas flexibles en las Unidades de Cuidados Intensivos. 2019 [citado el 9 de mayo de 2023]. Disponible en: https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/7737/Beneficios_BustamanteDiaz_Natalie.pdf?sequence=1
5. Gorordo-Delsol LA, Garduño-López J, Castañón-González JA. Unidad de Cuidados Intensivos de puertas abiertas: la familia dentro de cuidados intensivos Open doors ICU: the family inside Intensive Care. Rev Hosp Jua Mex. 2020;87(2):106-108. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Castanon-Gonzalez/publication/342250827_Unidad_de_Cuidados_Intensivos_de_puertas_abiertas_la_familia_dentro_de_cuidados_intensivos/links/5f0d71bd299bf15bd70b18d0/Unidad-de-Cuidados-Intensivos-de-puertas-abiertas-la-familia-dentro-de-cuidados-intensivos.pdf

6. Palomino Tovar DN. ANSIEDAD Y DEPRESIÓN HOSPITALARIA EN FAMILIARES DE PACIENTES INGRESADOS EN CUIDADOS INTENSIVOS MÉDICOS Y QUIRÚRGICOS EN UN CENTRO MÉDICO NAVAL CALLAO-2020. Lima: Universidad Norbert Wiener; 2020. Disponible en: <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/4320>
7. Pérez-San Román, M. A., Cante-Hernández, D., Huichin-Pool, M. A., & Fuentes-Fernández, E. Unidad crítica adultos de puertas abiertas: vivencias de enfermería en hospital público de Quintana Roo. *Salud Quintana Roo*. 2020;11(38):17-21. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/salquintanaroo/sqr-2018/sqr1838d.pdf>
8. De Souza Minayo, M. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. *Ciencia & Saúde*. 2012;17(3):1-9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232012000300007>
9. Arispe Alburqueque CM, Yangali Vicente JS, Guerrero Bejarano MA, Lozada de Bonilla OR, Acuña Gamboa LA, Arellano Sacramento C. La investigación científica. [Internet]. 2020. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4310/1/LA%20INVESTIGACI%C3%93N%20CIENT%C3%8DFICA.pdf>
10. Do Prado M, De Souza M, Monticelli M, Cometto M, Gómez P, Organización Panamericana de la Salud [OPS]. Investigación cualitativa en enfermería. Metodología y didáctica. Washington DC: Serie Paltex Salud y Sociedad; 2013. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/51587>
11. Lopezosa C. Entrevistas semiestructuradas con NVivo: pasos para un análisis cualitativo eficaz. In: Díaz-Noci J, Codina L, editors. *Metodos Anuario de Métodos de Investigación en Comunicación Social*, 1. Barcelona: Universitat Pompeu Fabra; 2020. p. 88-97. Disponible en: https://repositori.upf.edu/bitstream/handle/10230/44605/Lopezosa_Metodos_08.pdf
12. Otzen T, Manterola C. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *Int J Morphol*. 2017 Mar;35(1):227-232. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
13. Ortega-Bastidas J. ¿Cómo saturamos los datos? Una propuesta analítica “desde” y “para” la investigación cualitativa. *Interciencia*. 2020;45(6):293-299. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/339/33963459007/33963459007.pdf>
14. Colaizzi P. Psychological research as the phenomenologist views it. In: Valle R, King M, editors. *Existential-Phenomenological Alternatives for Psychology*. New York: Oxford University Press; 1978. p. 48-71. Available from: <https://philpapers.org/rec/COLPRA-5>.
15. García Soto, R. Las explicaciones antropológicas emic/etic para comprender la confrontación en investigación y escuela en el tratamiento de la diversidad cultural (segregación versus integración). [Internet]. 2018 [citado 2023 May 9]. Disponible en: <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/54702/G34-1-08.RocioGarciaSoto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
16. Hernández-Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio P. Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill Interamericana; 2018. Available from: <https://dSPACE.scz.ucb.edu.bo/dSPACE/bitstream/123456789/21401/1/11699.pdf>
17. Polo Ubillús OP. Experiencia en la implementación del Modelo de Atención Integral de Salud basado en Familia y Comunidad desde la Estrategia Sanitaria Nacional de Salud Familiar. *Rev Peru Ginecol Obstet*. 2018;64(3):375-382. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2304-51322018000300010&script=sci_arttext
18. López Rodríguez, M. V. Unidad de cuidados críticos de adultos: paciente, familia y personal: identificando beneficios, factores facilitadores y obstaculizadores para una política de visitas de puertas abiertas: ¿abrimos las puertas de la UCI?: revisión bibliográfica. [Internet]. 2018. Disponible en: <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/20888>
19. García Rojas ES, Gil Ibañez FI, Huamani Contreras AY. Percepción de los familiares del paciente respecto a la comunicación con la enfermera en el servicio crítico del cuidado de la mujer del “Hospital Nacional Docente Madre Niño San Bartolomé, Lima 2018 [Internet]. [Lugar desconocido]: [Editor desconocido]; 2018. Recuperado de: <https://onx.la/c3cd2>
20. Waldow VR. Atualização do cuidar. *Aquichan*. 2008;8(1):85-96. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S165759972008000100008&script=sci_arttext&tlng=en
21. Carmona P. Unidad de cuidados intensivos de puertas abiertas [dissertación]. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba; 2018. Disponible en: <http://lildbi.fcm.unc.edu.ar/lildbi/tesis/carmona-patricia-delia.pdf>
22. Rojas V. Humanización de los cuidados intensivos. *Rev Med Clin Condes*. 2019;30(2):120-125. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864019300240>.

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Aislamiento, caracterización cultural y morfológica de aislados monospóricos del agente causal del moho gris de la hoja de *Solanum lycopersicum* L. en la provincia de Tungurahua

Isolation, cultural and morphological characterization of monosporic isolates of the causative agent of gray mold on the leaf of *Solanum lycopersicum* L. in the province of Tungurahua.

Michel Leiva-Mora^{1*}, Dayana Jacome², Pedro Pablo Páez³, Edwin Pallo⁴, Rodrigo Núñez⁵ DOI. 10.21931/RB/2023.08.03.17

¹Laboratorio de Biotecnología, Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

²Carrera de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

³Carrera de Agronomía, Instituto Superior Tecnológico Ciudad de Valencia, Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

⁴Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

⁵Facultad de alimentos y Biotecnología, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Corresponding author: m.leiva@uta.edu.ec

Resumen: Una de las enfermedades fúngicas más frecuentes en Ecuador, que afecta al cultivo de tomate es el moho gris de la hoja, causado por el hongo ascomiceto *Passalora fulva* (Cooke) U. Braun & Crous, cuyo estado anamorfo corresponde a *Cladosporium fulvum*. La investigación tuvo el propósito de obtener aislados monospóricos a partir de hojas de tomate con signos del moho gris y caracterizarlos cultural y morfológicamente. La investigación se realizó en la provincia de Tungurahua donde se tomaron muestras en ocho cantones. Se obtuvieron 80 aislados monospóricos de *C. fulvum* a partir de hojas de tomate afectadas por el moho gris. Los aislados del hongo mostraron colonias de color verde oliváceo en el anverso y negro en el reverso, elevación superficial, textura afelpada y forma irregular. La mayoría de los aislados presentaron bordes lobulados. No se observó pigmentación ni líquido de transpiración en las colonias de los aislados. El crecimiento micelial fue registrado a los 7 y 14 días, con velocidades promedio de 0,93 mm.día⁻¹ y 1,23 mm.día⁻¹, respectivamente. El diámetro promedio de las hifas fue de 5,41 µm, mientras que los conidióforos tuvieron un tamaño promedio de 33,01 µm mientras que los conidios tuvieron 6 µm de largo y 5 µm de ancho. Estas características coinciden con las descripciones morfológicas informadas para la especie *C. fulvum*.

Palabras clave: Caracterización cultural, *Cladosporium fulvum*, moho gris, morfología, tomate.

Abstract: Gray leaf mold, caused by the ascomycete fungus *Passalora fulva* (Cooke) U. Braun & Crous (anamorph: *Cladosporium fulvum*), is one of the most common fungal diseases affecting tomato cultivation in Ecuador. This study aimed to isolate monosporic cultures from tomato leaves exhibiting signs of gray leaf mold and characterize them culturally and morphologically. The investigation was conducted in the Tungurahua province, where samples were collected from eight municipalities. Eighty monosporic isolates of *C. fulvum* were obtained from leaves affected by gray mold. The fungal isolates exhibited olive-green colonies on the obverse and black on the reverse, with raised surfaces, felty texture, and irregular shape. The majority of isolates displayed lobed edges. No pigmentation or exudates were observed in the colonies. Mycelial growth was measured at 7 and 14 days, with average velocities of 0.93 mm/day and 1.23 mm/day, respectively. The average hyphal diameter was 5.41 µm, while conidiophores had an average size of 33.01 µm, and conidia measured 6 µm in length and 5 µm in width. These characteristics correspond to the reported morphological descriptions of *C. fulvum*.

Key words: *Cladosporium fulvum*, cultural characterization, gray mold, tomato, morphology.

Introducción

A partir de la llegada de los españoles a América, comenzaron a cultivarse pequeñas extensiones de tomate en las regiones andinas de Sudamérica, especialmente en el área Mesoamericana. Aunque inicialmente carecía de importancia económica, el tomate experimentó un alto grado de domesticación, dando lugar a variedades con diferentes tamaños, formas y colores de frutos¹. En la actualidad, el tomate es considerado uno de los productos agrícolas más comercializados a nivel nacional e internacional, con un consumo total de aproximadamente 211 millones de

toneladas métricas y una generación de alrededor de 25 millones de dólares².

En Ecuador la producción de tomate de riñón se lleva a cabo en todas las regiones debido a su adaptabilidad a diferentes tipos de suelo. Su cultivo supera las 1970 ha, con una producción total de 62675 t y un rendimiento anual promedio de 32 t.ha⁻¹. Las provincias con mayor producción son Tungurahua, Pichincha y Santa Elena y a su vez las que poseen rendimientos superiores³.

En la provincia de Tungurahua, el tomate se ha con-

Citation: Leiva-Mora M, Jacome D, Páez P P, Pallo E, Núñez R. Aislamiento, caracterización cultural y morfológica de aislados monospóricos del agente causal del moho gris de la hoja de *Solanum lycopersicum* L. en la provincia de Tungurahua. *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 17. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.17>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** 15 July 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



vertido en un cultivo de importancia económica entre los productores. En la mayoría de los casos, se utiliza el sistema de producción bajo cubierta, lo cual ha mejorado los rendimientos y la calidad del producto⁴. Sin embargo, a lo largo del ciclo vegetativo del cultivo, se presentan desafíos debido a la presencia de numerosas plagas causadas por hongos, bacterias, virus, nematodos e insectos, lo que puede afectar la calidad y la productividad. El manejo de dichas plagas puede significar hasta un 20% de los gastos que se incurren en la producción, lo que afecta la rentabilidad de los productores⁵.

Sobre el cultivo de tomate inciden enfermedades fúngicas que pueden dañar todas las partes de la planta e incluso causar la muerte prematura. Algunas de las principales enfermedades fúngicas incluyen éstos son agentes causales, no enfermedades *Fusarium oxysporum* sensu (Smith & Swingle), *Alternaria solani* (Ellis & G. Martin) L.R. Jones & Grout, *Rhizoctonia solani* (J.G. Kühn 1858), *Phytophthora infestans* (Mont.de Bary 1876), *Leveillula taurica* (Lév. G. Arnaud 192), *Passalora fulva* (Cooke) U. Braun & Crous 2003². Una de las enfermedades fúngicas más frecuentes en el país, que afecta al cultivo de tomate es el moho gris de la hoja, causado por el hongo ascomiceto *P. fulva*, cuyo estado anamorfo corresponde a *Cladosporium fulvum*⁶.

Los principales síntomas de la enfermedad incluyen manchas amarillas en el haz de las hojas y crecimiento filamentosos cubierto de conidios de color pardo oliváceo en el envés, lo que resulta en daños en la superficie foliar y una disminución en la capacidad de realizar la fotosíntesis, lo que afecta la calidad y el rendimiento de los frutos⁶. Se ha planteado que el manejo de esta enfermedad se puede lograr mediante medidas agronómicas como una buena ventilación en los invernaderos, una correcta fertilización, un adecuado manejo de las condiciones de temperatura y humedad en el invernadero, evitar la presencia de agua en las hojas y mantener una densidad de siembra apropiada de acuerdo con las recomendaciones técnicas de las variedades⁷.

Con el fin de realizar la identificación molecular de *C. fulvum*, se requiere seguir una serie de pasos críticos que incluyen el aislamiento, manipulación y análisis del hongo. En primer lugar, se debe extraer el ADN a partir de una cepa pura e intacta del hongo. A continuación, se sigue un protocolo específico que, si se lleva a cabo con éxito, puede contribuir al desarrollo de sistemas de diagnóstico y control de esta enfermedad⁹. De ahí la importancia de obtener aislados monospóricos a partir de hojas de tomate con signos del moho gris y caracterizarlos cultural y morfológicamente para conformar una colección de cultivo. Definir claramente el objetivo de la investigación.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la provincia de Tungurahua, se tomaron muestras de hojas con signos de moho gris en ocho cantones y posteriormente se trasladaron al Laboratorio de Microbiología vegetal de la Facultad Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato. Las muestras de hojas de tomate con signos del moho gris fueron colectadas de 8 cantones de la provincia de Tungurahua y fueron trasladadas al laboratorio de microbiología vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias donde por método de impresión de hojas en el medio de cultivo PDA conteniendo sulfato de gentamicina (100 mg/L) para la

obtención de los aislados de *C. fulvum*.

Para la caracterización de las colonias de los aislados monospóricos se evaluaron los siguientes aspectos: color de la colonia (el color del anverso y reverso), pigmentación de las colonias, diámetro de las colonias, textura de las colonias, borde de las colonias, presencia o ausencia de líquido de transpiración, velocidad de crecimiento micelial (mm. día⁻¹).

Para describir las características morfológicas de los aislados monospóricos de *C. fulvum* se determinaron las siguientes: diámetro promedio de las hifas (100 hifas al azar), longitud promedio de conidióforos (50 conidióforos al azar) y de conidios (100 conidios al azar).

Obtención de aislados monospóricos de *C. fulvum* a partir de hojas de tomate con signos del moho gris

Se tomó un fragmento de micelio a partir de colonias puras de *C. fulvum*. El micelio fue transferido a un tubo de ensayo con 9 ml de agua estéril y se agitó durante 35 segundos, de este contenido se tomó 1 ml y se vertió en un segundo tubo de ensayo bajo las mismas condiciones. Todo el contenido de este segundo tubo de ensayo fue vertido en una caja Petri con PDA y se realizaron movimientos circulares de esta. Al finalizar, el contenido líquido sobrante de la caja Petri fue vertido a un vaso de precipitación. Se sellaron las cajas Petri y se colocaron en posición vertical para ser incubadas en incubadora (Gallenkamp) a 20°C durante 24 horas. Transcurrido el tiempo con la ayuda del microscopio se seleccionaron cinco conidios y se transfirieron a una nueva caja de Petri. Para obtener a los ocho días de incubación a 24°C, los aislados monospóricos.

Caracterización cultural de las colonias de los aislados monospóricos de *C. fulvum* en medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA)

La caracterización cultural se realizó bajo caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos. Se observó el color tanto del anverso como del reverso de la colonia, la forma, textura y borde de esta. También se evaluó la presencia/ausencia de: pigmentación y de líquido de transpiración así como la elevación de la colonia.

Caracterización morfológica de los aislados monospóricos de *C. fulvum* mediante microcultivos y su observación bajo microscopio clínico

Se esterilizaron los materiales y medios (cajas de Petri, portaobjetos, vidrio fusible, papel filtro). Se preparó el medio de cultivo (PDA, Difco®). En el contenedor se colocó en el fondo el papel filtro previamente humedecido y posteriormente se acomodó un vidrio fusible que sirvió como soporte para el portaobjetos. Luego se procedió a dispersar ¼ de medio de cultivo PDA en los portaobjetos. Se dejó reposar por unos minutos hasta que el medio de cultivo gelificó, para sembrar el hongo en el portaobjeto. Finalmente se observaron las estructuras fúngicas (hifas, conidióforos y conidios) con un microscopio óptico de luz transmitida marca Leica DM500.

Resultados

Obtención de aislados monospóricos de *C. fulvum* a partir de hojas de tomate con signos del moho gris

Se obtuvieron 10 aislados monospóricos de cada cantón (Tisaleo, Baños, Patate, Ambato, Cevallos, Pillaro, Mo-

cha y Pelileo) acorde con lo mostrado en tabla 1 partir de las muestras tomadas. Estos constituyen la primera colección de 80 aislados de la provincia Tungurahua (Figura 1). Como se aprecia en la figura 1 las colonias presentaron un color verde-oliváceo en el anverso de las mismas, mientras que en el reverso de las mismas se observa el color negro (figura 2).

Descripción de las características de las colonias de los aislados monospóricos de *C. fulvum* en medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA)

Todas las colonias de los aislados monospóricos de *C. fulvum* en medio de cultivo Agar Papa Dextrosa tuvieron un color verde oliváceo en el anverso y negro en el reverso. El 80 % de las colonias presentaron un verde lobulado y el

98,8 % tuvo una forma irregular y la totalidad tuvieron una elevación superficial y una textura afelpada. Ningún aislado pigmentó el medio de cultivo (PDA), ni tampoco se encontró líquido de transpiración (tabla 1).

El crecimiento micelial hasta los 7 días tuvo un promedio de $0,93 \text{ mm.día}^{-1}$ y hasta los 14 aumentó a una velocidad de $1,23 \text{ mm.día}^{-1}$ (tabla 2).

Caracterización morfológica de los aislados monospóricos de *C. fulvum* mediante microcultivos y su observación bajo microscopio óptico de luz transmitida

Al caracterizar los aislados monospóricos desde el punto de vista morfológico se observó que los conidios tuvieron un largo que osciló entre $2 \mu\text{m}$ a $14 \mu\text{m}$, con un pro-

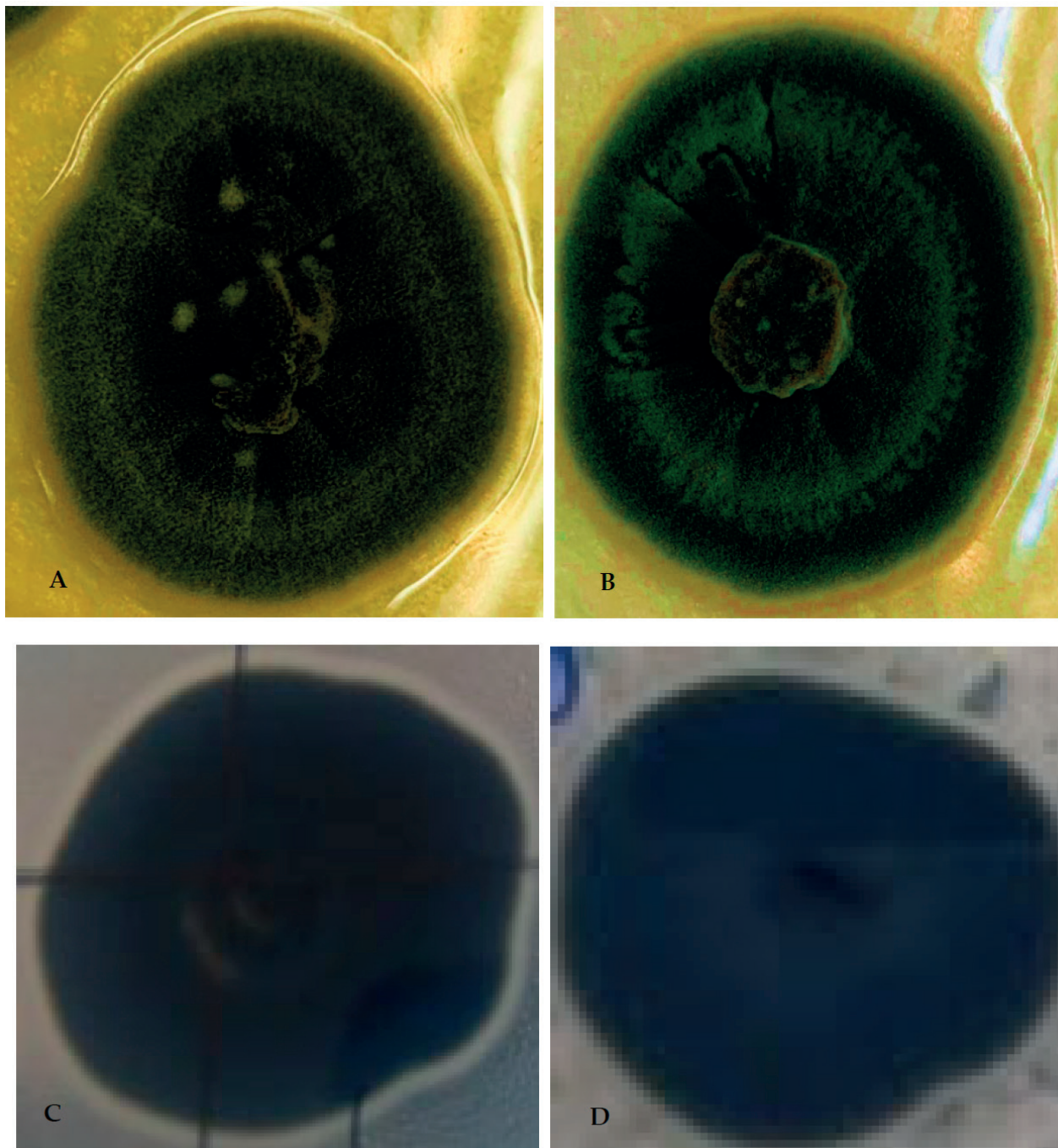


Figura 1. Color verde oliváceo y gris (A y B) en el anverso y color negro (C y D) en el reverso de las colonias de los aislados de *C. fulvum*.






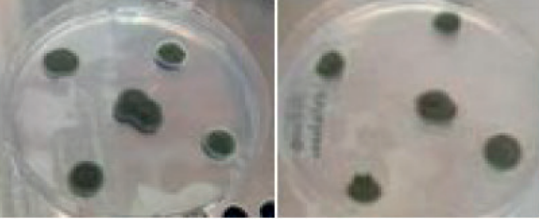


Cantones/aislados	Características de las colonias	
Tisaleo		
Baños		
Patate		
Ambato		
Cevallos		
Píllaro		
Mocha		
Pelileo		

Figura 2. Crecimiento de colonias de *C. fulvum* a partir de un solo conidio germinado a los 7 días de crecidas a 20°C.

medio de 6,01 μm , mientras que el ancho varió de 2 μm a 7 μm , con un promedio de 2,88 μm . Las hifas se ubicaron en un rango de 2 μm a 17 μm con un promedio de 5,4 μm . Los conidióforos presentaron registros de 82,00 μm hasta 110 μm de longitud, con un promedio de 94,56 μm (tabla 3).

Discusión

Los aislados monospóricos de *C. fulvum* a partir de hojas de tomate con signos del moho gris presentaron un color gris-oliváceo. Estos resultados coinciden con los observados por Bernal⁸, quien informó la obtención de aislados de *C. fulvum* con colonias de tonalidad gris a gris oliváceo, textura suave y bordes irregulares, y el reverso de color negro. Según sus conclusiones, estas características morfológicas fueron homogéneas entre los aislados y no

permiten establecer una relación patogénica específica. A su vez, nuestros resultados difieren de los obtenidos por Lucentini *et al.*⁶ quienes plantean que “a partir de hojas de tomate con síntomas y signos típicos del Moho de la hoja del tomate obtuvieron cultivos monospóricos con una coloración púrpura en el medio agar-agua 2%.

Medina⁹ afirmó que las características morfológicas y culturales de los aislados de *C. fulvum* son elementos necesarios para su clasificación. En este estudio, se obtuvieron resultados similares a los encontrados en la investigación mencionada anteriormente. Sin embargo, se observó que ciertos aislados presentaban un color verde oliváceo y bordes más regulares. Estos aislados se obtuvieron de lugares con condiciones controladas y considerando que las condiciones agrometeorológicas en las diferentes localidades de la provincia Tungurahua quizás haya sido el motivo de la uniformidad de las colonias observada. Además, el cultivo de tomate riñón

Características		Cantón									
		Tisaleo	Baños	Patate	Ambato	Cavellos	Píllaro	Mocha	Pelileo	Total	Porcentaje (%)
Color Anverso	Verde	10	10	10	10	10	10	10	10	80	100
	Oliváceo										
Color Reverso	Negro	10	10	10	10	10	10	10	10	80	100
Borde	Lobulado	8	7	9	9	8	7	8	8	64	80
	Entero	2	3	1	1	2	-	2	2	13	16,2
	Regular	-	-	-	-	-	3	-	-	3	3,8
Pigmentación	Sí	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	No	10	10	10	10	10	10	10	10	80	100
Líquido de transpiración	Sí	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	No	10	10	10	10	10	10	10	10	80	100
Elevación	Superficial	10	10	10	10	10	10	10	10	80	100
Textura	Afelpada	10	10	10	10	10	10	10	10	80	100
Forma	Irregular	9	10	10	10	10	10	10	10	79	98,8
	Circular	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1,2

Tabla 1. Caracterización cultural de los aislados de *C. fulvum*.

Días evaluados Evaluación (días)	Velocidad mínima mm.día ⁻¹	Velocidad máxima mm.día ⁻¹ se repite 3 veces en la tabla	Media mm.día ⁻¹
7	0,50	1,29	0,93
14	0,95	1,46	1,23

Tabla 2. Crecimiento micelial de los aislados monospóricos de *C. fulvum*.

Cantón	Conidios μm		Hifa	Conidiophores
	Largo	Ancho		
Patate	6,01 μm	3,34 μm	5,88 μm	82-94 μm
Píllaro	6,29 μm	2,93 μm	5,38 μm	88-102 μm
Tisaleo	5,57 μm	2,88 μm	5,52 μm	90-105 μm
Cevallos	4,94 μm	2,92 μm	5,28 μm	83-97 μm
Ambato	6,00 μm	2,5 μm	5,23 μm	95-110 μm
Baños	6,11 μm	2,86 μm	5,14 μm	86-100 μm
Pelileo	6,45 μm	3,18 μm	5,52 μm	92-107 μm
Mocha	6,68 μm	2,45 μm	5,33 μm	84-98 μm
Promedio	6,01 μm	2,88 μm	5,41 μm	94,56 μm

Nota: C. (conidióforo)

Tabla 3. Caracterización morfológica de *C. fulvum* utilizando microscopio óptico de luz transmitida eliminar revisr tbl.

bajo invernadero es común en todos los cantones estudiados donde suelen prevalecer las mismas variedades y técnicas de manejo. Estas circunstancias pudieron contribuir a que los aislados de *C. fulvum* obtenidos fueran uniformes.

Se describen diversas características de las colonias de aislados monospóricos de *C. fulvum*, como su color en el anverso y reverso, borde, pigmentación, líquidos de transpiración, elevación, textura y forma. Los resultados obtenidos demuestran una notable uniformidad en estos rasgos. Por otra parte es la primera vez que se obtienen aislados monospóricos de este hongo en Ecuador. Sin embargo, Lucentini *et al.*⁶ sostuvieron que existe una considerable diversidad en la población de *C. fulvum* debido a cambios genéticos en su genoma lo cual no fue observado ni a nivel morfológico ni cultural en los aislados obtenidos. El presente estudio coincide con Bernal⁸, quien indicó que las características culturales de los aislados de *C. fulvum* suelen ser homogéneas. Además, Medina⁹ sugirió que el medio de cultivo utilizado influye en la obtención de colonias homogéneas, algo común con DPA pero no tan frecuente en otros medios de cultivo.

La producción de tomate bajo cubierta es muy frecuente en la provincia de Tungurahua, y la presencia de *C. fulvum* está ampliamente extendida en toda la provincia. Las condiciones controladas en los invernaderos, como la temperatura y humedad, limitan cualquier influencia de la ubicación y altitud en las características de las colonias obtenidas. Sin embargo, tomando como punto de partida esta investigación, se recomienda realizar estudios más exhaustivos que involucren técnicas genéticas más resolutivas con las cuales se podrían determinar diferencias entre aislados que cultural y morfológicamente son similares.

Según la investigación realizada por Bernal *et al.*¹⁰, se encontró que el crecimiento micelial de *C. fulvum* es óptimo en el medio de cultivo PDA a una temperatura de 24°C, sin embargo en nuestros aislados fue favorable la temperatura de 20°C. Después de los 7 días de crecidas las colonias, la velocidad de crecimiento micelial variaron entre 0,65 mm.día⁻¹

hasta 1,17 mm.día⁻¹, de acuerdo con los resultados plasmados en la Tabla 2. Estos valores de crecimiento, observados en el mismo período de tiempo, estuvieron en el rango de 0,50 mm.día⁻¹ a 1,29 mm.día⁻¹, lo cual concuerda con los hallazgos de la investigación mencionada anteriormente.

Los resultados de la caracterización morfológica de los aislados monospóricos, presentados en la Tabla 3, revelan variaciones en el tamaño de los conidios. Se observó que el largo de los conidios osciló entre 2 μm y 14 μm , con un promedio de 6,01 μm , mientras que el ancho se encontró entre 2 μm y 7 μm , con un promedio de 2,88 μm . En el estudio realizado por Bernal⁸, se obtuvieron conidios de tamaños diversos, con medidas de 20,1 μm a 23,2 μm de largo y 4,6 μm a 5,81 μm de ancho, y presentaron colores verde y gris oliváceo. Lucentini *et al.*⁶ mencionaron que estos cultivos exhiben un alto índice de crecimiento y conidios relativamente pequeños. La localidad no parece tener un impacto significativo en las diferencias morfológicas de los hongos estudiados, ya que se observó una amplia variabilidad en todos los aislamientos sin distinguir una localidad o altitud en particular. El tamaño de los conidios está relacionado con la velocidad de crecimiento, indicando que a medida que el crecimiento es más lento, los conidios tienden a ser más grandes⁹.

En cuanto a las hifas, se encontraron en un rango de 2 μm a 17 μm , con un promedio de 5,4 μm . Según Knapp¹¹, las dimensiones de las estructuras fúngicas microscópicas, como las hifas, están principalmente influenciadas por las condiciones fisicoquímicas del medio de cultivo. Aunque el medio PDA es propicio para el desarrollo de colonias fúngicas, se obtienen mejores resultados con otros medios como MEA (Agar-Extracto de Malta) o SNA (Agar-Nutritivo sintético) en términos del desarrollo de las hifas.

Por último, los conidióforos presentaron una variación en el tamaño, que varió desde 82 μm hasta 110 μm , con un promedio de 94,56 μm . Medina⁹ mencionó que los conidióforos de *C. fulvum* son casi erectos, ramificados y flocosos, a menudo forman un césped, con un color oliva, aunque las di-

menciones registradas en su estudio fueron más alargados y más redondeados que los informados en el presente trabajo.

Conclusiones

En esta investigación se obtuvieron 80 aislados monospóricos de *C. fulvum* a partir de hojas de tomate afectadas por el moho gris en diferentes eliminar!!! cantones de la provincia de Tungurahua. Los aislados del hongo mostraron características morfológicas consistentes, como colonias con color verde oliváceo en el anverso y negro en el reverso, elevación superficial, textura afelpada y forma irregular. La mayoría de los aislados presentaron presentó!!! bordes lobulados. No se observó pigmentación ni líquido de transpiración en las colonias de los aislados. El crecimiento micelial fue constatado a los 7 y 14 días, con velocidades promedio de 0,93 mm.día⁻¹ y 1,23 mm.día⁻¹, respectivamente. El diámetro promedio de las hifas fue de 5,41 µm, mientras que los conidióforos tuvieron un tamaño promedio de 33,01 µm y los conidios un tamaño promedio de 6 µm de largo y 5 µm de ancho. Estas características coinciden con las descripciones morfológicas conocidas de la especie *C. fulvum*.

Contribuciones de los autores

Conceptualización, Michel Leiva Mora; Metodología, Michel Leiva Mora y Dayana Jacome; software, Michel Leiva Mora y Pedro Pablo Paez, validación, Michel Leiva Mora y Edwin Pallo, análisis formal, Michel Leiva Mora y Rodrigo Núñez; investigación, Michel Leiva Mora, Dayana Jacome, Pedro Pablo Paez y Rodrigo Núñez; recursos, Dayana Jácome y Michel Leiva Mora, curado de datos, Michel Leiva Mora y Rodrigo Núñez; redacción—redacción borrador original, Dayana Jácome y Michel Leiva Mora; redacción, revisión y edición, Michel Leiva Mora y Edwin Pallo; supervisión, Michel Leiva Mora; administración del proyecto, Dayana Jácome, adquisición del financiamiento, Dayana Jácome y Michel Leiva Mora; Todos los autores han leído y están de acuerdo con la versión publicada del manuscrito.

Agradecimientos

Agradecemos al apoyo ofrecido por la coordinadora de investigación Deysi Alexandra Guevara Freire y a las autoridades de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, así como a la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE-FCAGP) en particular a la doctora Lizette Leiva Suero por siempre haber valorado positivamente y apoyado los esfuerzos realizados en este proyecto, mismo que fue autofinanciado por la Señora Andrea y el doctor Michel Leiva Mora.

Conflictos de Interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Referencias bibliográficas

- Herrera, J. Efecto de la interacción de las endomicorizas y abonos orgánicos en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de campo en la provincia Mariscal Nieto de Moquegua [Internet]. Arequipa, Perú: Universidad Católica de Santa María; 2014. 155 pp. [citado el 22 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/3040/41.02%2052.AG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- López, L. Manual técnico del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) [Internet]. San José, C.R.: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria; 2016. 130 pp. [citado el 22 de mayo de 2023]. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf>.
- Guamán, A. Evaluación bajo invernadero de fuentes de fertilización química y orgánica en tomate riñón (*Solanum lycopersicum* Mill.), en Salcedo [Internet]. Quito: Universidad Central del Ecuador; 2019 [citado el 22 de mayo de 2023]. Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención del Título de Ingeniera Agrónoma. Pp. 98. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18720/1/T-UCE-0004-CAG-092.pdf>.
- Santamaría, K. Producción de tomate riñón (*Lycopersicon esculentum* Mill.) utilizando plántulas injertadas en palo bobo (*Nicotiana glauca* Graham.) como inductor de resistencia a nemátodos [Internet]. Cevallos, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; 2018. 57 pp. [citado el 24 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29141/1/Tesis-220%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20618.pdf>.
- Jaramillo, J. Evaluación agronómica del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo tres diferentes coberturas plásticas [Internet]. Quito, Ecuador: Universidad San Francisco de Quito; 2015. 75 pp. [citado el 24 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5339/1/122917.pdf>.
- Lucentini, C; Medina, R; Troncozo, M; López, S; Franco, M; Rollán, M. C y Balatti, P. Diversidad y razas de *Cladosporium fulvum*, el agente causal del moho de la hoja del tomate. En IV Congreso Internacional Científico y Tecnológico- CON-CYT 2017 [Internet]. 2017 [citado el 24 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://digital.cic.gba.gov.ar/bitstream/handle/11746/6708/117>
- Peteira, B; Bernal, A; Martínez, B y Miranda, I. Caracterización molecular de aislamientos de *Cladosporium fulvum* Cooke provenientes de tomate en condiciones de cultivo protegido. *Protección Vegetal*. 2011;26:5-6. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v26n1/rpv02111.pdf>.
- Bernal, A. Caracterización de aislados de *Passalora fulva* (Cooke) U. Braun & Crous provenientes de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de cultivo protegido. [Internet]. 2007. Las Villas: Universidad Central Martha Abreu. Consultado 20 de mayo del 2023. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262653139_CHARACTERIZACION_DE_AISLADOS_DE_Passalora_fulva_BRAUN-CROUS_SIN_Cladosprium_fulvum_COOKE_PROVENIENTES_DE_TOMATE_Lycopersicon_esculentum_MILL_EN_CONDICIONES_DE_CULTIVO_PROTEGIDO.
- Medina, R. Caracterización morfológica y molecular de aislamientos de *Cladosporium*. Buenos Aires, Argentina. [Internet]. 2011. Universidad de la Plata. Buenos Aires. Pp.84. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/67014/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Bernal, A; Martínez, B; Díaz, Herrera, L; Alonso, Y. 2006. Efecto de los medios de cultivo y la temperatura en el crecimiento de *Cladosporium fulvum* Cooke (sin. *Passalora fulva*). [Internet]. 2006. *Fitosanidad*, 10(1): 25-28. Consulta 4 de junio de 2023. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209116158004>
- Knapp, S y Peralta, I. 2016. The tomato (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) and its botanical relatives. En *The tomato genome* (pp. 7-21). Springer, Berlin, Heidelberg. Consultado el 29 de mayo del 2023. https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-662-53389-5_2.

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Medi-Health: Sistema web de código abierto para el control de citas médicas e historiales médicos mediante la metodología de desarrollo OSCRUM**Medi-Health: Open-source web system for controlling medical appointments and medical records using the OSCRUM development methodology**Lucrecia Llerena^{1*}, Nancy Rodríguez¹, Rosa Llerena² and Luis Moreira¹

DOI. 10.21931/RB/2023.08.03.18

¹ Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.² Ministerio de Educación, Ecuador.Corresponding author: lllerena@uteq.edu.ec

Resumen: Las herramientas digitales son parte esencial del desarrollo y progreso de la sociedad, incluso durante la emergencia sanitaria que atraviesa el mundo, permitiendo que las personas se comuniquen de forma remota y realizar diversas actividades. El presente trabajo de investigación se ha desarrollado luego de identificar las necesidades y carencias que enfrentan algunos centros médicos debido al desconocimiento de las ventajas que ofrecen los sistemas de información. El objetivo principal es desarrollar un sistema web que permita mejorar la interacción entre el médico y sus pacientes, proporcionando un servicio adecuado mediante la asignación y cancelación de citas médicas online. Además, el personal médico tendrá acceso en tiempo real a los historiales médicos. Para el desarrollo de este sistema web se utilizó la metodología OSCRUM para garantizar la efectividad y seguridad durante la implantación y mejora continua del sistema web. Asimismo, se aplicó la metodología SMS para la selección de literatura relevante. En la implementación del sistema web "Medi-Health" se obtuvo un sistema diseñado y desarrollado para mejorar las condiciones actuales de los centros médicos que no cuentan con un sistema de control de citas médicas en línea. Finalmente, en los resultados obtenidos a través de la evaluación de usuarios para este trabajo de investigación, se concluye que los sistemas web permiten mejorar la gestión del agendamiento de citas médicas y el registro del historial médico, optimizando significativamente el tiempo y mejorando la atención al paciente.

Palabras clave: Open source, OSCRUM, Web system, methodology, development, health.

Abstract: Digital tools are an essential part of the development and progress of society, even during the health emergency that the world is going through, allowing people to communicate remotely and perform various activities. The present research work has been developed after identifying the needs and deficiencies some medical centers face due to the lack of knowledge of the advantages offered by information systems. The main objective is to develop a web-based system to improve the interaction between the physician and his patients, providing adequate service by assigning and canceling medical appointments online. In addition, the medical staff will have real-time access to medical records. For the development of this web system, the OSCRUM methodology was used to guarantee effectiveness and security during the implementation and continuous improvement of the web system. Likewise, the SMS methodology was applied to the selection of relevant literature. In the performance of the "Medi-Health" web system, a system designed and developed to improve the current conditions of medical centers that do not have an online medical appointment control system was obtained. Finally, in the results obtained through the evaluation of users for this research work, it is concluded that web systems improve the management of medical appointment scheduling and the registration of medical history, significantly optimizing time and improving patient care.

Key words: Open source, OSCRUM, Web system, methodology, development, health.

Introducción

Los orígenes del software libre se remontan a fines de la década de 1940, cuando las computadoras se diseñaron como herramientas especializadas y de difícil acceso, y solamente aquellos con formación científica o técnica podían abrirse paso a esta nueva tecnología¹. Esta tecnología demandaba el desarrollo de software para dar vida al hardware de las computadoras. Los usuarios profesionales cumplían con la tarea de brindar este soporte, por lo que era

común intercambiar programas con código fuente gratuito para brindar apoyo mutuo. Este comportamiento se mantuvo hasta la llegada de las licencias de software ofrecidas por las grandes empresas².

En la última década, el software de código abierto ha empezado abrirse paso. Todo tipo de empresas empiezan a ver los beneficios de esta forma de TI (Tecnología de la Información), tales como: coste más económico, compati-

Citation: Llerena L, Rodríguez N, Llerena R, Moreira L. Medi-Health: Sistema web de código abierto para el control de citas médicas e historiales médicos mediante la metodología de desarrollo OSCRUM. *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 18. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.18>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** 15 July 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



bles con otros programas, se puede instalar en cualquier dispositivo ya que no está limitado el número de licencias. Además, tiene la posibilidad de realizar modificaciones favoreciendo así la creación de nuevos programas adaptados a las necesidades individuales de cada empresa y al diseño de nuevas funcionalidades.

Debido a su condición, el software de código abierto no tiene ningún tipo de obligación legal para protección y carece de garantías de seguridad, soporte o contenido, a pesar de que más del 85% de las empresas según Red Hat consideran que el open source empresarial es igual de seguro que el software propietario³. Otro argumento en contra del modelo open source, es el tema de la propiedad intelectual, ya que de las más de 200 licencias disponibles en el mundo open source, existen varias incompatibilidades, la más notoria está relacionada con el copyleft exige que si no existen cláusulas explícitas de compatibilidad de licencia no pueden compartirse. Por lo tanto, al contar con variedades de licencias, esto se torna negativo en el modelo open source para fusionar proyectos de este tipo. Por otro lado, cabe señalar que, al ser un código accesible, se publicarán sus vulnerabilidades, dejando a sus usuarios vulnerables a ataques de ciberdelincuencia.

Pero entonces ¿por qué utilizar software open source? Una de las principales razones es que es un software gratuito y de código abierto, lo que significa que cualquiera puede hacer que su proyecto esté disponible y definitivamente puede crecer si decide que varios colaboradores trabajen sobre esta base de código, brindando un mayor acceso a la herramienta¹. La comunidad open source es una de las más grandes del mundo, por lo que definitivamente se puede compartir fácilmente los proyectos con miles de personas. Además, el código abierto tiene costos de desarrollo más bajos que el software propietario, que debe usar personal dedicado para su tecnología y software a desarrollar, sin mencionar los costos de licencia e implementación¹.

Es por ello, que el objetivo principal es el desarrollo de un sistema web open source llamado "Medi-Health" mediante la metodología OSCRUM y que permita contribuir al campo de la medicina, teniendo en cuenta que los centros médicos procesan cantidades exorbitantes de información ya que interactúan diariamente con un gran número de personas entre el personal, doctores y pacientes. La confidencialidad y legalidad de esta información es esencial en cualquier establecimiento, por lo tanto, hoy en día es imprescindible que los archivos cuenten con servicios informáticos.

El principal motivo que tienen los hospitales (públicos o privados), es realizar sus operaciones más eficientes, esto debido al creciente número de pacientes, lo que lleva a la necesidad de que el personal sea más productivo. Dentro de los problemas que se ha investigado de estas instituciones es la pérdida de expedientes con la información de los pacientes, el tiempo que tarda en programar una cita y la atención hacia los pacientes muchas veces es lenta⁴. Además de las largas colas de esperas para este agendamiento de cita suele ser muy tedioso. Basados en esta problemática se propone el desarrollo de un sistema web open source, que permita automatizar los procesos como el agendamiento de citas médicas y crear historiales clínicos, todo esto con la finalidad de mejorar la gestión administrativa y brindar una excelente calidad de atención a los pacientes.

Este trabajo hace el siguiente aporte a la comunidad OSS, mediante la aplicación de la metodología de desa-

rollo OSCRUM para el desarrollo de un sistema web open source llamado "Medi-Health" enfocado en el área de la salud. Se identifican los problemas de desarrollo y se propone soluciones mediante la implementación de un sistema web con la finalidad de coordinar y mejorar el ingreso de la información de los diferentes procesos de la atención al paciente y agendamiento de citas médicas que son clave en la gestión de los centros médicos.

Materiales y métodos

En esta sección, se menciona los trabajos relacionados de nuestro interés que fueron obtenidos mediante la búsqueda de literatura⁵ y el método de desarrollo de software como es la metodología OSCRUM⁶.

Trabajos Relacionados

Algunos trabajos de investigación han reportado sobre desarrollos open source en el área de la salud que fueron identificados a partir de un mapeo sistemático de la literatura⁵. A continuación, presentamos los principales estudios que se considera que pueden contribuir significativamente al desarrollo de un sistema de open source.

En el trabajo presentado por Zueker *et. al.*⁷ se desarrolló una herramienta para mejorar el uso de los datos clínicos recopilados de forma rutinaria en los hospitales para facilitar análisis interactivos y fáciles de usar a los profesionales de la salud y a los administradores sobre los resultados del cáncer, los tratamientos y las tasas de supervivencia. Actualmente la aplicación web consta de cinco páginas, cada una de las cuales contiene las características y funciones que el personal médico del hospital ha identificado como importantes. En este estudio no se reporta una metodología de desarrollo de software

Según el trabajo de Aizaga-Villon *et. al.*⁸ se presenta una arquitectura informática denominada "FIWARE-based" para recolectar información del paciente a través de una aplicación web. El sistema propuesto tiene tres capas incluidas en el diseño: la capa de recolección de sensores, la capa de servicio inteligente y la capa de recursos de gestión médica. Además de considerar las principales características de un sistema inteligente, como la conectividad, el análisis de datos en tiempo real y la integración con diferentes dispositivos o tecnologías. Este sistema de telemedicina de bajo costo está disponible para las organizaciones de salud del sector público. En este estudio no se reporta una metodología de desarrollo de software.

En el trabajo de Pumar-Carreras *et. al.*⁹, se presenta un proyecto basado en código abierto el cual resulta bastante interesante por su aporte al área médica. Dentro del documento se especifica las herramientas para crear atlas de anatomía tridimensionales, todo esto en un sitio web completamente de código abierto. El estudio no reporta haber seguido una metodología de desarrollo para implementar este proyecto.

El software CardiacPBPK de código abierto creada por Tylutki *et. al.*¹⁰ tiene como objetivo predecir el perfil de las personas con respecto a los fármacos. Esto permitirá ayudar de manera potencial el riesgo de fracaso en fármacos debido a la cardiotoxicidad existente en los mismos. En este estudio no se reporta una metodología de desarrollo de proyectos open source.

Dentro del documento presentado por Kotoulas *et. al.*¹¹ se observa el diseño y la implementación virtual de un re-

gistro biomédico basado en la web, este sistema representa la propuesta para poder almacenar la información biomédica de pacientes y todos los procesos relacionados a esta operación. En este estudio no se reporta una metodología de desarrollo.

En el artículo presentado por Oliveira *et. al.*¹² se describe la presentación de una plataforma web dedicada al seguimiento de pacientes, diseñada para ser utilizada por profesionales de la salud. La aplicación se basa en React una biblioteca de JavaScript de código abierto para crear interfaces de usuario, además de tener una base de datos para el almacenamiento de la información de los pacientes. En este estudio no se reporta una metodología de desarrollo.

Basados en el mapeo sistemático de literatura, ninguno de los artículos citados explica la metodología de desarrollo que han aplicado para sus trabajos. Por lo que se considera que este trabajo será de gran utilidad en futuras investigaciones.

Metodología OSCRUM

El software open-source o de código abierto es mucho más que un simple software accesible al público y que puede ser aprovechado, copiado y modificado por terceros¹³. En las últimas décadas, el código abierto también se ha convertido en un método de trabajo y un movimiento de masas para la resolución de problemas. Sin embargo, dado que es un modelo de producción descentralizado, se basa en la revisión por pares (un proceso de control de calidad independiente) y las contribuciones de desarrolladores. El trabajo colaborativo es una de las principales características del software abierto¹.

Para el desarrollo de este sistema web se utilizó la metodología OSCRUM que es una modificación de la metodología de desarrollo ágil Scrum. La metodología Scrum es una metodología con características relevantes, tales como: entregas incrementales, colaboración y flexibilidad. Estas características de Scrum son adaptadas en la metodología OSCRUM para el desarrollo de proyectos open source, mediante un sistema jerárquico de actividades a ejecutar durante el ciclo de vida del proyecto, lo que permite al equipo de trabajo distinguir entre tareas prioritarias a realizar y otras que pueden esperar su desarrollo. El motivo de seleccionar OSCRUM como la metodología de desarrollo de este proyecto está relacionado con las actividades interactivas que apoyan el desarrollo de proyectos open source. Por lo tanto, la metodología OSCRUM logra posicionarse dentro del desarrollo de software como el enfoque más adecuado para proyectos de este tipo.

OSCRUM cuenta con tres pilares fundamentales, tales como: (i) Transparencia., (ii) Inspección y (iii) Adaptación⁶. Esta metodología motiva a los desarrolladores a basarse en cinco valores para el éxito de un proyecto, los cuales son: (i) Compromiso individual, (ii) Mente abierta, (iii) Ser altamente competente (iv) Enfocarse en la meta y (v) colaboración de los involucrados en el proyecto de desarrollos open source en el área de la salud⁶.

Actividades OSCRUM

Para el desarrollo y gestión del sistema open source "Medi-Health" se realizaron los 11 pasos en cada ciclo correspondiente a la metodología de desarrollo OSCRUM. (6), cómo se mencionan a continuación: (i) Identificar el problema y buscar voluntarios; (ii) Comunicarse con los principales contribuyentes para generar la lista de caracte-

rísticas del producto de software; (iii) Organizar una reunión de planificación de lanzamiento inicial; (iv) Plan de lanzamiento y estado del producto (Se han completado las primeras características); (v) Actualización de características; (vi) Probar el código fuente; (vii) Reportar errores; (viii) Contribuciones individuales pasan a integrarse, previamente aprobadas por el principal mantenedor del software; (ix) Reparación de problemas o errores creados son corregidos por colaboradores; (x) Aprobación de nuevas características (xi) Iteración del proceso.

Las actividades de la metodología OSCRUM, tales como: En primer lugar, *Product Feature Backlog* que es una lista donde están todas las correcciones de errores, las nuevas características, mejoras, cambios en las características existentes y otras iniciativas del software que el equipo a cargo debe priorizar y entregar para que el software cobre vida. En segundo lugar, *Sprint Planning*, que define qué se puede entregar en un sprint y cómo se conseguirá ese trabajo. La planificación de Sprint se realiza en colaboración con todo el equipo. En tercer lugar, *Sprint*, que es un período de tiempo establecido en el que el equipo trabaja para completar una cierta cantidad de trabajo. Finalmente, *Completed Product*, que es donde se realizan las etapas finales de la metodología OSCRUM como las pruebas, mantenimiento, actualización de características, mejoras, etc.

En la Tabla 1 se presenta un resumen de todos los pasos de la metodología OSCRUM utilizada para el desarrollo del sistema web open source.

Tecnología utilizada para el desarrollo OSS

Para el desarrollo del sistema web open source "Medi-Health", se utilizaron herramientas de software que permiten la gestión y diseño de los diversos aspectos del Frontend y Backend, que se detalla a continuación: (i) *PostgreSQL*, que es un sistema de gestión de bases de datos Open Source, utiliza un modelo cliente/servidor y es multiplataforma. Una de sus características es que soporta diferentes tipos de datos y está orientada a datos. (14); (ii) *Angular*, es un framework open source desarrollado por Google para facilitar la creación y programación de aplicaciones web de una sola página, las webs SPA (Single Page Application). (15); (iii) *Node js*, que es un entorno de tiempo de ejecución de JavaScript, Es open source, multiplataforma y se ejecuta del lado del servidor; (iv) *Zarla*, es una herramienta en línea que crea logos sin la necesidad de contar con habilidades de diseño gráfico. Además, permite diseñar cientos de logos únicos y personalizarlos; (v) *Express*, que es un framework gratuito y de código abierto para Node.js. Tiene características, herramientas, plugins y paquetes que ayudan a simplificar los procesos de desarrollo¹⁶.

Resultados

En esta sección se reporta los resultados de la implementación de la metodología OSCRUM para desarrollar el sistema web así como el código fuente del sistema web open source "Medi-Health".

Estudio de Caso

OSCRUM fue la metodología idónea para poder llevar a cabo el desarrollo del sistema web open source. A continuación, se detalla las actividades para aplicar la metodología denominada OSCRUM en el desarrollo del proyecto open source Medi-Health:

Actividad	Criterio	Definición
1	Descubrimiento del problema y búsqueda de voluntarios	Un individuo o un grupo pequeño, realiza una lluvia de ideas para descubrir el problema.
2	Comunicación	Se realiza una reunión con los desarrolladores para la obtener las funcionalidades del software.
3	Reunión de planificación del lanzamiento inicial	Se realizó una reunión para la creación de los sprints y realizar las primeras funcionalidades.
4	Plan de lanzamiento y estado	Una vez terminada las principales funcionalidades se realiza un lanzamiento de prueba.
5	Actualización de características	Después del lanzamiento de prueba se actualizan las características del sistema
6	Probar Código Fuente	La comunidad puede probar el código fuente del sistema en un enlace al repositorio GitHub.
7	Reporte de Errores	Cuando la comunidad prueba el sistema realizan un reporte de errores para que los desarrollados lo corrijan.
8	Contribuciones de miembros externos al proyecto	Se espera que personas externas colaboren en las actualizaciones y nuevas características del sistema.
9	Reparación	Una vez obtenido el reporte de error por la comunidad se realiza la reparación para que el software no tenga ningún error.
10	Aprobación (Validación)	Se realiza una nueva evaluación para saber si el sistema tiene algún error, una vez validado su funcionalidad se procede a su aprobación.
11	Iteración	El proceso continuará de acuerdo con las modificaciones del backlog de las características del producto.

Tabla 1. Resumen de las actividades de la metodología OSCRUM.

Descubrimiento del problema y búsqueda de voluntarios

La aplicación de esta actividad arrojó como resultado cual era la problemática que se busca satisfacer: "Falta de aplicaciones de libre acceso para el agendamiento y gestión de citas médicas". Bajo este problema nos enfocamos en recopilar requisitos tanto funcionales como no funcionales, para ello se hizo uso de un blog (<https://lmoreirat.wixsite.com/website-1>) en el cual varios colaboradores pudieron expresar opiniones acerca de las funcionalidades del sistema. Este blog fue creado con el fin de recoger información de la comunidad open source (usuarios habituales de las herramientas open source que están registrados en la comunidad). Adicional a esto, se realizó una lluvia de ideas entre los miembros del equipo para satisfacer el resto de las funcionalidades que pasaron por alto los colaboradores. En la Figura 1 se muestra el blog creado para determinar los requisitos funcionales y no funcionales.

Comunicación

La ejecución de la actividad de descubrimiento del problema y búsqueda de resultados dio como resultado historias de usuario muy valiosas para el desarrollo del sistema web. Una vez obtenida toda esta información, se procedió

a procesar y guardar en forma de tablas con el objetivo de identificar mejor cuáles serán las funcionalidades principales, y los requisitos con los que contará el sistema web. Los requisitos y las funcionalidades del sistema se detallan en: <https://n9.cl/procesossoftware>.

Reunión de planificación del lanzamiento inicial

Una vez completadas las dos primeras actividades se realizaron reuniones para determinar las interfaces del sistema Medi-Health, la identificación de roles dentro del sistema y los primeros prototipos de las opciones que tendría el sistema open source. Usando la herramienta Wix se realizó un prototipo de alta fidelidad del sistema Medi-Health, como se muestra en la Figura 2. En el siguiente enlace se puede visualizar dicho prototipo, <https://lmoreirat.wixsite.com/website>.

Plan de lanzamiento y estado

En este paso las principales funcionalidades del sistema ya están listas para ser evaluadas. Asimismo, se plantea un lanzamiento del sistema para ser probado por usuarios. En la Tabla 2 para un mejor control del desarrollo del proyecto software se describen las funcionalidades del sistema web Medi-Health.

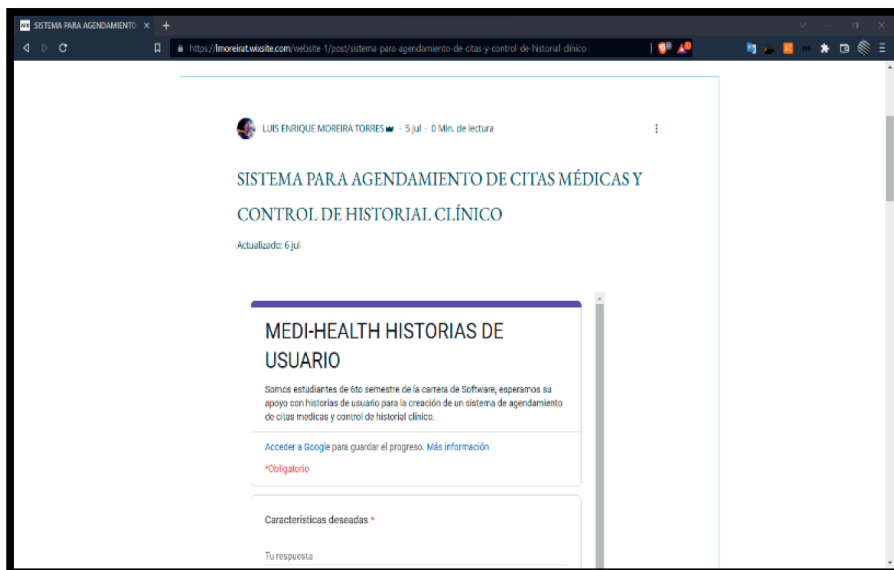


Figura 1. Blog en el cual se recolectaron historias de usuario para el sistema web Medi-Health.



Figura 2. Captura del prototipo de alta fidelidad de Medi-Health.

Actualización de características

Se actualizan las funcionalidades determinadas por el equipo encargado de realizar revisiones al sistema, con la finalidad de que estas características sean implementadas y que se pueda probar el código por usuarios en la siguiente actividad.

Probar Código Fuente

En este paso se realizó la prueba con evaluadores externos, para ello fue necesario desplegar la aplicación en el servidor gratuito Heroku mediante el siguiente enlace: <https://app-medica-oss.herokuapp.com>. Este link fue entregado a todos los evaluadores encargados de realizar las respectivas pruebas con las instrucciones de lo que debían realizar al encontrar inconsistencias dentro del sistema Medi-Health.

Reporte de Errores

Luego de probar el código fuente del sistema web Medi-Health, los evaluadores determinaron que existen varios errores e inconsistencias en el sistema, para ello, se les pidió que realizaran el registro de los errores encontrados en una plantilla. En la Figura 3 se muestra uno de los errores reportados que es el incumplimiento del diseño responsive

Medi-Health. En el enlace siguiente <https://n9.cl/proceso-software2> se encuentran los errores reportados Medi-Health por los evaluadores. En la carpeta de Google Drive se puede acceder a estas plantillas de errores e inconsistencias de Medi-Health: <https://n9.cl/errores>.

Contribuciones de los participantes del Proyecto

Se espera la participación de colaboradores en el repositorio publicado en GitHub (https://github.com/Lmore07/app_medica.git) para que puedan aportar con correcciones de los errores reportados o incluir nuevas funcionalidades. La persona encargada del repositorio en el equipo deberá proporcionar los permisos necesarios.

Reparación

Los errores que se presentaron durante la prueba con los evaluadores externos han sido corregidos en conjunto con el equipo de desarrollo, las características que fueron notificadas con errores se mejoraron, se añadieron validaciones en los campos de ingreso para mejorar estas funcionalidades.

Aprobación (Validación)

El miembro del equipo encargado de mantener el repositorio es el responsable de aprobar los cambios reali-

Requisito	Porcentaje de cumplimiento de funcionalidad
Pacientes	
Registrarse como paciente	100%
Agendar citas médicas	100%
Ver el listado de las citas médicas	100%
Editar datos de la cita médica	100%
Cancelar cita médica	100%
Ver información de citas	100%
Doctores	
Registrarse como doctor	100%
Agregar una historia clínica de un paciente	100%
Ver listado de las historias clínicas de los pacientes	100%
Buscar historias clínicas por número de cédula	100%
Podemos ver la información de la historia clínica	100%
Administrador	
Ver el listado de los usuarios pacientes	100%
Ver listado de los usuarios doctores	100%
Rechazar o aceptar el acceso a un usuario doctor	100%
Todos los usuarios	
Iniciar sesión	100%
Ver página de inicio	100%
Ver perfil	100%
Actualizar datos personales	100%

Tabla 2. Resumen de las funcionalidades del sistema Medi-Health.

zados por el resto de los miembros del equipo, y también uno todos los cambios a la rama principal (master branch), de esta forma se tiene el código actualizado y funcionando. Si existen colaboradores externos que aporten al código fuente también deberán ser aprobados por el encargado del repositorio.

Resultados del Estudio de Caso

Para el desarrollo del sistema web open source “Medi-Health” se implementó una modificación de la metodología de desarrollo ágil Scrum llamada OSCRUM. El objetivo principal de la metodología OSCRUM es trabajar de manera colaborativa con los usuarios. Para ello, se implementó un artefacto web (blog) para que los usuarios publiquen su historia de usuario. Esta información sirve para su posterior análisis, procesamiento y clasificación de lo que debe y no hacer el sistema. Es decir, se determinan los requisitos funcionales y no funcionales del sistema web Medi-Health. Además, se realizó un análisis competitivo de los programas informáticos enfocados al agendamiento y control de citas médicas e historias clínicas. También se realizó una lluvia de ideas con el equipo a cargo del desarrollo del sistema web y una entrevista a una profesional de la salud. Por otra parte, se realizó un estudio de mapeo sistemático (SMS) para la selección de la literatura a fin de tener bases para el desarrollo de la investigación. Es así como, las propuestas dadas por los propios desarrolladores de software

open source enfocados en el área de la salud fueron de gran ayuda.

Los resultados obtenidos en la implementación del sistema web “Medi-Health” están basados en los requerimientos que se indicaron en el levantamiento del proyecto, obteniendo un sistema web open source que está diseñado y desarrollado para mejorar las condiciones actuales de los centros médicos que no cuentan con un sistema de control de citas médicas en línea e historias clínicas, y con total garantía del manejo de entornos gráficos de fácil uso para los usuarios. Se crearon tres roles diferentes: Administrador, Paciente y Médico, con el propósito que cada usuario realice su respectivo proceso de autenticación y puedan acceder a los diferentes módulos. Al registrarse como doctor su usuario tendrá que pasar a revisión donde el administrador aceptará o rechazará su solicitud para que tenga acceso al sistema. La seguridad en el sistema web será gestionada por los administradores para así realizar el mantenimiento pertinente como consultar las bases de datos y registros de acceso. En el proceso de agendamiento de citas médicas, el sistema web proporciona la disponibilidad de horarios y servicios que ofrece el centro médico. En el módulo de la historia clínica el doctor con solo ingresar el número de identificación, la información será completa sin la preocupación que se pierda algún documento o formato llenado por el médico.

Con el desarrollo del sistema web open source “Me-

di-Health” se logra mejorar la atención al paciente, obteniendo beneficios que ayudan al control del agendamiento de citas médicas y administrar el historial clínico agilizando la atención a sus pacientes. En este trabajo de investigación se analizaron los factores relacionados a la atención médica con el objetivo de optimizar la atención al paciente de manera muy eficiente y rápida, lo que resulta en un mejor control de la historia clínica del paciente. Se empleó un sistema de agendamiento de citas médicas en línea denominado Medi-Health para que los pacientes puedan ac-

ceder de forma sencilla y amigable al seleccionar sus citas en las distintas especialidades que se ofrece en el centro médico.

Implementacion del sitio web open source Medi-Health

En la Figura 4 se muestra la interfaz final de la página de inicio que posee el sistema web open source Medi-Health. En la Figura 5 se muestran las interfaces finales del registro de los tipos de usuario (paciente, médico) que posee el sistema web Medi-Health.

ID PROBLEMA:	P-001
TITULO DESCRIPTIVO DEL PROBLEMA:	El Sistema Web no cumple con un diseño responsive
DESCRIPCIÓN:	 <p>El sistema web no cumple con un diseño responsive, como visualizamos en la imagen los circulitos rojos, el botón no estaría en la barra principal se desplaza a la parte de abajo y la imagen solo se ve un 10%, se la coloca o se la desaparece.</p>
NOMBRE:	Responsive
FECHA:	03/09/2022
ESTADO:	Abierto
PROYECTO AL QUE PERTENECE:	Grupo 2 - Medi-Health

Figura 3. Ejemplo de reporte de errores del sistema web Medi-Health.

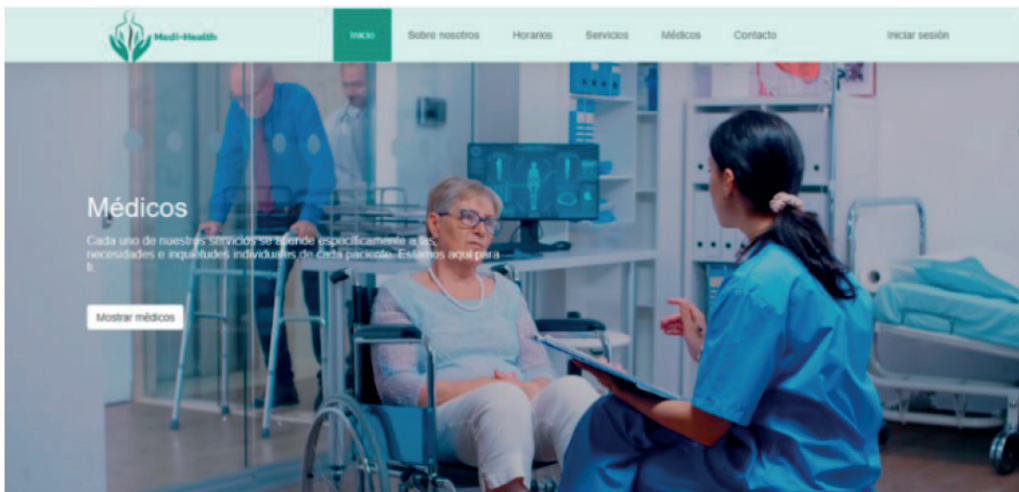


Figura 4. Página de Inicio de Medi-Health

En la Figura 6 se presenta un mensaje de información de una cita médica que ya ha sido agendada por el médico encargado.

En la Figura 7 se presenta la interfaz final del agendamiento de citas médicas por parte de un paciente.

En la Figura 8 se muestran las interfaces que listan los usuarios (médicos, pacientes) en el sistema web Medi-Health.

Código Fuente

Medi-Health es un sistema web open source, por tal motivo el código fuente está disponible en un repositorio público de GitHub, para todos los usuarios interesados en

colaborar en la evolución del sistema pueden encontrarlo en el siguiente enlace: https://github.com/Lmore07/app_medica.

Discusión

Los resultados están basados en los objetivos que se indicaron en el levantamiento de información del proyecto, se logró optimizar de una mejor manera el control de agendamiento de citas médicas a través del sistema web y facilitar de una manera más rápida la búsqueda de la información de un paciente. Además, se crearon tres tipos de

REGISTRO DE DOCTOR

← Página principal

Nombres:

Apellidos:

Dirección:

Fecha Nacimiento:

Cédula de identidad:

Teléfono:

Especialidad:

Fecha de ingreso:

Correo electrónico:

Contraseña:

REGISTRARSE

¿Te equivocaste de registro? [Regresar](#)

¿Ya tienes un perfil personal? [Iniciar sesión](#)

REGISTRO DE PACIENTE

← Página principal

Nombres:

Apellidos:

Dirección:

Fecha Nacimiento:

Cédula de identidad:

Teléfono:

Correo electrónico:

Contraseña:

REGISTRARSE

¿Te equivocaste de registro? [Regresar](#)

¿Ya tienes un perfil personal? [Iniciar sesión](#)

Figura 5. Registro de médico y paciente del sistema Medi-Health.

LISTADO DE HISTORIAS CLÍNICAS

Información de Cita

Motivo: tos y gripe

Diagnóstico: infección de las vías respiratorias

Observaciones: descanso de 3 días

Medicamento	Cantidad	Descripción
Paracetamol 500g	5	Una cada 4 horas

Estado de Cita: PENDIENTE, ATENDIDO

Acciones: [Botón]

Entendido

Figura 6. Información de cita médica de un paciente del sistema Medi-Health.

AGENDAR CITA MÉDICA



◀ Volver al menú

<p>Cédula de identidad</p> <input style="width: 90%;" type="text" value="1251124037"/>	<p>Nombres</p> <input style="width: 90%;" type="text" value="Michell"/>
<p>Apellidos</p> <input style="width: 90%;" type="text" value="Aviles"/>	<p>Edad</p> <input style="width: 90%;" type="text" value="22"/>
<p>Tipo de consulta</p> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px;"> Selecciona un tipo de consulta ▼ </div>	<p>Fecha de la cita</p> <input style="width: 90%;" type="text" value="dd/mm/aaaa"/>
<p>Hora</p> <input style="width: 90%;" type="text" value="--:00"/>	<p>Médico</p> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px;"> Selecciona un médico ▼ </div>

AGENDAR CITA

Figura 7. Agendamiento de cita médica del sistema Medi-Health.


LISTADO DE MÉDICOS								LISTADO DE USUARIOS						
 <p>◀ Volver al menú</p>								 <p>◀ Volver al menú</p>						
Nº de Cédula	Nombres	Apellidos	Especialidad	Dirección	Cédula	Correo Electrónico	Acciones	Nº de Cédula	Nombres	Apellidos	Dirección	Cédula	Correo Electrónico	Acciones
1237162700	Tommy	Apollonio	Médico General	San Carlos	0953219939	tommyapollonio@unq.edu.ec	✖	1237141031	Diana	Aviles	San Carlos	2432432403	diana.diana30@hotmail.com	✖
1234912345	Erika	Bizco	Pediatría	7 de Octubre	1234512345	erika@gmail.com	✖	1251124037	Michell	Aviles	San Carlos	0996011234	michell@gmail.com	✖
0832734135	Johanna	Chirga	Ginecología	1ro de Mayo	0939567982	johanna@unq.edu.ec	✖	0966666666	Nancy	RODRIGUEZ	Metro 15	121456789	nancy@unq.edu.ec	✖
1256022237	Susan	Aviles	Dermatología	San Carlos	0960222234	susan@gmail.com	✖	1234567890	Jimmy	Busta	Barrío Teñido Ugoziz	0123456789	jimmybusta@hotmail.com	✖
1237982396	Paola	Zambano	Traumatología	Valencia	0881345658	diana.aviles@gmail.com	✖	0957245630	Diana	Aviles	Patricio Pilar	0961910409	avilesnata@gmail.com	✖
070001519	Jimmy	Lopez	Médico General	Teniente	0881427575	jimmylopezcastanante@hotmail.com	✖							
070001501	new	medico	Médico General	City Quevedo	0991427970	medicosagundo@hotmail.com	✖							
070001002	medico	tercero	Traumatología	City Quevedo	0991427970	medicoscero@hotmail.com	✖							

Figura 8. Listado de usuarios registrados en el sistema Medi-Health.

roles para el sistema web (Administrador, Paciente y Médico) con el objetivo de hacer que cada usuario pase por su propio proceso de autenticación.

Como resultados de la aplicación de la metodología OSCRUM empleada para la implementación de sistema web open source podemos mencionar: En primer lugar, el desarrollo y diseño que tiene como objetivo mejorar las condiciones actuales del sistema de control de citas médicas haciendo uso del sistema web, asegurando la facilidad de interacción para el usuario. En segundo lugar, la seguridad en el sistema web será gestionada por los administradores para así realizar el mantenimiento pertinente como consultar las bases de datos y registros de acceso. En tercer lugar, para la Agenda Médica donde se llevará el control de las citas médicas, el sistema web proporciona la disponibilidad de horarios y servicios que ofrece el centro médico. En cuarto lugar, mayor rapidez en tener la historia clínica con solo ingresar el número de identificación, la información será completa sin la preocupación que se pierda algún documento o formato llenado por el médico. Finalmente, se obtuvo el apoyo de la comunidad de estudiantes de la carrera de ingeniería de software mediante el blog donde redactaban sus historias de usuario.

Las principales mejoras que se pueden realizar a futuro para complementar las funcionalidades del sistema web

open source son 3: Primero, permitir al paciente consultar directamente con su especialista mediante un correo o chat privado. Segundo, permitir al paciente recibir una notificación si una cita ha sido cancelada por parte del administrador del sistema. Tercero, agregar un módulo de facturación que permita al paciente realizar sus pagos una vez seleccionada la cita médica.

Conclusiones

El objetivo de la presente investigación consiste en realizar un sistema web open source enfocado en el área de la salud, mediante la metodología de desarrollo OSCRUM que cuenta con 11 pasos a seguir. Además, permite aplicar un plan de gestión, para garantizar la efectividad y seguridad al desarrollar un software de calidad.

El desarrollo de este sistema web open source llamado "Medi-Health" permite la administración de historias clínicas de los pacientes, proceso que anteriormente era llevado a cabo en papel debido a que no se contaba con un sistema web para realizar esta gestión. Para ello, fue necesario identificar las necesidades y dificultades que se tienen en los procesos de gestión manual de la documentación en los centros médicos.

La función principal del sistema web es el de gestionar el control de agendamiento de citas médicas con la respectiva información del paciente. El personal médico puede acceder a la historia clínica de un paciente utilizando sus credenciales, y permite a los administradores gestionar a los usuarios registrados en el sistema web. Además, se brinda opciones que permiten a los usuarios ingresar y actualizar sus datos mediante el registro del usuario.

La evaluación del sistema web open source "Medi-Health" que se realizó con los usuarios se registró en una plantilla, específicamente todos los errores encontrados en el sistema. Los desarrolladores a cargo de la creación del sistema analizaron y buscaron soluciones para que estas características se puedan implementar en el sistema web.

Dado los resultados de la implementación del sistema web open source "Medi-Health" se concluye, que este sistema facilita la asignación y cancelación de citas médicas en línea, evitando así colas interminables en consultorios o esperas en líneas telefónicas. Además, el personal médico cuenta con el historial clínico de los pacientes en tiempo real agilizando así de manera más efectiva y rápida la atención a sus usuarios.

Para futuros trabajos se buscará emplear nuevos artefactos OSS que puedan adaptarse a la metodología de desarrollo OSCRUM para emplear todos los procesos realizados en esta investigación.

Contribuciones de los autores

1) Contribuciones sustanciales a la concepción, metodología, diseño, adquisición de datos, análisis e interpretación de datos: LLL, NR, RLL, LM. 2) Software y validación: LLL, NR, RLL, LM. 3) Redacción-preparación del borrador original: LLL, NR, RLL, LM, 4) Aprobación final de la versión a publicar: LLL, NR, RLL, LM. 5) Acuerdo para actuar como garante del trabajo: LLL, NR, RLL, LM. Todos los autores han leído y están de acuerdo con la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento

Esta investigación fue financiada por la Dirección de Investigación de la Universidad Técnica del Estado de Quedo.

Conflictos de Interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Referencias bibliográficas

1. Barahona, J. G., Pascual, J. S. & Robles, G. Introducción al software libre. (2003).
2. Muicela, J. P. M. & Jaigua, O. A. M. Definición de metodología para la implementación de Software Libre y Open Source en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. at <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/423> (2010).
3. Hat, R. ¿Qué es el open source? at <https://www.redhat.com/es/topics/open-source/what-is-open-source> (2019).
4. Gómez, P. & Rivera, J. Un problema social: tiempos de espera en la consulta externa del Hospital Carlos Andrade Marín. *Estud. la Gestión. Rev. Int. Adm.* 121–146 (2019) doi:10.32719/25506641.2019.5.5.
5. Kitchenham, B. A., Budgen, D. & Brereton, O. P. Using mapping studies as the basis for further research - A participant-observer case study. *Inf. Softw. Technol.* 53, 638–651 (2011).
6. Rahman, S. et al. OSCRUM: A Modified Scrum for Open Source Software Development. 1–7 doi:10.5013/IJSSST.a.19.03.20.
7. Zucker, K., Wagstaff, M., Tomson, C., Beecham, R. & Hall, G. AuguR: A Scalable Open-Source Interactive Web Application for Routinely Collected Data. (2022) doi:10.3233/SHTI220177.
8. Aizaga-Villon, X., Alarcon-Ballesteros, K., Cordova-Garcia, J., Sanchez Padilla, V. & Velasquez, W. FIWARE-based Telemedicine Apps Modeling for Patients' Data Management. *IEEE Eng. Manag. Rev.* 50, 173–188 (2022).
9. Pumar-Carreras, N. et al. Affordable Custom Three-Dimensional Anatomy Atlases. 2019 IEEE Glob. Humanit. Technol. Conf. GHTC 2019 0–7 (2019) doi:10.1109/GHTC46095.2019.9033044.
10. Tylutki, Z., Szlęk, J. & Polak, S. CardiacPBPK: A tool for the prediction and visualization of time-concentration profiles of drugs in heart tissue. *Comput. Biol. Med.* 115, 4–9 (2019).
11. Kotoulas, A., Lambrou, G. & Koutsouris, D. D. Design and virtual implementation of a biomedical registry framework for the enhancement of clinical trials: colorectal cancer example. *BMJ Heal. Care Informatics* 26, (2019).
12. Oliveira, D., Duarte, J., Abelha, A. & Machado, J. Improving nursing practice through interoperability and intelligence. *Proc. - 2017 5th Int. Conf. Futur. Internet Things Cloud Work. W-FiCloud 2017 2017-Janua*, 194–199 (2017).
13. Urra, C. V., Danilo, R. L. & Castro, S. O. Introducción: Software libre y código abierto: experiencias innovadoras en bibliotecas y centros de información. *Palabra Clave* 8, (2018).
14. Ordóñez, M. P. Z., Ríos, J. R. M. & Castillo, F. F. R. Administración de base de datos con PostgreSQL. (2017). doi:<https://www.3ciencias.com/libros/libro/administracion-bases-datos-postgresql/>.
15. ¿Qué es Angular y para qué sirve? at <https://www.qualitydevs.com/2019/09/16/que-es-angular-y-para-que-sirve/>.
16. Geek, E. Qué es Express.JS y primeros pasos. at <https://if-geekthen.nttdata.com/es/que-es-expressjs-y-primeros-pasos> (2021).

REVIEW / ARTÍCULO DE REVISIÓN

Influencia del ácido giberélico (AG3), etanol y cianamida hidrogenada (Dormex) sobre la brotación de yemas a partir de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. var. Cecilia

Influence of gibberellic acid (AG3), ethanol and hydrogenated cyanamide (Dormex) on buds sprouting from *Solanum tuberosum* L. var tubers. Cecilia

Catherine Silva – Agurto^{1*}, Michel Leiva Mora¹, Tatiana Macarena Acosta² and Nayeli Estefania Sánchez Ortiz²

DOI. 10.21931/RB/2023.08.03.19

¹ Laboratorio de Biotecnología. Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

² Estudiante de la Maestría de Agronomía Mención Nutrición Vegetal cohorte 2022, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Corresponding author: cl.silva@uta.edu.ec

Resumen: Los inductores de brotación se utilizan ampliamente en tubérculos de *Solanum tuberosum* con la finalidad de reducir el tiempo de crecimiento de los brotes. El objetivo principal de este artículo fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de ácido giberélico (AG3), etanol y cianamida hidrogenada (Dormex) sobre la brotación de yemas, longitud y número de brotes de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. var. Cecilia. Se utilizaron tubérculos previamente desinfectados, los cuales se sumergieron en tres tipos de inductores de brotación a diferentes concentraciones y se colocaron en dos tipos de sustratos a base de turba rubia (TS1 y TS2). Para el ácido giberélico los tubérculos se sumergieron durante 72 h mientras que para la cianamida hidrogenada (Dormex) y el etanol se sumergieron durante 15 minutos. Se evaluaron el número de brotes y la longitud por tubérculo. Se empleó un diseño de bloques completamente aleatorizado en cada experimento. A los 21 días al utilizar ácido giberélico (AG3) (5 mg.L⁻¹, 9 mg.L⁻¹, 7 mg.L⁻¹ y 3 mg.L⁻¹), etanol (0.5 %, 0.7 %, 0.3 %, 0.9 % y 0.1 %) y cianamida hidrogenada (Dormex) (3 %, 4 %, 2 %, 0.5 y 1 %) se incrementó la longitud de los brotes en los tubérculos de *S. tuberosum* var. Cecilia pero no tuvo efecto sobre el número de brotes. Los tipos de sustratos (TS1 y TS4) no influyeron sobre la longitud de los brotes ni en el número de brotes en la brotación de yemas de tubérculos de papa var. Cecilia. En base a los resultados del presente trabajo se concluyó que el AG3, etanol y Dormex favorecieron la brotación de yemas en tubérculos de *S. tuberosum* var. Cecilia.

Palabras clave: Activadores, brotes, dormancia, inductores, latencia.

Abstract: Induction of sprouting is widely used in *Solanum tuberosum* tubers to reduce the sprout growth time. The main objective of this article was to evaluate the effect of different concentrations of gibberellic acid (GA3), ethanol, and hydrogen cyanamide (Dormex) on the budding of buds, length, and number of sprouts in *Solanum tuberosum* L. var. Cecilia tubers. Previously disinfected tubers were immersed in three sprouting inducers at different concentrations and placed in two peat-based substrates (TS1 and TS2). The tubers were submerged for 72 hours for gibberellic acid, while hydrogen cyanamide (Dormex) and ethanol were immersed for 15 minutes. The number and length of sprouts per tuber were evaluated. A completely randomized block design was used in each experiment. At 21 days of using gibberellic acid (GA3) (5 mg.L⁻¹, 9 mg.L⁻¹, 7 mg.L⁻¹, and 3 mg.L⁻¹), ethanol (0.5%, 0.7%, 0.3%, 0.9%, and 0.1%), and hydrogen cyanamide (Dormex) (3%, 4%, 2%, 0.5%, and 1%), the length of the sprouts in *S. tuberosum* var. Cecilia tubers increased, but it did not affect the number of projections. The types of substrates (TS1 and TS4) did not influence the length or number of sprouts in the budding of Cecilia potato tubers. Based on the results of this study, it was concluded that GA3, ethanol, and Dormex promoted the budding of buds in *S. tuberosum* var. Cecilia tubers.

Key words: Activators, dormancy, inductor, latency, shoots.

Introducción

La papa *Solanum tuberosum* L. pertenece a la familia de las Solanáceas, es una dicotiledónea herbácea, anual¹, su rendimiento está determinado principalmente por el comportamiento de los factores abióticos y bióticos, la variedad, el desarrollo de la superficie foliar y su manejo agronómico².

Es uno de los cinco productos de mayor importancia

en la alimentación humana a nivel mundial, debido a sus características nutricionales³, se resalta su aporte de carbohidratos, proteínas, vitaminas (B1, B3, B6 y C) y minerales (magnesio, potasio, hierro, fósforo y calcio), lo cual asegura una demanda significativa durante todo el año^{4,5}.

En contraste con las semillas de cereales, en los tubérculos no se produce deshidratación y mantienen activo su

Citation: Silva – Agurto C, Leiva Mora M, Macarena Acosta T, Sánchez Ortiz N E. Influencia del ácido giberélico (AG3), etanol y cianamida hidrogenada (Dormex) sobre la brotación de yemas a partir de tubérculos de *Solanum tuberosum* L. var. Cecilia. Revis Bionatura 2023;8 (3) 19. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.19>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** 15 July 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



metabolismo, por ello, el manejo de la duración del período de latencia tiene una importancia económica considerable⁶. La latencia es un estado fisiológico en el que se presenta una etapa en donde no se produce un crecimiento autónomo de los brotes, inclusive si existen las condiciones necesarias, este período empieza desde la iniciación hasta el momento en que se produce la brotación⁷.

Existen tres tipos de latencia definidas para la papa: endodormancia, ecodormancia y paradormancia⁸. La duración de este período depende de factores genéticos y manejo previo y posterior a la cosecha⁹. La temperatura es un factor ambiental que puede mantener o acelerar la latencia^{10,11}, así mismo, la aplicación de tratamientos químicos como el uso de ácido giberélico o peróxido de hidrógeno, pueden ser de gran utilidad para inducir el crecimiento de los brotes de los tubérculos¹².

El etanol es un compuesto químico muy conocido, una investigación para inducir la brotación de yemas en microtubérculos de *S. tuberosum* mostró que la utilización de etanol provocó el aumento de los niveles de NADH por medio de la actividad de alcohol deshidrogenasa (ADH), esto permite un incremento de la carga redox catabólica (CRC). El aumento de la CRC puede ser la señal que bloquea el almacenamiento y la actividad relacionada con el ciclo celular en el tejido del tubérculo, mediante la disminución del almacenamiento y la expresión génica. Simultáneamente, conduce a una redirección del flujo de sacarosa hacia la yema apical, en donde sus niveles se incrementan. El aumento de los niveles de sacarosa en la yema apical puede ser la causa de la inducción local de la actividad del ciclo celular¹³.

El ácido giberélico (AG3) es un regulador de crecimiento que tiene la capacidad de eliminar la latencia^{14,15}, además, estimula el crecimiento y desarrollo de las yemas de los tubérculos de manera más rápida, promoviendo la aparición de brotes¹⁶.

La cianamida hidrogenada es una sustancia perteneciente a los nitrilos clásicos, tiene la capacidad de penetrar fácilmente la corteza del material vegetal. Su mecanismo de acción implica la activación de dos vías: el metabolismo de la sacarosa y el almidón y la transducción de señales de fitohormonas¹⁷.

El retraso y la falta de uniformidad en la brotación de las yemas en los tubérculos de papa plantea un importante problema científico que requiere abordar la necesidad de lograr una brotación sincronizada y oportuna para mejorar la productividad de este cultivo. La brotación inconsistente puede provocar un crecimiento desigual, tamaños variables de los tubérculos y una reducción en el rendimiento, lo que finalmente afecta la rentabilidad agrícola. Lograr una brotación de yemas sincronizada y oportuna es crucial para optimizar la asignación de recursos, la gestión del cultivo y la logística de la cosecha¹⁰. Mediante la comprensión de los factores que contribuyen al retraso y la falta de uniformidad en la brotación, los investigadores pueden desarrollar estrategias innovadoras, como la regulación hormonal para mejorar la sincronización de la aparición de las yemas, lo que conduce a un crecimiento más uniforme, un mayor rendimiento y una productividad mejorada¹⁸.

En base a la problemática anterior, la presente investigación se propuso evaluar el efecto de diferentes concentraciones de ácido giberélico (AG3), etanol y cianamida hidrogenada (Dormex) sobre la brotación de yemas, longitud y número de brotes de las mismas en tubérculos de *Solanum tuberosum* L. var. Cecilia.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, ubicado en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua, en el período comprendido de abril-septiembre 2022.

Material vegetal

Se seleccionaron tubérculos de 100 gramos aproximadamente, los cuales se lavaron con agua de grifo, se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio al 5 % por 5 min posteriormente se enjuagaron con agua desionizada estéril, luego se volvieron a sumergir en una solución de alcohol al 70% por 5 min, se enjuagaron con agua desionizada estéril y se dejaron secar. Para determinar el efecto de diferentes tipos de inductores de brotación y sus concentraciones se realizaron ensayos individuales para cada tipo de inductor.

Se pesaron y disolvieron diferentes concentraciones de ácido giberélico (AG3), etanol y cianamida hidrogenada (Dormex), se procedió a sumergir los tubérculos en las diferentes soluciones por los tiempos establecidos, se dejaron secar y se colocaron en bandejas con dos tipos de sustratos compuestos por turba rubia (TS1 y TS4), el sustrato fue humedecido con agua desionizada estéril. Se colocaron 10 tubérculos por cada tratamiento.

Ensayo 1. Influencia de cinco concentraciones de ácido giberélico (AG3) sobre la brotación de yemas de tubérculos de papa var. Cecilia. (Tabla 1)

Ensayo 2. Influencia de cinco concentraciones de etanol en la brotación de yemas de tubérculos de papa var. Cecilia. (Tabla 2)

Ensayo 3. Influencia de cinco concentraciones de cianamida hidrogenada (Dormex) en la brotación de yemas de tubérculos de papa var. Cecilia. (Tabla 3)

Evaluaciones

Se determinó la longitud de brote (cm) y número de brotes por tubérculo a los 21 días para cada ensayo.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
T1	1 mg.L-1 de AG3 en el sustrato TS1
T2	3 mg.L-1 de AG3 en el sustrato TS1
T3	5 mg.L-1 de AG3 en el sustrato TS1
T4	7 mg.L-1 de AG3 en el sustrato TS1
T5	9 mg.L-1 de AG3 en el sustrato TS1
T6	1 mg.L-1 de AG3 en el sustrato TS4
T7	3 mg.L-1 de AG3 en el sustrato TS4
T8	5 mg.L-1 de AG3 en el sustrato TS4
T9	7 mg.L-1 de AG3 en el sustrato TS4
T10	9 mg.L-1 de AG3 en el sustrato TS4
T11	Sin AG3 en el sustrato TS1
T12	Sin AG3 en el sustrato TS4

Tabla 1. Tratamientos correspondientes a diferentes concentraciones del ácido giberélico (AG3) aplicadas mediante inmersión de 72 h en tubérculos de papa var. Cecilia.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
T1	0.1 % de etanol en el sustrato TS1
T2	0.3 % de etanol en el sustrato TS1
T3	0.5 % de etanol en el sustrato TS1
T4	0.7 % de etanol en el sustrato TS1
T5	0.9 % de etanol en el sustrato TS1
T6	0.1 % de etanol en el sustrato TS4
T7	0.3 % de etanol en el sustrato TS4
T8	0.5 % de etanol en el sustrato TS4
T9	0.7 % de etanol en el sustrato TS4
T10	0.9 % de etanol en el sustrato TS4
T11	Sin etanol en el sustrato TS1
T12	Sin etanol en el sustrato TS4

Tabla 2. Tratamientos correspondientes a diferentes concentraciones de etanol aplicadas mediante inmersión de 15 min en tubérculos de papa var. Cecilia.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizado con arreglo factorial. Se incluyó un control para cada inductor de brotación (sin aplicación de inductor). Los datos obtenidos de las variables: longitud y número de brotes, se registraron en el paquete SPSS versión 26.0, se comprobaron si presentaban distribución normal por medio de la prueba de Kolmogorov Smirnov y la homogeneidad de varianza mediante la prueba de Levene. Para las variables que no cumplieron con estos requerimientos, se utilizó la prueba de Kruskal Wallis completada con una prueba de U Mann Whitney. Para un nivel de significación de un 95 %.

Resultados

Ensayo 1. Influencia de cinco concentraciones de ácido giberélico (AG3) sobre la brotación de yemas de tubérculos de papa var. Cecilia.

El factor concentraciones de ácido giberélico fue quien tuvo efectos estadísticamente significativos sobre los valores del número de brotes y la longitud de brotes de tubérculos de *S. tuberosum* var. Cecilia, mientras que el factor tipos

Origen	Variable dependiente	Tipo II de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Parámetro sin centralidad	Potencia observada
Modelo corregido	Número de brotes	30,425 a	11	2,766	1,880	,050	20,679	0,855
	Longitud de los brotes	72,534 b	11	6,594	3,128	,001	34,405	0,985
Intersección	Número de brotes	165,675	1	165,675	112,605	,000	112,605	1,000
	Longitud de los brotes	281,827	1	281,827	133,679	,000	133,679	1,000
Concentraciones de ácido giberélico (AG3)	Número de brotes	24,275	5	4,855	3,300	,008	16,499	0,883
	Longitud de los brotes	56,115	5	11,223	5,323	,000	26,617	0,986
Tipos de sustratos (TS1 y TS4)	Número de brotes	,675	1	,675	,459	,500	,459	0,103
	Longitud de los brotes	5,334	1	5,334	2,530	,115	2,530	0,351
Interacción entre Acido giberélico (AG3) * Tipos de sustratos (TS1 y TS4)	Número de brotes	5,475	5	1,095	,744	,592	3,721	0,259
	Longitud de los brotes	11,085	5	2,217	1,052	,391	5,258	0,363
Error	Número de brotes	158,900	108	1,471				
	Longitud de los brotes	227,689	108	2,108				
Total	Número de brotes	355,000	120					
	Longitud de los brotes	582,050	120					
Total corregido	Número de brotes	189,325	119					
	Longitud de los brotes	300,223	119					

a. R al cuadrado = ,161 (R al cuadrado ajustada = ,075)

b. R al cuadrado = ,242 (R al cuadrado ajustada = ,164)

c. Se ha calculado utilizando alpha = ,05

Tabla 4. Efecto de las concentraciones de ácido giberélico (AG3) y tipos de sustratos (TS1 y TS4) sobre el número de brotes y longitud de brote en la brotación de yemas de *S. tuberosum* var. Cecilia a los 21 días.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
T1	0.5 % de Dormex en el sustrato TS1
T2	1 % de Dormex en el sustrato TS1
T3	2 % de Dormex en el sustrato TS1
T4	3 % de Dormex en el sustrato TS1
T5	4 % de Dormex en el sustrato TS1
T6	0.5 % de Dormex en el sustrato TS4
T7	1 % de Dormex en el sustrato TS4
T8	2 % de Dormex en el sustrato TS4
T9	3 % de Dormex en el sustrato TS4
T10	4 % de Dormex en el sustrato TS4
T11	Sin Dormex en el sustrato TS1
T12	Sin Dormex en el sustrato TS4

Tabla 3. Tratamientos correspondientes a diferentes concentraciones de Dormex aplicadas mediante inmersión de 15 min en tubérculos de papa var. Cecilia.

de sustratos (TS1 y TS4) no influyó sobre estas variables (Tabla 4).

Las concentraciones de 5 mg.L⁻¹, 9 mg.L⁻¹, 7 mg.L⁻¹ y 3 mg.L⁻¹ de AG3 por 72 h obtuvieron la mayor longitud de los brotes con respecto al tratamiento sin AG3 a los 21 días (Tabla 5 y Figura 1).

Tabla 5. Efecto de las concentraciones de ácido giberélico (AG3) sobre la longitud de los brotes en la brotación de yemas de *S. tuberosum* var. Cecilia a los 21 días.

Ensayo 2. Influencia de cinco concentraciones de etanol en la brotación de yemas de tubérculos de papa var. Cecilia.

El factor concentraciones de etanol fue quien tuvo efectos estadísticamente significativos sobre los valores de la longitud de brotes de tubérculos de *S. tuberosum* var. Cecilia, mientras que el factor tipos de sustratos (TS1 y TS4) no influyó sobre las variables número de brotes y longitud de los brotes (Tabla 6).

Las concentraciones de 0.5 %, 0.7 %, 0.3 %, 0.9 % y 0.1 % de etanol por 15 min obtuvieron la mayor longitud de los brotes con respecto al tratamiento sin etanol a los 21 días (Tabla 7 y Figura 2).

Tratamientos	Medias
	Longitud de los brotes (cm)
5 mg.L ⁻¹ de AG3	2,58 a
9 mg.L ⁻¹ de AG3	2,03 ab
7 mg.L ⁻¹ de AG3	1,70 abc
3 mg.L ⁻¹ de AG3	1,4 abc
1 mg.L ⁻¹ de AG3	1,05 c
Sin AG3	0,45 c

Tabla 5. Efecto de las concentraciones de ácido giberélico (AG3) sobre la longitud de los brotes en la brotación de yemas de *S. tuberosum* var. Cecilia a los 21 días.

Prueba de Bonferroni, $p < 0,05$; $n=20$.

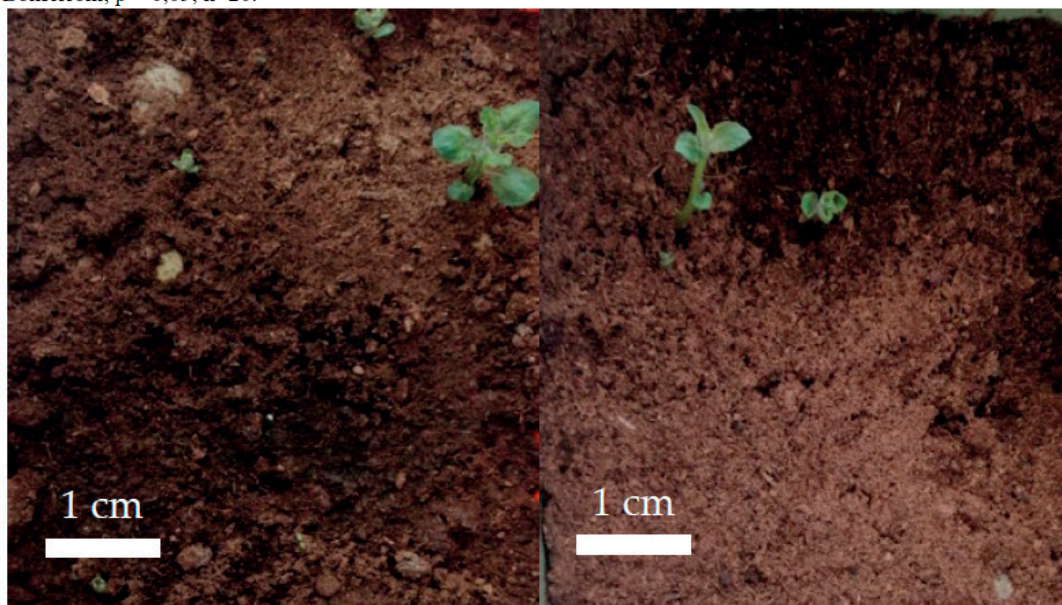


Figura 1. Yemas brotadas a partir de tubérculos de *S. tuberosum* var. Cecilia tratados con 5 mg.L⁻¹ y 9 mg.L⁻¹ de ácido giberélico (AG3) a los 21 días.

Origen	Variable dependiente	Tipo II de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Parámetro sin centralidad	Potencia observada
Modelo corregido	Número de brotes	18,492 a	11	1,681	1,055	,405	11,604	,554
	Longitud de los brotes	50,920 b	11	4,629	2,380	,011	26,185	,938
Intersección	Número de brotes	156,408	1	156,408	98,153	,000	98,153	1,000
	Longitud de los brotes	219,511	1	219,511	112,881	,000	112,881	1,000
Concentración de etanol	Número de brotes	11,442	5	2,288	1,436	,217	7,180	,489
	Longitud de los brotes	32,849	5	6,570	3,378	,007	16,892	,891
Tipos de sustratos (TS1 y TS4)	Número de brotes	2,408	1	2,408	1,511	,222	1,511	,230
	Longitud de los brotes	7,057	1	7,057	3,629	,059	3,629	,471
Concentración de etanol * Tipos de sustratos (TS1 y TS4)	Número de brotes	4,642	5	,928	,583	,713	2,913	,207
	Longitud de los brotes	11,015	5	2,203	1,133	,347	5,664	,390
Error	Número de brotes	172,100	108	1,594				
	Longitud de los brotes	210,019	108	1,945				
Total	Número de brotes	347,000	120					
	Longitud de los brotes	480,450	120					
Total corregido	Número de brotes	190,592	119					
	Longitud de los brotes	260,939	119					

a. R al cuadrado = ,097 (R al cuadrado ajustada = ,005)

b. R al cuadrado = ,195 (R al cuadrado ajustada = ,113)

c. Se ha calculado utilizando alpha = ,05

Tabla 6. Efecto de las concentraciones de etanol y tipos de sustratos (TS1 y TS4) sobre el número de brotes y longitud de los brotes en la brotación de yemas de *S. tuberosum* var. Cecilia a los 21 días.

Tratamientos	Medias
	Longitud de los brotes (cm)
0.5 % de etanol	2,09 a
0.7 % de etanol	1,82 ab
0.3 % de etanol	1,53 ab
0.9 % de etanol	1,25 ab
0.1 % de etanol	0,85 ab
Sin etanol	0,58 b

Tabla 7. Efecto de las concentraciones de etanol sobre la longitud de los brotes en la brotación de yemas de *S. tuberosum* var. Cecilia a los 21 días.

Prueba de Tuckey, $p < 0,05$; $n=20$.



Figura 2. Yemas brotadas a partir de tubérculos de *S. tuberosum* var. Cecilia tratados con 0.5 % y 0.7 % de etanol a los 21 días.

Ensayo 3. Influencia de cinco concentraciones de cianamida hidrogenada (Dormex) en la brotación de yemas de tubérculos de papa var. Cecilia.

El factor concentraciones de Dormex fue quien tuvo efectos estadísticamente significativos sobre los valores de la longitud de brotes de tubérculos de *S. tuberosum* var. Cecilia, mientras que el factor tipos de sustratos (TS1 y TS4) no influyó sobre las variables número de brotes y longitud de los brotes (Tabla 8).

Las concentraciones de 3 %, 4 %, 2 %, 0.5 y 1 % de Dormex por 15 min obtuvieron la mayor longitud de los brotes con respecto al tratamiento sin etanol a los 21 días (Tabla 9 y Figura 3).

Discusión

Influencia de cinco concentraciones de ácido giberélico (AG3) sobre la brotación de yemas de tubérculos de papa var. Cecilia.

Respecto a la influencia del AG3 en la brotación de tubérculos de papa, aunque los resultados no mostraron cambios en el número de brotes, sí se observó un efecto en la longitud de los mismos. Estos resultados quizás se debieron a que el AG3 puede estimular la elongación celular al afectar la plasticidad de la pared celular, permitiendo que

las células vegetales se alarguen más de lo que lo harían normalmente¹⁹. Esto podría conducir a yemas más largas sin necesariamente aumentar su número²⁰.

A su vez el AG3 también se sabe que promueve la biosíntesis de proteínas, lo cual es crucial para el crecimiento y desarrollo de las plantas²¹. Esto podría favorecer un mayor crecimiento en las yemas existentes, resultando en yemas más largas, pero no necesariamente en un mayor número de yemas²². Asimismo, la acción del AG3 en las plantas a menudo implica interacciones complejas con otras hormonas vegetales, como las auxinas y las citoquininas²². En el caso de la brotación de los tubérculos de papa, es posible que las citoquininas, que son conocidas por papel de promover la división celular, no estuvieran presentes en cantidades suficientes para permitir un aumento en el número de brotes a pesar de la presencia de AG3²³. Alternativamente, el AG3 puede estar inhibiendo la producción o acción de citoquininas, lo que resultaría en una inhibición del número de brotes.

Influencia de cinco concentraciones de etanol en la brotación de yemas de tubérculos de papa var. Cecilia

El etanol tiene propiedades inhibitorias sobre brotación de los tubérculos de papa. Algunos estudios han demostrado que altas concentraciones de etanol pueden retrasar o incluso inhibir completamente la brotación de los tubércu-

Origen	Variable dependiente	Tipo II de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Parámetro sin centralidad	Potencia observada
Modelo corregido	Número de brotes	20,892 a	11	1,899	,997	,454	10,969	,525
	Longitud de los brotes	62,011 b	11	5,637	2,110	,025	23,207	,901
Intersección	Número de brotes	170,408	1	170,408	89,471	,000	89,471	1,000
	Longitud de los brotes	266,710	1	266,710	99,812	,000	99,812	1,000
Concentraciones de Dormex	Número de brotes	14,542	5	2,908	1,527	,187	7,635	,517
	Longitud de los brotes	52,939	5	10,588	3,962	,002	19,812	,939
Tipos de sustratos (TS1 y TS4)	Número de brotes	,408	1	,408	,214	,644	,214	,074
	Longitud de los brotes	,469	1	,469	,175	,676	,175	,070
Concentraciones de Dormex * Tipos de sustratos (TS1 y TS4)	Número de brotes	5,942	5	1,188	,624	,682	3,120	,220
	Longitud de los brotes	8,603	5	1,721	,644	,667	3,219	,226
Error	Número de brotes	205,700	108	1,905				
	Longitud de los brotes	288,589	108	2,672				
Total	Número de brotes	397,000	120					
	Longitud de los brotes	617,310	120					
Total corregido	Número de brotes	226,592	119					
	Longitud de los brotes	350,600	119					

a. R al cuadrado = ,092 (R al cuadrado ajustada = ,000)

b. R al cuadrado = ,177 (R al cuadrado ajustada = ,093)

c. Se ha calculado utilizando alpha = ,05

Tabla 8. Efecto de las concentraciones de Dormex y Tipos de sustratos (TS1 y TS4) sobre el número de brotes y longitud de los brotes de yemas de *S. tuberosum* var. Cecilia a los 21 días.

Tratamientos	Medias
	Longitud de los brotes (cm)
3 % de Dormex	2,53 a
4 % de Dormex	2,04 a
2 % de Dormex	1,57 ab
0.5 % de Dormex	1,27 ab
1 % de Dormex	1,07 ab
Sin Dormex	0,47 b

Tabla 9. Efecto de las concentraciones de Dormex sobre la longitud de los brotes en la brotación de yemas de *S. tuberosum* var. Cecilia a los 21 días.

Prueba de Tuckey, $p < 0,05$; $n=20$.

los²⁴. El etanol actúa como un agente deshidratante, lo que puede interferir con los procesos metabólicos y enzimáticos necesarios para la brotación de yemas a partir de tubérculos de papa²⁵. Sin embargo, algunos autores sostienen que las concentraciones bajas de etanol estimulan el crecimiento de los brotes.

El etanol puede afectar la regulación fitohormonal necesaria para la brotación de los tubérculos de papa. La presencia de etanol puede alterar el equilibrio hormonal necesario para la brotación adecuada, lo cual provocaría a una

reducción en el número y la calidad de los brotes²⁶. El etanol, al ser aplicado en los tubérculos de papa, puede interferir con la síntesis, el transporte o la percepción de estas hormonas vegetales, lo que altera el equilibrio fitohormonal necesario para la garantizar una brotación adecuada²⁷. Varios estudios han demostrado que el etanol puede inhibir la síntesis de auxinas²⁸ y giberelinas²⁹, o podría bloquear sus efectos al interferir con los receptores de hormonas en las células vegetales.

El etanol también puede tener un efecto negativo en



Figura 3. Yemas brotadas a partir de tubérculos de *S. tuberosum* var. Cecilia tratados con 3% y 4 % de Dormex a los 21 días.

la actividad enzimática y el metabolismo celular, lo cual repercutiría en la producción y la señalización de las hormonas³⁰. El etanol podría afectar los procesos de biosíntesis y degradación de las hormonas vegetales, lo que altera su disponibilidad y concentración en los tejidos de los tubérculos de papa²⁶.

Influencia de cinco concentraciones de cianamida hidrogenada (Dormex) en la brotación de yemas de tubérculos de papa var. Cecilia

Las diferentes variedades de papa pueden tener respuestas genéticas variables a la aplicación de Dormex. Algunas variedades pueden ser más sensibles y responder favorablemente a la cianamida hidrogenada, mientras que otras pueden mostrar una respuesta limitada o incluso no responder en absoluto³¹.

Las condiciones ambientales y el estado fisiológico de los tubérculos en el momento de la aplicación pueden afectar la respuesta al Dormex³². Aunque los resultados no mostraron cambios en el número de brotes, sí se observó un efecto favorable en la longitud de los mismos.

Los factores ambientales, como la temperatura y la humedad, pueden influir en la eficacia de Dormex³³. La cianamida hidrogenada funciona en algunos frutales acorde con las condiciones específicas de temperatura y humedad que prevalezcan (bajas temperaturas y periodos de humedad prolongados), y su eficacia puede verse reducida si no se cumplen estos requisitos óptimos³⁴. Si las condiciones ambientales no fueron favorables durante la aplicación de Dormex, es posible que no se haya observado un aumento significativo en el número de brotes³⁵.

La concentración de Dormex utilizada en el estudio puede haber sido insuficiente o excesiva para promover un aumento en el número de brotes de los tubérculos de papa³⁶. La cianamida hidrogenada puede tener un rango óptimo de concentración en el cual es efectiva para estimular la brotación. Si la concentración utilizada no estaba dentro de este rango, es posible que no se haya observado ningún efecto en el número de brotes³⁷.

Desde el punto de vista fisiológico los tubérculos de papa tienen un período de latencia natural que inhibe la

brotación de las yemas hasta que las condiciones sean favorables³⁸. Durante este período, los brotes se mantienen inactivos debido a la presencia de inhibidores endógenos y a la falta de estímulos para la brotación³⁹. La cianamida hidrogenada actúa como un agente rompedor de la latencia al inhibir la actividad de los inhibidores endógenos⁴⁰.

La aplicación de cianamida hidrogenada en los tubérculos de papa promueve cambios metabólicos que activan los procesos de iniciación y crecimiento de los brotes⁴¹. La cianamida hidrogenada induce la síntesis de enzimas y proteínas relacionadas con la brotación de las yemas⁴², lo que aumenta la disponibilidad de metabolitos necesarios para la división celular y el alargamiento de los brotes⁴³.

A su vez la cianamida hidrogenada podría influir en el balance fitohormonal de los tubérculos de papa, lo que desencadena en condiciones favorables la brotación, también se incrementa la síntesis de auxinas⁴⁴ y las giberelinas⁴⁵, que son clave en la regulación del crecimiento y desarrollo de los brotes⁴⁵. Estas hormonas estimulan la elongación y el desarrollo de nuevos brotes⁴⁷.

Conclusiones

Al utilizar ácido giberélico (AG3) (5 mg.L⁻¹, 9 mg.L⁻¹, 7 mg.L⁻¹ y 3 mg.L⁻¹), etanol (0.5 %, 0.7 %, 0.3 %, 0.9 % y 0.1 %) y cianamida hidrogenada (Dormex) (3 %, 4 %, 2 %, 0.5 y 1 %) se incrementó la longitud de los brotes en los tubérculos de *S. tuberosum* var. Cecilia pero no tuvo efecto sobre el número de brotes.. Los tipos de sustratos (TS1 y TS4) no influyeron sobre la longitud de los brotes ni en el número de brotes en la brotación de yemas de tubérculos de papa var. Cecilia.

Contribuciones de los autores

Conceptualización, Catherine Silva Agurto, Metodología, Catherine Silva Agurto y Michel Leiva Mora, software, Catherine Silva Agurto y Tatiana Acosta Villacis, validación, Catherine Silva Agurto y Nayeli Sánchez Ortiz, análisis formal, Catherine Silva Agurto y Nayeli Sánchez Ortiz; investigación, Catherine Silva Agurto y Michel Leiva Mora; recur-

sos, Michel Leiva Mora, Catherine Silva Agurto y Tatiana Acosta Villacis, curado de datos, Michel Leiva Mora, Catherine Silva Agurto; redacción—redacción borrador original, Michel Leiva Mora, Catherine Silva Agurto; redacción, revisión y edición, Michel Leiva Mora, Catherine Silva Agurto, Tatiana Acosta Villacis y Nayeli Sánchez Ortiz; supervisión, Catherine Silva Agurto; administración del proyecto, Michel Leiva Mora, adquisición del financiamiento, Michel Leiva Mora y Catherine Silva Agurto; Todos los autores han leído y están de acuerdo con la versión publicada del manuscrito.

Agradecimientos

Agradecemos al apoyo ofrecido por la coordinadora de investigación Deysi Alexandra Guevara Freire y a las autoridades de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, así como a la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE-FCAGP) por reconocer y brindar el apoyo a los esfuerzos realizados en este proyecto, mismo que fue autofinanciado por la Ingeniera Catherine Silva Agurto y el Doctor Michel Leiva Mora.

Conflictos de Interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Referencias bibliográficas

- Reddy BJ, Mandal R, Chakroborty M, Hijam L, Dutta P. A review on potato (*Solanum tuberosum* L.) and its genetic diversity. *Int J Genet*. 2018; ISSN(0975-2862).
- Sahair A, Sneha S, Raghu N, Gopenath T, Karthikeyan M, Gnanasekaran A, et al. *Solanum tuberosum* L: Botanical, Phytochemical, pharmacological and Nutritional significance. *Int J Phytomed*. 2018; 10(3): 115-124.
- Ngobese NZ, Workneh TS. Potato (*Solanum tuberosum* L.) nutritional changes associated with French fry processing: Comparison of low-temperature long-time and high-temperature short-time blanching and frying treatments. *Lwt*. 2018; 97: 448-455.
- Dereje B, Chibuzo N. Nutritional composition and biochemical properties of *Solanum tuberosum*. In: *Solanum tuberosum: A Promising Crop for Starvation Problem*. 2021: 106-118.
- Cerón-Lasso M, Alzate-Arbeláez A, Rojano B, Núñez-Lopez C. Composición Físicoquímica y Propiedades Antioxidantes de Genotipos Nativos de Papa Criolla (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja). *Información tecnológica*. 2018; 29(3) :205-216.
- Shukla S, Pandey SS, Chandra M, Pandey A, Bharti N, Barnawal D, et al. Application of essential oils as a natural and alternate method for inhibiting and inducing the sprouting of potato tubers. *Food Chem*. 2019; 284: 171-179.
- Visse-Mansiaux M, Soyeurt H, Herrera JM, Torche JM, Vanderschuren H, Dupuis B. Prediction of potato sprouting during storage. *Field Crops Res*. 2022; 278: 108396.
- Bisognin DA, Manrique-Carpintero NC, Douches DS. QTL Analysis of Tuber Dormancy and Sprouting in Potato. *Am J Potato Res*. 2018; 95: 374-382.
- Arnon-Rips H, Sabag A, Tepper-Bamnlker P, Chalupovich D, Levi-Kalisman Y, Eshel D, et al. Effective suppression of potato tuber sprouting using polysaccharide-based emulsified films for prolonged release of citral. *Food Hydrocolloids*. 2020; 103: 105644.
- Jia B, Xu L, Guan W, Lin Q, Brennan C, Yan R, et al. Effect of citronella essential oil fumigation on sprout suppression and quality of potato tubers during storage. *Food Chem*. 2019; 284: 254-258.
- Murigi W, Nyankanga R, Shibairo S. Effect of Storage Temperature and Postharvest Tuber Treatment with Chemical and Biorational Inhibitors on Suppression of Sprouts During Potato Storage. *J Hortic Res*. 2021; 29(1): 83-94.
- Boivin M, Bourdeau N, Barnabé S, Desgagné-Penix I. Sprout Suppressive Molecules Effective on Potato (*Solanum tuberosum*) Tubers during Storage: a Review. *Am J Potato Res*. 2020; 97: 451-463.
- Claassens M, Verhees J, van der Plas L, van der Krol A, Vreugdenhil D. Ethanol breaks dormancy of the potato tuber apical bud. *J Exp Bot*. 2005; 56(419): 2515-2525.
- Haider MW, Nafeesa M, Amina M, Asadb HU, Ahmad I. Physiology of tuber dormancy and its mechanism of release in potato. *J Hortic Sci Technol*. 2021; 4(1): 13-21.
- Haider MW, Nafees M, Ahmad I, Ali B, Maryam Iqbal R, Vodnar DC, et al. Postharvest dormancy-related changes of endogenous hormones in relation to different dormancy-breaking methods of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. *Front Plant Sci*. 2022; 13: 94525.
- Zhang H, Liu X, Nie B, Song B, Du P, Liu S, et al. Nitrogen management can inhibit or induce the sprouting of potato tubers: Consequences of regulation tuberization. *Postharvest Biol Technol*. 2022; 183: 111722.
- Liang D, Huang X, Shen Y, Shen T, Zhang H, Lin L, et al. Hydrogen cyanamide induces grape bud endodormancy release through carbohydrate metabolism and plant hormone signaling. *BMC Genomics*. 2019; 20(1): 1-14.
- Shimoda S., Kanno H, Hirota, T. Time series analysis of temperature and rainfall-based weather aggregation reveals significant correlations between climate turning points and potato (*Solanum tuberosum* L.) yield trends in Japan. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2018; 263: 147-155.
- Suttle JC, Olson LL, Lulai EC. The involvement of gibberellins in 1, 8-cineole-mediated inhibition of sprout growth in Russet Burbank tubers. *Am J Potato Res*. 2016;93:72-79.
- Salimi K, Afshari RT, Hosseini MB, Struik PC. Effects of gibberellic acid and carbon disulphide on sprouting of potato minitubers. *Sci Hortic*. 2010;124(1):14-18.
- Hu Q, Tang C, Zhou X, Yang X, Luo Z, Wang L, et al. Potatoes dormancy release and sprouting commencement: A review on current and future prospects. *Food Frontiers*. 2023.
- Haider MW, Nafees M, Ahmad I, Ali B, Maryam, Iqbal R, et al. Postharvest dormancy-related changes of endogenous hormones in relation to different dormancy-breaking methods of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. *Front Plant Sci*. 2022; 13: 945256.
- Haider MW, Nafeesa M, Amina M, Asadb HU, Ahmad I. Physiology of tuber dormancy and its mechanism of release in potato. *J Hortic Sci Technol*. 2021; 4(1): 13-21.
- Wróbel S, Kęsy J, Treder K. Effect of growth regulators and ethanol on termination of dormancy in potato tubers. *Am J Potato Res*. 2017; 94: 544-555.
- Gong HL, Dusengemungu L, Igraneza C, Rukundo P. Molecular regulation of potato tuber dormancy and sprouting: a mini-review. *Plant Biotechnol Rep*. 2021;15(4):417-434.
- Claassens MM, Verhees J, van der Plas LH, van der Krol AR, Vreugdenhil D. Ethanol breaks dormancy of the potato tuber apical bud. *J Exp Bot*. 2005;56(419):2515-2525.
- Gong HL, Dusengemungu L, Igraneza C, Rukundo P. Molecular regulation of potato tuber dormancy and sprouting: a mini-review. *Plant Biotechnol Rep*. 2021; 15(4): 417-434.
- Nonhebel HM, Cooney TP, Simpson R. The route, control and compartmentation of auxin synthesis. *Funct Plant Biol*. 1993; 20(5): 527-539.
- Retnoningrum MD, Setiawan MA. Concentration Effect of Ethanol Extract *Pinus merkusii* Leaves Litter on *Zea mays* L. Seed Germination. *J Phys: Conf Ser*. 2021; 1783(1): 012003.
- Kader AA, Saltveit ME. Respiration and gas exchange. In: J. Kader AA, Saltveit ME, eds. *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. CRC Press; 2002:31-56.
- Northcott D, Nowak J. Effects of hydrogen cyanamide on seed potato. *Potato Res*. 1988; 31: 95-103.
- Amberger A. Cyanamide in plant metabolism. *Int J Plant Physiol Biochem*. 2013; 5(1): 1-10.

33. Bajji M, M'Hamdi M, Gastiny F, Rojas-Beltran JA, Du Jardin P. Catalase inhibition accelerates dormancy release and sprouting in potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. *Biotechnol Agron Soc Environ*. 2007; 11(2).
34. Harmon P, Liburd O, Dittmar P, Williamson J, Phillips D. 2022 Florida Blueberry Integrated Pest Management Guide: HS380/HS1156, rev. 11/2021. EDIS. 2021(6).
35. Rosa AM, Marodin GAB, Fialho FB, Marchi VDV, Santos HPD. Alternative budburst management in Campanha Gaúcha vineyards. *Rev Bras Frutic*. 2020; 42.
36. AbdIhamid AS. Impact of Dormex Concentration and Spraying Date on the Fruitful Flame Seedless Grapevines. *Ann Agric Sci Moshtohor*. 2021;59(4):961-974.
37. Sassine YN, Al Turki SM, El Sebaaly Z, Bachour L, El Masri IY. Finding alternatives for Dormex (Hydrogen Cyanamid) as dormancy breaking agent. *Fresenius Environ Bull*. 2019; 28(12A): 10214-10224.
38. Haider MW, Nafeesa M, Amina M, Asadb HU, Ahmad I. Physiology of tuber dormancy and its mechanism of release in potato. *J Hortic Sci Technol*. 2021; 4(1): 13-21.
39. Gong HL, Dusengemungu L, Igiraneza C, Rukundo P. Molecular regulation of potato tuber dormancy and sprouting: a mini-review. *Plant Biotechnol Rep*. 2021; 15(4): 417-434.
40. Lin SY, Agehara S. Budbreak patterns and phytohormone dynamics reveal different modes of action between hydrogen cyanamide-and defoliant-induced flower budbreak in blueberry under inadequate chilling conditions. *PLoS One*. 2021;16(8):e0256942.
41. Amberger A. Cyanamide in plant metabolism. *Int J Plant Physiol Biochem*. 2013; 5(1): 1-10.
42. Krasuska U, Gniazdowska A. Nitric oxide and hydrogen cyanide as regulating factors of enzymatic antioxidant system in germinating apple embryos. *Acta Physiol Plant*. 2012; 34: 683-692.
43. Lin M, Wang S, Liu Y, Li J, Zhong H, Zou F, et al. Hydrogen cyanamide enhances flowering time in tea oil camellia (*Camellia oleifera* Abel.). *Ind Crop Prod*. 2022;176:114313.
44. Liang D, Huang X, Shen Y, Shen T, Zhang H, Lin L, et al. Hydrogen cyanamide induces grape bud endodormancy release through carbohydrate metabolism and plant hormone signaling. *BMC Genomics*. 2019; 20(1): 1-14.
45. Lin M, Wang S, Liu Y, Li J, Zhong H, Zou F, et al. Hydrogen cyanamide enhances flowering time in tea oil camellia (*Camellia oleifera* Abel.). *Ind Crop Prod*. 2022; 176: 114313.
46. Cao D, Chabikwa T, Barbier F, Dun EA, Fichtner F, Dong L, et al. Auxin-independent effects of apical dominance induce changes in phytohormones correlated with bud outgrowth. *Plant Physiol*. 2023; 192(2): 1420-1434.
47. Bagale P, Pandey S, Regmi P, Bhusal S. Role of plant growth regulator "Gibberellins" in vegetable production: an overview. *Int J Hort Sci Technol*. 2022; 9(3): 291-299.

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

The REDATAM program: an approach to the Sustainable Development Goals in the Galapagos Islands

Marco Heredia-R^{1*}, Mateo Acurio-Gallardo², Emma Torres¹, Jamil Heredia-Silva³, Paterson Loyola-Barbosa⁴, Alexandra Torres⁵, Karolina Villacis⁶, Theofilos Toulkeridis⁷

DOI. [10.21931/RB/2023.08.03.20](https://doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.20)

¹Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Ecuador.

²Turismo Sostenible y TIC, Universitat Oberta de Catalunya (UOC) Barcelona, 08018 España.

³Instituto Superior Tecnológico Vicente León, Latacunga, Cotopaxi, 050102, Ecuador.

⁴Programa en Gestión Ambiental con mención en Desarrollo Sostenible, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga 0501491 Ecuador.

⁵Facultad de Ciencias Jurídicas, Sociales y de la Educación, Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador.

⁶Maestría en Administración de Empresas, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga 0501491 Ecuador.

⁷Departamento de Ciencias de la Tierra y Construcción, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí 171103, Ecuador.

Corresponding author: mherediar@uteq.edu.ec

Abstract: Computer programs are an essential ally for fulfilling the Sustainable Development Goals (SDGs). They offer enormous potential for accelerating said fulfillment and reducing the cost of implementation processes. Our objectives in this Galapagos Islands case study were: i) to quantify the proportion of male and female inhabitants, separated by ethnicity, ii) to identify the number of dwellings distributed at urban and rural levels according to their typology, and iii) to determine the proportion of dwellings that are supplied with water. The Galapagos Islands are located 1000 km from mainland Ecuador. The program used was REDATAM Version 7 (Microcomputer Data Recovery for Small Areas), which specializes in processing microdata from population and housing censuses. The unit of investigation was the dwellings, and within them, the households and household members who are habitual residents in the province of Galapagos and who were in the 2015 census. It was identified that at the provincial level, 51.20% are male and 48.80% are female, and the most populous canton is Santa Cruz. The population is divided into six ethnic groups heterogeneously between urban and rural sectors and between cantons. There are no group housing projects at the rural level for preventive or remedial assistance for the population, and there is a deficit in terms of water supply to the rural sector. Therefore, local authorities must promote programs to improve the living conditions of rural and urban dwellers to work toward complying with the goals of the Sustainable Development Goals, as outlined in the 2030 Agenda.

Key words: 2030 Agenda, census, development, demography sustainable.

Introduction

New computational technologies and paradigms can be employed in various fields, including demography, natural resource protection, agriculture, etc.²⁻⁹. The use and management of technology devices constitute one option for streamlining work in various areas¹⁰. The use of computer programs can enable teaching and learning processes aimed at the construction of meaningful learning and public policies¹¹.

The contribution of the extensive use of computer programs and censuses has spread in the generation of specific social impacts such as improving the quality of education, ensuring healthy lives, strengthening economic growth, and generating high-quality jobs¹². However, from a sustainable perspective, the need arises to use these technologies to solve problems such as poverty, exclusion, economic and social development, and climate change, associating them with the rational use of the resources provided by nature¹³.

Population and housing censuses are a primary tool that should be considered to combat the challenges of obtaining essential information for sustainable development at local, regional, and national levels^{14,15}. Its universal scope – i.e., it involves every single person residing in a territory,

the households to which they belong, and the dwellings they inhabit¹⁶ – enables the obtaining of vital information concerning the living conditions of the population for smaller geographic areas and small populations groups, without the errors attributable to other sources of information that include samples in their design¹⁷.

Census processes constitute a fundamental means of identifying the populations that should be at the center of sustainable development policies, considering their implications on their demographic dynamics^{18,19}. Censuses are an essential source for defining baselines for the starting dates for monitoring the goals and indicators of the 2030 Agenda. They will also be responsible for recording progress towards 2030, the year the goals should be achieved and the time for a new round of censuses^{20,21}.

In 1985, the first version of the REDATAM DOS program was generated to identify and locate all census tabulations and publications, both general and specific²². To date, five versions have been created²³; the REDATAM 7 program is the latest version published (2014), under the operating system, environment, and platform of Windows, WebServer, 64 bits, and Unicode-multilingual²⁵. The development

Citation: Heredia-R, M.; Acurio-Gallardo, M.; Torres, E.; Heredia-Jilva, J.; Loyola-Barbosa, P.; Torres, A.; Villacis, K.; Toulkeridis, T. The REDATAM program: an approach to the Sustainable Development Goals in the Galapagos Islands. *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 20. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.20>

Received: 28 May 2023 / **Accepted:** July 15th 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



of REDATAM 7 had three main objectives: i) to increase the data processing speed, ii) to facilitate the programming of indicators, and iii) to improve the user's technical experience²⁴.

The latest studies using REDATAM have been about COVID-19 mortality and inequalities by socioeconomic level and territory across Latin America and the Caribbean²⁶; quantifying the statistical evidence of COVID-19 in Costa Rica²⁷; verifying the versatility in the adjustment of complex statistical models (in conjunction with the R program)²⁸; statistical applications and processing tests carried out with the various versions of REDATAM²⁹; microdata from the last 4 official censuses in Chile used to generate indicators³⁰; and so on. Based on this background, the objectives were: i) to quantify the proportion of male and female inhabitants, separated by ethnicity, ii) to identify the number of dwellings distributed at urban and rural levels according to their typology, and iii) to determine the proportion of dwellings that are supplied with water. Finally, the document presents potential policy implications with a focus on technology.

Materials and methods

Geographic Location

The study area was the Galapagos Islands, located 1000 km from mainland Ecuador (Figure 1), the second most volcanically active archipelago, surpassed only by Hawaii³¹. The Galapagos were declared a national park in 1959, protecting 97.5% of the archipelago's land area; the remaining area is occupied by human settlements^{32,33}. The archipelago has several international agreements implemented to try to guarantee the conservation of the Galapagos, including a World Heritage Site, Ramsar Site, Whale Sanctuary, and Biosphere Reserve. The World Conservation Strategy identifies the Galapagos as a priority biogeographic province for establishing protected areas; the cold Humboldt Current and the warm Panama Current³⁴ influence its climate.

The population is 25,244, distributed between the islands of San Cristóbal (28.51%), Isabela (9.29%), and Santa Cruz (62.20%). By self-denomination, according to culture, we find that 85% are Mestizos, 8% are Indigenous, 6% are Afro-Ecuadorians or white, and 1% are Montubios. The average age among the inhabitants is 29.3 years, and the dependency rate is 46.6%. Illiteracy stands at 1.3%³⁵.

Software

The software used was REDATAM Version 7, fifth generation (<https://REDATAM.org/es/aplicaciones>). Its acronym in Spanish means Microcomputer Data Recovery for Small Areas. The program was developed in 2015 and maintained by the Latin American and Caribbean Demographic Center (CELADE, Population Division of ECLAC)²². REDATAM 7 is a statistical processing software specialized in microdata from population and housing censuses, surveys, and vital statistics. The program synthesizes large volumes of data, has a high processing speed³⁵, and has been used in more than 30 countries in the Americas, Africa, and Asia³⁵.

REDATAM databases are highly compressed and have a hierarchical structure with a geographic breakdown into more minor levels, such as city blocks, which enables local, regional, or national analysis. The program incorporates a development technology based on C++, Delphi, Java, and JavaScript³⁷.

Census data

For this research, the 2015 census data for the Galapagos province (<https://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/553/study-description>) was used, conducted in both urban and rural areas, where information was collected on all existing dwellings and the population that usually resides in the province. The unit of investigation was the dwellings and, within them, the households and household members who are habitual residents in the Galapagos province.

Due to the complexity of the study area, the information was collected over one month – from November 5th to De-

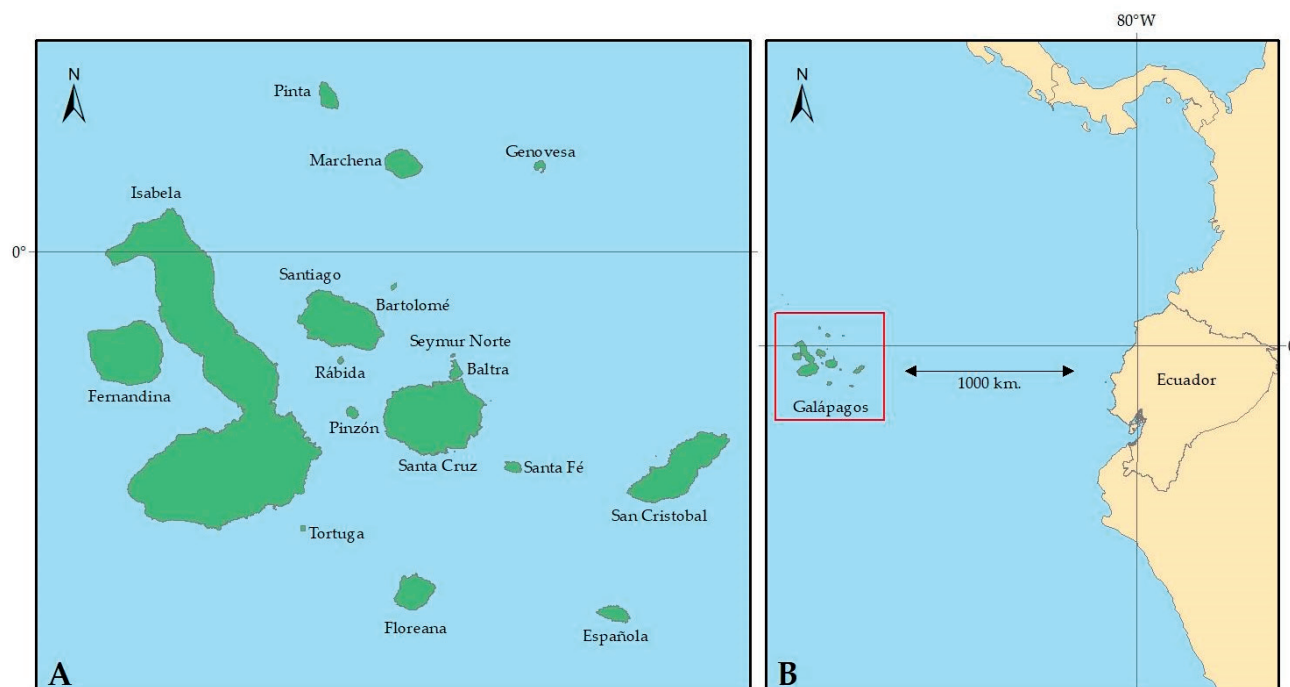


Figure 1. Study area: A) Spatial distribution of the islands belonging to the province of Galapagos, and B) Location of Galapagos concerning mainland Ecuador.

ember 2nd, 2015 – using mobile capture devices (Tablet) and by directly interviewing a qualified informant, such as the head of household, spouse, or household member aged 12 years and older, who knows and can provide information on all members of the family. Only in exceptional cases physical questionnaires were used³⁵.

Data Management

The organization of the census data was based on nine entities, which are sets of logical objects organized hierarchically in the database (Figure 2) and three elements that are the individual members of each entity³⁸.

To meet each objective, we applied cross-referenced variables, consisting of information about the elements that comprise an entity and a database. A census database stores information in variables, such as people's sex, kinship, age, the dwellings' type of roof and wall, and the millimeters of rainfall in the communes³⁸.

For Objective 1 (proportion of male and female inhabitants at the urban-rural level (1) and ethnicity (2)), the following equations were used:

TABLE FREQ CANTON.NAMEOFCANT BY PERSON.
SEX (1)

TABLE FREQ CANTON.NAMEOFCANT BY VIVIEN-
DA.AUR BY PERSON.P06 (2)

For Objective 2 (number of dwellings distributed at the urban and rural level according to their typology), we used:

TABLE FREQ HOUSING.VTV BY HOUSING.AU
R (3)

For Objective 3 (proportion of dwellings supplied with water), we used:

TABLE FREQ HOUSING.V05 BY HOUSING.AUR
(4)

(28.52%) and Isabela (9.29%). The canton with the most significant female presence is Santa Cruz (30.51%), while in San Cristóbal and Isabela, female people make up 13.81% and 4.48% of the population, respectively. 50.95% are male in Santa Cruz, and 51.59% and 51.71% in San Cristóbal and Isabela, respectively.

Regarding population distribution by sector (urban-rural) and ethnicity (Table 2), the urban sector has the highest concentration of population (81.36%). In contrast, the rural population is distributed between Santa Cruz, San Cristóbal, and Isabela with 82.44%, 13.73%, and 13.73%, respectively. In terms of ethnicity in the archipelago, Mestizos (85.18%) form the largest group by far, followed by Indigenous people (8.07%), Afro-Ecuadorians (2.83%), white people (2.63%), Montubios (1.25), and others (0.04%) (Table 2).

Number of dwellings distributed at urban and rural levels according to type in the Galapagos Islands

At the provincial level, 97.40% of the dwellings are private homes, while 2.60% are group dwellings (Table 3). At the urban level, there are more apartments in houses or buildings (49.62%), followed by villa houses (34.46%), while in rural areas, there are more villa houses (79.13%) than apartments (8.06%).

The proportion of households supplied with water on the Galapagos Islands

At the provincial level, water supply is provided by the public water mains (89.92%), rainwater (5.20%), water delivery trucks (3.88%), rivers or irrigation channels (0.65%), and wells (0.35%) (Table 4). At the rural level, the principal means of water supply are rainwater collection (29.79%), water delivery trucks (14.97%), and rivers or irrigation channels (2.97%), while at the urban level, the public water mains (97.91%), water delivery trucks (1.55%), and wells (0.35%) predominate as water supply mechanisms.

Results

The proportions and distributions of the population by sex, ethnicity, housing type, and water supply on the Galapagos Islands.

The proportion of male and female inhabitants at urban and rural levels

At the provincial level, 51.20% are male and 48.80% are female (Table 1). At the cantonal level, Santa Cruz is the most populated (62.20%), followed by San Cristóbal

Discussion

On the Galapagos Islands, there are more male than female residents (by 2%). Compared to other island areas, its population represents 1.2% of the Canary Islands' population (Spain)³⁹ and 14% of the Chiloé archipelago's population (Chile)⁴⁰. Migration is a social process that alters a

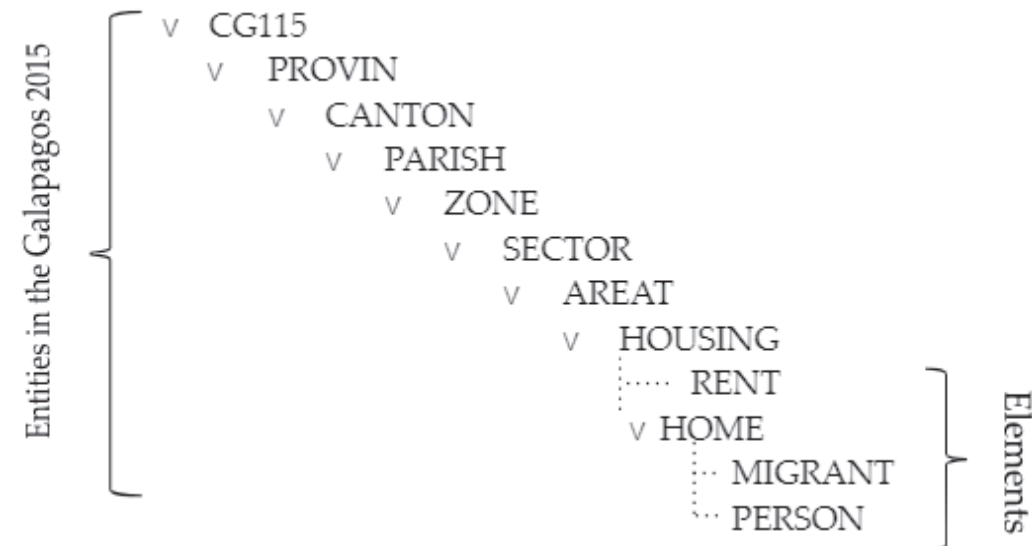


Figure 2. REDATAM 7 interface: the Galapagos 2015 database, with nine entities and three hierarchically organized elements.

Canton	Sex		Total distribution by island
	Male (%)	Female (%)	
Santa Cruz	8,000 (31.89)	7,701 (62.52)	15,701
San Cristóbal	3,714 (28.73)	3,485 (28.29)	7,199
Isabela	1,212 (9.38)	1,132 (9.19)	2,344
Total data	12,926	12,318	25,244

Table 1. The proportion of male and female inhabitants on the Galapagos Islands in 2015.

Canton/Area	Indigenous (%)	Afro-Ecuadorian (%)	Montubio (%)	Mestizo (%)	White (%)	Other (%)	Total
San Cristóbal	503 (24.69)	165 (23.11)	75 (23.81)	6,261 (29.12)	192 (28.92)	3 (27.27)	7,199
Urban	490	157	63	5,658	182	3	6,553
Rural	13	8	12	603	10	-	646
Isabela	65 (3.19)	51 (7.14)	24 (7.62)	2,159 (10.04)	45 (6.78)	-	2,344
Urban	23	45	19	2,035	42	-	2,164
Rural	42	6	5	124	3	-	180
Santa Cruz	1,469 (72.12)	498 (69.75)	216 (68.57)	13,083 (60.84)	427 (64.31)	8 (72.73)	15,701
Urban	1,233	408	164	9,664	346	7	11,822
Rural	236	90	52	3,419	81	1	3,879
TOTAL	2,037	714	315	21,503	664	11	25,244
Urban	1,746	610	246	17,357	570	10	20,539
Rural	291	104	69	4,146	94	1	4,705

Table 2. Population distribution by sector and ethnicity on the Galapagos Islands in 2015 and proportion in parenthesis.

Type of housing	Area		Total	
	Urban	Rural	Value	Percentage (%)
Villa house	3,318	1,865	5,183	43,24
Apartment in house or building	4,778	190	4,968	41,45
Room in a rented house	936	80	1,016	8,48
Prefab house	303	157	460	3,84
Hotel, boarding house, residential complex, or hostel	245	28	282	2,35
Ranch	11	27	38	0,32
Military, police, or firehouse barracks	14	6	20	0,17
Shack	3	1	4	0,03
Other group dwellings	3	1	4	0,03
Other private dwellings	2	1	3	0,03
Hospital, Clinic, etc.	3	-	3	0,03
Convent or religious institution	3	-	3	0,03
Hut	1	1	2	0,02
Total	9,629	2,357	11,986	100,00

Table 3. Housing typology by sector on the Galapagos Islands in 2015.

given population's structure, growth, and distribution and is fundamentally linked to social, economic, and political factors, leaving considerable gaps in both the place of origin and destination⁴¹. The different migratory processes to the Galapagos Islands have meant that the land is occupied by various ethnic groups: Indigenous, Afro-Ecuadorian,

Montubio, Mestizo, and white people⁴²⁻⁴⁵. Similar scenarios have occurred in the Canary Islands, where citizens from Venezuela, Cuba, Germany, Morocco, Ivory Coast, Guinea, Gambia, Senegal, and Cameroon have arrived⁴⁶.

Group housing is intended to be inhabited by people subject to a joint authority or regime not based on family ties

Households' means of water supply	Area		Total
	Urban	Rural	
Public water mains	6,752	753	7,505
Other (rainwater/water tank)	2	432	434
Water delivery trucks	107	217	324
From rivers, irrigation channels, or canals	11	43	54
Wells	24	5	29
Total	6,896	1,450	8,346

Table 4. Households and their means of water supply on the Galapagos Islands in 2015.

or cohabitation. Group housing may only partially occupy a building or, more frequently, the entire building³⁵. 12% of group housing in the Galapagos is in rural areas, while 88% is in urban areas, of which 1% are hospitals, clinics, etc., 5% are military, police, or firehouse barracks, and 91% are hotels, residential complexes, and hostels. This is contrary to Target 3.3.8 of SDG 3, "Achieve universal health coverage, including financial risk protection, access to quality essential healthcare services and access to safe, effective, quality and affordable essential medicines and vaccines for all," as there is no evidence of essential hospitals in the rural areas of the islands⁴⁷.

More than 2 million people die each year from diarrheal diseases worldwide^{48,49}, and a lack of hygiene and unsafe water are responsible for almost 90% of these deaths, mainly affecting children⁴⁷. At the rural level in Galapagos, a mere 8% (907) of households have access to water. Given the abovementioned issues, it is essential to meet target 6.6. a of SDG 6, "By 2030, expand international cooperation and capacity-building support to developing countries in water- and sanitation-related activities and programs, including water harvesting, desalination, water efficiency, wastewater treatment, recycling and reuse technologies"⁴⁷.

One of the most common and complicated problems faced by rural communities around the world relates to inadequate conditions for accessing drinking water, circumstances exacerbated by the gradual decrease in water resources and the consequent increase in the costs of obtaining drinking water⁵¹. The availability of drinking water in the world is very variable and is directly related to poverty and the inability of governments to finance sanitation projects; thus, regions such as Africa, Asia, Latin America, and the Caribbean have around one billion people in rural areas who do not have access to improved water sources⁵². The problem of being unable to access an adequate drinking water supply is exacerbated by long periods of drought⁵³. On the Galapagos Islands, of the total number of households (8,346) that have some water supply in rural areas, 17% receive water from the public water mains, while the rest collect water from wells, the rain, irrigation channels, or water delivery trucks that possibly there is bacterial contamination that exceeds the permissible limit, a scenario similar to areas far from the center of the city of Karbala (Iraq), where bottled water is contaminated⁵⁴. To avoid problems related to water stress and public health, it is essential to use a natural carbon filter and solar disinfection as alternatives for more significant removal of contaminants⁵¹⁻⁵³.

Potential technological policy implications with REDATAM

One of the main policy implications of REDATAM is its ability to democratize access to information⁵⁶. Previously, access to census and socioeconomic data was limited to experts and government officials, hindering citizen participation in decision-making processes, such as census data from the Galapagos Islands. REDATAM has allowed anyone with access to a computer to easily explore and analyze the data, empowering civil society and fostering transparency in political processes.

In addition, REDATAM has facilitated the creation of evidence-based public policies⁵⁸. Thanks to its capacity to process large volumes of data and generate automatic tabulations, decision-makers can obtain up-to-date and detailed information on the socioeconomic situation; for example, gaps and inequalities have been identified in this case study of the Galapagos Islands. Furthermore, REDATAM has promoted a culture of evaluation and monitoring of public policies, as the results of interventions can be systematically monitored and evaluated⁵⁹.

Nevertheless, challenges and potential risks are also associated with using REDATAM in the political arena. One of these is the proper handling of privacy and data protection⁶⁰. When working with sensitive information, it is essential to guarantee the data's confidentiality and protect the people's identity. In addition, the availability of detailed and accessible information can pose challenges in national security, as specific data could be misused or maliciously⁶¹.

Another challenge is to ensure that access to REDATAM is inclusive and equitable. Although the tool has contributed to democratizing access to information, ensuring that all people have the necessary training and resources to use it effectively, 56 is necessary. Moreover, it is essential to address the digital divide, ensuring that the most marginalized and disadvantaged communities also have access to technology and can benefit from REDATAM.

Conclusions

The population distribution identified by ethnicity and sex at rural and urban levels in the cantons of the Galapagos Islands could promote capacity-building campaigns for key groups for parish, cantonal, and provincial councils. The higher number of group dwellings in urban as opposed to rural areas in the Galapagos Islands is of concern regarding public healthcare for villagers and farmers. The precarious

water coverage at the rural level could cause potential illnesses, increased livelihood costs, and further migration to the urban sector.

The REDATAM program facilitates the management of census data at the country and sector level, facilitating the construction of various indicators and targets relating to the Sustainable Development Goals and thus contributing to decisions made by sectoral governments. REDATAM has had essential policy implications by democratizing access to information and strengthening evidence-based decision-making. However, it is essential to address the challenges associated with using this tool, such as data protection and equity of access, to ensure that its benefits are used responsibly and moderately.

Author Contributions

Conceptualization, M.H-R. and E.T.; methodology, M.H-R. and E.T.; software, M.H-R.; A.T.; formal analysis, M.H-R. and K.V.; investigation, M.H-R. and P.L-B.; data curation, M.A-G.; J.H-S.; writing—original draft preparation, M.H-R.; E.T.and A.T.; writing—review and editing, M.H-R.;T.T; visualization, M.A-G.; J.H-S.; supervision, T.T.; project administration, M.H-R.; All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Data Availability Statement

Data are available through the corresponding author.

Acknowledgments

We want to thank the Technical University of the State of Quevedo (Los Ríos, Ecuador) and CONAGOPARE Galapagos for the support in carrying out this research and for the small grant of the project: Evaluation of agroecological dynamics and climate change in producers in Galapagos

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Bibliographic references

1. Quezada-Sarmiento P A, Mengual Andrés S. Implementación de una solución web y móvil para la gestión vehicular basada en Arquitectura de Aspectos y metodologías ágiles: Un enfoque educativo de la teoría a la práctica. RISTI Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información, 2017. 27, 97–111 doi <https://scielo.pt/pdf/rist/n25/n25a08.pdf>
2. Heredia-R M, Torres B, Cabrera-Torres F, Vasco E, Díaz-Ambrona CGH, Toulkeridis T. Free Data Processing Applied to Detect Changes in Land Use Coverage at Biodiversity Hotspots of the Amazon. In: Berrezueta, S., Abad, K. (eds) Doctoral Symposium on Information and Communication Technologies - DSICT. Lecture Notes in Electrical Engineering, 2022 vol 846. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-93718-8_9 2022.
3. Heredia-R M, Cayambe J, Schorsch C, Toulkeridis T, Barreto D, Poma P, Villegas G. Multitemporal Analysis as a Non-Invasive Technology Indicates a Rapid Change in Land Use in the Amazon: The Case of the ITT Oil Block. *Environments* 2021, 8, 139. <https://doi.org/10.3390/environments8120139>
4. Heredia-R M, Torres B, Cabrera-Torres F, Torres E, Díaz-Ambrona CGH, Pappalardo SE. Land Use and Land Cover Changes in the Diversity and Life Zone for Uncontacted Indigenous People: Deforestation Hotspots in the Yasuní Biosphere Reserve, Ecuadorian Amazon. *Forests* 2021, 12, 1539. <https://doi.org/10.3390/f12111539>
5. Toulkeridis T, Seqqat R, Torres Arias M, Salazar-Martinez R, Ortiz-Prado E, Chunga S, et al. Volcanic Ash as a Precursor for SARS-CoV-2 Infection Among Susceptible Populations in Ecuador: A Satellite Imaging and Excess Mortality-Based Analysis. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*. Cambridge University Press; 2021;:1–13.
6. Heredia-R M, Torres B, Cayambe J, Ramos N, Luna M, Díaz-Ambrona, CGH. Sustainability Assessment of Smallholder Agroforestry Indigenous Farming in the Amazon: A Case Study of Ecuadorian Kichwas. *Agronomy* 2020, 10, 1973. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121973>
7. Barreto-Álvarez DE, Heredia-Rengifo M, Padilla-Almeida O, Toulkeridis T. Multitemporal Evaluation of the Recent Land Use Change in Santa Cruz Island, Galapagos, Ecuador. In: Rodríguez Morales, G., Fonseca C., E.R., Salgado, J.P., Pérez-Gosende, P., Orellana Cordero, M., Berrezueta, S. (eds) *Information and Communication Technologies. TICEC 2022. Communications in Computer and Information Science*, vol 1307. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62833-8_38
8. Heredia-R M, Torres B, Vasseur L, Puhl L, Barreto D and Díaz-Ambrona CGH Sustainability Dimensions Assessment in Four Traditional Agricultural Systems in the Amazon. *Front. Sustain. Food Syst.* 5:782633. 2022 doi: 10.3389/fsufs.2021.782633
9. Torres B, Andrade A, Enriquez F, Luna M, Heredia-R M, Bravo C. Estudios sobre medios de vida, sostenibilidad y captura de carbono en Chakra con cacao: casos de las asociaciones Kallari, Wiñak y Tsatsayaku, Amazonía Ecuatoriana. *FAO - Ecuador*. 2022. 137 pp
10. Razo Salas M A, Vázquez-Reyes S, Solís-Robles R. Mejoras del proceso endoscópico usando aplicaciones móviles. *RISTI Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, 2016. 17, 115–127
11. Coll C and Monereo C. *Psicología de la Educación Virtual*. Madrid: Ediciones Morata 2008.
12. Ziemba E. The Contribution of ICT Adoption to the Sustainable Information Society. *Journal of Computer Information Systems*, 2017 00(00), 1-11. <http://doi.org/10.1080/08874417.2017.1312635> 2017.
13. Ibujés Villacís JM, y Franco Crespo AA. Uso de las TIC y relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Ecuador. *Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 2019 9(17), 37-53. <https://doi.org/10.17163/ret.n17.2019.03> 2019.
14. Lopes VF. Los censos de población y vivienda: críticas y sugerencias. *Notas de población* 1981.
15. Feres JC, & Espina R. Medición de la pobreza a través de los censos de población y vivienda. En: *Los censos de 2010 y las condiciones de vida: informe del seminario-taller*. Santiago: CEPAL, 2011. p. 321-328. LC/L. 3282-P.
16. Schkolnik S. Acerca de la inclusión del enfoque de género en los censos de población y vivienda. En: *Los censos de 2010 y la salud: informe del seminario-taller*. Santiago: CEPAL, 2010. p. 49-84. LC/L. 3253.
17. Aliaga Linares L. Las características educativas en los censos de población y vivienda de América Latina. *Notas de Población* 2011.
18. CEPAL N. Guía para la elaboración de un proyecto censal. Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE) – División de Población de la CEPAL 2011.
19. Díaz Parra I, & Apaolaza R. Una propuesta metodológica para identificar gentrificación a partir de los censos de población. *Estudios demográficos y urbanos*, 2020. 35(3), 629-661.
20. CEPAL N. Recomendaciones para los censos de población y vivienda en América Latina. *Revisión 2020*. 2021.
21. Schkolnik S, & Del Popolo F. Pueblos indígenas y afrodescendientes en los censos de población y vivienda de América Latina: avances y desafíos en el derecho a la información. *Notas de población* 2013.

22. De Grande P. "El formato REDATAM". *Estudios demográficos urbanos* 2016, vol.31, n.3. ISSN 2448-6515. pp.811-832. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-72102016000300811&lng=es&nrm=iso.
23. Veizaga JM. Enseñar y aprender demografía a través de la difusión del REDATAM: contextos, avances, limitaciones, implicaciones y perspectivas 2016.
24. CEPAL N. Informe de actividades del Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE), División de Población de la CEPAL durante el período 2010-2012. 2012.
25. CEPAL N. Report of the working group of censuses of the statistical conference of the Americas of ECLAC. 2011.
26. Cruz Castanheira H. and Monteiro da Silva JH. "Mortalidad por COVID-19 y las desigualdades por nivel socioeconómico y por territorio. Enfoques. Edición del Boletín No 26. CEPAL, 2021.. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/tipo/REDATAM-informa/26-0>
27. Bonilla J. Evidencia estadística de la Covid-19 en Costa Rica a través de la herramienta REDATAM" Enfoques. Edición del Boletín No 26. CEPAL, 2021. <https://crm.cepal.org/civircrm/mailling/view?reset=1&id=347#art2>
28. Gutiérrez A, Guerrero S, Lemus D and Molina F. "La librería REDATAM de R en el ajuste de modelos de estimación en áreas pequeñas" REDATAM" Enfoques. Edición del Boletín No 26. CEPAL, 2021. <https://crm.cepal.org/civircrm/mailling/view?reset=1&id=1347#art2>
29. Araujo M. "La experiencia de trabajar con REDATAM en estadísticas basadas en Registros Administrativos" Enfoques. Edición del Boletín No 26. CEPAL, 2021. <https://crm.cepal.org/civircrm/mailling/view?reset=1&id=1347#art2>
30. Rodríguez-Vignoli J. "Concentración en el Gran Santiago y migración: población, vivienda y recursos humanos 1977-2017". *Revista EURE-Revista de Estudios Urbano Regionales*, (2022).48(143).
31. Toulkeridis T, Angermeyer H. *Volcanoes of the Galapagos*. 2nd ed. Guayaquil, Ecuador: Abad Offset; 2019. 324 pp
32. González JA, Montes C, Rodríguez J, and Tapia W. "Rethinking the Galapagos Islands as a complex social-ecological system: implications for conservation and management". *Ecology and Society*, 2008. 13(2).
33. Ospina P. "Migraciones, actores e identidades en Galápagos". Instituto de Estudios Ecuatorianos/CLACSO/ASDI Inédito. Quito. 2001.
34. Mackinnon J, Mackinnon K, Child G, Thorsell J. *Manejo de áreas protegidas en los trópicos*. Gland, Suiza: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN)–Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 314 pp., 1990.
35. INEC. *Censo de Población y Vivienda – Galápagos*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Quito, Ecuador. 2015
36. D. Jaspers. S. Poulard "El software REDATAM para divulgación y análisis de datos censales", *Notas de Población* 29(75) 2022 pp.321-341.
37. CEPAL, REDATAM informa, diciembre 2011: 25 años de desarrollo del software REDATAM. 2011, <https://REDATAM.org/es/novedades>, Accessed June 25, 2022.
38. REDATAM. "Red7 Create" aplicación informática del Centro Latinoamericano y Caribeño, de Demografía (CELADE) CEPAL. 2015. Disponible en: <https://REDATAM.org/cdr/manuales/red7/esp/Red7-01-Create-ESP.pdf>
39. INE. Instituto Nacional de Estadística 2020 Disponible en: www.ine.es
40. INE Instituto Nacional de Estadísticas 2017 Disponible en: <https://www.ine.cl/>
41. Gutiérrez JM, Borré JR, Montero RA, and Mendoza XFB. Migración: Contexto, impacto y desafío. Una reflexión teórica. *Revista de Ciencias Sociales*, 2020 26(2), 299-313.
42. Granda LM y Salazar GC. Población y migración en Galápagos. 2013 Pp. 44-51. En: *Informe Galápagos 2011- 2012*. DPNG, GCREG, FCD y GC. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.
43. Astudillo F, Becerra E, Delgado F, Jamieson R, and Stahl PW. "When the Archaeologists Leave: Legacies and Services of the Historical Ecology of the Galápagos Islands Project." *Advances in Archaeological Practice*, 2023, 1–11. doi:10.1017/aap.2023.8.
44. Ahassi C. *Lo Galapagueño, los Galapagueños*. Proceso de construcción de identidades en las islas Galápagos. 2007. *Antropología Experimental*, (7).
45. Aguilar-López BP, & Guerra Velasteguí JA. *Movilidad humana y turismo: Estudio sobre la transición de turista a residente de los tres mercados principales que ingresan a Ecuador (2020)*. (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
46. Caicedo Riascos M. Nota sobre "Rutas migratorias y nuevos espacios de frontera: el caso de las Islas Canarias", ponencia presentada por Ana María López. *Estudios demográficos y urbanos*, 2005. 20(2), 387-393.
47. UN, Naciones Unidas, ODS, Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades, Disponible en <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/health/> 2015.
48. Bollyky TJ. Oral Rehydration Salts, Cholera, and the Unfinished Urban Health Agenda. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 2022. 7(5), 67.
49. Liu L, Villavicencio F, Yeung D, Perin J, López G, Strong KL y Black RE. Causas nacionales, regionales y mundiales de mortalidad en personas de 5 a 19 años de 2000 a 2019: un análisis sistemático. *The Lancet Global Health*, 2022. 10 (3), e337-e347.
50. Hernández Avilés DM, y Chaparro T. "Tratamiento de agua lluvia con fines de consumo humano", *Cien. Ing. Neogranadina*, vol. 30, n.º 2, ago. 2020.
51. Malato S, Fernández-Ibáñez SP, Maldonado MI, Blanco J, y Gernjak W. "Decontamination and disinfection of water by solar photocatalysis: recent overview and trends", *Cat. Today*, 14 (1), 2009. pp. 1-59. doi: 10.1016/j.cattod.2009.06.018.
52. Gelover S, Gómez LA, Reyes K, and Leal Ma. "A practical demonstration of water disinfection using TiO2 films and sunlight water", *Wat. Res.*, 2006 20 (17), pp.3274-3280. doi: 10.1016/j.watres.07.006.
53. Mankad A. "Decentralised water systems: Emotional influences on resources decision making", 2012 *Env. Int.*, vol. 44, n.º 1. pp.128-140, 2012. doi: 10.1016/j.envint.2012.01.002
54. Hussein Hassan S, Khalaf Ali J. Study the quality of drinking water in the holy city of Karbala. *Revis Bionatura* 2022;7(2) 26. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2022.07.02.26>
55. Nickisch MB, Sánchez L, Tosolini R, Díaz FT, and Jordan P. Sistemas de captación de agua de lluvia para consumo humano, sinónimo de agua segura. *Aqua-LAC*, 2018. 10(1), 15-25.
56. Canton H. Economic Commission for Latin America and the Caribbean—ECLAC. In *The Europa Directory of International Organizations 2021* (pp. 142-144). Routledge.
57. Lattes A E, Rodríguez J, and Villa M. Population dynamics and urbanization in Latin America: Concepts and data limitations. In *New forms of urbanization 2017*. (pp. 89-111). Routledge.
58. McCaa R, Esteve A, Ruggles S, and Sobek M. Using integrated census microdata for evidence-based policy making: the IPUMS-International global initiative. *African Statistical Journal*, 2006 2, 83-100.
59. Stockins P. Good practices in monitoring and reporting on the Millennium Development Goals: National lessons from Latin America. (2013).
60. CEPAL N. REDATAM Informa, December 2011: 25 years of REDATAM software development 2011.
61. CEPAL N. Guide for the implementation of a quality assurance framework for statistical processes and outputs. 2022.

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Suitability of Flours and Gels From Crops Affected by Climate Change in Honduras: Crystallinity, Thermal, Dynamic Rheological and Textural Behavior

Caleb S. Calix-Rivera^{1,2*}, Felicidad Ronda¹

DOI. 10.21931/RB/2023.08.03.33

¹ Department of Agriculture and Forestry Engineering, Food Technology, College of Agricultural and Forestry Engineering, University of Valladolid, Palencia, Spain.² Department of Agroindustrial Engineering, Pacific Littoral Regional University Center, National Autonomous University of Honduras (UNAH), Choluteca, Honduras.

Corresponding author: caleb.calix@unah.edu.hn

Abstract: In Honduras, various tubers, roots, and cereals are cultivated as starchy crops. The current climatic crisis affects these crops' productivity, leading to an increase in agricultural residue, resulting in food insecurity. Agricultural residues from these crops have the potential to be processed, marketed, and contribute to the regular diets of consumers. In addition to serving as an essential source of carbohydrates, these crops provide several nutrients and health benefits. This study aimed to characterize the flours and gels of *Colocasia esculenta* (taro), *Manihot esculenta* (cassava), and *Zea mays* (maize) in terms of crystallinity and thermal parameters for flours and dynamic rheological, firmness, and color behavior of gels. The relative crystallinity of the selected crop samples is reported. There were considerable variations in the thermal parameters among the three cultivars. All flour suspensions at different concentrations led to gels with solid-like behavior ($G' > G''$) at 25 °C, with the highest consistency for maize gels at the same concentration. The Avrami mathematical model was effectively applied to analyze the firmness kinetics of taro, cassava, and maize gels stored at 4 °C. All properties characterized suggest that flours from these crops affected by climate change would be suitable ingredients in different food formulations.

Key words: Food security, Climate change, Crystallinity, Thermal properties, Gel rheology.

Introduction

Food security (FS) is determined by 1) the availability of enough quality food within the community/country at all times; 2) adequate economic and physical access at the household and individual level; 3) the utilization of this food within the family, as well as access to clean water and good sanitation conditions allowing the safe preparation of food¹. The importance of global food security, food loss and waste has increased over the last few decades and was included in the 2015 United Nations Sustainable Development Goals (SDGs)². The United Nations' Agenda 2030 emphasizes food security, good health and human well-being in achieving sustainable development³. Therefore, the international agenda has dedicated certain SDGs to achieve global food security and, as a side effect, the mitigation of climate change (SDGs: 2 (Zero Hunger), 3 (Good Health and Well-being), 12 (Responsible Consumption and Production) and 13 (Climate Action)). In recent years, multiple overlapping challenges have emerged to global food security, including climate change, conflicts, and the COVID-19 pandemic, with inequitable impacts in low- and middle-income countries (LMICs)⁴. The effects of climate change in the tropics are expected to produce significant environmental changes, impacting the environment, health, well-being, and economic development of half of the planet's population by 2050⁵. According to the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), society and natural systems in the Mesoamerican region are highly vulnerable to extreme climate events. This is due to a combination of two geographical reasons (confluence of various ocean currents, effects of periodic

climate oscillations such as El Niño/La Niña) and economic and social factors (low social development, inequity in the distribution of wealth, low adaptive capacity)⁶.

Honduras, one of the poorest countries in the Western Hemisphere, falls in Central America's 'Dry Corridor' area. The country is 'highly exposed' to major climate-change-related events, such as hurricanes, storms, and drought; moreover, its population is more than 50 % rural and thus highly dependent on the crops and natural resources that can be decimated by extreme weather events⁷. The agricultural sector in Honduras employs 35% of the country's economically active population. It generates almost 13% of the Gross Domestic Product (GDP)⁸. Major food crops (maize, beans, rice, sorghum) are rainfed, making agricultural livelihoods and food security highly dependent on stable climatic conditions⁹. Rising atmospheric temperatures, varying rainfall patterns, and increasing incidence of extreme events characterize climate change. All these will directly and indirectly affect the productivity and sustainability of the agricultural sector and have implications for technology development and transfer¹⁰, potentially threatening the sustainability of agriculture in Honduras. Changes in crop production cycles, yield losses, increased incidence of pests and diseases, failure of rainfed crops and increased need for irrigation, reduced soil productivity from water stress, runoff, nutrient leaching and erosion, loss of crop suitability at lower altitudes and increased food prices, food insecurity and migration flows, are some of the climate risks to agriculture projected for Honduras⁹. The effect of climate change on

Citation: Calix-Rivera C S, Ronda F. Suitability of Flours and Gels From Crops Affected by Climate Change in Honduras: Crystallinity, Thermal, Dynamic Rheological and Textural Behavior. *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 33. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.33>

Received: 20 June 2023 / **Accepted:** 25 August 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



crop production cycles in various areas of Honduras leads to the loss of crops, aggravating the food and nutritional security of each region and causing a large amount of waste or discarded products (with no market value) that causes innumerable economic losses to producers and the country. The production of flour suitable for human consumption from these crop wastes and sub-products is an idea that could significantly impact improving food security, adaptation and mitigation of climate change, and the sustainable management of natural resources in these regions. Three crops suffering from the effects of the climatic crisis in Honduras are taro or "malanga" (*Colocasia esculenta*), cassava or "yuca" (*Manihot esculenta*) and maize (*Zea mays*), which are considered starchy crops by botanical nature. These food crops affected by climate change have become underutilized, possibly due to the lack of knowledge on processability. Starchy foods contain different functional compounds that can promote a healthy lifestyle for consumers. Starch plays a major role in the processing of food products as a raw material or additive, which acts as a thickening agent, stabilizer and texture improver¹¹. Therefore, this study aimed to study the crystalline and thermal properties of taro, cassava and maize flours and evaluate the gels' rheological, firmness and color characteristics. Thus, expanding the knowledge of these properties of the different crops may result in introducing novel applications for the food industry, the development of new foods such as gel-like products, applications in fermented beverages, confectionery and bakery industries, and the non-food industry.

Materials and methods

Materials

Various producers of the SAN R11 Bureau in El Paraíso, Honduras, provided agricultural residues from the crops (taro, cassava and maize). Flour samples evaluated were obtained from crops ruined and affected by climate change and did not meet the quality requirements for commercialization. Taro and cassava were washed, peeled, and cut into slices with an approximate thickness between 0.1 - 0.3 cm. Samples were dried at 60 °C for 7 h by a dehydrator (Agropec, Honduras). The dried samples were ground using a lab-scale grinder and subsequently sieved using a 600 µm mesh size. In the case of maize, grains were previously crushed into smaller fragments using a manual hammer mill (Corona, Colombia) before being dried and then subjected to the same procedure as the other samples. The resulting flours (< 600 µm) were stored in plastic packets at 4 °C for further assays. The moisture content determined using method 44-10 of AACC¹² of the taro, cassava and maize flours were 7.58%, 11.2% and 11.67%, respectively. Ash content, measured with method 08-01 of AACC¹², was 3.39%, 1.39% and 0.53%. Fat content was determined according to the official AOAC method 923.05–1923 (AOAC., 1996) of the taro, cassava and maize flours were 1.1%, 2.6% and 4.4%, respectively. Protein content was calculated from total nitrogen (N) evaluated by an automatic combustion method using a Leco CNS 928 microanalyzer (Leco Corporation, St. Joseph, MI, USA). They used the conversion factor 6.25 (N × 6.25), obtaining 4.16%, 2.24% and 7.35%. Total starch and amylose content was determined with the optional rapid method for total starch described by Englyst *et al.* (2000)¹³ using an amylose/amylopectin assay kit (Megazyme, Wic-

klow, Ireland), obtaining total starch contents of 78 ± 3, 89 ± 13 and 87 ± 9 g/100 g dry matter basis and amylose content of 13 ± 1, 18.4 ± 0.5 and 23 ± 1 g/100 g starch for taro, cassava and maize, respectively. All the assays were conducted in duplicate.

XDR Patterns of Flours

X-ray diffractograms were obtained using a Bruker-D8-Discover-A25 diffractometer (Bruker AXS, Rheinfelden, Germany), furnished with a copper tube operating at a voltage of 40 kV and a current of 40 mA. The instrument employed Cu-K α radiation ($\lambda = 0.154$ nm). Before measurement, all samples were equilibrated to 15% humidity using a saturated humidity ICP260 incubator (Memmert GmbH, Germany) at 15 °C. Equilibrated samples were scanned from 5° to 40° at 2 θ diffraction angle, with a step size of 0.02°, at a rate of 1.2 °/min, divergence slit width of 1° and a scatter slit width of 2.92°. Crystallinity degree was determined from diffractograms as the ratio between the reduced peak area assigned to the crystalline part and the total area using peak-fitting software DiffracEVA with PDF2-2004 and Crystallography Open Database.

Thermal properties

Differential scanning calorimetry (DSC) measurements of the flour samples were performed with DSC3 equipment (Mettler Toledo, Barcelona, Spain). Approximately 6 mg of flour samples were carefully measured and placed into aluminum pans with a volume of 40 µL. Subsequently, distilled water was added to achieve a ratio of 30 parts flour to 70 parts water, after which the pans were sealed. The sealed pans were equilibrated for 30 minutes at room temperature (25 °C), after which they were subjected to scanning from 0 to 110 °C at a rate of 5 °C/min. Indium and zinc were used for calibration, while an empty sealed pan was the reference. The obtained thermograms were analyzed using STARe evaluation software (Mettler Toledo, Barcelona, Spain). The enthalpy change (ΔH , J/g dry basis) and the gelatinization temperatures [onset (TO), peak (TP), and endset (TE)] were recorded. Endothermic transitions of the retrograded starches were determined with a second scan after 7 days of sample storage at 4 °C, following the same procedure described for the gelatinization evaluation. Thermal tests were carried out in duplicate.

Dynamic Rheological Characteristics

The dynamic oscillatory assays were performed using a Kinexus Pro+ rheometer (Malvern Instruments Ltd, UK) with serrated parallel plate geometry (40 mm diameter) and a working gap of 1 mm. Dispersions of flour in water at five concentration levels were applied. Amounts of flour between 2.0 and 4.0 g (14% moisture basis) were weighed and mixed with 25 g of distilled water; suspensions were used to prepare the gels by a Rapid Visco Analyser (RVA 4500, Perten Instruments, PerkinElmer, Sydney, Australia). The final concentration (w/w) values of suspensions are given in Table 1. The suspensions were stirred at 160 revolutions per minute (rpm). The process involved heating from 50 to 95 °C at a rate of 12.2 °C/min, with a held period at 95 °C for 2.5 minutes. After this, cooling ensued, lowering the temperature to 50 °C at 11.8 °C/min and maintaining it at 50 °C for 2 minutes (RVA, Standard 1). The resultant hot pastes from the RVA were quickly moved onto the parallel plates. The excess suspension was removed, and a thin layer of vaseline oil was applied to cover the exposed sam-

ple surfaces and prevent moisture loss due to evaporation during the assays¹⁴. Before the measurement, the suspension was rested for 5 min to allow relaxation. The temperature was stabilized at 25 °C using a Peltier plate controller. Strain sweeps were conducted from a 0.1 to 1000% strain, maintaining a consistent frequency of 1 Hz. Through these sweeps, the maximum stress (τ_{max}) was determined, representing the point at which the gel structure was broken (corresponding to the linear viscoelastic zone, LVR) and the stress at the crossover point ($G' = G''$) was established. Frequency sweeps were performed, scanning from 10 to 1 Hz while applying a consistent strain of 1%. This strain value fell within the linear viscoelastic region (LVR). Data obtained from frequency sweeps were fitted to the power law model described by Abebe & Ronda (2014)¹⁵. The coefficients G_1' , G_1'' , and $(\tan \delta)_1$ (G_1''/G_1') represent the elastic and viscous moduli and the loss tangent at 1 Hz, respectively. These values were derived by fitting the power law to the frequency sweep data ranging from 10 to 1 Hz. Moreover, the values a , b , and c ($b-a$) correspond to the exponents within the respective potential equations and quantify the dependence of the dynamic moduli on the oscillation frequency. All tests were completed in duplicate.

Firmness behavior of fresh and aged gels

A TA-XT2 Texture Analyser (Stable Microsystems, Surrey, UK) was used to evaluate the firmness of flour gels; texture plots were analyzed by Texture Expert software. Gels were made from a 20% (w/w) suspension for taro and cassava flours and 12% (w/w) for maize flour (28.5 g total weight) by using the RVA. The suspensions were stirred with a rotating paddle at 960 revolutions per minute (rpm) for 10 seconds and kept at 160 rpm during the entire assay. The temperature was gradually increased from 50 to 95 °C at a rate of 6 °C/min and maintained at 95 °C for 15 min. This was succeeded by swift cooling through cold running water for 1 min. Subsequently, the canisters underwent additional cooling within a water bath maintained at 4 °C for 2 h. Following this cooling period, samples were stored in the same canisters (hermetically closed to prevent moisture loss) at (4 ± 2) °C for 0, 24, 72 and 168 h, and the evolution of gel firmness kinetics with time was evaluated. Gels were left at room temperature (20 ± 2 °C) for 30 min before the texture analysis. Measurements were done on gel cylinders of 2.2 cm diameter and 2 cm height. A double compression assay, known as "Texture Profile Analysis" (TPA), was

conducted employing a 75 mm diameter aluminum device (SMSP/75). This device was utilized to compress to a depth of 50% at a testing speed of 1 mm/s. A 30-second interval was introduced between successive compressions. Firmness (N) was calculated from the TPA graphs, and data was fitted to the Avrami model (Equation 1) (Biliaderis (2009)¹⁶):

$$\frac{(A_{\infty} - A_t)}{(A_{\infty} - A_0)} = e^{-kt^n} \quad (1)$$

A_{∞} is the leveling-off value of firmness at infinite time, A_0 is the firmness at initial time, A_t is the firmness at any time t , k is a velocity constant, and n is the Avrami exponent. k and n constants values were used to evaluate the value of half-life, $t_{1/2}$ (Equation 2), this is described as the time needed to attain 50% of the plateau level of firmness (Ronda *et al.* (2015)¹⁷):

$$t_{1/2} = \left(-\frac{\ln 0.5}{k} \right)^{1/n} \quad (2)$$

Half-life time gives an idea of the rate of the gel firmness change from its initial value, A_0 , to the leveling-off point, A_{∞} . Each experimental sample was measured in duplicate.

Gels color

Gel color was measured at 0, 24, 72 and 168 h storages at 4 °C using the remaining samples that were utilized for evaluating the textural properties of the gel, described in Section 2.5 using a PCE-CSM5 (PCE Instruments, Meschede, Germany) and CQCS software. Results were derived using the CIE $L^*a^*b^*$ color space, employing the D65 standard illuminant and the 10° standard observer. From these coordinates, the chroma (C^*) and hue (h) were computed using the following equations: $C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$ and $h = \tan^{-1}(b^*/a^*)$. The L^* component ranges between 0 (representing black) to 100 (indicating white). The hue scale spans from 0° (for red), 90° (for yellow), 180° (for green) to 270° (for blue). The chroma value offers insights into color purity, where a C^* value near to zero corresponds to a color of low purity, appearing close to grey. Conversely, high C^* values indicate colors of greater purity, approaching the hues of pure spectral colors¹⁵. Results are the average of five measurements carried out on the gels of each flour.

Statistical analysis

Statistical analyses and fitting of the Avrami equation

Flour weight (g) ^a	Gel concentration (w/w) ^b
2.0	6.4
4.0	7.8
6.0	9.2
8.0	10.6
12.0	11.9

^a Expressed as g of flour corrected to 14% moisture content in 25 g of distilled water. ^b Expressed in g of flour (dry basis) / 100 g of suspension.

Table 1. Relationship between weighed flour masses and their corresponding concentrations.

were conducted using the Statgraphics Centurion XIX software (Statgraphics Technologies, Inc., Virginia, U.S.A.). The analysis of the variance (ANOVA) by the Fisher least significant difference (LSD) test at p -value < 0.05 was performed.

Results

X-ray diffraction analysis

The X-ray diffraction patterns of taro, cassava and maize samples are shown in Fig. 1. The most commonly used method to determine the type and degree of crystallinity in flours and starches is XRD¹⁸. This method determines the starch long-range crystalline order related to the packing of amylopectin double helices¹⁹. Generally, starch displays three types of patterns, namely, A (cereal starches), B (tuber, amylo maize, and retrograded starch) and C (root and seed starches, pea and bean)²⁰. All samples presented a diffraction pattern type A, characteristic of cereals, with peaks in 15, 17, 18, 23 and 26°, and the reflection at 20°, generally associated with V-crystallinity^{21,22}. Taro and cassava presented X-ray pattern type A, exceptions to most of the tubers and roots that exhibit the typical X-ray pattern type B 18. This diffraction pattern agreed with that reported by Jane *et al.* (1992)²³ for taro and Oyeyinka *et al.*

(2019)²⁴ for cassava. Higher crystallinity was observed in the cassava flour (55.4%) and maize (52.3%), whereas taro exhibited lower crystallinity (51.2%). It was indicated that cassava flour contained more ordered double helical structures²⁵. The crystallinity of starch is mainly associated with amylopectin and not with amylose, which, although linear, has a conformation that makes its regular association with other chains difficult²⁶; this is in agreement with the results obtained in the compositional analysis (Section 2.1); where taro presented the highest values of amylose content and therefore lower amylopectin content, showing a lower crystallinity. The crystallinity of taro and cassava samples was more elevated than Hoover (2001) reported¹⁸ (taro 45% and cassava 38%). The difference was attributed to the different genotypes from various botanical origins.

Thermal characteristics

The gelatinization, retrogradation, and amylose-lipid complex data of taro, cassava and maize flours were determined by DSC. Thermal properties and DSC thermograms of studied flours are shown in Table 2 and Fig 2. Gelatinization characteristics could determine the purity or impurity of starch in the industry²⁷ and provide new insights into the nature of gelatinization and granule structure¹⁶. Taro flour reported a single peak at $(74.4 \pm 0.1)^\circ\text{C}$ with a transition enthalpy of (12.1 ± 0.1) J/g of flour dry basis, lacking the

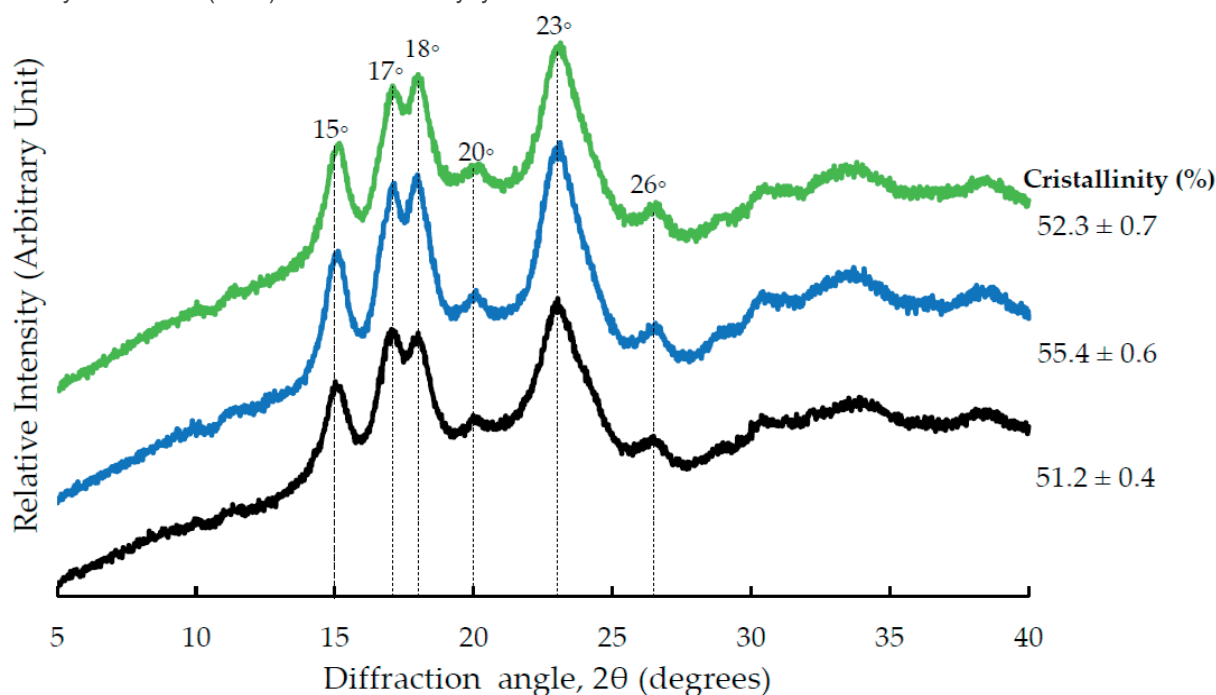


Figure 1. X-ray diffraction patterns of taro (black), cassava (blue) and maize (green) (all samples were equilibrated in a saturated humidity chamber until 15 ± 0.5 % MC). Crystalline peaks and percentage relative crystallinity of individual samples are shown. Data have been offset for clarity.

Sample	First scan (Gelatinization)							Second scan (Retrogradation)			
	ΔH_{gel} (J/g)	$T_{\text{O-gel}}$ ($^\circ\text{C}$)	$T_{\text{P-gel}}$ ($^\circ\text{C}$)	$T_{\text{E-gel}}$ ($^\circ\text{C}$)	ΔT ($^\circ\text{C}$)	$\Delta H_{\text{am-lip}}$ (J/g)	$T_{\text{P am-lip}}$ ($^\circ\text{C}$)	ΔH_{ret} (J/g)	$T_{\text{P-ret}}$ ($^\circ\text{C}$)	$\Delta H_{\text{am-lip}}$ (J/g)	$T_{\text{P am-lip}}$ ($^\circ\text{C}$)
Taro	12.1 ± 0.1 b	68.6 ± 0.2 c	74.4 ± 0.1 c	80.1 ± 0.2 b	11.4 ± 0.4 a	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cassava	13.7 ± 0.2 c	66.9 ± 0.1 b	74.1 ± 0.1 b	81.7 ± 0.1 c	14.7 ± 0.1 b	0.4 ± 0.1 a	99.3 ± 0.1 b	3.4 ± 0.2 a	38.7 ± 0.1 a	nd	nd
Maize	9.3 ± 0.2 a	65.5 ± 0.1 a	71.8 ± 0.1 a	77.5 ± 0.1 a	12.1 ± 0.1 a	1.1 ± 0.1 b	96.9 ± 0.6 a	6.1 ± 0.1 b	38.2 ± 0.1 a	1.7 ± 0.1	95.2 ± 0.2

ΔH_{gel} = Enthalpy of gelatinization. $T_{\text{O-gel}}$, $T_{\text{P-gel}}$, $T_{\text{E-gel}}$: Onset, peak and endset gelatinization temperatures. $\Delta T = (T_{\text{E-gel}} - T_{\text{O-gel}})$. $\Delta H_{\text{am-lip}}$ = Enthalpy of the amylose-lipid dissociation. $T_{\text{P am-lip}}$ = Peak temperature of the amylose-lipid complex dissociation. ΔH_{ret} = Enthalpy of melting of retrograded amylopectin. $T_{\text{P-ret}}$: Peak temperature of melting of retrograded amylopectin. ΔH_{gel} , ΔH_{ret} , $\Delta H_{\text{am-lip}}$ are given in J/g dry matter. Data are the mean \pm standard deviation. Values with the same letter in a column are not significantly different ($p > 0.05$).

Table 2. Thermal properties of flours studied.

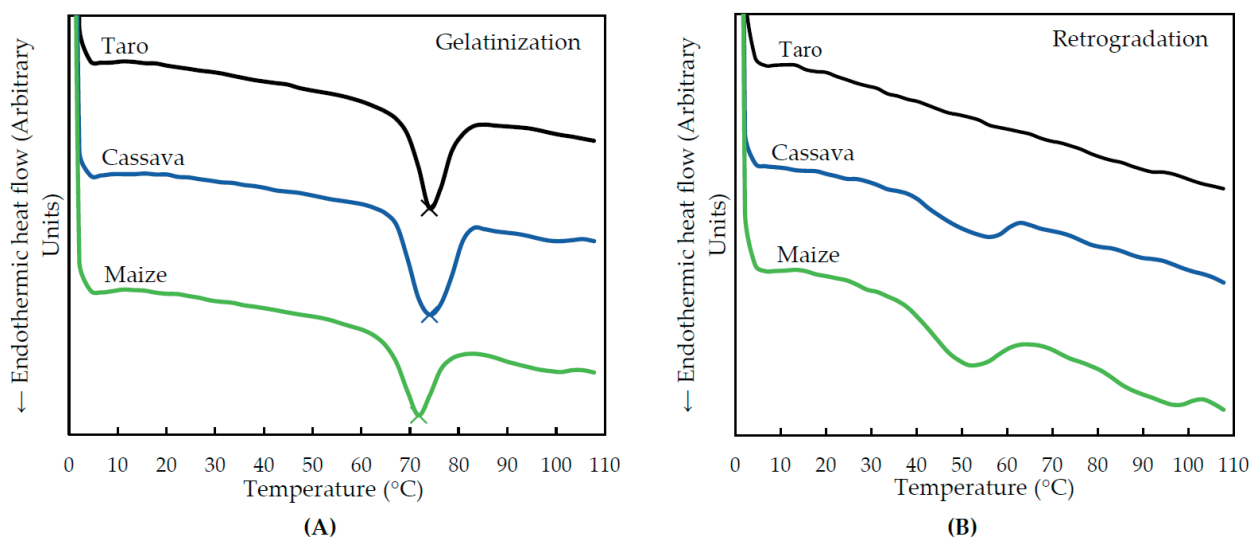


Figure 2. Thermograms of the samples analyzed. Black lines represent taro, blue lines represent cassava, and green lines represent maize. A) First scan (gelatinization) and B) Second scan after 7 days at 4 °C (retrogradation).

characteristic rise of the lipid amylose complex; these results are in agreement with findings by Aboubakar *et al.* (2008)²⁸ and Himeda *et al.* (2014)²⁹. Cassava flour showed two differentiated peaks at $(74.1 \pm 0.1) ^\circ\text{C}$ and $(99.3 \pm 0.1) ^\circ\text{C}$ with transition enthalpies of $(13.7 \pm 0.2) \text{ J/g}$ of flour dry basis and $(0.44 \pm 0.05) \text{ J/g}$ of flour dry basis respectively, lower values such as observed here had earlier been reported in cassava starch by Oyeyinka *et al.* (2019)²⁴ due to the presence of non-starch components (mucilage) in cassava flour²³. In contrast, Ayetigbo *et al.* (2018)²⁷ reported similar TO, TP and ΔH values in cassava flours of Indonesian origin compared to this study. Maize flour had the first peak at the lowest temperature, $(71.8 \pm 0.1) ^\circ\text{C}$, and a transition enthalpy of $(9.3 \pm 0.2) \text{ J/g}$ of flour dry basis, and the second peak at a lower temperature to the cassava flour $(96.9 \pm 0.6) ^\circ\text{C}$, with a higher transition enthalpy of $(1.02 \pm 0.03) \text{ J/g}$ of flour dry basis. The starch gelatinization property manifests an irreversible dissociation of amylopectin molecular order involving the melt of crystallite and double helical orders^{30,31}. The different flour samples showed significant differences in gelatinization enthalpy (ΔH_{gel}); cassava and taro samples presented the highest values (13.7 and 12.1 J/g of solids, respectively), while maize presented the lowest (9.3 J/g of solids).

Higher values of ΔH_{gel} are indicative of a better-packed starch structure requiring more energy to fully gelatinize³², and the lower value of gelatinization enthalpy is related to the small granule size of starch that decreases the length of amylopectin double helices, causing them to disorganize with minimum energy³³. The differences observed in enthalpy gelatinization may be attributed to differences in several aspects such as starch botanical source, size, shape and distribution of starch granules in the flours, amylose/amylopectin ratio, the internal organization of starch fractions within granules, variations in protein fractions, presence of electrolytes and the interaction between starch, protein and lipids^{34,35}. The gelatinization transition temperatures (TO (onset), TP (mid-point), TE (endset)) and showed significant differences. The differences observed could also be explained by the degree of interaction between starch crystallites and the interactions between crystalline and amorphous components²⁷. Taro presented the highest value of onset temperature (TO) ($68.6 ^\circ\text{C}$), followed by cassava ($66.9 ^\circ\text{C}$)

and, lastly, maize ($65.5 ^\circ\text{C}$). Peak temperature (TP), where the endothermic transition reaches a maximum, presented the highest value in taro flour ($74.4 ^\circ\text{C}$), while the lowest values were recorded in maize flour ($71.8 ^\circ\text{C}$). The higher values of TP indicate the requirement of more thermal energy to start gelatinization³³. Lower TO, TP and TE values reflect the presence of abundant short amylopectin chains³⁶ and higher amylose content, which means more amorphous region and less crystalline region³⁷. This is consistent with the values of amylose content in the analyzed samples presented in section 2.1. The differences in transition temperatures between the different flours may be attributed to the differences in the degree of crystallinity. High transition temperatures have been reported to result from a high degree of crystallinity, which provides structural stability and makes the granule more resistant to gelatinization³⁷. The width of the gelatinization temperature range ($\Delta T = \text{TE} - \text{TO}$) was the highest in cassava ($14.7 ^\circ\text{C}$), followed by maize ($12.1 ^\circ\text{C}$), a sample statistically equal to that of taro flour ($11.4 ^\circ\text{C}$). Lower values of the gelatinization peak width indicate higher starch crystallite homogeneity and a better organized granular structure, requiring a shorter temperature range to hydrate³² fully. Gelatinization temperatures of samples may be influenced by the cultivation season, location of the cultivar, environmental factors and gene-associated factors.

When discussing the gelatinization temperature as an aspect of food processing, the starches or flours have lower gelatinization temperatures more preferable in foods containing heat-sensitive ingredients, and it could reduce the time-consuming and energy expenditure during processing¹¹. The Enthalpy determined for the second peak obtained in the first scan ($\Delta H_{\text{am-lip}}$) corresponds to the amylose-lipid complex dissociation³⁸. The amylose-lipid complex is described as a helical inclusion complex with amylose forming a helix around the hydrophobic chain of the ligand^{38,39}. The Taro sample did not show an amylose-lipid complex transition, probably due to the low lipid content¹⁶. At the same time, maize flour presented a higher amylose-lipid complex Enthalpy than the cassava sample. The differences observed may be attributed to the presence of internal monoacyl lipids. In the case of rice starch, these lipids tend to create complexes with amylose during heating. This exothermic reaction reduces the apparent Enthalpy associated with

gelatinizing the starch crystallites⁴⁰. The retrogradation properties of samples were investigated by re-scanning the samples after 7 days of storage at 4 °C (Table 2.). Retrogradation is related to the rapid gelation of amylose and recrystallization of amylopectin fractions⁴¹ and is a major factor in the staling of bread and other bakery products¹⁶. In thermograms (second run (Fig. 2B)), taro flour did not present a peak, cassava flour showed a single peak and maize flour reported two peaks. For cassava and maize, the first peak appeared at around 38 °C, corresponding to the melting of recrystallized amylopectin (ΔH_{ret}). In the case of the maize sample, the second peak corresponded to the reversible amylose–lipid complex dissociation peak ($\Delta H_{am-lip-ret}$)⁴². Higher ΔH_{ret} values ($p < 0.05$) were shown in maize flour than in cassava flour, indicating that maize flour had a higher ability of amylopectin to reassociate after gelatinization. The retrogradation behavior of the taro sample indicates that this flour is suitable for preparing low-intensity taro flour products with a low retrogradation in the food industry. ΔH_{am-lip} in maize sample presented higher values in the second scan (retrogradation) than those determined in the first one (gelatinization), which may be attributed to the better conditions for complex formation after first heating following amylose leaking from starch granules that can occur at temperatures above the gelatinization temperature range^{32,39,42}.

Dynamic rheological behavior

The viscoelastic behavior of pastes formed from taro, cassava and maize flour dispersions with different concentrations (Table 1) measured at 25 °C are depicted in Table 3. Viscoelastic properties were analyzed by dynamic oscillatory assays (frequency and strain sweeps). Table 3 shows the coefficients G_1' , G_1'' , and $(\tan \delta)_1$ (G_1''/G_1') and the exponents a, b, and c ($b - a$), obtained from frequency sweeps and the maximum stress (τ_{max}) within the linear viscoelastic region (LVR) and the stress at the crossover point ($G_1' = G_1''$, $\tan \delta = 1$) obtained from the strain sweeps⁴². The LVR varied notably ($p < 0.05$) depending on the concentration and the type of flour. The maximum stress (τ_{max}) applicable within LVR, beyond which the gel structure was broken, increased with the gel concentration; similar trends were reported by Acevedo *et al.* (2013)³⁴ for different legume flour gels and Deriu *et al.* 2022³² for different cereal flour gels. In general, maize gels presented higher τ_{max} values than cassava and taro flours in all concentrations. This means higher stability against shear, as they need higher stress to destroy their structure and achieve a predominantly viscous behavior. The strain sweep assays also provided the stress at which the gels passed from a solid-like to a liquid-like behavior (crossover point), which presented a similar trend at τ_{max} varying in parallel. The coefficients G_1' , G_1'' , and $(\tan \delta)_1$ and the exponents a, b, and c were obtained by fitting the power law model to experimental data obtained from frequency sweeps data ranging between 1 and 10 Hz. The R² values (0.953 - 0.999) demonstrate how well the model was adjusted to the system studied (data not shown). The storage modulus (G') reflects the solid (elastic) characteristics and shows the amount of energy retained during the deformation of the samples. In contrast, loss modulus (G'') measures the viscous property during shear and reveals the viscous nature of the samples⁴³. Taro gels showed elastic and viscous moduli markedly lower than cassava and maize gels, denoting a weaker consistency of the former. Both moduli increased significantly ($p < 0.05$) when the flour

concentration increased in all samples. However, the rate of increase varied depending on the type of flour. In the case of taro flour gels, the increase in elastic moduli was not so marked at the higher concentrations. The marked differences in gel rheological properties of the different flours could be attributed to differences in protein, starch, lipid, and non-starch polysaccharide types and their contents¹⁵. For all dispersions, $G_1' > G_1''$, therefore $(\tan \delta)_1 < 1$, which suggests a solid elastic-like behavior. Similar trends were reported by Kapri & Bhattacharya (2008), Acevedo *et al.* (2013), Abebe & Ronda (2014), and Deriu *et al.* (2022)^{15,32,34,44} in gels from different sources. The effect of concentration and the type of flour were statistically significant ($p < 0.05$) (Table 3). In all samples, the value of $(\tan \delta)_1$ or loss tangent decreased with increasing flour concentration. This performance reveals a strengthening of their structure with concentration³² and a stronger gel behavior. The lowest values of the a and b exponents were shown for maize gels, decreased with increasing flour concentration in pastes, reaching reduction percentages from the lowest to the highest concentration studied (6.4 - 11.9 w/w) of 66% and 23% for exponents a and b respectively. This means that the G_1' and G_1'' were not dependent on the frequency for this sample, indicating the gels' structural stability of the gels^{15,34}. In contrast, the increase of the exponent, mainly observed at the highest concentrations, implies a higher dependency of the storage modulus on the frequency of taro gel flours. Furthermore, the greater values of the b exponent in taro samples indicate a higher dependency of the loss modulus on the frequency. The value of the exponent c decreased as the gel concentration increased. This indicates that G_1'' (loss modulus) and G_1' (storage modulus) exhibited a reduced frequency dependence at higher gel concentrations³⁴. The high dependence of elastic and viscous modulus on concentration can offer insights into the gelation effectiveness and the underlying particle network structure of the gel¹⁵. This behavior can be adjusted to the power law model (As seen in Fig 3). Power-law functions between concentration and G_1' and G_1'' were obtained for the dispersions: $G_1' = m \cdot C^n$ and $G_1'' = p \cdot C^q$, where m and p represent the G_1' and G_1'' moduli values at a gel concentration of 1% and a frequency of 1 Hz, and n and q, the exponents, quantify the dependence degree of the viscoelastic moduli to the concentration and reflect the nature of the association behavior in the gel and its network structure³². Experimental data fitted the potential model well with R² ranging between 0.900 – 0.999 (See Table 4). Several studies have reported the power law function between G' and concentration; (Renkema & Vliet (2004))⁴⁵ (Soybean protein isolates); (Avanza *et al.* (2005))⁴⁶ (amaranth protein isolates); (Abebe & Ronda (2014))¹⁵ (tef); (Acevedo *et al.* (2013))³⁴ (pigeon pea, dolichos bean and jack bean); (Deriu *et al.* (2022))³² (fonio). In the case of maize, the evolution of the elastic modulus with concentration would also be compatible with a linear model ($G_1' = a \cdot C + b$) with R² = 0.983 (Data not shown). Similar to the linear correlations between G' and concentration for potato, wheat, corn and rice starch gels reported by Biliaderis & Juliano (1993)¹⁴. However, the potential equation was chosen to allow comparison among the samples analyzed to model the evolution of all flour gels' viscoelastic moduli versus concentration. The different variations of G_1' with the concentration among the gels of the flour samples could be mainly attributed to the relative differences in starches and proteins present within these flours¹⁵. Taro and cassava gels presented n values of 2.4 ± 0.1 and 2.65 ± 0.01 ,

respectively. Lower values than maize flour gels (3.1 ± 0.1) reflect the formation of a less ordered gel matrix. This denotes a higher increase in maize gels' viscoelastic moduli with flour concentration and a higher modulation capacity of the gel's viscoelasticity by varying its concentration than taro and cassava gels. Furthermore, their viscoelastic moduli at low concentrations (obtained by the *m* and *p* coefficients) for maize samples were higher than those obtained for taro and cassava.

In general the combination of a high consistency at low concentrations (compared to tef (Abebe & Ronda (2014)¹⁵) and pigeon pea, dolichos bean and jack bean (Acevedo *et al.* (2013)³⁴)) and a high increase in consistency with increasing concentration (compared to rice (Abebe & Ronda (2014); Deriu *et al.* (2022)^{15,32})) makes at taro, cassava and maize exciting ingredients for the production of different products of gel-like nature.

Gel Firmness kinetics

The firmness, the force necessary to attain a given deformation, was obtained from the peak force value corresponding to the first two successive compressions⁴⁷. The evolution of the firmness of the gels from taro, cassava and maize flours stored at 4 °C between 0 h and 168 h (7 days) is depicted in Fig. 4. The retrogradation of flour gels mainly causes the flour gel firmness. This process is linked to the release of water and the crystallization of amylopectin, resulting in gels characterized by increased firmness⁴⁸. The

presence of protein, lipids, and fiber can also impact this phenomenon. The Avrami model is a mathematical model for studying the crystallization kinetics of starch⁴⁹. The modeling of the firmness kinetics was effectively accomplished by applying the Avrami equation to the gathered data, as depicted by the continuous lines in Fig. 4. The high R2 values (ranging from 0.999 to 1) obtained demonstrate the excellent adjustment of the gels studied to this mathematic model. The values of the Avrami equation parameters (A^∞ , A_0 , *k*, *n*) were (3.98 ± 0.30) N, (2.74 ± 0.29) N, (0.006 ± 0.008) h-n, 1.06 ± 0.11 for taro gels, (5.64 ± 0.31) N, (3.88 ± 0.31) N, (0.06 ± 0.08) h-n, 0.65 ± 0.4 for cassava gels and (4.75 ± 0.28) N, (3.14 ± 0.30) N, (0.007 ± 0.009) h-n, 1.04 ± 0.09 for maize gels.

Cassava gels showed A_0 (initial firmness) values markedly higher than maize and taro gels. In addition, the firmness kinetics at refrigeration temperature (4 °C) was faster for the cassava gels than for the taro and maize; this can be concluded from the Avrami constant, *k*, which was ten times higher for cassava than taro and maize. A^∞ (gel leveling-off firmness), presented the following order: taro < maize < cassava. This behavior was probably due to faster and more extensive amylopectin recrystallization in cassava than in maize and taro gels^{34,46}. Half-life time (*t*_{1/2}) values were 40, 88 and 90 h for cassava, maize and taro. This means cassava gel took much less time to reach 50% of the leveling-off firmness than the maize and taro. This indicates that the firmness of gel products from cassava could

Sample	Concentration (w/w)	G' (Pa)	<i>a</i>	G'' (Pa)	<i>b</i>	(tan δ) ₁	<i>c</i>	τ _{max} (Pa)	Crossover (Pa)
Taro	6.4	6.2 ± 0.9 aA	0.10 ± 0.05 aA	2.72 ± 0.06 aA	0.451 ± 0.002 dC	0.44 ± 0.06 bB	0.35 ± 0.05 dB	0.34 ± 0.03 aA	3.9 ± 0.2 aA
	7.8	17.0 ± 0.3 bA	0.17 ± 0.02 bC	5.5 ± 0.3 bA	0.457 ± 0.002 dC	0.32 ± 0.01 aC	0.28 ± 0.01 cB	1.55 ± 0.01 bA	15.1 ± 0.5 bA
	9.2	30.6 ± 0.5 cA	0.206 ± 0.001 bcC	10.5 ± 0.4 cA	0.413 ± 0.007 cC	0.344 ± 0.007 aC	0.207 ± 0.007 bB	3.82 ± 0.07 cA	29.4 ± 0.6 cA
	10.6	42.1 ± 0.4 dA	0.217 ± 0.001 bcC	15.2 ± 0.1 dA	0.386 ± 0.001 bC	0.360 ± 0.005 aC	0.169 ± 0.001 bA	5.40 ± 0.03 dA	49.5 ± 0.1 dA
	11.9	45.3 ± 0.3 eA	0.265 ± 0.003 cC	20.5 ± 0.3 eA	0.371 ± 0.001 aC	0.453 ± 0.004 bC	0.107 ± 0.004 aA	5.84 ± 0.02 eA	32 ± 1 eA
Cassava	6.4	17.1 ± 0.3 aB	0.11 ± 0.01 abA	3.84 ± 0.09 aB	0.433 ± 0.005 eB	0.22 ± 0.01 cA	0.32 ± 0.02 cB	4.57 ± 0.02 aB	6.9 ± 0.2 aB
	7.8	34 ± 3 bB	0.133 ± 0.003 cB	7.5 ± 0.7 bB	0.399 ± 0.001 dB	0.219 ± 0.001 cB	0.267 ± 0.003 bB	11.8 ± 0.7 bB	15.2 ± 0.4 bA
	9.2	64.5 ± 0.3 cB	0.126 ± 0.001 bcB	13.23 ± 0.01 cB	0.377 ± 0.004 cB	0.205 ± 0.001 bB	0.251 ± 0.003 abC	22.7 ± 0.1 cB	33 ± 0 cA
	10.6	101 ± 2 dB	0.122 ± 0.003 bcB	20.2 ± 0.1 dB	0.358 ± 0.001 bB	0.201 ± 0.005 bB	0.237 ± 0.004 aC	49.7 ± 0.7 dB	63.1 ± 0.1 dA
	11.9	164 ± 3 eB	0.102 ± 0.001 aB	29.7 ± 0.5 eB	0.344 ± 0.001 aB	0.181 ± 0.001 aB	0.242 ± 0.001 aC	87 ± 2 eB	117 ± 1 eB
Maize	6.4	50 ± 5 aC	0.083 ± 0.004 eA	8.5 ± 0.7 aC	0.317 ± 0.006 cA	0.170 ± 0.004 eA	0.23 ± 0.01 eA	6.2 ± 0.6 aC	8.9 ± 0.1 aC
	7.8	164 ± 2 bC	0.076 ± 0.001 dA	22.0 ± 0.3 bC	0.222 ± 0.001 aA	0.134 ± 0.001 dA	0.147 ± 0.001 aA	27.8 ± 0.5 bC	41 ± 1 bB
	9.2	305 ± 16 cC	0.057 ± 0.001 cA	33 ± 1 cC	0.217 ± 0.001 aA	0.108 ± 0.002 cA	0.160 ± 0.001 bA	101 ± 1 cC	117 ± 2 cB
	10.6	505 ± 10 dC	0.039 ± 0.001 bA	45 ± 1 dC	0.223 ± 0.001 aA	0.089 ± 0.001 bA	0.184 ± 0.001 cB	305 ± 2 dC	304 ± 12 dB
	11.9	702 ± 16 eC	0.028 ± 0.001 aA	54 ± 2 eC	0.245 ± 0.002 bA	0.077 ± 0.001 aA	0.217 ± 0.003 dB	596 ± 11 eC	627 ± 10 eC
Concentration (F1)	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Type of flour (F2)	***	**	***	***	***	***	***	***	***
(F1) X (F2)	***	***	***	***	***	***	***	***	***

The power law equation fitted the experimental data obtained from frequency sweeps. $G'(\omega) = G_1' \cdot \omega^a$; $G''(\omega) = G_1'' \cdot \omega^b$; $\tan\delta(\omega) = \tan\delta_1 \cdot \omega^c$, where G_1' , G_1'' and $\tan(\delta)_1$ are coefficients derived from the fitting process. They represent the elastic modulus, viscous modulus, and loss tangent, respectively, all evaluated at a frequency of 1 Hz. The exponents *a*, *b* and *c* quantify how much the dynamic moduli and loss tangent depend on the oscillation frequency. τ_{max} (Maximum stress tolerated by the sample in the LVR) and crossover ($G' = G''$) were obtained from strain sweeps. The data presented are expressed as the mean ± standard deviation. Comparing values within the same column for each concentration and type of flour, if they share a common letter, it indicates that they are not significantly different (*p* < 0.05). Lowercase letters compare between concentrations, and capital letters compare between types of flours. *** *p* < 0.001. ** *p* < 0.01.

Table 3. Rheological properties of samples analyzed at different concentrations.

Sample	<i>m</i>	<i>n</i>	R ²	<i>p</i>	<i>q</i>	R ²
Taro	0.10 ± 0.03 a	2.4 ± 0.1 a	0.900	0.036 ± 0.001 a	2.42 ± 0.02 b	0.992
Cassava	0.14 ± 0.01 a	2.65 ± 0.01 b	0.997	0.050 ± 0.007 b	2.42 ± 0.05 b	0.999
Maize	0.23 ± 0.05 b	3.10 ± 0.09 c	0.985	0.21 ± 0.03 c	2.16 ± 0.06 a	0.965

The provided data are represented as the mean ± standard deviation. If values within the same column share a common letter, they are not significantly different (*p* < 0.05).

Table 4. Parameters obtained from fitting to the power-law model the experimental G' and G'' data in function of the flour concentration in the gels ($G_1' = m \cdot C_n$; $G_1'' = p \cdot C_q$).

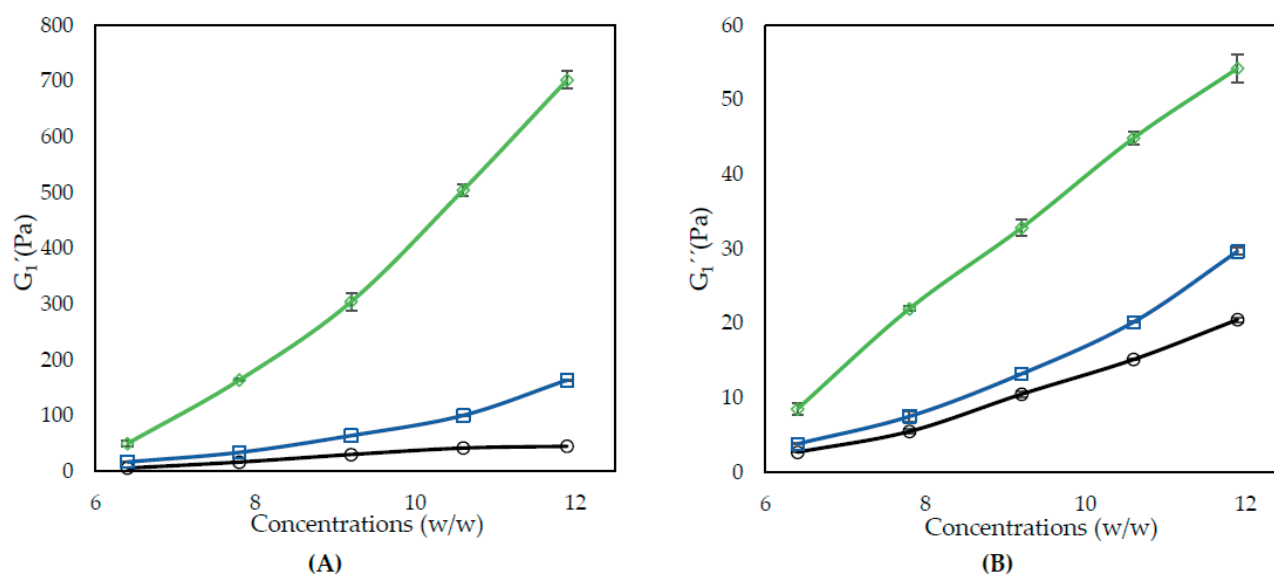


Figure 3. Evolution of the elastic modulus (A) and viscous modulus (B) of gels made from taro (○), cassava (□) and maize (◇) flours versus gel concentration. The error bars represent the standard deviation.

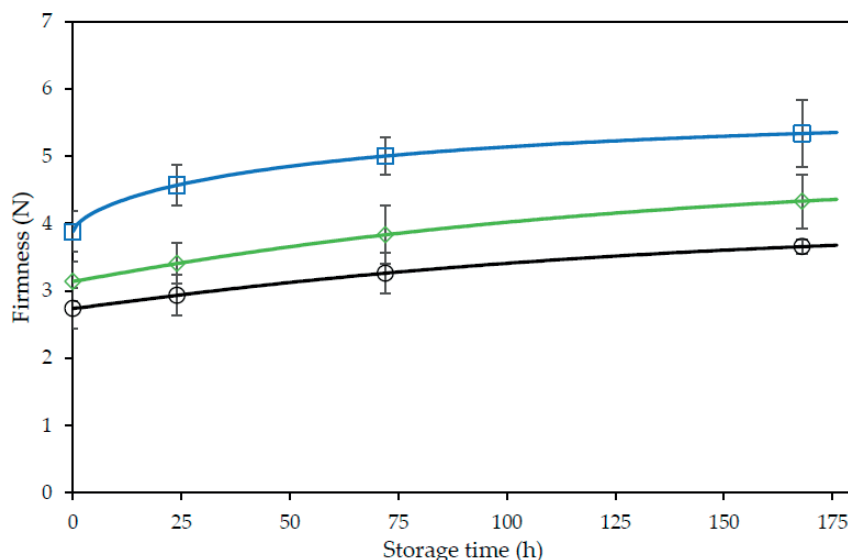


Figure 4. Firmness kinetics of gels stored at 4 °C. The continuous lines resulted from fitting the experimental values to the Avrami equation. (○) taro, (□) cassava, (◇) maize.

stabilize faster than taro and maize flour gels at the concentrations analyzed. The taro and cassava gels were made at 20% w/w to be compared with the maize gels (12%); at lower concentrations, these gels were fragile and collapsed when removed from the canisters.

Evolution of color in gels

Color is an essential organoleptic quality attribute that typically relates to the acceptability, marketability and wholesomeness of foods⁵⁰, and is the first attribute that affects the consumer's decision to purchase or consume any food products⁴⁷. The Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) L^* , a^* , b^* color system was utilized to assess the tri-stimulus surface color of gels from taro, cassava and maize flours. The L^* , a^* and b^* values indicate the degree of lightness, redness-greenness and yellowness-blueness, respectively, exhibited by the surface color of a material²⁷. The chromatic coordinates ($a^* - b^*$) of the taro, cassava and maize flour gels and their evolution with storage time at 4 °C are shown in Fig. 5. There were significant differences ($p < 0.05$) in the color of gels depending on the type of flour. The Luminosity (L^*) values of the fresh gels are presented in the following order: taro (44.2) < cassava (62.9) < maize (74.3). Taro sample had

a significantly lower value than cassava and maize. The darkness of taro gel could be due to non-enzymatic browning reactions induced by drying the taro slices during the processing of taro tubers into flour^{51,52}. The a^* and b^* color parameters between the three flours differed significantly ($p < 0.05$). As can be seen in Fig. 5. Taro gel had the highest positive a^* (redness) value, the lowest negative b^* (blueness) value and the highest hue angle value (357.7°), presenting purple hues. In contrast, the maize gel flour showed the lowest negative a^* (greenness) value, the highest positive b^* (yellowness) and a hue angle value of 103.9°. The difference in color between gel samples could be due to the intrinsic physicochemical characteristics of the cultivars (presence of flavonoids, anthocyanins and tannin).

Furthermore, genetic factors and conditions such as geographical location, environmental conditions, climate variations, cultivation practices like weeding and fertilizing, and the amount of precipitation could also contribute to these color discrepancies. Hence, in formulating foods where taro, cassava and maize could be taken as ingredients and brighter color is mandatory, maize could be the best preference among the three cultivars studied. Concerning the chroma (C^*) of the gels studied, maize (14.5) had a sig-

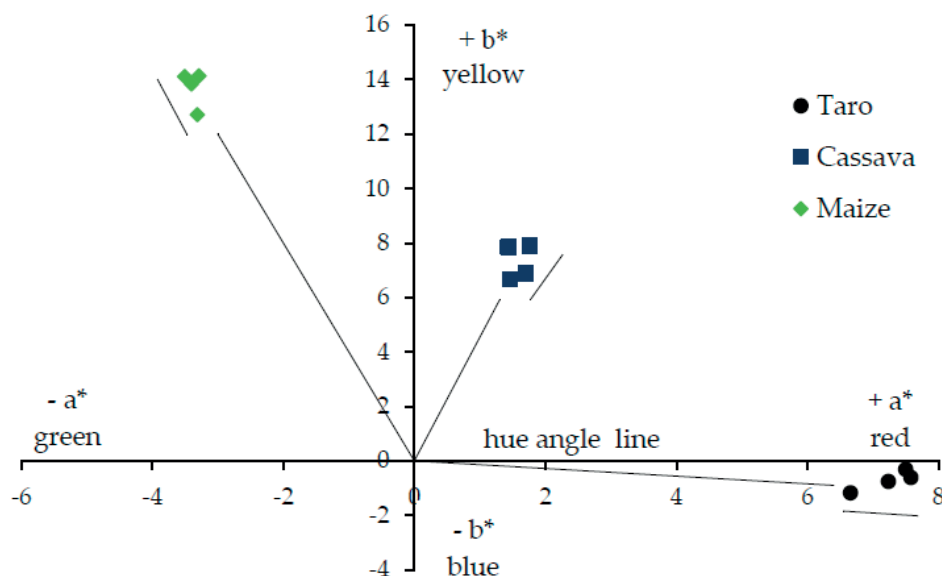


Figure 5. Plot of chromatic coordinates (a^* - b^*) of taro, cassava and maize flour gels stored at 4 °C for seven days. Each point represents the mean of five replicates. The arrows indicate the evolutions with storage time.

nificantly higher value (the most vivid color) than cassava (7.9) and taro (7.5) (the paler colors), which did not have significantly different C^* value ($p < 0.05$). Wrolstad & Smith (2010)⁵³ stated that the C^* value of a food increases with increment of pigment concentration and decreases remarkably as the samples go darker, according to the results obtained in our study. The storage time had a significant effect ($p < 0.05$) on the color of the gels, mainly in the L^* and C^* values. In general, C^* values decreased with the storage, while L^* values depended on the type of flour. In taro gels, L^* increased with the storage time, similar to what was reported by Abebe & Ronda¹⁵ in tef gels, and this parameter decreased for cassava and maize samples. Despite the statistical differences with storage time, the color difference [$\Delta E = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2}$] was < 5 for all samples, indicating that the color differences between fresh and stored samples (168h) were not perceptible to the human eye^{54,55}. Results suggest that taro, cassava and corn gels show good color stability in short storage periods (7 days). This study opens the field for complementary studies to quantify the evolution of the pigments of the flours chemically analyzed and to evaluate the changes in longer storage periods.

Conclusions

This study provides essential information on the crystalline and thermal characteristics of flours and the color, rheological and textural properties of gels from crops affected by climate change in Honduras. Taro, cassava and maize flours are mainly made of carbohydrates and particularly starch; this confers them specific characteristics for their potential use as food ingredients. All flours showed high crystallinity values and A-type diffraction patterns. Taro presented a single gelatinization peak, while cassava and maize showed two peaks. The gelatinization enthalpies are systematically higher for cassava flours than taro and maize flours. Gels obtained at different flour concentrations exhibited a solid elastic-like behavior in all flours. According to the power law, the storage and loss moduli of the gels formed from the suspensions significantly increased ($p < 0.05$) with increasing flour concentration. At the same concentration levels, gels from maize consistently showed a higher consistency. All flours could form self-supporting gels and be

applied to form gel-like foods. However, taro and cassava flours required higher concentrations for this purpose. The Avrami model was successfully used to analyze the firmness kinetics of taro, cassava, and maize gels stored at 4 °C. Cassava flour had the highest initial firmness among the different flour gels tested. However, the evolution of the firmness of the taro gels varied notably during storage, taking a longer time to level off. Hence, obtaining a stabilized gel product from taro flour will take longer. This could be considered a drawback of taro flour gels.

The crops analyzed in this study have demonstrated their potential as suitable food ingredients for developing gel-like foods. Depending on the chosen concentration and botanical origin, a wide range of consistencies, texture properties, and colors can be achieved. This versatility allows for the formulation various gel-like food products with distinct characteristics and sensory attributes. Overall, the data highlight the potential role of these crops available in Honduras as sources of flours and starches with peculiar physicochemical and functional characteristics that may be used for various applications in the food industry. This would improve the Honduran population's quality of life and food security. Furthermore, this opens up the possibility of investigating possible non-food uses for applications such as bioplastics, adhesives, pharmaceutical excipients, etc., which would benefit the producers economically.

Author Contributions

Caleb S. Calix-Rivera: Writing – original draft, Writing – review & editing, Formal analysis, conceptualization, methodology, conceived and designed the experiments; Analyzed and interpreted the data; Contributed analysis tools or data; Wrote the paper, performed the experiments. Felicidad Ronda: Funding acquisition, Resources, Investigation, Visualization, Supervision, Writing – review & editing, Project administration, Formal analysis, conceived and designed the experiments; Contributed reagents, materials

Funding

The authors thank the financial support of the Ministerio de Ciencia e Innovación (PID2019-110809RB-I00/AEI/10.1303/501100011033) and the Junta de Castilla y León/FEDER (VA195P20).

Informed Consent Statement

Not applicable.

Acknowledgments

Authors thank the project Bioplástico EUROSAN / UNAH-TEC Danlí (Grant contract external actions of the European Union No. LA/2019/406-056). Professor Octavio Rivera-Flores and laboratory technicians Karla Martinez and Genesis Nohal Limas for their help in processing the flours analyzed. Caleb S. Calix-Rivera thanks the University of Valladolid for the doctorate grant.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Bibliographic references

1. Kumar, S., Christakis, N. A. & Pérez-Escamilla, R. Household food insecurity and health in a high-migration area in rural Honduras. *SSM - Popul. Heal.* 2021, 15.
2. Amicarelli, V. & Bux, C. Food waste measurement toward a fair, healthy and environmental-friendly food system: a critical review. *Br. Food J.* 2021, 123, 2907–2935.
3. United Nations. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. United Nations General Assembly (2015).
4. Lara-Arévalo, J., Escobar-Burgos, L., Moore, E. R. H., Neff, R. & Spiker, M. L. COVID-19, Climate Change, and Conflict in Honduras: A food system disruption analysis. *Global Food Security* 2023, 37, 100693.
5. Mardero, S. et al. Traditional knowledge for climate change adaptation in Mesoamerica : A systematic review. *Soc. Sci. Humanit. Open* 2023, 7, 100473.
6. Jara, M. C. ABC del cambio climático en Mesoamérica. (2010).
7. Palacios, H. V., Sexsmith, K., Matheu, M. & Gonzalez, A. R. Gendered adaptations to climate change in the Honduran coffee sector. *Womens. Stud. Int. Forum* 2023, 98, 102720.
8. Derlangen, C., De Salvo, C. P., Egas Yerovi, J. J. & Pierre, G. Análisis de políticas agropecuarias en honduras. www.iadb.org/agrimonitor (2019) doi:<https://doi.org/10.18235/0002274>.
9. USAID. Climate change risk profile: Honduras. USAID 1–5 https://www.climateinks.org/sites/default/files/asset/document/2017_USAID_ATLAS_Climate_Change_Risk_Profile_Honduras.pdf (2017).
10. Rao, C. A. R. et al. Impact of climate change on the productivity of food crops : a sub-national level assessment for India Impact of climate change on the productivity of food crops : a sub-national level assessment for India. *Environ. Res. Commun.* 2022, 4, 095001.
11. Chiranthika, N. N. G., Chandrasekara, A. & Gunathilake, K. D. P. P. Physicochemical characterization of flours and starches derived from selected underutilized roots and tuber crops grown in Sri Lanka. *Food Hydrocoll.* 2022, 124, 107272.
12. AACC. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. (AACC, 2000).
13. Englyst, O. N., Hudson, G. J. & Englyst, H. N. Starch analysis in food. in *Encyclopedia of Analytical Chemistry* (ed. R.A. Meyers (Ed.)) vol. 6 pp 4246–4262 (John Wiley & Sons Ltd, 2000).
14. Biliaderis, C. G. & Juliano, B. O. Thermal and mechanical properties of concentrated rice starch gels of varying composition. *Food Chem.* 1993, 48, 243–250.
15. Abebe, W. & Ronda, F. Rheological and textural properties of tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] grain flour gels. *J. Cereal Sci.* 2014, 60, 122–130.
16. Biliaderis, C. G. Structural Transitions and Related Physical Properties of Starch. in *Starch (Third Edition)* (ed. James BeMiller, R. W.) 293–372 (Academic Press, 2009). doi:10.1016/B978-0-12-746275-2.00008-2.
17. Ronda, F., Abebe, W., Pérez-Quirce, S. & Collar, C. Suitability of tef varieties in mixed wheat flour bread matrices: A physico-chemical and nutritional approach. *J. Cereal Sci.* 2015, 64, 139–146.
18. Hoover, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: A review. *Carbohydr. Polym.* 2001, 45, 253–267.
19. Solaesa, Á. G., Villanueva, M., Vela, A. J. & Ronda, F. Impact of microwave radiation on in vitro starch digestibility, structural and thermal properties of rice flour. From dry to wet treatments. *Int. J. Biol. Macromol.* 2022, 222, 1768–1777.
20. Kumar, P. S., Saravanan, A., Sheeba, N. & Uma, S. Structural, functional characterization and physicochemical properties of green banana flour from dessert and plantain bananas (*Musa* spp.). *LWT* 2019, 116, 108524.
21. Vela, A. J., Villanueva, M., Solaesa, Á. G. & Ronda, F. Impact of high-intensity ultrasound waves on structural, functional, thermal and rheological properties of rice flour and its biopolymers structural features. *Food Hydrocoll.* 2021, 113.
22. Vela, A. J., Villanueva, M. & Ronda, F. Low-frequency ultrasonication modulates the impact of annealing on physicochemical and functional properties of rice flour. *Food Hydrocoll.* 2021, 120, 106933.
23. Jane, J. Shen, L. Chen, J. Lim, S. Kasemsuwan, T. Nip, W K. Physical and Chemical Studies of Taro Starches and Flours. *Cereal Chem.* 1992, 69, 528–535.
24. Oyeyinka, S. A., Adeloye, A. A., Smith, S. A., Adesina, B. O. & Akinwande, F. F. Physicochemical properties of flour and starch from two cassava varieties. *Agrosearch* 2019, 19, 28.
25. Wang, M. Liu, G. Li, J. Wang, W. Hu, A. Zheng, J. Structural and physicochemical properties of resistant starch under combined treatments of ultrasound, microwave, and enzyme. *Int. J. Biol. Macromol.* 2023, 232.
26. Cavallini, O. F. Caracterização físico-química do amido e da farinha da fruta-pão (*Artocarpus altilis*) e aplicação em pão de forma. (Universidade Federal do Espírito Santo, 2015).
27. Ayetigbo, O., Latif, S., Abass, A. & Müller, J. Comparing characteristics of root, flour and starch of biofortified yellow-flesh and white-flesh cassava variants, and sustainability considerations: A review. *Sustainability (Switzerland)* 2018, 10, 3089.
28. Aboubakar, Njintang, Y. N., Scher, J. & Mbofung, C. M. F. Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flours and starches. *J. Food Eng.* 2008, 86, 294–305.
29. Himeda, M. Njintang, Y.N. Gaiani, C. Nguimbou, R.M. Scher, J. Facho, B. Mbofung, C.M.F. Physicochemical and thermal properties of taro (*Colocasia esculenta* sp) powders as affected by state of maturity and drying method. *J. Food Sci. Technol.* 2014, 51, 1857–1865.
30. Bultosa, G. & Taylor, J. R. N. Chemical and physical characterization of grain tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] starch granule composition. *Starch/Staerke* 2003, 55, 304–312.
31. Dong, J. Huang, L. Chen, W. Zhu, Y. Dun, B. Shen, R. Effect of Heat-Moisture Treatments on Digestibility and Physicochemical Property of Whole Quinoa Flour. *Foods* 2021, 10, 342.
32. Deriu, A. G., Vela, A. J. & Ronda, F. Techno-Functional and Gelling Properties of Acha (*Fonio*) (*Digitaria exilis* stapf) Flour: A Study of Its Potential as a New Gluten-Free Starch Source in Industrial Applications. *Foods* 2022, 11, 183.
33. Nagar, C. K., Dash, S. K., Rayaguru, K., Pal, U. S. & Nedunchezhiyan, M. Isolation, characterization, modification and uses of taro starch: A review. *Int. J. Biol. Macromol.* 2021, 192, 574–589.
34. Acevedo, B. A., Avanza, M. V., Cháves, M. G. & Ronda, F. Gelation, thermal and pasting properties of pigeon pea (*Cajanus cajan* L.), Dolichos bean (*Dolichos lablab* L.) and jack bean (*Canavalia ensiformis*) flours. *J. Food Eng.* 2013, 119, 65–71.
35. Nwokocho, L. M. & Williams, P. A. Comparative study of physicochemical properties of breadfruit (*Artocarpus altilis*) and white yam starches. *Carbohydr. Polym.* 2011, 85, 294–302.
36. Hoover, R., Hughes, T., Chung, H. J. & Liu, Q. Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: A review. *Food Res. Int.* 2010, 43, 399–413.

37. Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Singh Sodhi, N. & Singh Gill, B. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chem.* 2003, 81, 219–231.
38. Vela, A. J., Villanueva, M. & Ronda, F. Physical modification caused by acoustic cavitation improves rice flour bread-making performance. *LWT* 2023, 183, 114950.
39. Eliasson, A. C. Interactions between starch and lipids studied by DSC. *Thermochim. Acta* 1994, 246, 343–356.
40. Villanueva, M., Ronda, F., Moschakis, T., Lazaridou, A. & Biliaderis, C. G. Impact of acidification and protein fortification on thermal properties of rice, potato and tapioca starches and rheological behavior of their gels. *Food Hydrocoll.* 2018, 79, 20–29.
41. Sumnu, G. A review on microwave baking of foods. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2001, 36, 117–127.
42. Calix-Rivera, C. S., Villanueva, M., Náthia-Neves, G. & Ronda, F. Changes on Techno-Functional, Thermal, Rheological, and Microstructural Properties of Tef Flours Induced by Microwave Radiation—Development of New Improved Gluten-Free Ingredients. *Foods* 2023, 12, 1345.
43. Barua, S. et al. Insights into the structural, thermal, crystalline and rheological behavior of various hydrothermally modified elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*) starch. *Food Hydrocoll.* 2022, 129, 107672.
44. Kapri, A. & Bhattacharya, S. Gelling behavior of rice flour dispersions at different concentrations of solids and time of heating. *J. Texture Stud.* 2008, 39, 231–251.
45. Renkema, J. M. S. & Vliet, T. Van. Concentration dependence of dynamic moduli of heat-induced soy protein gels. *Food Hydrocoll.* 2004, 18, 483–487.
46. Avanza, M. V, Puppo, M. C. & An, M. C. Rheological characterization of amaranth protein gels. *Food Hydrocoll.* 2005, 19, 889–898.
47. Kaushal, P. & Sharma, H. K. Effect of incorporating taro (*Colocasia esculenta*), rice (*Oryza sativa*), and pigeon pea (*Cajanus cajan*) flour blends on noodle properties. *Int. J. Food Prop.* 2014, 17, 765–781.
48. Pourmohammadi, K., Abedi, E., Hashemi, S. M. B. & Torri, L. Effects of sucrose, isomalt and maltodextrin on microstructural, thermal, pasting and textural properties of wheat and cassava starch gel. *Int. J. Biol. Macromol.* 2018, 120, 1935–1943.
49. Chang, Q., Zheng, B., Zhang, Y. & Zeng, H. A comprehensive review of the factors influencing the formation of retrograded starch. *Int. J. Biol. Macromol.* 2021, 186, 163–173.
50. Rafiq, S. I., Singh, S. & Saxena, D. C. Physical, physicochemical and anti-nutritional properties of Horse Chestnut (*Aesculus indica*) seed. *J. Food Meas. Charact.* 2016, 10, 302–310.
51. Rodríguez-Miranda, J. et al. Development of extruded snacks using taro (*Colocasia esculenta*) and nixtamalized maize (*Zea mays*) flour blends. *Lwt* 2011, 44, 673–680.
52. Njintang, Y. N. & Mbofung, C. M. F. Development of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) flour as an ingredient for food processing: Effect of gelatinization and drying temperature on the dehydration kinetics and color of flour. *J. Food Eng.* 2023, 58, 259–265.
53. Wrolstad, R. E. & Smith, D. E. Color Analysis. in *Food Analysis* (ed. Nielsen, S. S.) 573–586 (Springer New York Dordrecht Heidelberg London, 2010). doi: 10.1007/978-1-4419-1478-1_32.
54. García-Viguera, C. & Zafrilla, P. Changes in Anthocyanins during Food Processing : Influence on Color. in *ACS Symposium Series* 2001, 56–65. doi:10.1021/bk-2001-0775.ch004.
55. Solaesa, Á. G., Villanueva, M., Muñoz, J. M. & Ronda, F. Dry-heat treatment vs. heat-moisture treatment assisted by microwave radiation: Techno-functional and rheological modifications of rice flour. *Lwt* 2021, 141.

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Physicochemical, Hydration and Steady Shear Rheological Properties of Flours Derived From Different Crop Residues From the Honduran Agro–Food Industry

Caleb S. Calix-Rivera^{1,2*}, Rito J. Mendoza-Perez¹, Octavio Rivera-Flores³, Felicidad Ronda¹ DOI. [10.21931/RB/2023.08.03.34](https://doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.34)

¹ Department of Agriculture and Forestry Engineering, Food Technology, College of Agricultural and Forestry Engineering, University of Valladolid, Palencia, Spain.

² Department of Agroindustrial Engineering, Pacific Littoral Regional University Center, National Autonomous University of Honduras (UNAH), Choloteca, Honduras.

³ Scientific Research Management Unit, Agroindustrial Engineering, National Autonomous University of Honduras Technological Danlí, Danlí, Honduras.

Corresponding author: caleb.calix@unah.edu.hn

Abstract: This study aimed to determine the physicochemical, hydration, and rheological characteristics of flours derived from different crop residues (taro, cassava, maize, and banana) affected by climate change in Honduras and to investigate their potential application in food processes. The physicochemical (moisture content, ash, protein, crude fat, starch, amylose content, and color), hydration (water absorption capacity (WAC), water absorption index (WAI), water solubility index (WSI), swelling power (SP), true and bulk density), pasting (pasting temperature, peak, trough, breakdown, setback, and final viscosity), and rheological properties of the flours were evaluated. Taro flour had the highest values of ash content, WAI and SP and the lowest for crude fat, amylose content, bulk density and peak, breakdown, setback viscosity and consistency index. Cassava flour had the highest breakdown viscosity and flow behavior index values and the lowest for protein content, hysteresis loop area, yield stress, and consistency index. Maize flour had the highest crude fat, protein, and amylose content, bulk density, WAC, setback viscosity, hysteresis loop area, and yield stress, and the lowest values were for ash, protein content, WSI, pasting temperature, breakdown viscosity, and flow behavior index. Banana flour had the highest starch, carbohydrate, WSI, pasting temperature, peak viscosity and consistency index, and the lowest value for protein content, WAI and SP. The study's results have determined the compositional value and functionality of the flours obtained from the agro-residues studied for their potential use in different food products.

Key words: Crop residues flour, Food security, Change climatic, physicochemical characterization, steady shear.

Introduction

Food and nutrition security is a global challenge that aims to ensure that all people, at all times, have economic and physical access to sufficient, safe, and nutritious food¹. The importance of food loss and food waste has increased over the last few decades and was included within the United Nations 2015 Sustainable Development Goals (SDGs), with particular reference to zero hunger (SDG 2) and responsible consumption and production (SDG 12). By 2030, humans must "halve per capita global food waste at the retail and consumer levels and reduce food losses along production and supply chains, including post-harvest losses"^{2,3}. Roughly one-third of the edible parts of global food produced for human consumption is estimated to be lost or wasted, and these losses have been valued at 1 trillion USD⁴. Honduras has a population of almost 10 million inhabitants, facing a complex social and economic reality, and is one of the poorest and most unequal countries in America. It is also located in Central America's 'Dry Corridor' area, which is particularly susceptible to irregular and long-lasting droughts⁵. The past two years (2020–2022) have delivered multiple overlapping challenges to food security, including climate change, conflicts, and the COVID-19 pandemic.

Furthermore, in addition to the issues above, the country was affected by the hurricanes Eta and Iota in November

2020. It is projected to be disproportionately impacted by volatility in food, agricultural input, and energy prices related to tensions between Russia and Ukraine⁶. The Honduran population is more than 50% rural and thus highly dependent on the crops and natural resources that extreme weather events can decimate. As such, the Notre Dame Global Adaptation Initiative ranks Honduras as the 69th most vulnerable country to climate change and one of the world's least 'ready' nations regarding adaptation capacity⁷. Documented climatic changes in Honduras since 1960 include an average annual temperature increase of 0.6 degrees Celsius, increased heavy rainfall events of 1.2% per decade, more significant inconsistency in yearly rainfall, and a longer and hotter dry season (canícula)⁸. Climate change may affect the country's agro-industry, generating crop losses (40-100%), reduction of water flows, water shortages, the appearance of new and stronger pests, and economic losses, thus generating a situation of food insecurity. Compounding the challenge, Honduras suffers from the double burden of malnutrition and obesity⁵. Crops such as taro (*Colocasia esculenta*), cassava (*Manihot esculenta*), maize (*Zea mays*) and banana (*Musa paradisiaca*) are mainly affected by this situation. Naturally, the waste from these crops is left abandoned in the fields, causing economic loss

Citation: Calix-Rivera C S, Mendoza-Perez R J, Rivera-Flores O, Ronda F. Physicochemical, Hydration and Steady Shear Rheological Properties of Flours Derived From Different Crop Residues From the Honduran Agro–Food Industry. *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 34. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.34>

Received: 20 June 2023 / **Accepted:** 25 August 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



ses and environmental contamination. This organic residue can be an important source of nutrients. It has been suggested that they could be valued and used as ingredients or raw materials in some production processes and to develop new products⁹. One alternative would be adding value to agro-waste to produce flour for use in food applications, thus reducing food insecurity in the country. This study aimed to assess the physicochemical, hydration, pasting and steady shear rheological characteristics of crop residues flour from various sources affected by climatic change in Honduras, providing an approach to their possible applicability in new food products.

Materials and methods

Materials

The agro-waste flour samples evaluated in this study were obtained from crops ruined and affected by climate change and did not meet the quality standards for commercialization. Various producers of the SAN R11 Bureau in El Paraiso, Honduras, provided the samples. The selected native varieties for analysis included taro (*Colocasia esculenta*), cassava (*Manihot esculenta*), green banana (*Musa paradisiaca*), and maize (*Zea mays*).

Flours preparation

The collected taro, cassava and banana were sorted and cleaned with potable water to remove dust and soil from the surface and then peeled by hand. The peeled taro, cassava and banana were grated into slices with an approximate thickness between 0.1 – 0.3 cm. Subsequently, samples were dried at 60 °C for 7 h in a dehydrator (Agropec, Honduras). The dried samples were ground using a lab-scale grinder and sieved using a 600 µm mesh size to get a uniform particle size. For maize, the protocol employed to obtain the flour was used for taro, cassava and banana. However, the kernels were pre-crushed before being dried using a manual hammer mill (Corona, Colombia). The flours were stored in airtight plastic packets at a cooling temperature (4 °C) for further assays.

Proximal analysis of flour

The moisture and ash content were determined using method 44–19 and 08–12 of AACC10, respectively. Total nitrogen (N) in samples was evaluated by a Leco CNS 928 microanalyzer (Leco Corporation, St. Joseph, MI, USA). Protein content was calculated using the nitrogen concentration (N) with the conversion factor 6.25 ($N \times 6.25$). Crude fat was determined by a gravimetric method using a Soxhlet apparatus with hexane as the extraction solvent, according to the official AOAC method 923.05–1923¹¹. Starch and amylose content were determined using an amylose/amylopectin assay kit (Megazyme, Wicklow, Ireland). For the yield, the samples were weighed at the beginning and end of the preparation process to obtain the relation between the amount of raw material processed and the flour sample obtained. All determinations were performed in duplicate.

Least gelation concentration

The least gelation concentration (LGC) was determined by the method of Singh *et al.* (2017)¹² with slight modifications. The flour dispersions of 0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 and 14% (w/v) were prepared in 5 mL distilled water. The sus-

pensions were vortexed and heated in a water bath at 90 °C for 1 hour. The test tubes were cooled for 2 hours at 4 ± 2 °C. The LGC was determined as the concentration when samples from inverted test tubes did not slip. A gel was assumed to be formed when there was no slippage after the inversion of the tubes. A soft gel was deemed to have been included when the gel flowed somewhat on inversion. If the suspension slid down, depending on the rate of descent, it was considered either a liquid or viscous.

True and Bulk densities

True density (TD) and bulk density (BD) were determined according to the methods described by Abebe, Collar and Ronda. (2015)¹³. TD was determined by liquid displacement method with toluene using 50 mL pycnometers. BD was evaluated by pouring the flour samples gently into previously tared 10 mL graduated cylinders. After vibrating the sample, the final volume reading was taken until a constant value. Assays were performed in duplicate.

Color of flours

A PCE-CSM5 (PCE Instruments, Meschede, Germany) and CQCS software were used for flour color measurements. Results were obtained in the CIE L, a*, b* (dimensionless) coordinates using the D65 standard illuminant and the 10° standard observer. Five measurements were made for each flour.

Hydration properties

Water absorption capacity, water absorption index, water solubility index and swelling power of flours were determined according to the methods described by Calix-Rivera *et al.* (2023)¹⁴. All results are referred to as flour dry matter. Samples were evaluated at least in triplicate.

Pasting properties by rapid visco analyzer (RVA)

Pasting properties were evaluated using a Rapid Visco Analyzer model RVA 4500 (PerkinElmer, Australia). 3 g of each flour at 14% moisture basis and 25 mL of distilled water were added into aluminum canisters and performed according to the international method AACC 76-21.0215. The initial temperature of assays was set at 50 °C for 1 min, then increased to 95 °C at a rate of 12.2 °C/min and held for 2.5 min, subsequently reduced to 50 °C at a rate of 11.8 °C/min and finally held at 50 °C for 2 min. Tests were performed at 160 rpm. The recorded parameters included the pasting temperature (PT), peak viscosity (PV), trough viscosity (TV), final viscosity (FV), breakdown viscosity (BV = PV – TV) and setback viscosity (SV = FV – TV). The parameters of RVA were computed by analyzing the pasting curve with the aid of ThermoCline for Windows TCW3 software (PerkinElmer, Australia). The analysis was performed in duplicate.

Steady shear analysis

The steady shear tests of flours were obtained using a rheometer Kinexus Pro+ rheometer (Malvern Instruments Ltd, UK). Flour pastes (8% w/w) were prepared following the procedure in the previous section (pasting properties). At the end of the pasting test, the gels were removed from the canister and placed between serrated parallel plate geometry (40 mm diameter) with a 1 mm working gap. The sample excess was removed, and the edge was coated with Vaseline (Panreac, Barcelona, Spain) to prevent water evaporation during the measurement. The flour pastes

were conditioned at 25 °C for 5 min before shearing from 0.1 to 100 s⁻¹ (upward sweep) and then from 100 to 0.1 s⁻¹ (downward sweep). The experimental data were fitted to the Herschel-Bulkley model (Eq. 1):

$$\sigma = \sigma_0 + k \cdot \gamma^n \quad (1)$$

Where σ is the shear stress (Pa), σ_0 represents the yield stress (Pa), γ is the shear rate (s⁻¹), k is the consistency coefficient (Pa·sⁿ), and n is the flow behavior index (dimensionless). The apparent viscosity was determined using the following equation (Eq. 2):

$$\eta_{app} = \sigma \cdot \gamma^{-1} \quad (2)$$

η_{app} is the apparent viscosity, σ is the shear stress (Pa), and γ is the shear rate (s⁻¹). The samples' corresponding thixotropic indexes were determined. Assays were performed at least by duplicate.

Statistical analysis

The data obtained were analyzed statistically using Statgraphics Centurion XIX software (Statgraphics Technologies, Inc. Virginia, U.S.A.) to determine statistical significance. ANOVA was performed, and means were compared by Fisher's least significant difference (LSD) test. p-value < 0.05 was considered significant.

Results and discussion

Proximal analysis

The yields and proximal composition of flours are presented in Table 1. The results seem to show variations in the yields of the flour process, 64.05% maize > 25.01% cassava > 21.16% taro > 15.02% banana, in decreasing order, which could be attributed to the processing method and the specific characteristics of the raw material, in agreement with Acevedo *et al.* (2020)¹⁶, who obtained differences in starch extraction yields from Argentinian legumes and reported that these differences could be associated with the species and cultivars of the seed and the estimation methods. Higher yields of agro-residue flours are a prerequisite to higher profitability of potential finished food products. All flours showed moisture contents <14%, which is recommended for good preservation of the flours¹⁷. The moisture content of the samples ranged from 7.58 ± 0.01 to 11.67 ± 0.01% for taro and maize, respectively. According to the obtained results, there were significant differences (p < 0.05) between the analyzed samples. The moisture content of taro and maize reported by Rodriguez-Miranda *et*

al. (2011)¹⁸, whose values were 6.22 ± 0.06% and 10.61 ± 0.11%, respectively, were lower than those obtained in this study, possibly because of the processing of the samples studied. The moisture results for cassava and banana flour were similar to those reported by Tambo Tene *et al.* (2019)¹⁷ and Abioye *et al.* (2011)¹⁹, respectively (bitter cassava flour: 12.55 ± 0.40% and banana flour: 9.65 ± 0.03%). Maize flour showed the highest protein (7.35 ± 0.12%) and fat (4.4 ± 0.9%) content, followed by taro flour, cassava and plantain flour (these with no significant differences). These results, particularly the protein content, could be related to the type of sample studied. Likewise, Tambo Tene *et al.* (2019)¹⁷ attributed differences in the results to the variety, locality where it was harvested, cultivation practices, and chemical composition of the soil. Similarly, Rodriguez-Miranda *et al.* (2011)¹⁸ found higher fat and protein values in maize flour than in taro flour, noting that cereals generally have a higher content of these components than tubers. This is important because a possible mixture of these flours could increase the nutritional value of the resulting products (Rodriguez-Miranda *et al.* (2011)¹⁸. Ash content ranged from 0.53 ± 0.01% (maize) to 3.39 ± 0.12% (taro), with significant differences (p < 0.05) between flours. Taro flour exhibited a considerably elevated ash content compared to the other types of flour. Rodriguez-Miranda *et al.* (2011)¹⁸ reported a comparable ash content in taro flour used to produce extruded snacks. They attributed this finding to the presence of calcium oxalate crystals, abundant in the Araceae family to which taro belongs and are known to contribute to ash formation. No significant differences (p > 0.05) were observed between the samples for total starch. Our results showed higher total starch values than those reported by other studies: taro (41.27 – 64.44%)²⁰; cassava (70.48 – 82.42%)²¹; maize (60.1 – 75.2%)²²; banana (60.12 – 97.26%)²³; These variations could be attributed to the determination method. Amylose content (AC) determines many functional properties of starch, including gelatinization, pasting, gelling, and retrogradation/syneresis²⁴. Maize flour exhibited the highest AC (23 ± 1%), followed by cassava (18.4 ± 0.5%) and banana (17.7 ± 0.3%) flours, and finally taro flour with 13 ± 1%. Hoover (2011)²⁵ reported lower AC for taro flour (21.4%) and similar AC for cassava (18.6 - 23.6%); however, the AC written by Oyeyinka *et al.* (2019)²⁶ for cassava flour (22 – 27%) was higher than that obtained in this study. AC may be associated with genetic differences inherent to the plant species, botanical origin, plant physiological state, crop maturation and environmental growth conditions^{24,27}. Starch or flour with a relatively large concentration of amylose is chosen to produce clear noodles and "rice" sticks, which require a solid starch-gelling ability of the starch²⁴.

Sample	Yield (%)	Moisture (%)	Proteins (%)	Crude fat (%)	Ash (%)	Total starch (%)	AC (% of starch)
Taro	21.16	7.58 ± 0.01 a	4.16 ± 0.51 b	1.1 ± 0.24 a	3.39 ± 0.12 d	78 ± 3 a	13 ± 1 a
Cassava	25.01	11.2 ± 0.1 c	2.24 ± 0.28 a	2.56 ± 0.47 b	1.39 ± 0.06 b	89 ± 13 a	18.4 ± 0.5 b
Maize	64.05	11.67 ± 0.01 d	7.35 ± 0.12 c	4.4 ± 0.9 c	0.53 ± 0.01 a	87 ± 9 a	23 ± 1 c
Banana	15.02	10.18 ± 0.01 b	2.13 ± 0.03 a	2.39 ± 0.36 b	2.66 ± 0.09 c	90 ± 4 a	17.7 ± 0.3 b

AC: amylose content. Data are the mean ± standard deviation. All values are referred to on a dry basis. Values with a letter in common in the same column are not significantly different (p < 0.05).

Table 1. Proximal composition of flour analyzed.

Least gelation concentration

The least gelation concentrations results of samples are summarized in Table 2. The ability of flours to form gels on heating is an essential functional property in food processing, and it occurs when starch and proteins form a 3D network that is opposed to flowing under pressure¹². Starch's ability to create gels and provide a structural matrix for holding flavors, sugars, water and food ingredients is essential in food formulation and developing new products²⁸. Taro and banana formed gel at relatively low concentrations (2% w/v). Low values of LGC for taro and banana indicate the better gelation ability of the protein ingredient and the swelling capacity of the flours²⁹, which may be an asset for the formulation of curd or as an additive to other gel-forming materials in food products²⁹.

Maize and cassava formed gel at higher concentrations (4% w/v); in the case of maize, the presence of a high amount of lipids, as can be seen in Table 1, could have a high impact on the swelling power of starch and hence its lower gelling ability. High values of LGC could have an advantage in preparing weaning foods¹². Different values of LGC in samples could be due to the nature of the starch³⁰. Furthermore, the type and content of proteins, carbohydrates and lipids, and the interactions among them³¹ suggest that the interaction between these components may also have a significant role in functional properties. Overall, the LGC of the maize and cassava flours was higher than that of taro and banana flours; hence, less taro and banana flours would be required to form pastes during food processing compared to maize and cassava flours. It may be an economic advantage to use them.

Bulk and true density

The bulk and true densities of the samples are included in Table 3. TD showed significant differences and varied in the following order: cassava flour (1.425 g/ml) < maize flour (1.443 g/ml) < banana flour (1.459 g/ml) < taro flour (1.485 g/ml).

This could be related to other physical properties, such

as particle size and their different compositions¹³. The results of BD ranged in value from 0.765 g/ml to 0.819 g/ml. The taro flour had a BD of 0.765 g/ml, comparable with values reported by Mbofung *et al.* (2006)²⁰, which ranged from 0.57 to 0.71 g/ml of six taro varieties and observed significant correlations between the constituents (available carbohydrates, starch, and amylose content), functional properties, foaming capacity, bulk density, and starch. The BD of cassava flour (0.776 g/ml) was similar to values reported by Hasmadi *et al.* (2020)³², who reported density values from 0.57 g/ml to 0.79 g/ml for 2 cassava flours grown in two different geographical locations and reported that bulk density is generally affected by the particle size and actual thickness of the flour and is one of the essential parameters for determining the type of packaging material, handling and application in the food industry. The higher BD value of 0.819 g/ml observed in maize flour coincides with the findings by Bolade *et al.* (2009)³³, whose reported BD values ranging from 0.80 to 0.93 g/ml for 300 – 425 µm flour fractions and 0.84 g/ml for < 425 µm whole maize flour fractions. The BD of banana flour in this study was similar to those reported by Pragati *et al.* (2014)³⁴, with values ranging from 0.67 to 0.72 g/ml. Low densities like taro and cassava flours could be recommended to prepare infant flours¹⁷. Marcel *et al.* (2021)³⁵ characterized banana/plantain composite flours with different substitution levels of maize flour for making doughnuts and reported density values between 0.75 g/ml – 0.74 g/ml with 5% and 10% maize flour in the mix, respectively. Marcel *et al.* (2021)³⁵ noted that banana and plantain composite flours produced in their study could find use as a food thickener in the food industries to give a body and mouth feel to food products. They revealed that using banana-maize or plantain-maize composite flour in preparing pastries, especially doughnuts depends on their interaction with water and oil during rehydration or frying.

Color characteristics

The results of the color analysis are shown in Table 3. Color is an essential organoleptic quality attribute that

Concentrations (% w/v)	Sample							
	Taro		Cassava		Maize		Banana	
0.5	(+)	Viscous	(-)	Liquid	(-)	Viscous	(-)	Viscous
1	(+)	Viscous	(-)	Viscous	(+)	Viscous	(+)	Viscous
2	(+)	Soft Gel	(+)	Viscous	(+)	Viscous	(+)	Soft Gel
4	(+)	Firm Gel	(+)	Soft Gel	(+)	Soft Gel	(+)	Firm Gel
6	(+)	Firm Gel	(+)	Firm Gel	(+)	Soft Gel	(+)	Firm Gel
8	(+)	Firm Gel	(+)	Firm Gel	(+)	Firm Gel	(+)	Firm Gel
10	(+)	Firm Gel	(+)	Firm Gel	(+)	Firm Gel	(+)	Firm Gel
12	(+)	Firm Gel	(+)	Firm Gel	(+)	Firm Gel	(+)	Firm Gel
14	(+)	Firm Gel	(+)	Firm Gel	(+)	Firm Gel	(+)	Firm Gel
LGC (%)	2		4		4		2	

(-) No gelation; (+) gelation; (- : liquid or viscous), (+: Soft Gel, Firm gel)

Table 2. Least gelation concentration of flour.

Parameter	Taro	Cassava	Maize	Banana
Bulk density (g/mL)	0.765 ± 0.003 a	0.776 ± 0.002 a	0.819 ± 0.009 c	0.793 ± 0.002 b
True density (g/mL)	1.485 ± 0.002 d	1.425 ± 0.006 a	1.443 ± 0.007 b	1.459 ± 0.001 c
Color of flours				
L	91.4 ± 0.1 b	94.5 ± 0.08 d	92.1 ± 0.2 c	84.1 ± 0.2 a
a*	2.77 ± 0.01 b	1.0 ± 0.1 a	3.54 ± 0.09 c	4.94 ± 0.07 d
b*	1.98 ± 0.04 a	9.39 ± 0.08 b	27.4 ± 0.2 d	11.4 ± 0.2 c
Hydration properties				
WAC (g/g)	1.143 ± 0.003 a	1.167 ± 0.003 b	1.345 ± 0.006 d	1.224 ± 0.003 c
WAI (g/g)	11.60 ± 0.02 d	9.7 ± 0.6 c	7.88 ± 0.09 b	6.4 ± 0.1 a
WSI (g/100g)	1.7 ± 0.1 a	4.7 ± 0.3 b	1.89 ± 0.05 a	5.2 ± 0.2 c
SP (g/g)	11.8 ± 0.02 d	10.3 ± 0.4 c	8.02 ± 0.09 b	6.7 ± 0.1 a
Pasting properties				
PT (°C)	78.3 ± 0.1 b	79 ± 1 b	77.4 ± 0.1 a	81.3 ± 0.5 c
PV (cP)	1266 ± 1 a	2213 ± 12 c	1879 ± 65 b	3421 ± 26 d
TV (cP)	802 ± 4 a	869 ± 4 a	1407 ± 45 b	2409 ± 34 c
BV (cP)	464 ± 3 a	1344 ± 16 c	472 ± 20 a	1011 ± 59 b
FV (cP)	993 ± 6 a	1182 ± 4 b	3657 ± 37 c	3859 ± 19 d
SV (cP)	191 ± 2 a	313 ± 0 b	2250 ± 8 d	1450 ± 15 c
<p>WAC: water absorption capacity; WAI: water absorption index; WSI: water solubility index; SP: swelling power. PT = Pasting Temperature. PV = Peak Viscosity. TV = Trough Viscosity. BV = breakdown breakdown Viscosity. FV = Final Viscosity. SV = setback viscosity. WAC, WAI, WSI and SP are referred to in dry matter. L, a* and b* are CIE coordinates. Data are the mean ± standard deviation. The letters in the corresponding row indicate statistically significant differences between means at p < 0.05.</p>				

Table 3. Bulk and proper density, color, hydration properties and pasting properties of flours studied.

typically relates to food products' acceptability, marketability and wholesomeness^{21,36,37}. The color of flour depends on the presence of flavonoids, anthocyanins, tannins and other pigments³⁸.

The lightness (L) of the sample decreased in the following order: cassava (94.5) > maize (92.1) > taro (91.4) > banana (84.1). The cassava flour exhibited the highest L values, which may be attributed to factors such as the particle size of the flour, its composition, as well as other factors, including the variety of cassava and growing conditions. The reduction of the L value in the taro flour could be due to non-enzymatic browning reactions induced by drying the taro slices during the processing of taro tubers into flour¹⁸. On the other hand, banana flour presented the lowest L value, as reported by other authors, which could be related to enzymatic reactions. Hasmadi *et al.* (2020)³² report significantly different L values of 92.45 and 94.09 (significantly different) for cassava flours grown in other locations, attributing these variations to several factors, such as geographical location, variety, plant age and environmental conditions. The chromatic coordinates (a*(+a* = redness/-a* = greenness), b* (+b* = yellowness/-b* = blueness))

of the flours studied are also shown in Figure 1. The color of banana flour had the highest a* value (4.94), followed by maize flour (3.54), taro flour (2.77) and lastly, cassava flour. According to Figure 1, the cassava flour a* value (1 ± 0.1) was near zero, indicating no domination of red over green color. Values of b* parameter were much higher than a* for all studied flours except taro flour. Maize flour showed the highest b* values (27.4 ± 0.2), which is indicative of its yellow color due to the presence of a high amount of carotenoids²².

Hydration properties of samples

Water absorption capacity (WAC), water absorption index (WAI), water solubility index (WSI) and swelling power (SP) of taro, cassava, maize and banana flours are shown in Table 3. All hydration properties showed significant differences (p < 0.05) between samples. WAC values were maize (1.345 ± 0.006 g/g) > banana (1.224 ± 0.003 g/g) > cassava (1.167 ± 0.003 g/g) > taro (1.143 ± 0.003 g/g). WAC is associated with the number of hydrophilic groups present in proteins and carbohydrates in the flour³⁹ and has a fundamental importance in viscous foods such as soups,

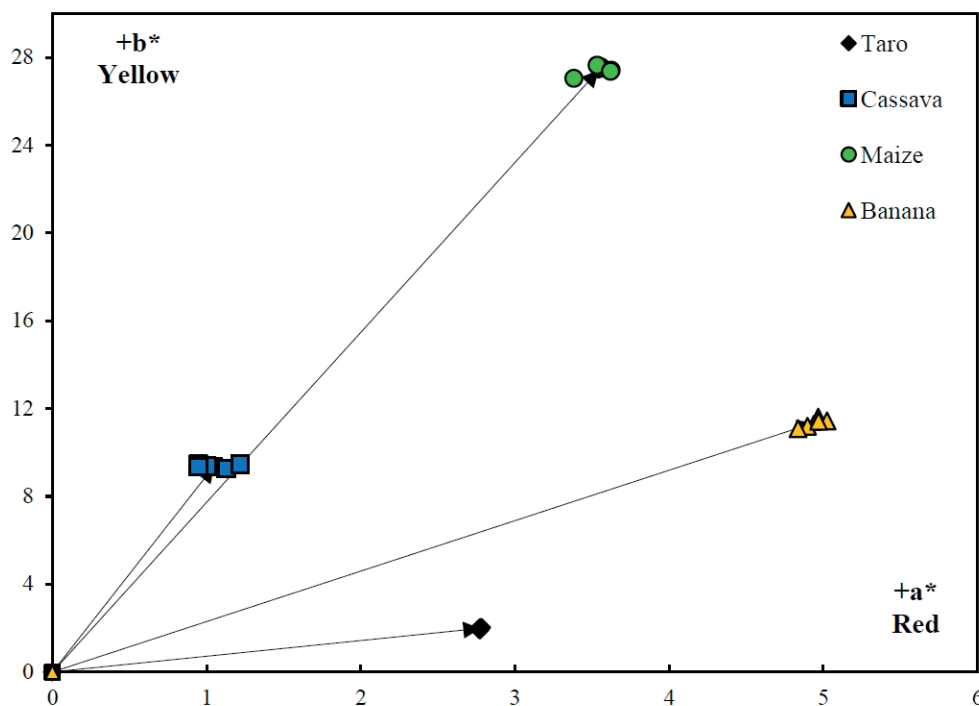


Figure 1. Plot of chromatic coordinates (a^* - b^*) of flours studied.

saucers, noodles, doughs and baked products in which good protein-water interaction is required^{13,32} making flours with higher WAC to be a more suitable ingredient in gluten-free formulations. The WAI of different kinds of flours was in the range of 11.6 g/g to 6.4 g/g, whereas the highest value was observed for taro (11.60 ± 0.02 g/g) and the lowest value for banana (6.4 ± 0.1 g/g). The WAI values for all samples were significantly different ($p < 0.05$). WAI indicates the volume the starch granules occupy after swelling in excess water. WSI is related to the presence of soluble molecules that differed significantly among different flours²⁹. WSI of other flours varied from 1.7 to 5.2 g/100 g (Table 3) and followed the order: taro < maize < cassava < banana. Lower solubility may be due to the lower amylose content, suggesting that the starch contained in taro flours possesses a low amylose ratio⁴¹, following the values presented in section 3.1. They suggest that higher WSI flours such as banana and cassava can be used to increase the amount of food-soluble materials, such as starch and amino acids, which can be easily digestible²⁹. Swelling power values of flours presented similar trends to WAI in the range of 11.8 g/g to 6.7 g/g and followed the order: taro (11.8 ± 0.02 g/g) > cassava (10.3 ± 0.4 g/g) > maize (8.02 ± 0.09 g/g) > banana (6.7 ± 0.1 g/g). SP has been related to the associative binding within the starch granules. The strength and character of the micellar network are related to the amylose content of the starch. Low amylose content produces high swelling power, which could explain the higher values of SP of taro and cassava flours. SP is a measure of hydration capacity, and when flour is heated above the gelatinization range in excess water, hydrogen bonds stabilizing the structure of the double helices in crystallites are disrupted. They are embraced with water, thus leading to flour swelling and increased overall volume⁴¹. The SP of taro and cassava flour is functionally beneficial in use as a thickener in the food industry and its solubility. Thickening is required in soups, gravies, baby foods, and breakfast gruels²¹. Variations in hydration properties between studied flours can be attributed to different origins, growing conditions of sources, and composition and

amylose-amylopectin contents of starch granules.

Pasting behavior

The pasting property parameters of agro-residues (taro, cassava, maize and banana) flours are presented in Table 3 and RVA viscosographs are shown in Figure 2. Flour's pasting properties are essential in determining its suitability for application in the food industry. Maize flour presented the lowest pasting temperature (PT) values of 77.4 °C, followed by taro and cassava, which gave slightly higher values (78.3 ± 0.1 °C and 79 ± 1 °C, respectively). Finally, the highest PT values were shown by banana flour (81.3 ± 0.5 °C). More elevated PT in banana flour indicates higher thermal resistance of the starch to swelling and rupture¹⁴. The high PT could be due to non-starch components (i.e., proteins, oligosaccharides, cellulose). These compounds compete with the starch for water, reducing water availability and increasing the pasting temperature. Besides, the resistant starch in bananas contributes to a higher resistance to swelling and rupturing⁴². Thus, the lower the PT in flours, the weaker the intra-granular bonding forces and, therefore, less energy is required to damage the starch structure and paste formation, leading to economic advantages in saving energy costs. The analyzed flours presented a range for peak viscosity (PV) between 1266 – 3421 cP, where the banana flour presented the highest values, while the taro showed the lowest viscosity values. Chang presents similar results for PV in banana flour. *et al.* (2022)⁴³. PV represented the maximum granule swelling point during heating and reflected the water absorption capacity of starch⁴⁴. The higher PV of banana samples indicates the ability to form strong gel compared to other samples. This characteristic makes them potential for use as a thickener in products requiring sterilization, such as sauces and baby foods⁴³. The breakdown, defined as the numerical difference between the maximum (PV) and minimum viscosities (TV) at constant temperature (95 °C), is associated with gel stability. Cassava and banana flours showed higher BV values, which indicates the higher swelling ability of starch and ra-

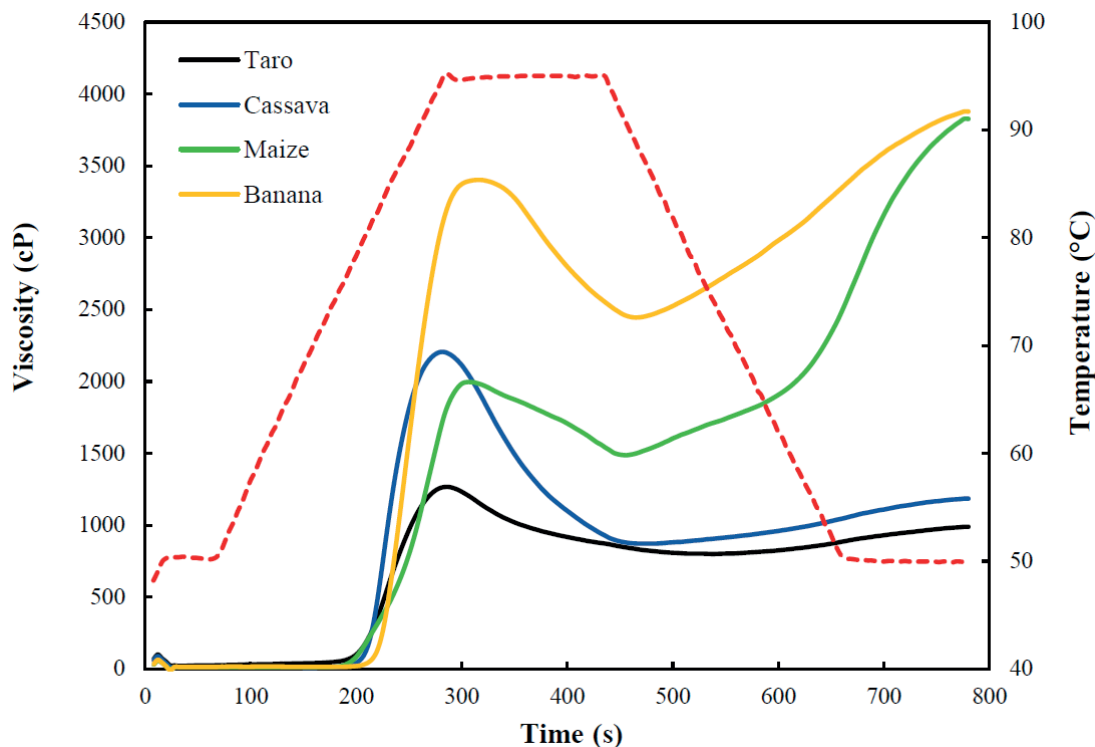


Figure 2. Pasting profiles of samples analyzed. The discontinuous red line represents the temperature (right ordinate axis)

pid re-association ability of leached amylose chain³⁹. At the same time, lower BV suggested that the paste is more stable during cooking⁴². Low BV values in taro and maize flours indicate the potential of these flours to be used under high shear conditions during cooking¹³. Final viscosity (FV) shows the ability of the material to form a viscous paste, and the retrogradation of soluble amylose mainly determines it in the process of cooling¹³. Taro and cassava samples showed lower values of FV compared to banana and maize samples; values varied in the following order: banana (3859 ± 19 cP) > maize (3657 ± 37 cP) > cassava (1182 ± 4 cP) > taro (993 ± 6 cP). Therefore, flours of high FV, such as bananas and maize, may be helpful in bakery and confectionery products⁴⁵. The setback oscillated between 191 and 2250 cP, where the maize flour presented the highest values and taro flour had the lowest values. Setback viscosity was related to the setback potential of starch, which reflected the stability of the starch paste during the cooling process. Low values of setback represent a slight tendency to retrograde⁴². Low amylose flours have low setback viscosity, and this suggests that amylose is essential to forming a three-dimensional network during cooling⁴⁶ following the amylose values presented in section 3.1 and confirms that taro flour retrograde to a lesser extent than other flours

analyzed. Maize had the highest setback value. This characteristic indicated an increase in retrogradation tendency, which may provide the possibility for its application as a gel food formulation, such as Chinese straight rice vermicelli, rice noodles and sheet jelly⁴³.

Steady shear rheological properties

The flow properties of sample flour dispersions were studied in the shear rate range 0.1 – 100 s⁻¹, and the results are presented in Table 4. Fig 3. Show the flow curves (up and down) and the apparent viscosity (Pa·s) vs. shear rate (s⁻¹) of analyzed samples. All the tested flour systems behaved to an excellent approximation (R² = 0.995 – 0.999) as Bingham pseudoplastic with the Herschel-Buckley model over this range of shear rates. The yield stress (σ₀), or stress required to achieve the gel flow, represents the breakdown-breakdown of their structure under steady shear flow tests¹⁶. The σ₀ values followed the order: maize (77 ± 4 Pa) > banana (43 ± 2 Pa) > taro (23 ± 1 Pa) > cassava (14 ± 1 Pa). Higher yield stress values confirm maize flours form stronger gels than banana, taro and cassava, indicating that it required higher force to initiate the flow of paste⁴⁷. All samples showed threshold stress, suggesting that they exhibited solid behavior under low stress and liquid behavior un-

Sample	Hysteresis loop area (Pa·s ⁻¹)	Upward curve				Downward curve			
		σ ₀ (Pa)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²	σ ₀ (Pa)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²
Taro	1874 ± 15 b	23 ± 1 b	5.3 ± 0.2 a	0.548 ± 0.003 c	0.997	3.2 ± 0.2 a	5.8 ± 0.1 a	0.532 ± 0.003 c	0.999
Cassava	379 ± 4 a	14 ± 1 a	4.8 ± 0.2 a	0.584 ± 0.005 d	0.999	5.9 ± 0.2 b	6.6 ± 0.1 a	0.528 ± 0.001 c	0.999
Maize	5249 ± 202 c	77 ± 4 d	19 ± 2 b	0.44 ± 0.02 a	0.995	27.9 ± 0.4 d	14.2 ± 0.3 b	0.505 ± 0.006 b	0.999
Banana	2357 ± 465 b	43 ± 2 c	23.3 ± 0.5 c	0.49 ± 0.01 b	0.998	13.4 ± 0.9 c	27.4 ± 0.7 c	0.459 ± 0.008 a	0.999

σ₀: yield stress (Pa), k: consistency index (Pa·sⁿ), n: flow behavior index (dimensionless), R²: determination coefficient. Values are means of duplicate determinations. Different letters (a, b, c) indicate significant differences (p < 0.05) between samples.

Table 4. Steady shear properties of sample flours fitted to Herschel-Bulkley ($\sigma = \sigma_0 + k \cdot \dot{\gamma}^n$).

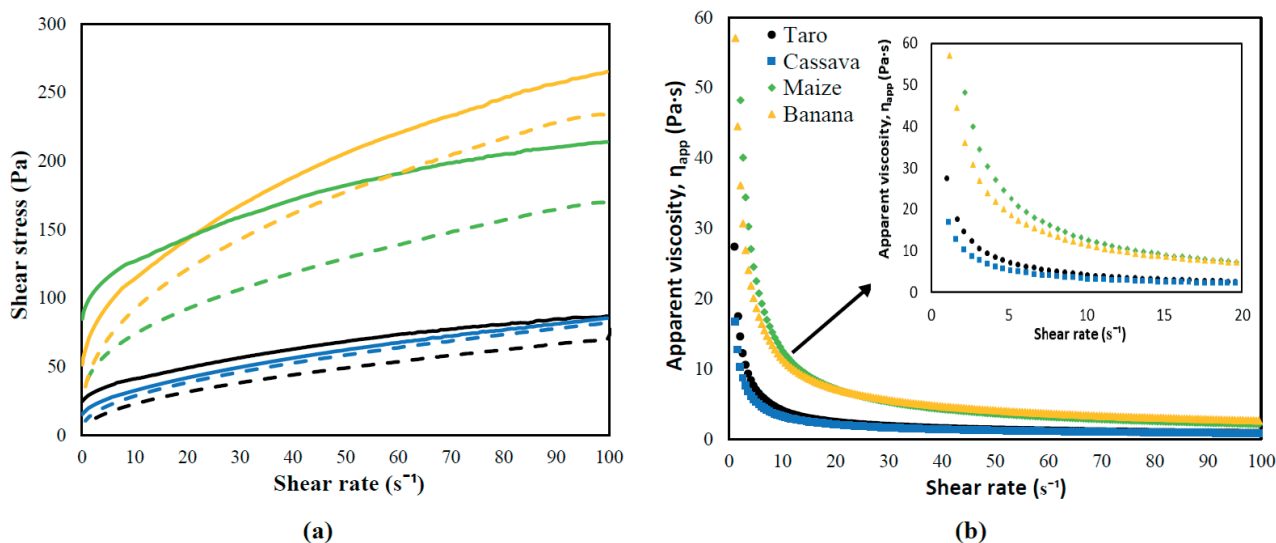


Figure 3. Steady shear flow behavior of 8% (w/w) samples pastes. a) Flow curves of taro (black lines), cassava (blue lines), maize (green lines) and banana (yellow lines) flours during 0.1 to 100 s⁻¹ (solid lines) and 100 to 0.1 s⁻¹ (dashed lines). b) Apparent viscosity (Pa·s) vs. Shear rate (s⁻¹).

der high stress, so the actual flow is only appreciable above a specific threshold value⁴⁸. k (consistency index) value of flour pastes varied from 4.8 to 23.3 Pa·s. Flour pastes from banana (23.3 ± 0.5 Pa·sⁿ) and maize (19 ± 2 Pa·sⁿ) had higher k values, which indicates its high structural strength in comparison to taro (5.3 ± 0.2 Pa·sⁿ) and cassava (4.8 ± 0.2 Pa·sⁿ) pastes. The low flow behavior index ($n < 1$) indicated that all the flours had a pseudoplastic, shear-thinning behavior, n ranked between 0.440 to 0.584, which meant that the rate of disruption of the intermolecular entanglements was more significant than the rate of reformation with the increase of shear rate, resulting in a reduction in apparent viscosity (Fig. 3 (b))⁴⁹. The decrease in density with shear rate could be attributed to breaking the entanglement between the chains of the polymeric matrix, which induces a more random orientation of the molecules so that the interactions between adjacent chains are reduced, decreasing viscosity⁴⁸. In addition, the "up" and "down" measurements showed a hysteresis loop, indicating that all samples are thixotropic. This is likely due to the shear inducing the break-up and homogenization of starch aggregates⁵⁰.

The largest hysteresis loop area was observed for the maize sample (Fig. 3 (a)), which seems most susceptible to shear time¹⁶. Bananas had a place two times smaller than maize and similar to taro. The smallest area was presented for cassava, indicating more excellent stability to shear time. Overall, threshold stress presented higher values in the upward sweep than in the downward sweep for all samples; moreover, during the upward sweep, the k values were much smaller than that in the low curves, indicating more shear-thinning behavior. Furthermore, the n values of the upward curve were larger than that of the downward curve, which showed more pseudo plasticity to shear time. In general, studying the rheological properties of these fluids makes it possible to establish and calculate transport and pumping systems and evaluate the behavior of gels when used as ingredients in fluid foods such as ketchup, mustard, and other types of sauces.

Conclusions

Crop residue flours showed nutritional, hydration and

rheological properties, making them an attractive option for different food systems and industrial applications. The results revealed that studied characteristics of taro, cassava, maize and banana flours depended on several factors like the species, cultivars, variety, locality where it was harvested, cultivation practices, chemical composition of the soil, botanical origin, physiological state of the plant, and environmental growth conditions, etc. The flour made from maize showed higher yield and protein, fat and amylose content values than the other analyzed samples. All flours are good sources of carbohydrates, principally starch. The least gelation concentration of cassava and maize flours was higher than in the taro and banana samples. Maize flour showed the highest water absorption capacity values, while taro showed the highest values of water solubility index and swelling power between samples. Banana flour showed the highest pasting profile, while taro flour presented the lowest profile. The hysteresis loop area and yield stress of maize flour were significantly higher than all flours analyzed. The Banana samples showed the highest consistency index in the upward and downward curves, while the taro showed the highest flow behavior index. The results indicate that the flours studied offer new alternatives to maximize the benefits of crops affected by climate change, mainly because flours have a good potential of being used in food-processing fields as alternative ingredients.

Author Contributions

Caleb S. Calix-Rivera: Writing – original draft, Writing – review & editing, Formal analysis, conceptualization, methodology, conceived and designed the experiments; Analyzed and interpreted the data; Contributed analysis tools or data; Wrote the paper, performed the experiments. Rito J. Mendoza-Perez: Writing – review & editing, analyzed and interpreted the data and reviewed the paper. Octavio Rivera-Flores: Writing – review & editing, analyzed and interpreted the data and reviewed the paper. Felicidad Ronda: Funding acquisition, Resources, Investigation, Visualization, Supervision, Writing – review & editing, Project administration, Formal analysis, conceived and designed the experiments; Contributed reagents and materials.

Funding

The authors thank the financial support of the Ministerio de Ciencia e Innovación (PID2019-110809RB-I00/AEI/10.1303/5011000110033) and the Junta de Castilla y León/FEDER (VA195P20).

Acknowledgments

Authors thank the project Bioplástico EUROSAN / UNAH-TEC Danlí (Grant contract external actions of the European Union No. LA/2019/406-056) and the laboratory technicians Karla Martínez and Genesis Nohal Limas for their help in processing the flours analyzed. Caleb S. Calix-Rivera thanks the University of Valladolid for the doctorate grant. Rito J. Mendoza-Perez thanks the Junta de Castilla y León for the doctorate grant.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Bibliographic references

- Alvi, T., Asif, Z. & Iqbal Khan, M. K. Clean label extraction of bioactive compounds from food waste through microwave-assisted extraction technique-A review. *Food Biosci.* 2022, 46.
- Amicarelli, V. & Bux, C. Food waste measurement toward a fair, healthy and environmental-friendly food system: a critical review. *British Food Journal* 2020, 123 2907–2935.
- FAO. 12.3.1 Global food losses | Sustainable Development Goals | Food and Agriculture Organization of the United Nations. Sustainable Development Goals <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/1231/en/> (2020).
- Lopez Barrera, E. & Hertel, T. Global food waste across the income spectrum: Implications for food prices, production and resource use. *Food Policy* 2021, 98, 101874.
- Kumar, S., Christakis, N. A. & Pérez-Escamilla, R. Household food insecurity and health in a high-migration area in rural Honduras. *SSM - Popul. Heal.* 2021, 15.
- Lara-Arévalo, J., Escobar-Burgos, L., Moore, E. R. H., Neff, R. & Spiker, M. L. COVID-19, Climate Change, and Conflict in Honduras: A food system disruption analysis. *Global Food Security* 2023, 37 100693.
- Palacios, H. V., Sexsmith, K., Matheu, M. & Gonzalez, A. R. Gendered adaptations to climate change in the Honduran coffee sector. *Womens. Stud. Int. Forum* 2023, 98, 102720.
- USAID. Climate change risk profile: Honduras. USAID 1–5 https://www.climate-links.org/sites/default/files/asset/document/2017_USAID_ATLAS_Climate_Change_Risk_Profile_Honduras.pdf (2017).
- Segura-Badilla, O., Kammar-García, A., Mosso-Vázquez, J., Ávila-Sosa Sánchez, R., Ochoa-Velasco, C., Hernández-Carranza, P., Navarro-Cruz, A., R. Potential use of banana peel (*Musa cavendish*) as ingredient for pasta and bakery products. *Heliyon* 2022, 8, e11044.
- AACC. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. (AACC, 2000).
- AOAC. Method 923.05-1923. in *Official methods of analysis* (Association of Official Analytical Chemists, 1996).
- Singh, A., Sharma, S. & Singh, B. Influence of grain activation conditions on functional characteristics of brown rice flour. *Food Sci. Technol. Int.* 2017, 23, 500–512.
- Abebe, W., Collar, C. & Ronda, F. Impact of variety type and particle size distribution on starch enzymatic hydrolysis and functional properties of tef flours. *Carbohydr. Polym.* 2015, 115, 260–268.
- Calix-Rivera, C. S., Villanueva, M., Náthia-Neves, G. & Ronda, F. Changes on Techno-Functional, Thermal, Rheological, and Microstructural Properties of Tef Flours Induced by Microwave Radiation—Development of New Improved Gluten-Free Ingredients. *Foods* 2023, 12, 1345.
- AACC. Method 76-21.02 General. in *Approved Methods of the AACC* (American Association of Cereal Chemists, 2009). doi:10.1094/AACCIIntMethod-76-21.01.
- Acevedo, B. A., Villanueva, M., Chaves, M. G., Avanza, M. V. & Ronda, F. Starch enzymatic hydrolysis, structural, thermal and rheological properties of pigeon pea (*Cajanus cajan*) and dolichos bean (*Dolichos lab-lab*) legume starches. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2020, 55, 712–719.
- Tambo Tene, S., Klang, J. M., Ndomou Houketchang, S. C., Teboukeu Boungo, G. & Womeni, H. M. Characterization of corn, cassava, and commercial flours: Use of amylase-rich flours of germinated corn and sweet potato in the reduction of the consistency of the gruels made from these flours—Influence on the nutritional and energy value. *Food Sci. Nutr.* 2019, 7, 1190–1206.
- Rodríguez-Miranda, J., Ruiz-López, I. I., Herman-Lara, E., Martínez-Sánchez, C. E., Delgado-Licon, E., Vivar-Vera, M. A. Development of extruded snacks using taro (*Colocasia esculenta*) and nixtamalized maize (*Zea mays*) flour blends. *Lwt* 2011, 44, 673–680.
- Abioye, V. F., O Ade-Omowaye, B. I., Babarinde, G. O. & Adesigbin, M. K. Chemical, physico-chemical and sensory properties of soy-plantain flour. *African J. Food Sci.* 2011, 5, 176–180.
- Mbofung, C. M. F., Aboubakar, Y. N., Njintang, A., Abdou Bouba, A. & Balaam, F. Physicochemical and Functional Properties of Six Varieties of Taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) Flour. *J. Food Technol.* 2006, 4, 135–142.
- Ayetigbo, O., Latif, S., Abass, A. & Müller, J. Comparing characteristics of root, flour and starch of biofortified yellow-flesh and white-flesh cassava variants, and sustainability considerations: A review. *Sustainability.* 2018, 10, 3089.
- Moreira, R., Chen, F., Arufe, S. & Rubinos, S. N. Physicochemical characterization of white, yellow and purple maize flours and rheological characterization of their doughs. *J. Food Sci. Technol.* 2015, 52, 7954–7963.
- Campuzano, A., Rosell, C. M. & Cornejo, F. Physicochemical and nutritional characteristics of banana flour during ripening. *Food Chem.* 2018, 256, 11–17.
- Ai, Y. & Jane, J. Understanding Starch Structure and Functionality. in *Starch in Food* 2018, 151–178. doi:10.1016/B978-0-08-100868-3.00003-2.
- Hoover, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: A review. *Carbohydr. Polym.* 2001, 45, 253–267.
- Oyeyinka, S. A., Adeloye, A. A., Smith, S. A., Adesina, B. O. & Akinwande, F. F. Physicochemical properties of flour and starch from two cassava varieties. *Agrosearch* 2019, 19, 28.
- Hoover, R., Hughes, T., Chung, H. J. & Liu, Q. Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: A review. *Food Res. Int.* 2010, 43, 399–413.
- Olawoye, B., Fagbohun, O. F., Popoola, O. O., Gbadamosi, S. O. & Akanbi, C. T. Understanding how different modification processes affect the physicochemical, functional, thermal, morphological structures and digestibility of cardaba banana starch. *Int. J. Biol. Macromol.* 2022, 201, 158–172.
- Kaushal, P., Kumar, V. & Sharma, H. K. Comparative study of physicochemical, functional, antinutritional and pasting properties of taro (*Colocasia esculenta*), rice (*Oryza sativa*) flour, pigeonpea (*Cajanus cajan*) flour and their blends. *LWT - Food Sci. Technol.* 2012, 48, 59–68.
- Tagodoe, A. & Nip, W. Functional properties of raw and precooked taro (*Colocasia esculenta*) flours. *Int. J. Food Sci. Technol.* 1994, 29, 457–462.
- Solaesa, Á. G., Villanueva, M., Vela, A. J. & Ronda, F. Protein and lipid enrichment of quinoa (*cv. Titicaca*) by dry fractionation. Techno-functional, thermal and rheological properties of milling fractions. *Food Hydrocoll.* 2020, 105, 105770.
- Hasmadi, M., Harlina, L., Jau-Shya, L., Mansoor, A. H. Jahurul, M. H. A., Zainol, M. K.. Physicochemical and functional properties of cassava flour grown in different locations in Sabah, Malaysia. *Food Res.* 2020, 4, 991–999.

33. Bolade, M. K., Adeyemi, I. A. & Ogunsua, A. O. Influence of particle size fractions on the physicochemical properties of maize flour and textural characteristics of a maize-based nonfermented food gel. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2009, 44, 646–655.
34. Pragati, S., I. G. & Ravish, K. Comparative Study of Ripe and Unripe Banana Flour during Storage. *J. Food Process. Technol.* 2014, 5.
35. Marcel, N. R., Patrick, Y., Seraphine, E. & Robert, N. Utilization of overripe banana/plantain-maize composite flours for making doughnuts: physicochemical, functional, rheological and sensory characterization. *J. Food Meas. Charact.* 2021, 15, 59–70.
36. Rafiq, S. I., Singh, S. & Saxena, D. C. Physical, physicochemical and anti-nutritional properties of Horse Chestnut (*Aesculus indica*) seed. *J. Food Meas. Charact.* 2016, 10, 302–310 (2016).
37. Eke-Ejiofor, J. & Friday, U. B. Physicochemical, functional and pasting properties of starch from breadfruit (*Artocarpus altilis*) in gurudi snack production. *J. Biotechnol.* 2019, 7, 38–48.
38. Kumar, S. R., Sadiq, M. B. & Anal, A. K. Comparative study of physicochemical and functional properties of pan and microwave cooked underutilized millets (proso and little). *LWT* 2020, 128.
39. Dhua, S. Kheto, A. Sharanagat, V. Singh, L. Kumar, K. Prabhat K. Quality characteristics of sand, pan and microwave roasted pigmented wheat (*Triticum aestivum*). *Food Chem.* 2021, 365, 130372.
40. Kumar, V., Sharma, H. K. & Singh, K. Effect of precooking on drying kinetics of taro (*Colocasia esculenta*) slices and quality of its flours. *Food Biosci.* 2017, 20, 178–186.
41. Huang, S., Martinez, M. M. & Bohrer, B. M. The compositional and functional attributes of commercial flours from tropical fruits (breadfruit and banana). *Foods* 2019, 8, 586.
42. Bento, J. A. C. Morais, D. de Berse, R. Bassinello, P. Caliari, M. Soares J, M. Functional, thermal, and pasting properties of cooked carioca bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. *Appl. Food Res.* 2022, 2.
43. Chang, L. Yang, M. Zhao, N. Xie, F. Zheng, P. Simbo, J. Yu, X. Du, S. Structural, physicochemical, antioxidant and in vitro digestibility properties of banana flours from different banana varieties (*Musa* spp.). *Food Biosci.* 2022, 47, 101624.
44. Zhou, Y. Wang, M. Li, W. Liu, G. Wang, W. Zhi, W. Wang, M. Wang, R. Hu, A. Zheng, J. Effects of dual modification of lysine and microwave on corn starch: In vitro digestibility and physicochemical properties. *Int. J. Biol. Macromol.* 2022, 220, 426–434.
45. Ayo-Omogie, H. N., Jolayemi, O. S. & Chinma, C. E. Fermentation and blanching as adaptable strategies to improve nutritional and functional properties of starches from cereals, legumes, and tubers cultivated in Africa: A review. *Starch - Stärke* 2013, 65, 715–729.
46. Emmambux, M. N. & Taylor, J. R. N. Morphology, physical, chemical, and functional properties of starches from cereals, legumes, and tubers cultivated in Africa: A review. *Starch - Stärke* 2013, 65, 715–729.
47. Sandhu, K. S., Siroha, A. K., Punia, S. & Nehra, M. Effect of heat moisture treatment on rheological and in vitro digestibility properties of pearl millet starches. *Carbohydr. Polym. Technol. Appl.* 2020, 1, 100002.
48. Salazar, D. Arancibia, M. Lalaleo, D. Rodríguez-Maecker, R. López-Caballero, M. Montero, M. . Physico-chemical properties and filmogenic aptitude for edible packaging of Ecuadorian discard green banana flours (*Musa acuminata* AAA). *Food Hydrocoll.* 2021, 122.
49. Chen, X. Liu, Y. Xu, Z. Zhang, C. Liu, X. Sui, Z. Corke, H. Microwave irradiation alters the rheological properties and molecular structure of hull-less barley starch. *Food Hydrocoll.* 2021, 120, 106821.
50. Kang, N., Zuo, Y. J., Hilliou, L., Ashokkumar, M. & Hemar, Y. Viscosity and hydrodynamic radius relationship of high-power ultrasound depolymerized starch pastes with different amylose content. *Food Hydrocoll.* 2016, 52, 183–191.

LETTER TO EDITOR / CARTA AL EDITOR

Study of susceptibility to vancomycin from clinical isolates of *Staphylococcus aureus*Lilian Sosa^{1,2}, Lourdes Enríquez¹, Norman Rojas^{3*}, Lupe Carolina Espinoza⁴

DOI. 10.21931/RB/2023.08.03.35

¹ Microbiological Research Institute (IIM), National Autonomous University of Honduras (UNAH), Tegucigalpa, Honduras.² Institute for Research in Applied Sciences and Technology (IICAT), National Autonomous University of Honduras (UNAH), Tegucigalpa, Honduras.² Facultad de Microbiología (FMic) y Centro de Investigación en Enfermedades Tropicales (CIET), Universidad de Costa Rica (UCR), San José, Costa Rica.² Departamento de Química, Universidad Técnica Particular de Loja, Loja 1101608, Ecuador.Corresponding author: norman.rojas@ucr.ac.cr (

Vancomycin has been considered for over 40 years as the primary treatment option for Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) strains. However, excessive, indiscriminate, or inappropriate use has led to the appearance of MRSA strains with intermediate resistance (VISA) and total resistance to vancomycin (VRSA)¹. In Central America, particularly in Honduras, no VRSA strains have been reported. However, it is vitally important to implement an epidemiological surveillance program where this isolation can be traced since its appearance has been considered a severe public health problem in the last two decades². By 2002, the first two VRSA strains were isolated, specifically in Michigan and Pennsylvania. Since then, a total of 52 VRSA isolates have been reported worldwide. The only country in Latin America that has reported VRSA strains is Brazil³. In this

sense, we have carried out an assay to determine the MIC of the 96 clinical isolates of *S. aureus* obtained from patients who attended two of the essential hospital centers in Tegucigalpa, Honduras: the Hospital Escuela (HE) and the Honduran Institute of Social Security (IHSS). The samples were the same with which we studied resistance to methicillin, and it is a follow-up to the study that was previously published in this journal⁴. The MIC of *S. aureus* to vancomycin was determined using the E-test® strips (Solna, Sweden) under the same conditions reported in the previous study⁴ and based on what is recommended by the CLSI5 (figure 1). The cohort points to determine the susceptibility and resistance of *S. aureus* to vancomycin can be seen in Table 1.

Of the 96 clinical isolates of *S. aureus*, none showed a MIC greater than 2 µg/mL, so we considered them all

VSSA *	VISA	VRSA
CMI ≤ 2 µg/mL	CMI de 4 a 8 µg/mL	≥ 16 µg/mL

Table 1. Cohort points for the interpretation of susceptibility/resistance to vancomycin.

* *S. aureus* Susceptible to Vancomycin.

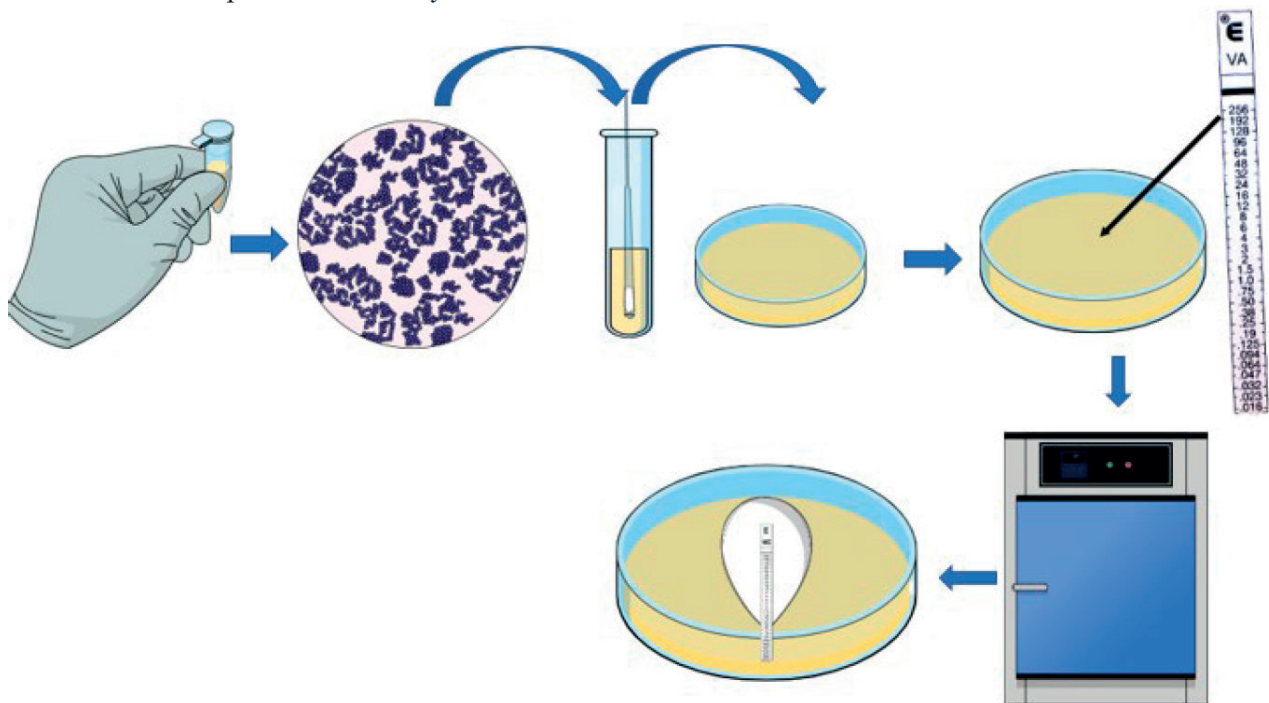


Figure 1. Schematic procedure for the detection of the MIC of *S. aureus* by vancomycin.

Citation: Sosa L, Enríquez L, Rojas N, Espinoza L C. Study of susceptibility to vancomycin from clinical isolates of *Staphylococcus aureus* *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 35. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.35>

Received: 20 June 2023 / **Accepted:** 25 August 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



susceptible to vancomycin (SVSA). However, 3 isolates showed a MIC of 2 µg/mL right at the cohort point or the upper limit allowed by the CLSI. To make sure of these values, we repeated the test using the Vitek-2 technique. The distribution of the isolates can be seen in Figure 2A. 50% showed a MIC ≤ 0.75 µg/mL (MIC50) and 90% a MIC ≤ 1.5 µg/mL (MIC90). Figure 2B shows the *S. aureus* plaque with the vancomycin E-test® strip marking a halo at 2 µg/mL.

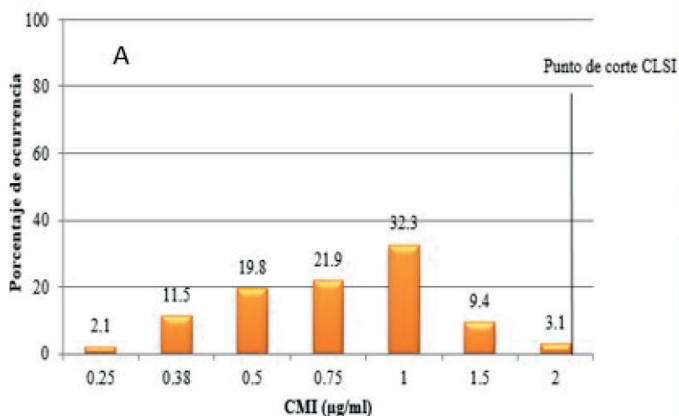
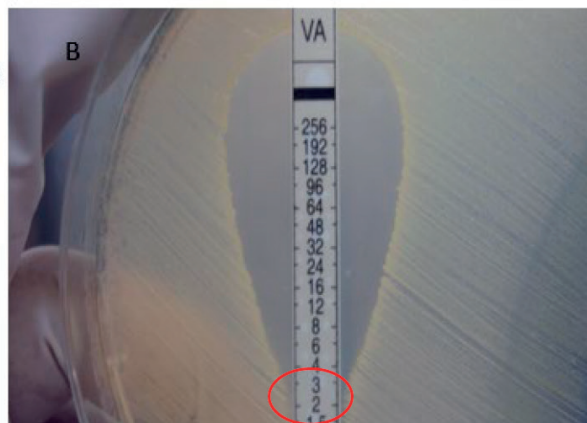


Figure 2. A. Percentage of occurrence and MIC of clinical isolates of *S. aureus* to vancomycin. B. MIC of 2 µg/mL to vancomycin of one of the three clinical isolates of *S. aureus*.

Author Contributions

Conceptualization, LS, and NR; Methodology, LS, LE, and LCE. Data analysis, LS and NR; Validation of assays, LE and LCE; writing, proofreading, and editing, LS, NR, LE and LCE; Supervision, LE and NR. Project management, NR, and LE. All authors have read and approved the publication of this manuscript.



Although neither VISA nor SARV strains were found, the 3 isolates with MICs of 2 µg/mL are of concern since VISA strains could arise from heterogeneous intermediate resistance or VISAh strains. According to the literature, VISAh strains present MICs below 2 µg/mL, as found in our trials, which could lead to this phenomenon⁶. These findings coincide with several studies where it has been found that 30% to 50% of the *S. aureus* isolates had a vancomycin MIC of 2 µg/mL and that present heterogeneous intermediate resistance^{6,7}. However, confirming the results with other official techniques was impossible since they were costly and difficult to implement. The reference test analyzes the population profile of the area under the curve (PAP-AUC), using increasing concentrations of antibiotics^{8,9}. However, an alternative method for detecting these strains is E-test GRD, which consists of a double strip of increasing concentrations of vancomycin and teicoplanin, which is cheaper⁸.

Similarly, several authors who have studied the relationship between the vancomycin MIC of *S. aureus* strains and the efficacy of treatment with this drug have reported that when the MIC increases from 0.5 to 2 µg/mL, the chances of therapeutic failure. However, the strains continue to be classified as susceptible. Therefore, a vancomycin MIC of 2 µg/mL is a poor predictor of response to vancomycin therapy¹⁰.

In this context, we could be in the presence of VISAh strains, so more specific studies are required to confirm it. For this reason, we recommend reducing the indiscriminate use of vancomycin in these hospitals, as well as the active participation of medical, pharmaceutical, and clinical laboratory personnel in the implementation of the necessary methods for the identification and permanent monitoring of strains with reduced susceptibility to vancomycin, as well as the generation and application of a comprehensive epidemiological surveillance program.

Acknowledgments

We thank the UNAH Master of Infectious and Zoonotic Diseases and the FMic and CIET Bacteriology Laboratory for financing the tests carried out. To the HE and IHSS in Tegucigalpa for the donation of the clinical isolates.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Bibliographic references

1. Appelbaum PC. The emergence of vancomycin-intermediate and vancomycin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Clin Microbiol Infect*, 2006;12:16-23.
2. McGuinness WA, Malachowa N., DeLeo FR. Resistencia a la vancomicina en *Staphylococcus aureus*. *Yale J Biol Med*. 2017; 90 (2): 269–281.
3. Cong Y, Yang S, Rao X. Vancomycin-resistant *Staphylococcus aureus* infections: A review of case updating and clinical features. *J Adv Res*. 2019, 12;21:169-176.
4. Sosa L, Espinoza L C, Marcia Fuentes J, Enríquez de Madrid M L, Rojas Campos N. Caracterización fenotípica y molecular de aislamientos clínicos de *staphylococcus aureus* resistentes a metilicina obtenidos de dos centros hospitalarios de Tegucigalpa, Honduras. *Revis Bionatura*, 2022;7(3) 55.
5. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Document M38 A2. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute; 2022.
6. Horne KC HB, Grabsch EA, Graham M, Ward PD, Xie S, Mayall BC, Johnson PDR, and Grayson ML. Prospective comparison of the clinical impact of heterogeneous vancomycin-intermediate methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) and vancomycin-susceptible MRSA. *Antimicrob Agents Chemother*, 2009, 53:3447-3452.
7. Musta AC Rk, Shemes S, Chase P, Jose J, Johnson LB, and Khatib R. Vancomycin MIC plus heteroresistance and the outcome of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* bacteremia: trends over 11 years. *J. Clin. Microbiol.*, 2009, 47:1640-1644.

8. Leonard SN RK, Newton KL, Rybak MJ. Evaluation of the Etest GRD for detecting *Staphylococcus aureus* with reduced susceptibility to glycopeptides. *J. Antimicrob. Chemother.*, 2009, 63:489-492.
9. Wootton M HR, Hillman R, Walsh TR, Bennett PM, and MacGowan AP. A modified population analysis profile (PAP) method to detect hetero-resistance to vancomycin in *Staphylococcus aureus* in a UK hospital. *J Antimicrob Chemother*, 2001, 47:399- 403.
10. Howden B.P., Davies J.K., Johnson P.D., Stinear T.P., Grayson M.L. Reduced vancomycin susceptibility in *Staphylococcus aureus*, including vancomycin-intermediate and heterogeneous vancomycin-intermediate strains: resistance mechanisms, laboratory detection, and clinical implications. *Clin Microbiol Rev.* 2010;23(1):99–139.

REVIEW / ARTÍCULO DE REVISIÓN

A look into Honduran biomass: facts, uses and potential applications

David Bulnes, Sofía Melgar, Edgard Vega, Aaron Rubio, Andrea Espinal, Diana G. Velásquez-Tinoco, Gloria Díaz Reyes, Evelina D. Estrada-López, Oscar V. Ortiz-Hernández*

DOI. [10.21931/RB/2023.08.03.37](https://doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.37)

Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras.
Corresponding author: oscar.ortiz@unah.edu.hn

Abstract: Agro-industrial biomasses are materials that come from the transformation of sources of vegetable or animal origin generally used for energy processes. This bibliographic review describes five economic interest biomasses in Honduras: coffee, African palm, sugarcane, shrimp, and cashew. A general description of each biomass is made, contextualizing the economic importance in the country, a brief description of the production process, current uses, and possible future applications.

Key words: Biorefinery, biotechnology, nanomaterials, biofuel, agro-industrial waste, environment.

Introduction

In many countries, the agro-industry represents an essential impact on the global economy, generating foreign exchange and employment. Honduras is the primary sector of economic development, followed by the manufacturing, agricultural, and mining sectors¹.

However, these beneficial practices for society generate considerable amounts of waste, which in many cases represent environmental problems that are difficult to manage. These residues have important physicochemical characteristics that could enhance the circular economy and minimize ecological issues.

Until December 2021, agro-industrial activity accounted for 53% of total export earnings, with coffee being the main product in this agro-industrial category, followed by palm and shrimp. However, according to the Central Bank, there was evidence of a deficit in the import-export ratio, mainly due to imports of raw materials, consumer goods, and fuel¹.

To improve this deficit, Honduras must export more products or decrease imports. A window of opportunity is the use of waste generated in agribusiness. Depending on their origin, these residues contain essential chemical compounds that can be extracted, transformed, and used in many industrial applications to create products or raw materials that can no longer be imported as they are generated locally.

Biomass from agribusiness has various possibilities and can be the basis for developing a biorefinery in Honduras that generates energy and chemical products. It is a cleaner and more environmentally friendly alternative to replace fuels and chemical products from non-renewable sources.

Currently, in Honduras, most of the biomass generated in agribusiness is used for energy production, taking advantage of its calorific value. For example, biomass is directly burned, as occurs with parchment or coffee husk, palm fiber or shell, the sugarcane bagasse, and the cashew nutshe-

ll. On the other hand, biomasses that do not have a direct application in energy, as is the case of shrimp waste, are used for animal feed production.

Based on the literature review, this work is the first to evaluate the current uses and other potential applications of biomass generated in Honduras, focusing on those from coffee, palm, sugarcane, shrimp, and cashews, presented in Figure 1.

Coffee

The coffee bean is prepared as one of the most popular drinks worldwide. This is due to people associating its consumption with "energetic" benefits that will help them do daily activities. With psychostimulant substances aid, such as caffeine, people hope to lighten the struggle of daily activities^{2,3}.

Most coffee bean production comes from two species: *Coffea arabica* (Arabica) and *Coffea canephora* (Robusta). Both species have gone through multiple analytical techniques that have revealed their differences⁴⁻⁶. The economic importance of coffee among the producing and consuming countries has led to profound studies interested in differentiating varieties through plant genetics, sensory properties, and cup quality^{7,8}.

According to the International Coffee Organization (OIC), the worldwide production for the coffee year 2020/2021 was 168.88 million 60 kg bags, representing a 0.1% decrease from last year's production. Nevertheless, the Arabica production was 99.26 million bags, representing a 2.2% increase from the 2019/2020 production. The general decrease in production is due to the Robusta species⁹.

The OIC states that ten countries represent 89% of worldwide production. Brazil, Vietnam, and Colombia dominate the list. Indonesia, Ethiopia, Honduras, Uganda, India, Mexico, and Peru follow these countries. The mentio-

Citation: Bulnes D, Melgar S, Vega E, Rubio A, Espinal A, Velásquez-Tinoco D G, Díaz Reyes G, Estrada-Lopez E D, Ortiz-Hernández O V. A look into Honduran biomass: facts, uses and potential applications. *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 37. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.37>

Received: 20 June 2023 / **Accepted:** 25 August 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).





Figure 1. The primary biomass generated in Honduras are coffee, palm, sugarcane, shrimp, and cashew.

ned countries sustain global coffee consumption. In the ten years before 2020, coffee consumption increased by 1.9% on average. In 2022, an increase of 3.3% was expected^{9,10}.

According to the OIC and the Honduran Coffee Institute (IHCAFE for its Spanish acronym), Honduras takes sixth place among the highest coffee-producing countries. According to the OIC reports, Honduras represented 3% of the global coffee production in 2020/2021. Figure 2 shows the Honduran production in millions of 46 kg bags according to IHCAFE through the coffee years of 2016/2017 to 2020/2021; as shown in Figure 2, a slight increase in production is appreciated in the periods of 2016/2017 to 2017/2018. On the other hand, a decrease in production was reported from 2017/2018 to 2020/2021. This decrease caused Honduras to lose fifth place in the list, going down to sixth place¹¹.

The coffee bean is the most important agricultural product in Honduran exports. This is due to its impact as a source of foreign exchange. The National Statistics Institute (INE for its Spanish acronym) reported 868 million dollars in exportations for 2020, a decrease from previous years. In 2017, a historical amount of 1.29 billion dollars in coffee bean exports was recorded¹².

Temperature, altitude, and precipitation affect the Honduran coffee bean production. The optimal growing conditions for a 100% Honduran Arabica type coffee are temperatures ranging from 14 to 26 °C, altitudes from 400 to 1200 meters above sea level for tropical regions, and annual 1000-2700 mm precipitations¹³⁻¹⁵.

The coffee bean comes from the coffee fruit, locally known as the "coffee grape" or the "coffee cherry"¹⁶. The fruit's morphology is shown in Figure 3. It consists of an exocarp, the outer skin, which changes color from green to red due to its growth. This changing color is a significant parameter to consider in its harvest. The mesocarp is a sticky layer abundant in carbohydrates and derivatives such as pectin. The mesocarp consists of a pulp and mucilage. The

endocarp, known as parchment, is a thin yellowish layer that protects the endosperm or the coffee bean, which has a layer known as the silver skin⁸.

The commercially important part, the coffee cherry, is agro-industrially processed to obtain the coffee bean. These operations are known as coffee processing. This process follows steps ranging from the coffee fruit reception to the drying without parchment, known internationally as green coffee beans¹⁷. The processing can be done in different ways, in a dry or wet way. Dry processed coffee is the oldest and easiest way to obtain the grain, which consists of a single sun-drying stage of the coffee cherry immediately after its harvest. Through this method, we get natural or sun-dried coffee. The washed coffee is obtained through the wet method, using large amounts of water. Wet coffee processing consists of two stages: the wet and dry stages. The wet stage consists of a series of steps going from the fruit reception, de-pulping, demucilaging (fermentation), washing, classification, and drying until we get a seed with 12% humidity. Once the ideal humidity levels are reached, it begins with the dry stage, starting with storage, threshing, classifying, tasting, and packing. 90% of Honduran-produced coffee is wet-processed and is destined for exportation. The other 10% is dry processed and is used for national consumption¹⁵. Coffee processing is a crucial stage that uses the big differences in the coffee beans' anatomy, chemical composition, and humidity, affecting the final product's quality in its sensory properties and the number of generated by-products¹⁸.

With the dry processing method, only one by-product is generated by mechanical threshing after drying. The by-product consists of the coffee husk of the skin, pulp, mucilage, and parchment. All of this represents about 45% of the fruit^{8,19}. On the other hand, with the wet processing method, the skin and the pulp are potentially recovered in the mechanical depulping in a percentage of 43.2%, the mucilage in the demucilaging stage in 11.8%, and the parchment

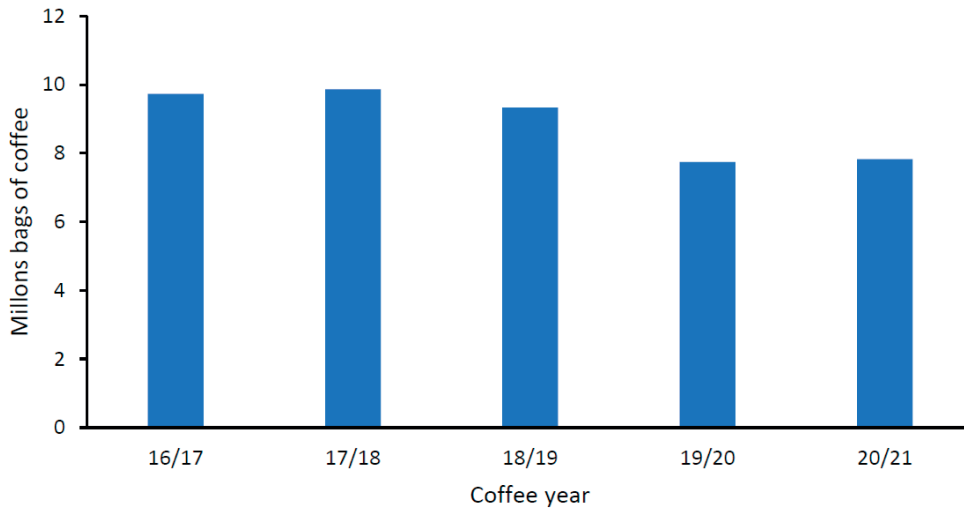


Figure 2. Coffee production in Honduras in millions of 46 kg bags in the harvest from 2016 to 2021.

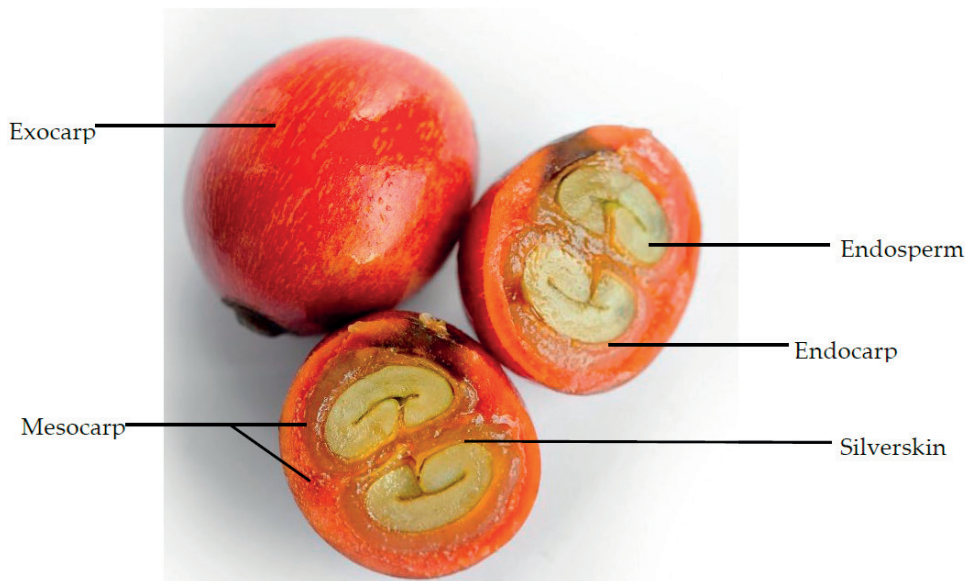


Figure 3. Morphology of the coffee fruit.

after the drying and dehusking in 6.1%¹⁹. The silverskin is only removed after the coffee roasting process. This operation is considered extra to the wet processing stages carried out in Honduras¹⁶. The adapted Table 1 of Iriondo-De-Hond *et al.*¹⁹ summarizes the number of by-products generated in the wet and dry processing and the bioactive compounds and nutritional compositions present in each one.

The environmental and social impact of coffee processing, added to the increase in its production, has aroused interest in organizations, governments, producers and society to pay attention to by-products. To save resources in the agri-food sector, the Food and Agriculture Organization (FAO) suggests implementing a waste hierarchy that reduces the by-products. The most recommended actions are prevention, reduction, reuse, and recycling. The least recommended action is incineration and landfills²⁰.

Coffee can be used in ethanol production via traditional fermentation through yeasts from two substrates: fresh and dry husks. A total amount of 14 and 29% in sugars on a dry basis for these substrates has been reported, respectively. In 2009, Gouvea *et al.* conducted fermentation studies, concluding that the mentioned substrates are a potential source for ethanol production compared to other residues. They recommend analyzing these wastes for potential substrates destined for biorefinery²¹.

In the same year, Murthy *et al.* reported the solid-state

fermentation (SSF) of the husk, pressed pulp, parchment, and silver skin as substrates and the *Neurospora crassa* as the fungal strain to obtain the α -amylase enzymes that show acceptable enzymatic activity²². Additionally, the same research group reported the extraction of phenolic antioxidants from these coffee wastes employing mixtures of solvents and pretreating the wastes with mixtures of cellulolytic enzymes (lysozyme), obtaining mainly chlorogenic acids (CGA). The silverskin reported the most significant yield in the extraction, revealing that these by-products can be a source of extraction of other bioactive compounds of interest, such as nutraceuticals and food preservatives²³.

Other authors have found other applications of industrial interest for the coffee by-products. Among the many applications found, some of them are food coloring^{24,25}, obtaining honey and coffee flour²⁶, as a fiber source in biscuits and bakery preparations, and^{27,28} as potassium and vitamin C sources through the manufacture of instant drinks²⁹.

Oliveira *et al.* used dry coffee husks as a heavy metal bio-adsorbent in the materials field. The heavy metal ions in the aqueous solution were copper, zinc and chromium. They report a successful sorption for low concentrations of the ions³⁰.

The coffee husks have been used as biomass for energy production. For example, the husk with the least mucilage reported a high calorific value of 16.1MJ/kg. On the other

Quantity, composition, origin, type, and stages of processing where by-products are generated				
By-product	Cascara	Mucilage	Parchment	Silverskin
Origin	Producing countries	Producing countries	Producing countries	Worldwide
Type of processing step	Dry/Wet	Wet	Wet	Dry/Wet
kg by-product/100 kg cherry*/bean**	39 - 45*	22*	39*	2.08**
Macronutrients				
% Carbohydrates	45 - 89	45.8	0.45	44
% Total fiber	18 - 32	0.9	89 -91	62.4
% Lipids	0.5 - 3	0.12	0.6	2.2
% Protein	4.0 -12.0	0.93	0.4	16.2 - 18.6
% Protein energy value	9.4	1.9	0.8	18.8
Micronutrients				
% Ash	3.0 - 10.0	0.43	0.5 – 1	5.0 - 7.0
Magnesium [mg/100 g]	20.8 - 420	88	49	2002
Sodium [mg/100 g]	100 - 266.6	-	-	5.32
Potassium [mg/100 g]	2284 - 2460	1282	11	4977
Calcium [mg/100 g]	54.8 - 554	370	190	584
Iron [mg/100 g]	4.3 - 15	30.2	3.3	41.8
Vitamin C [mg/100 g]	69.8	-	-	110
Bioactive Compounds				
% Tannins	1.8 - 9.3	-	-	0.02
% Caffeine	1.2	-	0.1	1.4
% Chlorogenic acids	10.7 - 12.6	-	-	15.8
% Melanoidins	15	-	-	17 - 23
*Data are expressed in % of dry matter				

Table 1. Nutritional composition and bioactive compounds of coffee by-products. The date is expressed in dry mass percentage.

hand, parchment reports a high calorific value of 18.2MJ/kg. However, these results may be affected by its low bulk density, increasing storage and transportation costs³¹.

African oil palm

African oil palm, or macaw-fat or just oil palm, is a tropical plant that grows in lands with altitudes less than 500 meters above sea level. Its origin can be traced back to the Gulf of Guinea in West Africa, hence its scientific name, *Elaeis guineensis*. Its introduction to the American continent is attributed to the Portuguese colonizers and traders due to the presence of oil palm in their diet³².

Palm oil is Honduras's second most exported agro-industrial product; in 2021, a total export of 490.81 million kilograms was reported, equivalent to US \$554.4 million in

the Global Market¹. Honduras is one of the leading palm oil producers, ranking eighth in world production and third in all American countries, bested only by Guatemala and Colombia.

African oil palm cultivation in Honduras began in 1929 when the United Brands Company started planting seeds of several strains of Malaysian origin. These seeds were planted at Lancetilla Botanical Garden in Tela, Atlántida Department. The first oil palm plantations with for-profit purposes were established in 1936 and 1938 in El Progreso, Yoro Department. In the '70s, the oil palm industry began to rise with a project of 11,000 hectares in the Aguan Valley in Colon Department, and in the '90s, growth in industrial development was prompted due to companies and independent producers uniting to create Federación Nacional

de Productores de Palma de Honduras (FENAPALMAH)³².

Until 2016, it was estimated that 189,500 hectares were planted, 155,000 were in production, and the rest were still in development. The main product of interest of the oil palm is the crude oil contained in its fruit. The fruit has an ovoidal shape, is 3 to 6 cm long, and weighs about 5 to 12 grams; it has red-colored skin, and its diameter can go up to 4 cm. It presents a smooth and shiny epicarp, a mesocarp or fibrous tissue that contains lipids within their cells, an endocarp or nut comprised of a lignified shell and an endosperm or oily almond, as seen in Figure 4.

The African oil palm is a perennial plant with three varieties: *dura*, *pisifera*, and *genera*. The general variety is used in crude oil extraction and comes from a cross between two varieties, *dura* and *pisifera*; its general characteristics are shown in Table 2³². The *dura* variety has a mesocarp that takes about 35-50% and reaches 65% of the fruit. Never-

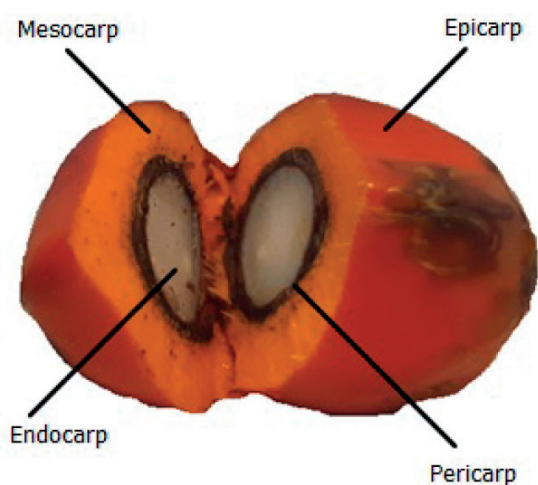


Figure 4. Vegetal morphology of the fruit of *Elaeis guineensis* variety *tenera*.

theless, the mesocarp's oil content is low concerning the fruit, making only about 17-18% of its weight. The *pisifera* variety can be distinguished because it has a fruit without an endocarp and has fibers surrounding the endosperm. The *tenera* variety has an endocarp with a thickness of 0.5 to 4 mm, and the mesocarp has a high weight proportion of 60-96%, but the proportion of crude oil per bunch, usually between 22-25%, with the best plants reaching up to 30% of the whole bunch weight³³.

In the cultivation of the African oil palm, there is a germination period between 75 to 90 days, and then they are transferred to a nursery where they remain from 10 to 14 months. The adequate initial development in this phase directly influences the behavior of the seedlings in the field and will affect the production of bunches during the first years of harvest. The harvest is carried out throughout the year as long as it is considered that the fruit has matured enough since this guarantees a higher content of lipids. The change from a purple to a reddish-orange color in the fruit signifies correct ripening. The harvest can take between 30 and 36 months from when the palm is planted in the field. The harvesting cycles can vary depending on the age of the palm and the regional climatic conditions; these are more frequent in rainy seasons³⁴. A palm is considered young when it is under five years old; it produces 14 bunches per year, weighing 7 kg per bunch, increasing to about 22 kilograms when the plant reaches eight³⁵.

After harvesting, the fruit is processed at an extracting plant to obtain the crude palm oil; in some plants, the crude oil is refined to obtain refined, bleached, and deodorized oil (RBD oil). At the extracting plant, the first stage is the reception of the bunches, where most of the impurities coming from the field are removed. The bunch goes through a machine that fractures it into several pieces, allowing the fruit to fall out and separate from the rachis, which is the fibrous structure that supports the fruits. The crushed fruits

Parameter	Value
Leaf production	24 to 30 leaves per palm
Bunch production	12 per palm in a year
Bunch weight [kg]	20-30
Fruit weight [g]	10
Fruit production [tons/hectare]	1-1.6
Almond oil [tons/hectare]	0.5
Kernel cake [tons/hectare]	0.45
Shell production per seed [%]	5
Pericarp/fruit [%]	86-92
Oil /bunch [%]	20-25
Oil production per year [tons/hectare]	5-8
Fiber production/bunch [%]	13
Production of rachis/bunch [%]	22

Table 2. General data of the African oil palm *Elaeis guineensis* variety *tenera*.

and rachis are sterilized to maintain the crude oil quality and detach the seed from the fruit. Presses extract the crude oil from the sterilized fruit, obtaining solid organic matter as a by-product. The crude oil is dragged by hot water to maintain its temperature and goes through a clarification process³⁶. After the extraction process, the crude palm oil is ready to be refined and transformed according to the objectives of the production plant.

The crude oil contains a balanced composition of saturated and unsaturated fatty acids with 4% monounsaturated oleic acid, 10% polyunsaturated linoleic acid, 40% saturated palmitic acid, and 5% saturated stearic acid. It contains antioxidants in the form of vitamin E and vitamin A³⁷. The solid mass is kernel cake, separated into rachis fibers and seeds. The seeds are taken to the palmistry section, where they are broken to separate the kernel from the shell to obtain palm kernel oil. The fiber of the rachis, the shell, and all the seed fibers that have gone through the oil extraction process are dried and used as fuel for boilers³⁸.

Crude palm oil is one of the oils with the best relationship between production cost and yield per hectare³⁹. Until 2016, fifteen extraction plants were known in Honduras. Six plants produce RBD oil, and five offer manufactured products to be marketed, as shown in Table 3. These oil extraction plants showed a yield of approximately 20% in terms of oil recovery, which means about 520,000 tons of oil come from an annual production of 2,550,000 tons of palm, for which a yield of 16.45 tons of fruit was estimated fresh per hectare⁴⁰.

According to the National Federation of Oil Palm Growers (Fedepalma) in Colombia, four general sectors of palm biomass utilization can be identified: energy (biofuel and electricity), manufacturing (also known as eco-products), agriculture (animal feeding and compost), and biotechnology (high-value chemicals and activated carbon)⁴¹.

Due to the vast quantity of palm planted on the Hon-

duran soil and the high yield of oil extraction, a significant amount of biomass is produced, mainly utilized as fuel material for the boilers of cogeneration systems in the oil extraction plants. However, this is only a measure to reduce the amount of waste and cannot utilize all the biomass potential as renewable energy. Table 4 shows the physical and chemical data of the main components of the biomass used in extracting plants⁴². The oil that remains in the seed and cannot be removed is also considered⁴³.

The high energy content of the oil is due to the amount of long-chain fatty acids of about 16-18 carbon atoms. However, many of the significant African palm oil producers around the world, such as Malaysia, Indonesia, Thailand, Colombia, and Ecuador, promote the use of the oil residues contained in the biomass for biodiesel production because the seed has a significant amount of short-chain fatty acids (8-10 carbon atoms) and medium-chained fatty acids (12-14 carbon atoms). This biodiesel presents a comparable quality to the biodiesel produced from rapeseed oil. The latter oil is primarily utilized for biodiesel production⁴⁴.

Biogas is another possibility of taking advantage of the liquid biomass stored in the effluents of extraction plants and oxidation ponds or biodigesters for energy generation⁴¹. The transformation of biomass to gas (BTG) has tested and accessible technology for its direct use in boilers, power generators, and other equipment. In Latin America, Honduras and other Central American countries are leaders in energy development and have found a viable option for economic growth.

Another significant residue from the extraction process is the rachis, a part of the harvested bunch. In 2017, the rachis was evaluated as a material that can adsorb certain dyes found in wastewater. The effectiveness of rachis adsorption was studied with and without chemical pretreatment by controlling pH conditions, dye concentration, and the ratio between the rachis and the dye in the wastewater.

Name	Department	Municipality	Extraction	Refined and transformed	Commercialization of products
Grupo Jaremar (Two plants)	Atlántida and Colón	Tela and Tocoa	X	X	X
DINANT Corp. (Two plants)	Atlántida and Colón	San Francisco and Trujillo	X	X	X
ACEYDESA	Colón	Trujillo	X		
AGROPALMA	Colón	Trujillo	X		
HONDU-PLAMA	Yoro	El Negrito	X	X	X
COAPALMA	Colón	Tocoa	X	X	X
PALCASE	Yoro	Progreso	X	X	
Coop. SALAMA	Colón	Tocoa	X		
PALMASS	Colón	Bonito Oriental	X		
COINSU	Cortes	Choloma	X	X	X
CORAPSA	Atlántida	Tela	X		
HONDU-CARIBE	Cortés	Puerto Cortés	X		
ASAPALSA	Colón	Sabá	X		

Table 3. African palm oil extraction in Honduras.

This study concluded that the palm rachis is an effective adsorbent of textile dyes, reaching a dye removal between 60 and 85%⁴⁵.

Other more specific uses that can be given to African oil palm residues are those related to nanotechnology. One of these technologies is the manufacture of activated carbon. Furthermore, the presence of essential molecules in palm oil matrices makes them good candidates as stabilizers for nanoparticle formation. Crude and fruit oils have facilitated the biosynthesis of silver, zinc oxide, and gold nanoparticles, which have applications as reducing agents, stabilizers, and adsorbents. Carbon-based nanomaterials can also be generated due to the chemical composition of African palm biomass, as shown in Table 5.

In the Biotechnology field, the cellulose extracted from this biomass manifests a high resistance and a low density, which are attractive physical and chemical properties and present the advantage of having a low cost and being biodegradable. Some materials it can synthesize are nano-cellulose, nanocrystals of cellulose, carbon nanotubes, graphene, and activated carbon. These materials have a wide range of uses, such as supercapacitors, complements in biocomponents, production of polypropylene compounds, concrete reinforcement, and treatment of effluents of oil extracting plants⁴⁶.

Biomass in other applications is reported, including paper manufacturing and its use in specialized products such as mattresses, filling materials, the automotive industry, and plastics. In agricultural applications, biomass can be used as a composting method. In animal feeding, some new combinations of kernel cake mixed with vegetal material

from the leaves are used to produce animal feed pellets.

Sugarcane

Sugarcane is a plant that significantly influences Latin American countries through seeding, harvest, and transformation⁴⁷. The sugarcane is a tropical grass of high altitude, commonly related to sorgo and corn. A juice rich in sucrose is accumulated in the plant, and this is transformed within the sugar mills. Sugar is the resultant product of the harvest of sugarcane leaves, which has an approximate growth between six and eight months, depending on the sugarcane variety. In Honduras, the variety grown of sugarcane is *S. officinarum*. The main section on which the transformation and production of sugarcane is focused is the stem, which is divided into nodes and internodes, as shown in Figure 5^{48,49}. The internodes comprise the solid part known as fiber and the liquid known as juice, which contains water and sucrose, as well as other components in small amounts, as described in Table 6.

The sugarcane in Honduras is harvested manually by burning and optimized using mechanized machines. By having an adequate high, the sugarcane is transported to the sugar mills for transformation, combined with the leaves, corolla, and branches, which can affect the transformation process in the mills. In Honduras, the sugar mills, with the passing of the years, have been adapting their technologies, trying to reduce the waste and by-products generated in the production process. The principal product of the transformation of the sugarcane is sugar, which is distributed in the local and international markets for later use in other processes⁴⁸. During the transformation, some by-products are ge-

Sample	Average calorific value [KJ/kg]	Average ash content [%]	Average volatile matter content [%]	Average moisture content [%]
Rachis	18,795	4.6	87.04	67.00
Fibers	18,795	6.1	84.91	37.00
Shell	20,093	3	83.45	12.00
Kernel Cake	18,884	3.94	88.54	0.28
Almond oil	38,025	0.79	74.27	0.02

Table 4. Energy data of biomass from African oil palm.

Residues	Cellulose [%]	Holocellulose [%]	Hemicellulose [%]	Lignin [%]
Rachis	43-65	68-86	17-33	13-37
Shell	27-35	40-47	15-19	48-55
Mesocarp fiber	43-44	70-71	33-35	22-24
Leaves	40-50	80-83	34-38	20-21
Pseudo-stem	29-37	42-45	12-17	18-23

Table 5. Carbohydrate distribution in African palm residues.

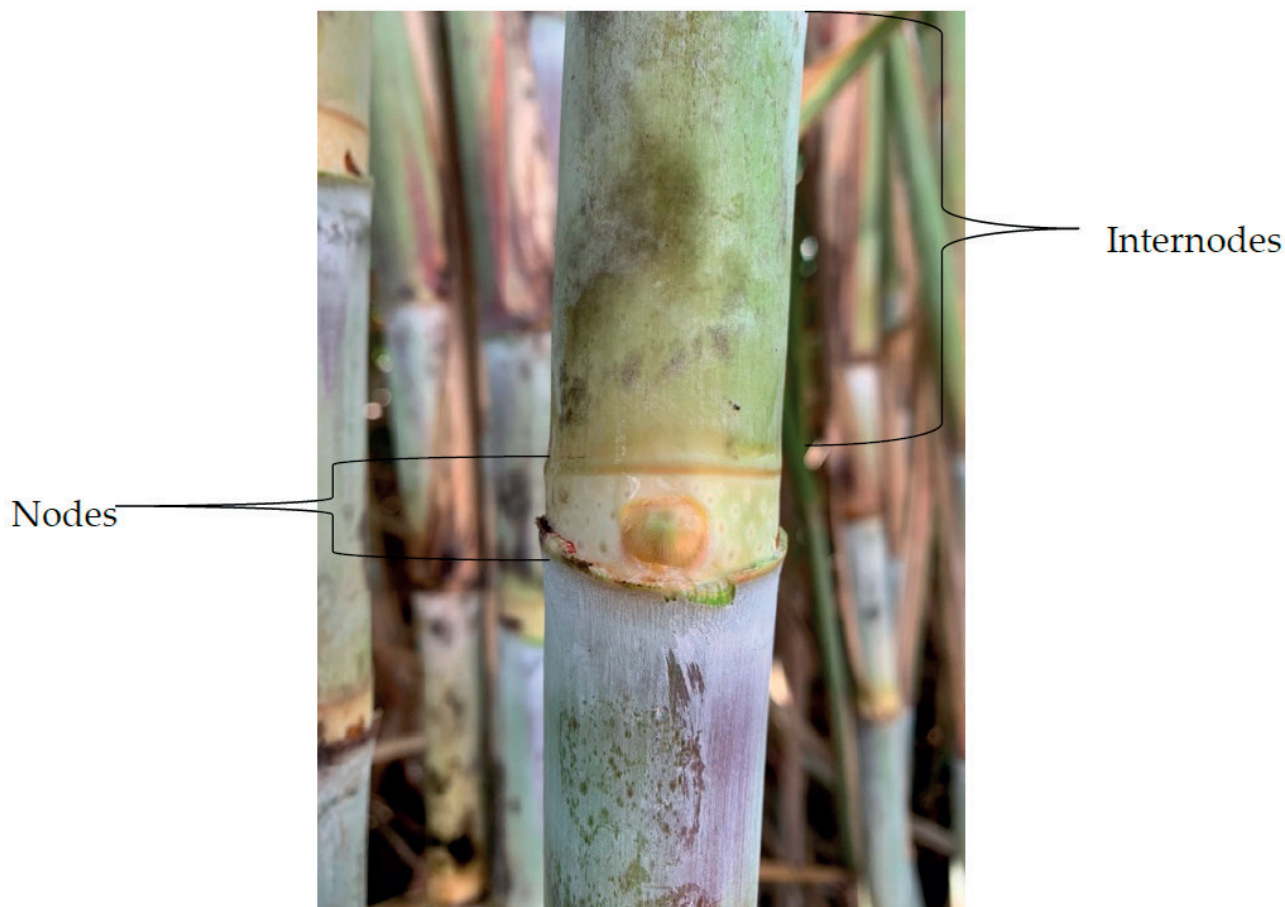


Figure 5. Nodes and internodes of sugarcane stem.

Components	Stem [%]
Water	73-75
Sucrose	8-15
Fiber	11-16

Table 6. Main components of the sugarcane stem.

nerated, the most important being molasses due to its high commercial interest. Other by-products are also generated, such as bagasse, bacilli, and cachaca, as shown in Figure 6. These by-products were studied in the last few years to find new alternatives to the green process and reutilization. To a lesser extent, the bagasse and the bacilli continue to be used in mills as the primary source of combustion for steam generation in boilers⁵⁰. Instead, the cachaza, the by-product generated in the separation process of clarification and filtration with a high content of humidity, around 70 g per 100 g of filter cake, has found alternatives as fertilizer for the farmlands and as a supplement for the feeding of ruminant's animals⁵¹. In Colombia, a study was conducted to use the cachaza as a nutrient material for the elaboration of compressed earth by using the precipitation method, a process which can generate precipitates of calcium carbonate and as a component for bioremediation process in fields with high content of aromatics hydrocarbons and total hydrocarbons⁵².

In Honduras, according to the Secretary Department in the Energy Office report, the current generation of renewable energy is based on 7.78% produced by biomass, a category to which the bagasse belongs, in comparison with hydraulic energy (26.31%), wind energy (8.39%), photo-

voltaic energy (19.04%) and geothermic energy (1.30%)⁵³. According to the Balances Energéticos Nacionales (BEN), in 2017, it was estimated that 2.98 million metric tons of bagasse were used to produce energy, representing an equivalent of 3096 barrels of petroleum (BOE)⁵⁴. In Honduras, solar, firewood, wind, hydroelectric, and bagasse are primary energies. The latter represented 23% in 2017. Of this percentage, 48% was used by the industrial sector and the rest was distributed by the Empresa de Energía Honduras (EEH). During 2017-2018, bagasse reached 30% within the primary energies⁵⁵. In 2019, this percentage decreased to 11%. In 2020 because of the pandemic of COVID-19, reported a reduction of 9%, which was all consumed by the local industry^{56,57}.

The sugar mills located in Choluteca, Francisco Morazán, Cortés, and Santa Bárbara study the biomass of the surroundings for the combustion in the boilers, focusing on properties like caloric power as a principal physicochemical parameter for (58) The bagasse contains the most quantity of fiber inside the sugarcane after partially or entirely removing the sugar juice. The caloric power depends on the physicochemical composition, the percentage of humidity, and the residual components as volatile compounds and ashes, in addition to the particle size before the combustion in the boilers. The dry bagasse was estimated to have a gross calorific value (GCV) of 19,605 kJ/kg⁵⁹. Inside of the common parameters in the sugar mills, it was estimated that the humidity can be in the range of 47-56%, affecting the GCV, reporting values between 7500-8400 kJ/kg for the wet bagasse⁶⁰⁻⁶². The caloric power can be improved through the methods of gasification and pyrolysis, which are focused on removing water⁶³. In Mexico, a study was conducted using

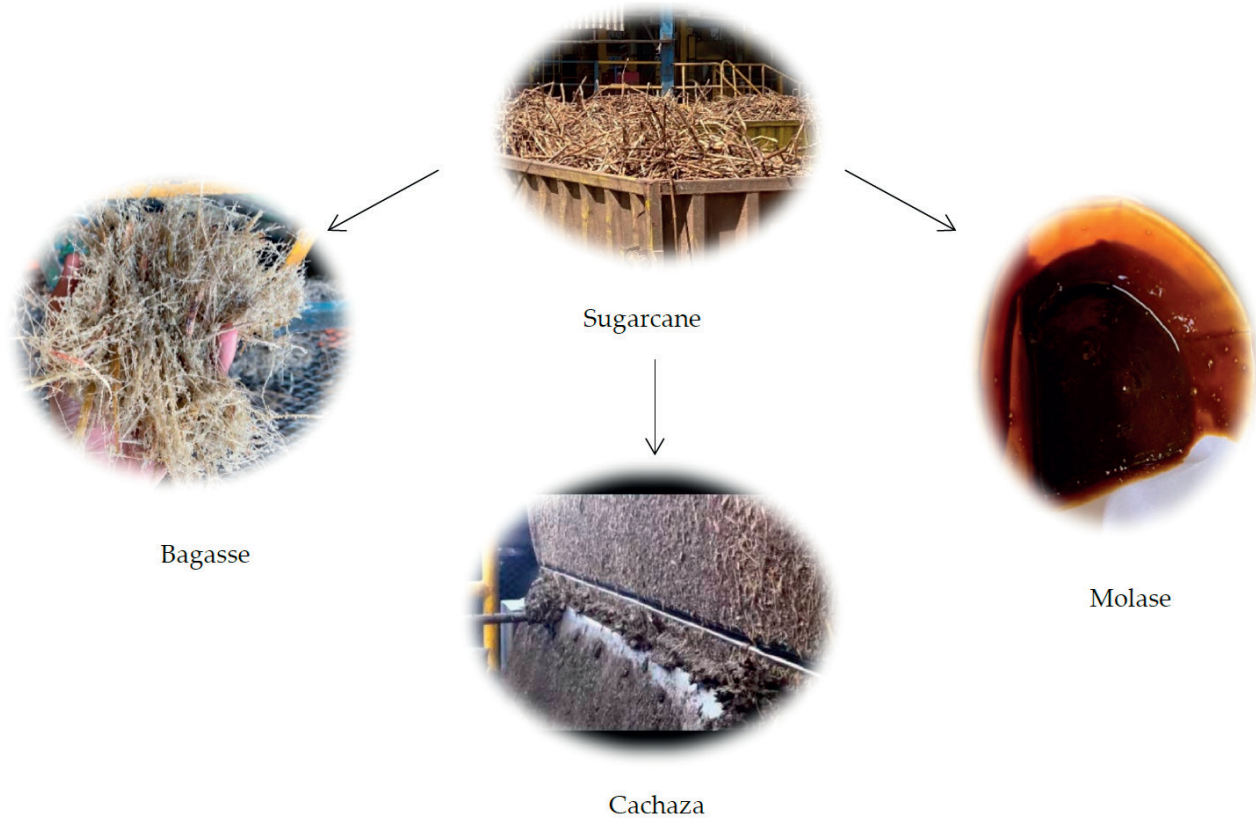


Figure 6. Sugarcane by-products..

the biotransformation with carbon to increase the caloric power of the solid mixture, obtaining better results than the bagasse as biomass⁶⁴. Table 7 reports a typical physicochemical and elemental analysis of the bagasse⁴⁸.

Barroso *et al.*⁵⁸ estimated that 280 kilograms of bagasse waste are generated from one ton of sugarcane. The leading destination of this bagasse is waste or energy generation by biomass combustion.

It is well known that the cement industry causes 5% of the carbon dioxide that coexists in the atmosphere. Thus, various investigations in the field, like Asma *et al.*⁶⁵, have been trying to find new alternatives for the materials used in the production process to reduce the gas emission percentages. The same study has shown that the chemical composition of bagasse, after thermal transformation by pyrolysis, contains pozzolanic materials, which are helpful in cement fabrication. The sugarcane bagasse ash (SCBA) has also been studied in India to make cement with different proportions of bagasse ashes, which has shown satisfactory results in increasing the mechanical properties and in the energetic savings in the production process. In Honduras, as Bonilla and Borrachero⁶⁸ indicate, a study was made with ashes samples coming from Santa Matilde Sugar Mill and Los Mangos Sugar Mill in Choluteca, finding elements like quartz, albite, magnetite, mullite, and cristobalite in the composition of the ashes. This result opens a potential opportunity for the Honduran companies to improve the investigation in cement production⁶⁸.

Another alternative for the bagasse is its introduction as a raw material to produce second-generation bioethanol (2G) in Brazil⁶⁹. According to studies at laboratory scale, the lignocellulose biomass has the potential to produce up to 50% more ethanol compared to the first generation of bioethanol, which is produced from sugarcane juice and corn juice fermentation. However, technological difficulties

and scalability problems have been encountered in using the bagasse biomass to produce bioethanol at the industrial level because of the high energy cost and the use of hydrolase enzymes to decompose the matrix of the bagasse in its fundamental components^{70,71}. It has been encountered that the bagasse can be used as a medium culture for insects, yeast, and mushrooms and as a substrate for industrial enzymes, paper pulp, and the production of other essential commodities⁷². As a complement for ruminant food⁵¹ and for the value of lignin that can be used for medical purposes^{73,74}. In Honduras, there are no studies for the development of bagasse for medical purposes, but there is a study that evaluates the use of bagasse to produce biogas⁷⁵. According to this study, there is a production potential of 19.3 Nm³ (standard cubic meter of gas) of biogas to 60% in methane per year for the production in the harvest of 2009-2010, considering the effluents, the water that is treated in the production plants and waste of energy that goes in the bagasse and cachaza in solution. This amount equals 26.4 MWt (thermal megawatts) as an available potential for thermal energy in six months per year. However, this study shows a more excellent production of energy if the molasses is used as a source of biogas, around 75.8% of methane. The difficulty is that the molasses is used as a raw material for other transformation processes, and its sale is more profitable than its production as biogas. Table 8 describes the energy potential of biogas based on the study described above of the sugar mills in Honduras.

Due to its variety of essential chemical structures, bagasse can be used as a biopolymer substrate for generating melanins with the help of melanogenic marine bacteria. Studies of the tequila agave bagasse showed that the bagasse can produce polyhydroxyalkanoates (PHAs) when consumed as food by microorganisms responsible for the production of the biopolymer or as a candidate for obtaining

Physicochemical analysis	Dry: ash-free [%]	Wet: as burned [%]
Humidity	-	52.00
Fix carbon	12.94	5.95
Volatile compounds	87.06	40.05
Ashes	-	2.00
Total	100.00	100.00
°Brix	-	2.00
Higher caloric power in kJ/kg	-	8956
Inferior caloric power in kJ/kg	-	7,130
Elemental analysis		
Humidity	-	52.00
Carbon	47.89	22.04
Hydrogen	5.92	2.72
Nitrogen	0.33	0.15
Total sulfur	0.05	0.02
Oxygen	45.81	21.07
Ashes	-	2.00
Total	100.00	100.00

Table 7. Adaptation of typical physicochemical and elemental analysis of bagasse.

Parameter	Value
Biogas potential in effluents [Nm³ gas 60% CH₄/harvest]	19,278,174
Biogas potential in molasses [Nm³ gas 60% CH₄/harvest]	60,453,706
Biogas total potential in harvest [Nm³ gas 60% CH₄/harvest]	79,731,840
Thermal equivalent power in effluents [MWt]	26.4
Thermal equivalent power in molasses [MWt]	82.9
Total thermal equivalent power in harvest [MWt]	109.3
Electric equivalent power in effluents [MWe]	10.6
Electric equivalent power in molasses [MWe]	33.1
Total electric equivalent power in harvest [MWe]	43.7

Table 8. Adaptation of study of biogas in Honduras.

phenolic compounds such as vanillin, 3,4- dihydroxyphenylalanine (L-DOPA), gallic acid and salicylic acid⁷⁶.

Due to the value-added components within the bagasse, various transformation studies have been developed to extract these components and use them as raw materials for other industries⁴⁸. It is remarkable that the transformation cost is elevated in some processes. However, they open

the window for utilizing the by-product not only for energetic purposes but also as an alternative material for production.

Shrimp

Shrimp is a seafood rich in protein and is widely consumed around the planet. According to the 2020 Food and Agriculture Organization (FAO) report, shrimp is among the

four most commercially valued crustaceans. Asia remains the largest producer of aquatic animals, including shrimp, with 80% of its world production, followed by America^{77,78}. In Central America, Honduras leads aquaculture production, followed by Nicaragua⁷⁹.

Shrimp production in Honduras began in 1969 with the Armour United Fruit Company on the country's north coast. In 1972, the company Sea Farms moved the production to the country's south, specifically to the Gulf of Fonseca. Honduras has a shrimp industry of approximately 420 projects cultivated in an extension of 24,500 hectares of land⁸⁰.

Shrimp ranks third among agro-industrial products with the most significant exports, after coffee and palm oil. In 2021, the Asociación Nacional de Acuicultores de Honduras (ANDAH) reported exports of over 59 million pounds of shrimp, with the European Union and Taiwan as the main destinations.⁸¹ In December of that same year, the Banco Central de Honduras (BCH) reported that US\$267.2 million was collected from shrimp exports¹.

The shrimp species produced in Honduras is *Litopenaeus vannamei*, known as pacific white shrimp or whiteleg shrimp. This species is found along the American coast of the Pacific Ocean from the Gulf of California to the Equator⁸². The white shrimp life cycle has the following stages: a larval stage, a postlarvae stage that evolves into a juvenile, and an adult stage⁸³. Shrimp production in Honduras is based on two mechanisms: the collection of wild postlarvae and the production of postlarvae in laboratories. The latter provides the highest percentage of shrimp production in Honduras. Regardless of their source, postlarvae are stocked directly into a production pond. The culture is classified as extensive, semi-intensive and intensive depending on the number of postlarvae per square meter or crop density. A low density of postlarvae characterizes extensive cultivation. On the other hand, intensive culture has a high density. In Honduras, two types of cultivation are developed: the extensive one in the artisanal sector, with a contribution of 20% in production, formed mainly by small and medium-sized producers, and the semi-intensive one, with a contribution of 80%, formed by large-scale producers. Shrimp production extends throughout the year but peaks between May and October. Each cycle lasts approximately 12 weeks, varying depending on the production type carried out in the pond⁸⁴.

The external anatomy of the shrimp can be divided into three main parts: the head, the thorax, and the abdomen. The head, together with the thorax, form the cephalothorax, and the entire body of the shrimp is covered by an exoskeleton, as shown in Figure 7⁸⁵.

Honduras currently has 13 shrimp packing plants, all located in the southern part of the country⁸⁶. In these processing plants, it is considered on average that 35% of the total mass of the shrimp corresponds to the cephalothorax, known locally as the head, and 15% by mass to the exoskeleton, known locally as the shell and tail, the rest of the percentage by mass corresponds to the abdomen.

Shrimp in Honduras is exported in different presentations: whole, headless, peeled, and peeled-precooked. The choice of product type depends on world demand. The highest percentage of exports occurs for whole shrimp. However, headless and peeled shrimp has increased in recent years, as shown in Figure 8⁸⁷.

The cephalothorax and the exoskeleton resulting from the different presentations' production processes are considered waste. On average, between 2016-2021, there

was a production of 101 million pounds of shrimp; 35 million pounds are considered waste, equivalent to 34% by mass, as shown in Figure 9⁸⁸. In general, the composition of shrimp waste depends on the species and the geographic region.

Duan *et al.*⁸⁹ classify *Litopenaeus vannamei* shrimp's waste composition in Table 9, showing that proteins, minerals and Chitin are the main components⁸⁹. This same composition on a dry basis corresponds to 49% protein, 23% minerals, 7% lipids and 20% chitin.

Currently, the shrimp waste generated in the packing plants of Honduras is received in the Procesadora Hondureña de Alimentos de Camarón (PROHALCA SA). Due to its high protein content, this waste is used and transformed into protein for animal consumption. However, its chemical composition shows that these wastes can also be given other applications. Next, the potential uses are described in materials science and energy for the waste components in Table 9.

Chitin is the second most abundant biopolymer in nature after cellulose. On the other hand, chitosan is a chi-

Compound	Contents
Protein [%]	10.8±0.1
Minerals [%]	5.05±0.05
Lipids [%]	1.63±0.05
Chitin [%]	4.42±0.60
Moistness [%]	78.1±0.4
Carotenoids [mg kg ⁻¹]	127±10

Table 9. Waste composition of *Litopenaeus vannamei* shrimp.

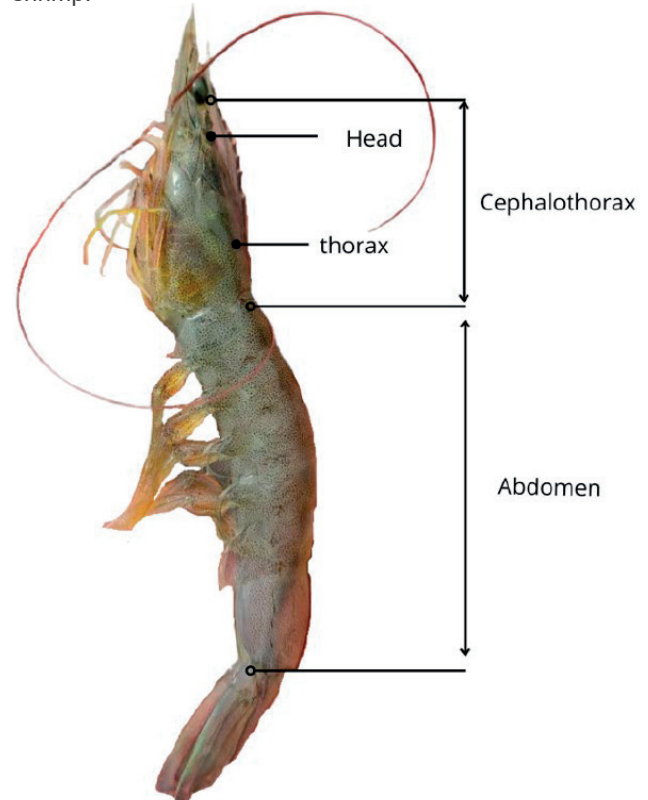


Figure 7. The main structure of *Litopenaeus vannamei* shrimp.

tin derivative produced upon deacetylation of the compound^{90,91}. Chitin can be used as the only carbon source for the production of biofuels, and its derivatives are used in the biomaterials industry to manufacture bioplastics⁹². Chitin has applications in the food industry in packaging that have antimicrobial properties⁹³, in the textile industry⁹³, in the agro-industrial sector, improving crop yields thanks to its pesticide effect⁹⁵, in water and wastewater treatment⁹⁶, and in biomedical applications for its biocompatibility, biodegradability and non-toxicity. Some investigations report the use of Chitin as a nanomaterial for drug transport and cancer diagnosis^{93,94}.

Proteins are the most abundant components of shrimp waste. For the species *Litopenaeus vannamei*, Gómez-Estaca *et al.* report the recovery of approximately one-third of the essential amino acids. The amino acids found with greater abundance are glycine, glutamate, aspartate, and alanine⁹⁵. This combination of amino acids is comparable to

soy-based meals, making shrimp waste an attractive option for production for feed additives for aquatic animals, farm animals, and poultry⁹⁶.

Calcium is the most abundant element found in the shrimp waste of the species *Litopenaeus vannamei*. However, phosphorous, sodium, potassium and magnesium amounts are also reported. Heavy metals such as zinc, iron, copper and manganese are found in lower concentrations without health risk⁹⁵.

The cephalothorax is the lipid source of the shrimp. Fatty acid profile analysis shows that the most abundant polyunsaturated acids present are oleic acid, linoleic acid, and palmitic acid, and the levels of docosahexaenoic acid (DHA) and eicosapentaenoic acid (EPA) were also notable⁹⁷.

Carotenoids are responsible for the coloration of both the external and internal surface of the shell of crustaceans⁹⁸. Astaxanthin is a reddish-pink pigment from the

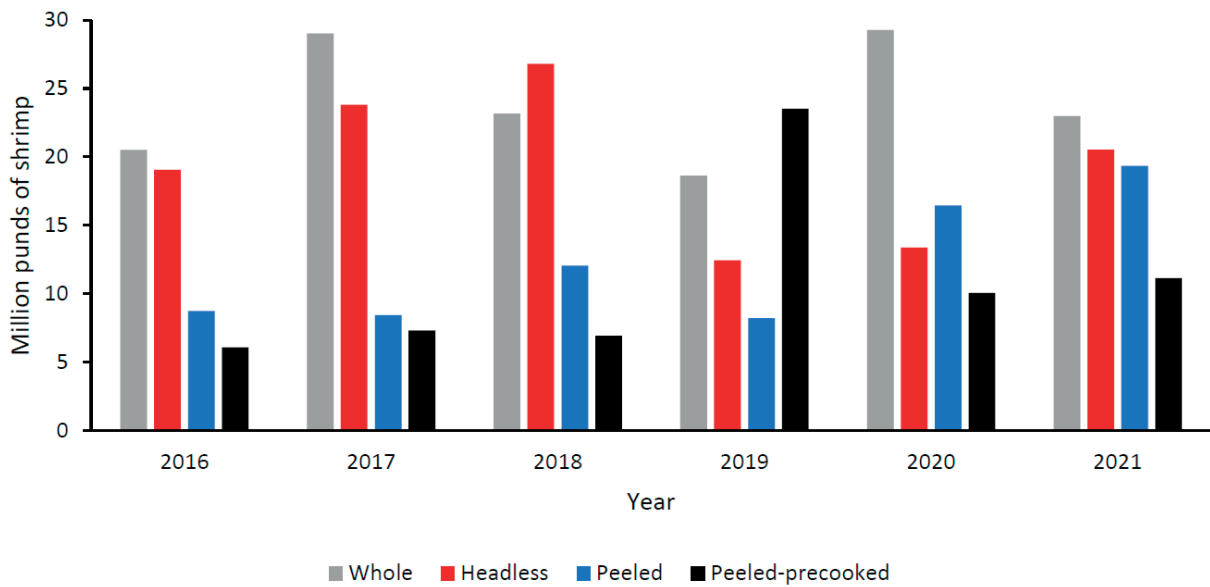


Figure 8. Exports in Honduras of shrimp in different presentations in millions of pounds: whole (gray), headless (red), peeled (blue), and peeled-precooked (black) from 2016 to 2021.

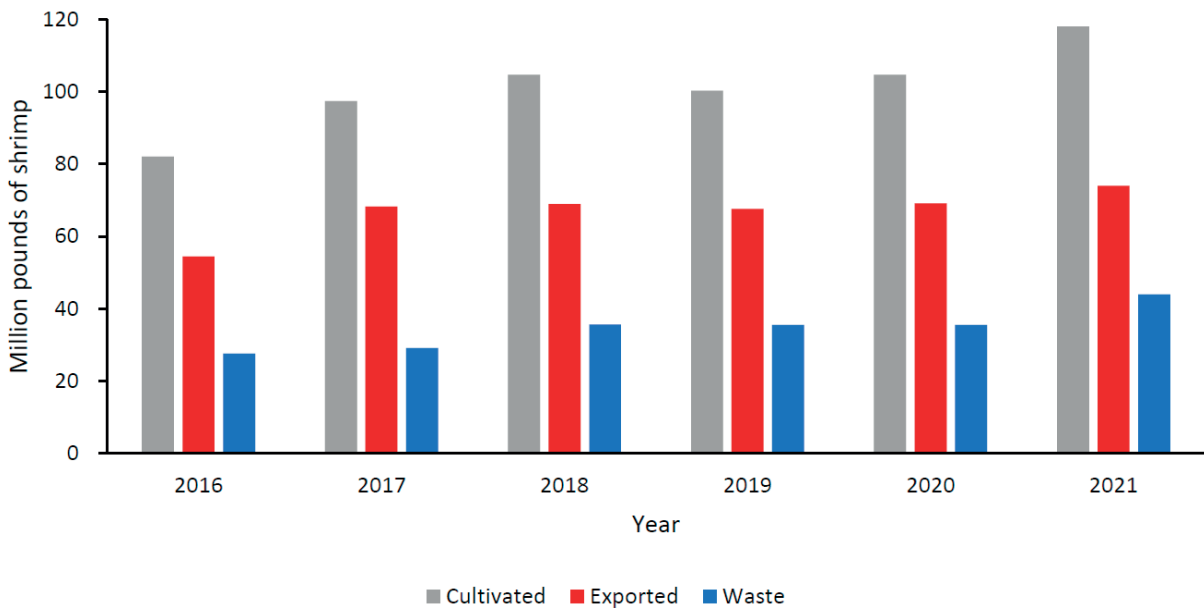


Figure 9. Shrimp production in millions of pounds in Honduras: cultivated (gray), exported shrimp (red), waste (blue) from 2016 to 2021.

group of xanthophyll carotenoids found in shrimp¹⁰². Astaxanthin is fat-soluble; it is present in the lipid extract of shrimp cephalothorax¹⁰⁰. This pigment is a vitamin A precursor⁹⁹ and a powerful antioxidant¹⁰⁰. The antioxidant properties cover several aspects of human health, such as protection against ultraviolet light and anti-inflammatory. In addition, it has essential applications in the nutraceutical, cosmetic, food, and animal nutrition industries¹⁰¹.

The waste generated in the commercializing sea products, such as shrimp, has been used in alternative sustainable technologies for energy generation. An example is the study of Kannan *et al.*, which used microwave hydrothermal carbonization to convert moisture biomass waste from seafood into a carbon-rich product called hydrochar. Microwave hydrothermal carbonization is a modification of hydrothermal carbonization. The latter is characterized by working under humid conditions, temperatures between 150 °C and 250 °C and high pressures; it has the disadvantage that the process times are long. On the other hand, microwave hydrothermal carbonization takes advantage of the moisture content to heat the biomass from the inside out with shorter exposure times under the principle of dielectric heating¹⁰².

Cashew

The cashew, with the scientific name *Anacardium occidentale*, is a native fruit to the Northeast of Brazil; it is known worldwide for its fruit and seed, which has led to its broad commercialization, being mainly produced in all tropical areas, of which the countries of India, Brazil, Mozambique, Kenya, Tanzania, Australia, and Vietnam have the most significant extension of cultivated area in the world¹⁰³. The cashew nut is among the nuts with the highest production worldwide; (104), its export is mainly destined to North America, Europe, and some Asian countries¹⁰⁵. In developing countries, its production is promoted, representing a socio-economic benefit¹⁰⁶. It is also a dried fruit in high demand due to various factors, such as its implementation in healthy habits due to its folic acid, unsaturated fats, fiber, proteins, potassium, phosphorus, and magnesium con-

tent^{105,107,108}. It is also considered a multipurpose product since it presents possible applications in multiple industries such as medical and pharmaceutical industry, food industry, and agricultural industry, to name a few¹⁰⁹.

Honduras has a favorable territory for agricultural exploitation. The departments of Valle and Choluteca, located in the region of the Gulf of Fonseca, in the southern part of Honduran territory, are the most important for cashew production, with an approximate number of 1,163 producers. Based on a study in the Gulf of Fonseca in 2013, approximately 13,000 quintals of cashew seed per harvest are produced¹¹⁰. The countries that import the cashew nut produced in Honduras are Guatemala, Nicaragua, El Salvador, Germany, and the United States of America¹¹¹.

Among the varieties of cashew cultivation, red and yellow fruits are known, the latter being less astringent than the red ones. Similarly, varieties according to size may be classified¹¹¹. Cashew comprises a fruit and a nut; both components have been used in different industries, such as food, pharmaceuticals, and cosmetics^{112,113}.

The cashew fruit, known as the false fruit or pseudocarp, is the majority of the cashew; it's pear-shaped and has a bright yellow to red color when ripe. Ripe cashew fruits are fleshy and have a sweet to bitter, astringent taste and a strong aroma. The cashew shell is grayish with the shape of a kidney when it reaches its maturation, which occurs before the maturation of the fruit. It contains the cashew nut inside, as shown in Figure 10¹¹¹, being the most consumed part and considered the main product of the crop¹⁰³.

In the process of obtaining the cashew nut, the nut is separated from the cashew shell, the latter being generally discarded as waste, causing an environmental problem. Some applications that can be given to the cashew shell are the generation of energy and the elaboration of new products since it is also a rich source of compounds of interest in the chemical and pharmaceutical industry¹⁰⁸, offering great medicinal and commercial value¹¹¹.

The raw nut contains acids that could cause burns in the mouth, so it goes through a roasting process before

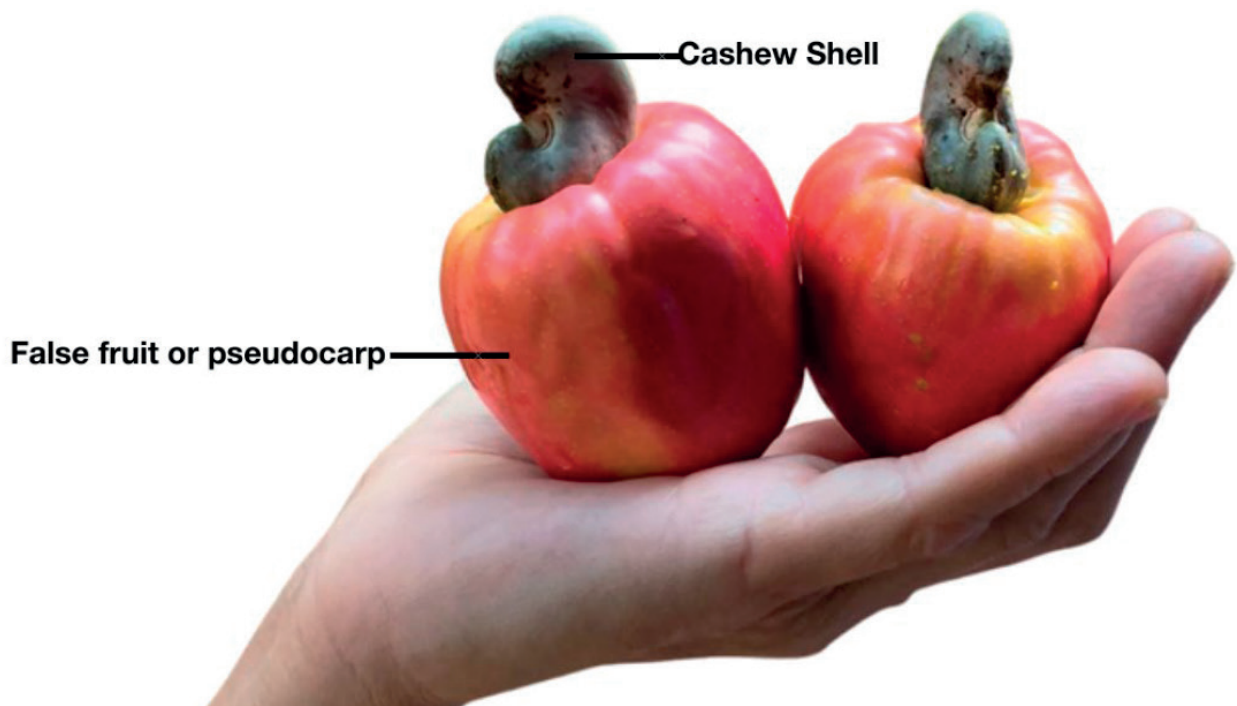


Figure 10. Plant morphology of cashew.

consumption, causing variation in its antioxidant activity and phenolic extract content depending on the roasting temperature¹⁰⁹. In addition to its pleasant flavor, the cashew nut is widely consumed due to its nutritional properties, properties that are related to the high content of lipids that have been shown to contribute to the reduction of LDL (low-density lipoprotein) cholesterol, presenting relevant health benefits such as reducing the risk of developing cardiovascular diseases¹¹⁴, preventing some types of cancer¹¹⁵, nervous system protection¹¹⁵, antioxidant action¹¹⁶, and source of vitamin C^{113,117}.

Due to its nutritional properties, it has taken protagonism in the diet of consumers interested in improving the quality of their diet¹⁰⁹ and is considered a source of high-quality protein. It is rich in polyunsaturated fatty acids, fats and carbohydrates and has a high energy value and high levels of minerals¹¹⁶. It should be noted that it has been found that the nutritional value of the cashew nut differs according to its origin and the roasting process¹⁰⁹. Rico *et al.*¹⁰⁴ determined the nutritional value of cashew nuts from Brazil, India, Ivory Coast, and Vietnam, finding that, in general terms, the main component of the nuts studied were total fats, most of these being unsaturated. The second most abundant component was proteins, followed by carbohydrates. Amino acids were also found, being the one with the greatest presence, glutamic acid. Among the vitamins, the most abundant was E, and among the minerals found, potassium was the most present, followed by phosphorus and magnesium¹⁰⁴. Other studies coincide with the nutritional composition mentioned above¹¹⁸⁻¹²⁰. As a result of several studies, it has been found that the average energy content of the cashew nut is greater than 2000 kJ/100g^{109,119,121}.

The false fruit represents 90% of the total weight of the cashew. It is mainly consumed as a direct fruit or as a fresh drink due to its high vitamin C¹¹³. It is processed for desserts such as dehydrated fruits, jelly, gelatin, sweets, honey or vinegar and wine production¹¹¹⁻¹¹³. In many developed countries, it is also used to produce ice cream, vegan meat or the base of soups and creams¹¹⁰. The composition of the false fruit is very complex and is characterized by containing a high percentage of ascorbic acid (vitamin C); it is even estimated that it is five times richer in vitamin C than citrus fruits and four times richer than sweet orange. In addition, it contains considerable levels of minerals, mainly calcium and phosphorus¹¹⁸. It also contains tannins, organic acids, carbohydrates, and polyphenolic compounds known for their antioxidant health benefits¹¹³, both for human consumption and for the production of meals for animal feed¹⁰⁹. Due to its content of proteins, fatty acids, crude fiber, pectins, and flavonoids, it has been reported that by-products resulting from the processing of cashew nuts and their juice, such as bagasse (20% of the fruit), have been used in the production of bioethanol, biodiesel, dyes, pesticides, larvicides, repellents, and adhesive resins¹⁰⁹.

When the cashew nut is extracted, the shell that remains as residue has an extractable liquid that contains many components that can be used due to their high-value chemical structures. The cashew nut shell liquid (CNSL) represents approximately 25% of the total weight of the cashew nut¹²². It is considered one of the few primary and economic sources of natural phenols that constitute a promising alternative to petroleum-derived phenols. CNSL comprises anacardic acid, small amounts of cardanol, and methylcardol¹²². These compounds have three reactive sites: a phenolic hydroxyl group, an aromatic ring and a long

aliphatic chain in the meta position, which can be saturated, monounsaturated, unsaturated, or tri-unsaturated. The structural characteristics of these compounds are of great interest since they can replace phenol in many applications with similar or better results¹²².

Anacardic acid has aroused the interest of researchers due to its nature as a phenolic compound presenting antioxidant activity¹²³ it also has high pharmacological values such as antitumor activity¹¹³, antifungal activity¹¹³ and anti-inflammatory¹⁰⁹. Its structure can be considered a structure derived from salicylic acid substituted by a long chain of hydrocarbon, providing a more excellent lipophilic character conferring interesting properties, presenting a high antibacterial, antimicrobial¹²⁴, gastro-protective, anticancer, larvicidal¹²⁵, anti-inflammatory^{109,125}, inhibition of histone acetyltransferase activity¹⁰⁹. Studies have shown that the mixture of carotenoids and anacardic acids can be beneficial as an anti-inflammatory and antiulcerogenic¹²⁶. On the other hand, studies have been carried out on the potential use of anacardic acids for the treatment of dental caries and acne, as well as in anti-cancer treatments and control of tiny pests in crops¹²⁷. Given the benefits it has been shown to have, anacardic acid can be a starting point for developing local drugs in Honduras, promoting the country's pharmaceutical industry using and taking advantage of the cashew shell, which is now considered a residual waste.

Cardanol represents a lower percentage by weight of CNSL compared to anacardic acid and cardols¹²². However, a decarboxylation reaction can transform anacardic acid into cardanol. The latter is the component that presents the most extraordinary versatility for its subsequent transformation, cataloged as a "building block," which, with various chemical transformations, can be converted into a large number of compounds that have several applications, such as surfactants, antioxidants, fuel additives, liquid crystals for optical materials, fibers, among others^{108,122,128}. In addition, the transformation of cardanol to essential intermediates in the processes of resin synthesis, polyurethane synthesis, latex synthesis, as a drug precursor, co-surfactants and surfactants, as a plasticizer for the synthesis of soft polyvinyl chloride (PVC), as an additive for cellulose diacetate, flexibilities, fuel additives, among others, have been reported^{109,128}.

It is possible to notice the versatility of cardanol and its derivatives through its ability to participate in a wide number of chemical processes and transformations, strengthening interest in the industrial sector by presenting the advantage of being a natural and renewable compound, specifically in a country like Honduras without explored oil reserves, taking advantage of these natural phenolic compounds. On the other hand, cardol, present in small quantities in the CNSL, has presented applications in the plastics, insecticides, and inks industry¹²⁹.

Biodiesel obtained from the CNSL in the cashew nut does not require transesterification or further processing. In addition, studies have been carried out on implementing biodiesel from the CNSL mixed with ethanol, resulting in a significant reduction in gas emissions: 27% CO₂, 57% NO and 8% hydrocarbon conferring this characteristic to the cooling effect of ethanol¹⁰⁹.

The renewable energy research field has boomed in recent years, intending to increase energy requirements and environmental regulations. The cashew shell has a calorific value greater than 23.43 kJ/g before extracting the CNSL. Once the CNSL has been extracted, the calorific value

adopts ranges higher than 4.10 kJ/g, which is still usable for energy production¹²¹.

On the other hand, the cashew's tree trunk can also be used since it has a high content of lignin (25%) and hemicellulose (35%), which is reflected in an approximate calorific value of 20.42 kJ/g¹³⁰, allowing its potential use as firewood in many Honduran homes, as well as a possible power source for industrial equipment.

Another alternative for implementing the cashew as an energy source is using the false fruit and the cashew shell in gasification processes. After a qualitative evaluation of several implemented residual wastes, a study by Chávez *et al.* reports that the cashew shell represents the most excellent viability for the gasification process because it exists in large quantities and is not currently used in other industrial processes. In turn, it is of simple harvest and previous treatments¹²¹.

Conclusions

Using biomasses derived from agro-industrial residues for producing energy and chemical products is presented as a possibility to promote the development of the economy and improve the environmental conditions of Honduras. The biomasses explored in this document offer an alternative in areas such as energy production as an alternative to the energies of fossil sources; direct use as material for the production of food and separation processes; extraction or synthesis of chemical substances that can be applied in the chemical industry, medicine, and biotechnology. Currently, the eldest use of these residues in Honduras is in energy production, mainly by direct burning and, to a lesser extent, by a chemical transformation process.

Acknowledgments

The authors thank Diana Medina and Julio Hernández for the technical visit to the Aguilar Paz Research Center of IHCAFE. To Rosario Ortiz and Javier Gutiérrez for the technical visit to the sugar mill Tres Valles S.A. To Javier Amador from ANDAH for the data provided on exports of the different shrimp presentations and to Ángel Marcia for his collaboration in the description of the shrimp production process. To Oscar Andrés Pineda, Alejandro José Cuevas, and Jezoar Etnan Aguilar for translating parts of this document from Spanish to English.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Bibliographic references

1. Banco Central de Honduras. Informe de Comercio Exterior de Mercancías Generales; Tegucigalpa, 2021.
2. Dórea, J. G.; da Costa, T. H. M. Is Coffee a Functional Food? *Br. J. Nutr.* 2005, 93 (6), 773–782. <https://doi.org/10.1079/bjn20051370>.
3. Van Dam, R. M.; Hu, F. B.; Willett, W. C. Coffee, Caffeine, and Health. *N. Engl. J. Med.* 2020, 383 (4), 369–378. <https://doi.org/10.1056/nejmra1816604>.
4. Briandet, R.; Kemsley, E. K.; Wilson, R. H. Discrimination of Arabica and Robusta in Instant Coffee by Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Chemometrics. *J. Agric. Food Chem.* 1996, 44 (1), 170–174. <https://doi.org/10.1021/jf950305a>.
5. Keidel, A.; Von Stetten, D.; Rodrigues, C.; Máguas, C.; Hildebrandt, P. Discrimination of Green Arabica and Robusta Coffee Beans by Raman Spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.* 2010, 58 (21), 11187–11192. <https://doi.org/10.1021/jf101999c>.
6. Casal, S.; Alves, M. R.; Mendes, E.; Oliveira, M. B. P. P.; Ferreira, M. A. Discrimination between Arabica and Robusta Coffee Species based on Their Amino Acid Enantiomers. *J. Agric. Food Chem.* 2003, 51 (22), 6495–6501. <https://doi.org/10.1021/jf034354w>.
7. Bertrand, B.; Guyot, B.; Anthony, F.; Lasherme, P. Impact of the *Coffea Canephora* Gene Introgression on Beverage Quality of *C. Arabica*. *Theor. Appl. Genet.* 2003, 107 (3), 387–394. <https://doi.org/10.1007/s00122-003-1203-6>.
8. Esquivel, P.; Jiménez, V. M. Functional Properties of Coffee and Coffee By-Products. *Food Res. Int.* 2012, 46 (2), 488–495. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.028>.
9. Organización Internacional de Café. Informe Del Mercado de Café: Enero 2022; 2022.
10. Organización Internacional de Café. Informe Del Mercado de Café: Agosto 2021; 2021.
11. IHCAFE. Informe Estadístico 2020-2021; 2021.
12. IHCAFE. Boletín Estadístico Sobre Café 2015 - 2019; Honduras, 2020.
13. Davis, A. P.; Govaerts, R.; Bridson, D. M.; Stoffelen, P. An Annotated Taxonomic Conspectus of the Genus *Coffea* (Rubiaceae). *Bot. J. Linn. Soc.* 2006, 152 (4), 465–512. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2006.00584.x>.
14. Ovalle-Rivera, O.; Läderach, P.; Bunn, C.; Obersteiner, M.; Schroth, G. Projected Shifts in *Coffea Arabica* Suitability among Major Global Producing Regions Due to Climate Change. *PLOS One* 2015, 10 (4), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124155>.
15. Clifford, M. N., and Willson, K. C. *Coffee: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage*; The AVI Publishing Company, Inc.: Westport, Connecticut, 1985.
16. Soto, C.; Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura; Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura. Guía Técnica Para El Beneficiado de Café Protegido Bajo Una Indicación Geográfica o Denominación de Origen; IICA, 2010.
17. IHCAFE. Análisis de La Cadena Del Valor de Café; 2018.
18. Farah, A. *Coffee: Production, Quality and Chemistry*. In *Coffee*; Royal Society of Chemistry, 2019; pp P001–P004. <https://doi.org/10.1039/9781782622437-fp001>.
19. Iriondo-DeHond, A.; Iriondo-DeHond, M.; del Castillo, M. D. Applications of Compounds from Coffee Processing By-Products. *Biomolecules* 2020, 10 (9). <https://doi.org/10.3390/biom10091219>.
20. Badwaik, L. S.; Aguilar, C. N.; Haghi, A. K. Food Loss and Waste Reduction; 2021. <https://doi.org/10.1201/9781003083900>.
21. Gouvea, B. M.; Torres, C.; Franca, A. S.; Oliveira, L. S.; Oliveira, E. S. Feasibility of Ethanol Production from Coffee Husks. *Biotechnol. Lett.* 2009, 31 (9), 1315–1319. <https://doi.org/10.1007/s10529-009-0023-4>.
22. Murthy, P. S.; Naidu, M. M.; Srinivas, P. Production of α -Amylase under Solid-State Fermentation Utilizing Coffee Waste. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 2009, 84 (8), 1246–1249. <https://doi.org/10.1002/jctb.2142>.
23. Murthy, P. S.; Naidu, M. M. Recovery of Phenolic Antioxidants and Functional Compounds from Coffee Industry By-Products. *Food Bioprocess Technol.* 2012, 5 (3), 897–903. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0363-z>.
24. Hartati, I.; Riwayati, I.; Kurniasari, L. Potential Production of Food Colorant from Coffee Pulp. *Ojs2.Unwahas.Ac.Id* 2011, No. December 2015, 66–71.
25. Prata, E. R. B. A.; Oliveira, L. S. Fresh Coffee Husks as Potential Sources of Anthocyanins. *LWT - Food Sci. Technol.* 2007, 40 (9), 1555–1560. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.10.003>.
26. Metz, R.; Data, R. U. S. A. (12) Patent Application Publication (10) Pub . No .: US 2015 / 0334785 A1 Patent Application Publication. 2015, 1 (19).

27. Moreno, J.; Cozzano, S.; Mercedes Pérez, A.; Arcia, P.; Curutchet, A. Coffee Pulp Waste as a Functional Ingredient: Effect on Salty Cookies Quality. *J. Food Nutr. Res.* 2019, 7 (9), 632–638. <https://doi.org/10.12691/jfnr-7-9-2>.
28. Rios, M. B.; Iriondo-dehond, A.; Iriondo-dehond, M.; Herrera, T.; Dolores, M. Physicochemical, Nutritional and Sensory Properties. *Molecules* 2020, No. Cc, 1–16.
29. Iriondo-DeHond, A.; Elizondo, A. S.; Iriondo-DeHond, M.; Ríos, M. B.; Mufari, R.; Mendiola, J. A.; Ibañez, E.; del Castillo, M. D. Assessment of Healthy and Harmful Maillard Reaction Products in a Novel Coffee Cascara Beverage: Melanoidins and Acrylamide. *Foods* 2020, 9 (5), 1–18. <https://doi.org/10.3390/foods9050620>.
30. Oliveira, W. E.; Franca, A. S.; Oliveira, L. S.; Rocha, S. D. Untreated Coffee Husks as Biosorbents for the Removal of Heavy Metals from Aqueous Solutions. *J. Hazard. Mater.* 2008, 152 (3), 1073–1081. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.07.085>.
31. Saenger, M.; Hartge, E. U.; Werther, J.; Ogada, T.; Siagi, Z. Combustion of Coffee Husks. *Renew. Energy* 2001, 23 (1), 103–121. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(00\)00106-3](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(00)00106-3).
32. TechnoServe. Manual Técnico de Palma Africana; San Pedro Sula, 2009.
33. Pamin, K.; Chin, C. W.; Lee, C. H.; Rajanaidu, N.; Corley, R. H. V. Yield Potential in Oil Palm. In Yield potential of planting material and reassessment of oil palm breeding program in Indonesia; Palm Oil Research Institute of Malaysia: Phuket, 1990; pp 11–23.
34. Zulkifli, H.; Haliman, M.; Chan, K.; Choo, Y.; Mohd Basri, W. Life Cycle Assessment for Oil Palm Fresh Fruit Bunch Production from Continued Land Use for Oil Palm Planted on Mineral Soil (Part 2). *J. Oil Palm Res.* 2010, 22, 887–894.
35. Forster, B. P.; Sitepu, B.; Setiawati, U.; Kelanaputra, E. S.; Nur, F.; Rusliandi, H.; Rahmah, S.; Ciomas, J.; Anwar, Y.; Bahri, S.; Caligari, P. D. S. Oil Palm (*Elaeis guineensis*). In Genetic Improvement of Tropical Crops; Springer International Publishing, 2017; pp 241–290. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59819-2_8.
36. INDUAGRO. Proceso Productivo de Aceite de Palma. <http://www.induagro.com.mx/HOMEAP/ProcProductAP/ProcProductAP.html> (accessed 2022-05-24).
37. Nagendran, B.; Unnithan, U.; Choo, Y.; Sundram, K. Characteristics of Red Palm Oil, a Carotene- and vitamin E-Rich Refined Oil for Food Uses. *Food Nutr. Bull.* 2000, 21 (2), 189–194.
38. Delgado, F. Descripción detallada del proceso de extracción de aceite de palma mejorado. <https://propalma.webcindario.com/procesomejorado.htm> (accessed 2022-05-24).
39. FAS-USDA. Oilseeds: World Markets and Trade. <https://www.fas.usda.gov/data/oilseeds-world-markets-and-trade> (accessed 2022-05-27).
40. UPEG. Palma Africana - Análisis de Coyuntura; 2020.
41. Osorio, C. E. Uso Integral de La Biomasa de Palma de Aceite. *Palmas* 2013, 34 (Especial, Tomo II), 315–323.
42. Nasution, M. A.; Herawan, T.; Rivani, M. Analysis of Palm Biomass as Electricity from Palm Oil Mills in North Sumatera. In *Energy Procedia*; Elsevier Ltd, 2014; Vol. 47, pp 166–172. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.01.210>.
43. Subramanian, V.; Chin, C. M.; Ngan, M. A. Energy Database of the Oil Palm. *Palm Oil Eng. Bull.* 2004, No. 70, 15–21.
44. Rupilius, W.; Ahmad, S. Palm Oil and Palm Kernel Oil as Raw Materials for Basic Oleochemicals and Biodiesel. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2007, 109 (4), 433–439. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200600291>.
45. Pineda Ayala, D. M.; Durán Herrera, J. E. Evaluation of Oil Palm Empty Fruit Bunch Wastes as Adsorbent for the Removal of Reactive Dyes from Aqueous Solutions. *Ing. Investig. y Tecnol.* 2019, 20 (1), 1–9. <https://doi.org/10.22201/ifi.25940732e.2019.20n1.008>.
46. Maluin, F. N.; Hussein, M. Z.; Idris, A. S. An Overview of the Oil Palm Industry: Challenges and Some Emerging Opportunities for Nanotechnology Development. *Agronomy*. MDPI AG 2020. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030356>.
47. Sasson, A.; Malpica, C. Bioeconomy in Latin America. *N. Biotechnol.* 2018, 40, 40–45. <https://doi.org/10.1016/j.NBT.2017.07.007>.
48. Peter, R. Ingeniería de La Caña de Azúcar, 2nd ed.; Verla Dr. Albert Bartens KG: Berlin, 2012.
49. Lizandro, L.; Montejo, D. Manual de Producción de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) Manual de Producción de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.). 2002, 148.
50. Enma M. Manals-Cutiño, Margarita Penedo-Medina, D. S.-T. Caracterización Del Bagazo de Caña Como Biomasa Vegetal. *Tecnol. Química* 2015, 35 (2224–6185), 179–192.
51. Lagos-Burbano, E.; Castro-Rincón, E. Sugar Cane and By-Products of the Sugar Agro-Industry in Ruminant Feeding: A Review. *Mesoamerican* 2019, 30 (3), 917–934. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.34668>.
52. García-Torres, R.; Rios-Leal, E.; Martínez-Toledo, Á.; Ramos-Morales, F. R.; Cruz-Sanchez, J. S.; del María, C. C. D. Uso de Cachaza y Bagazo de Caña de Azúcar En La Remoción de Hidrocarburos En Suelo Contaminado. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 2011, 27 (1), 31–39.
53. Ada, I.; Cerna, S. Energías Renovables En Honduras; 2019.
54. Secretaría de Estado en el Despacho de Energía. Balance Energético Nacional. 2017, 1.
55. Secretaría de Estado en el Despacho de Energía. Energético. 2018, 1.
56. Secretaría de Estado en el Despacho de Energía. Balance Energético Nacional 2019. 2019, 99.
57. Secretaría de Estado en el Despacho de Energía. Balance Energético Nacional. 2020, 1.
58. Barroso, J.; Barreras, F.; Amaveda, H.; Lozano, A. On the Optimization of Boiler Efficiency Using Bagasse as Fuel. *Fuel* 2003, 82 (12), 1451–1463. [https://doi.org/10.1016/S0016-2361\(03\)00061-9](https://doi.org/10.1016/S0016-2361(03)00061-9).
59. Mbohwa, C. Modelling Bagasse Electricity Generation: An Application to the Sugar Industry in Zimbabwe. *Proc. from Int. Conf. Adv. Eng. Technol.* 2006, 354–367. <https://doi.org/10.1016/B978-008045312-5/50040-6>.
60. Deepchand, K. Deepchand: Bagasse energy cogeneration in Mauritius... - Google Académico. https://scholar.google.com/scholar?cluster=16318600630032801286&hl=es&as_sdt=2005&scioldt=0,5 (accessed 2022-05-05).
61. Murefu, M. Steam Reticulation at Hippo Valley Sugar Estates,... - Google Académico. [https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Steam+Reticulation+at+Hippo+Valley+Sugar+Estates%2C+Publication+of+the+Department+of+Mechanical+Engineering&btnG=\(accessed+2022-05-05\)](https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Steam+Reticulation+at+Hippo+Valley+Sugar+Estates%2C+Publication+of+the+Department+of+Mechanical+Engineering&btnG=(accessed+2022-05-05)).
62. A, M. Case Study on Steam Raising: A complete energy balance... - Google Académico. [https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Case+Study+on+Steam+Raising%3A+A+complete+energy+balance+for+Triangle+Sugar+Limited&btnG=\(accessed+2022-05-05\)](https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Case+Study+on+Steam+Raising%3A+A+complete+energy+balance+for+Triangle+Sugar+Limited&btnG=(accessed+2022-05-05)).
63. Shorewala, V. Thermal Efficiency of Bagasse As Compared to Coal. *SSRN Electron. J.* 2020. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3591125>.
64. Garcia-Perez, M.; Chaala, A.; Pakdel, H.; Roy, C. Sugarcane Bagasse Vacuum Pyrolysis. *J. Anal. Appl. Pyrol.* 2002, 65 (March 2019), 111–136.
65. Hussein, A. A. E.; Shafiq, N.; Nuruddin, M. F.; Memon, F. A. Compressive Strength and Microstructure of Sugar Cane Bagasse Ash Concrete. *Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol.* 2014, 7 (12), 2569–2577. <https://doi.org/10.19026/rjaset.7.569>.
66. Mangi, S. A.; Jamaluddin, N.; Wan Ibrahim, M. H.; Abdullah, A. H.; Abdul Awal, A. S. M.; Sohu, S.; Ali, N. Utilization of Sugarcane Bagasse Ash in Concrete as Partial Replacement of Cement. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*; Institute of Physics Publishing, 2017; Vol. 271. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/271/1/012001>.
67. International, A. M.-C.; 1994, undefined. High-Reactivity Metakaolin; a New Generation Mineral Admixture. *ci.nii.ac.jp*.

68. Bonilla, M.; Borrachero, M. V.; Monzó, J. M.; Akasaki, J. L.; Ma-Tay, D.; Payá, J. Study of Pozzolan Properties of Two Sugarcane Bagasse Ash Samples from Honduras. In *Key Engineering Materials*; Trans Tech Publications Ltd, 2016; Vol. 668, pp 357–366. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.668.357>.
69. Chandel, A. K.; Albarelli, J. Q.; Santos, D. T.; Chundawat, S. P.; Puri, M.; Meireles, M. A. A. Comparative Analysis of Key Technologies for Cellulosic Ethanol Production from Brazilian Sugarcane Bagasse at a Commercial Scale. *Biofuels, Bioprod. Biorefining* 2019, 13 (4), 994–1014. <https://doi.org/10.1002/bbb.1990>.
70. Harris, P. V.; Xu, F.; Kreel, N. E.; Kang, C.; Fukuyama, S. New Enzyme Insights Drive Advances in Commercial Ethanol Production. *Curr. Opin. Chem. Biol.* 2014, 19 (1), 162–170. <https://doi.org/10.1016/J.CBPA.2014.02.015>.
71. Losordo, Z.; McBride, J.; Rooyen, J. Van; Wenger, K.; Willies, D.; Froehlich, A. Modeling and Analysis Cost Competitive Second-Generation Ethanol Production from Hemicellulose in a Brazilian Sugarcane Biorefinery. *Biofuels, Bioprod. Biorefining* 2016, 10, 589–602. <https://doi.org/10.1002/bbb.1663>.
72. Schmitt, C. C.; Moreira, R.; Neves, R. C.; Richter, D.; Funke, A.; Raffelt, K.; Grunwaldt, J. D.; Dahmen, N. From Agriculture Residue to Upgraded Product: The Thermochemical Conversion of Sugarcane Bagasse for Fuel and Chemical Products. *Fuel Process. Technol.* 2020, 197, 106199. <https://doi.org/10.1016/J.FUPROC.2019.106199>.
73. Cruz, Rolando; Dopico, Daiysi; Figueredo, José; Rodríguez, Maira; Martínez, G. Lignina de Bagazo Con Fines Medicinales. *Rev. Med. Exp. INS* 1997, XIV, 5.
74. Sakagami, H.; Kushida, T.; Oizumi, T.; Nakashima, H.; Makino, T. Distribution of Lignin–Carbohydrate Complex in Plant Kingdom and Its Functionality as Alternative Medicine. *Pharmacol. Ther.* 2010, 128 (1), 91–105. <https://doi.org/10.1016/J.PHARMTHERA.2010.05.004>.
75. Hernández, Evelyn; Samayoa, Svetlana; Álvarez, Erwin; Talavera, C. Iniciativas De Biogás. *SNV* 2012, 1 (1).
76. González García, Y.; Reynoso, O. G.; Arellano, J. N. Potencial Del Bagazo de Agave Tequilero Para La Producción de Biopolímeros y Carbohidratos Por Bacterias Celulolíticas y Para La Obtención de Compuestos Fenólicos. 2005.
77. Nirmal, N. P.; Santivarangkna, C.; Rajput, M. S.; Benjakul, S. Trends in Shrimp Processing Waste Utilization: An Industrial Prospective. *Trends Food Sci. Technol.* 2020, 103 (May), 20–35. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.001>.
78. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022; FAO: Rome, Italy, 2022. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>.
79. SICA. Sistema Integrado de Información Estadística SICA si-ESTAD. www.sica.int/si-estad/clasificacion/estadistica/?indicatorIds=1362d1.
80. Camarón de Honduras – ANDAH. <https://andah.hn/camaron-de-honduras/> (accessed 2022-02-17).
81. Exportaciones de Camarón Honduras – ANDAH. <https://andah.hn/exportaciones-de-camaron-honduras/> (accessed 2022-02-17).
82. Gracia, A.; Díaz, J. M. Libro Rojo de Los Invertebrados Marinos de Colombia: *Litopenaeus vannamei*; Bogota, 2002.
83. Valles-Jimenez, R.; Cruz, P.; Perez-Enriquez, R. Population Genetic Structure of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus Vannamei*) from Mexico to Panama: Microsatellite DNA Variation. *Mar. Biotechnol. (NY)*. 2004, 6, 475–484. <https://doi.org/10.1007/s10126-004-3138-6>.
84. Haws, M. C.; Boyd, C. E.; Green, B. W. Buenas Prácticas de Manejo En El Cultivo de Camarón En Honduras; 2001.
85. Dugassa, H.; Gaetan, D. Biology of White Leg Shrimp, *Penaeus vannamei*: Review; 2018.
86. Integración del Sector Acuícola de Honduras – ANDAH. <https://andah.hn/integracion-del-sector-acuicola-de-honduras/> (accessed 2022-02-27).
87. ANDAH, A. J. Exportación de Camarón En Honduras En Diferentes Presentaciones; Choluteca, 2022.
88. ANDAH, A. J. Producción de Camarón En Honduras; Choluteca, 2022.
89. Duan, S.; Zhang, Y. X.; Lu, T. T.; Cao, D. X.; Chen, J. D. Shrimp Waste Fermentation Using Symbiotic Lactic Acid Bacteria. In *Advanced Engineering Materials; Advanced Materials Research*; Trans Tech Publications Ltd, 2011; Vol. 194, pp 2156–2163. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.194-196.2156>.
90. Yan, N.; Chen, X. Don't Waste Seafood Waste: Turning Cast-off Shells into Nitrogen-Rich Chemicals Would Benefit Economies and the Environment. *Nature* 2015, 524, 155–157.
91. Fernandez, J. G.; Ingber, D. E. Manufacturing of Large-Scale Functional Objects Using Biodegradable Chitosan Bioplastic. *Macromol. Mater. Eng.* 2014, 299 (8), 932–938. <https://doi.org/10.1002/mame.201300426>.
92. Suryawanshi, N.; Eswari, J. S. Shrimp Shell Waste as a Potential Raw Material for Biorefinery—a Revisit. *Biomass Convers. Biorefinery* 2022, 12 (5), 1977–1984. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-01271-2>.
93. Shamshina, J. L.; Berton, P.; Rogers, R. D. Advances in Functional Chitin Materials: A Review. *ACS Sustain. Chem. Eng.* 2019, 7 (7), 6444–6457. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b06372>.
94. Jayakumar, R.; Menon, D.; Manzoor, K.; Nair, S. V.; Tamura, H. Biomedical Applications of Chitin and Chitosan Based Nanomaterials—A Short Review. *Carbohydr. Polym.* 2010, 82 (2), 227–232. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.04.074>.
95. Gómez-Estaca, J.; Alemán, A.; López-Caballero, M. E.; Baccan, G. C.; Montero, P.; Gómez-Guillén, M. C. Bioaccessibility and Antimicrobial Properties of a Shrimp Demineralization Extract Blended with Chitosan as Wrapping Material in Ready-to-Eat Raw Salmon. *Food Chem.* 2019, 276, 342–349. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.031>.
96. Mathew, G. M.; Mathew, D. C.; Sukumaran, R. K.; Sindhu, R.; Huang, C.-C.; Binod, P.; Sirohi, R.; Kim, S.-H.; Pandey, A. Sustainable and Eco-Friendly Strategies for Shrimp Shell Valorization. *Environ. Pollut.* 2020, 267, 115656. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115656>.
97. Gómez-Guillén, M. C.; Montero, P.; López-Caballero, M. E.; Baccan, G. C.; Gómez-Estaca, J. Bioactive and Technological Functionality of a Lipid Extract from Shrimp (*L. vannamei*) Cephalothorax. *LWT - Food Sci. Technol.* 2018, 89, 704–711. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.052>.
98. Zagalsky, P. F. [9] Invertebrate Carotenoproteins; 1985; Vol. 111. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(85\)11011-6](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(85)11011-6).
99. Kandra, P.; Challa, M. M.; Kalangi Padma Jyothi, H. Efficient Use of Shrimp Waste: Present and Future Trends. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2012, 93 (1), 17–29. <https://doi.org/10.1007/s00253-011-3651-2>.
100. De Holanda, H. D.; Netto, F. M. Recovery of Components from Shrimp (*Xiphopenaeus Kroyeri*) Processing Waste by Enzymatic Hydrolysis. *J. Food Sci.* 2006, 71 (5), 298–303. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00040.x>.
101. Guerin, M.; Huntley, M. E.; Olaizola, M. Haematococcus Astaxanthin: Applications for Human Health and Nutrition. *Trends Biotechnol.* 2003, 21 (5), 210–216. [https://doi.org/10.1016/S0167-7799\(03\)00078-7](https://doi.org/10.1016/S0167-7799(03)00078-7).
102. Kannan, S.; Garipey, Y.; Raghavan, G. S. V. Optimization and Characterization of Hydrochar Derived from Shrimp Waste. *Energy and Fuels* 2017, 31 (4), 4068–4077. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.7b00093>.
103. Galdámez Cáceres, A. Guía Técnica Del Cultivo Del Marafrón. 2004, 1 (503), 1–69.
104. Rico, R.; Bulló, M.; Salas-salvadó, J. Nutritional Composition of Raw Fresh Cashew (*Anacardium occidentale* L.) Kernels from Different Origin. *Food Sci. Nutr.* 2015, 329–338. <https://doi.org/10.1002/fsn3.294>.
105. Ministerio de Agricultura y Ganadería, M. Boletín Mercado de La Nuez de Marafrón. 2002, 1–20.

106. Oliveira, N. N.; Mothé, C. G.; Mothé, M. G.; de Oliveira, L. G. Cashew Nut and Cashew Apple: A Scientific and Technological Monitoring Worldwide Review. *J. Food Sci. Technol.* 2020, 57 (1), 12–21. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04051-7>.
107. Afanasjeva, N.; Castillo, L. C.; Sinisterra, J. C. Lignocellulosic Biomass. Part I: Biomass Transformation. *J. Sci. with Technol. Appl.* 2017, 3, 27–43. <https://doi.org/10.34294/jsta.17.3.22>.
108. Balachandran, V. S.; Jadhav, S. R.; Vemula, P. K.; John, G. Recent Advances in Cardanol Chemistry in a Nutshell: From a Nut to Nanomaterials. *Chem. Soc. Rev.* 2013, 42 (2), 427–438. <https://doi.org/10.1039/c2cs35344j>.
109. Sharma, P.; Gaur, V. K.; Sirohi, R.; Larroche, C.; Kim, S. H.; Pandey, A. Valorization of Cashew Nut Processing Residues for Industrial Applications. *Ind. Crops Prod.* 2020, 152 (January), 112550. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112550>.
110. Aplicano, V. H.; Rodríguez, M.; Gómez, D.; Domínguez, V. B. y J.-M. D. Análisis Rápido de La Cadena de Valor de Marañón En El Golfo de Fonseca, Honduras. *Swisscontact* 2014, 1–34.
111. Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras. Boletín de Perfil de Mercado Del Marañón y Sus Derivados. 2014, 1–25.
112. Casaca, Á. D.; Sierra, E.; Cruz, J.; Donaire, R. A.; Talavera, M. J.; Flores, S. Boletín Informativo: El Cultivo Del Marañón (*Anacardium occidentale*). 2005, 1–12.
113. Piedrahita, L. R.; Wiesner, L. V. A.; Chavarro, N. A. P. Propuesta de Aprovechamiento Integral de Marañón: Nuez, Pseudofruto y Subproductos. 2011.
114. Hu, F. B.; Manson, J. A. E.; Willett, W. C. Types of Dietary Fat and Risk of Coronary Heart Disease: A Critical Review. *J. Am. Coll. Nutr.* 2001, 20 (1), 5–19. <https://doi.org/10.1080/07315724.2001.10719008>.
115. Jakappa Pail, P. Indian Cashew Food. *Integr. Food, Nutr. Metab.* 2017, 4 (2), 1–5. <https://doi.org/10.15761/ifnm.1000173>.
116. Fatty Acid and Protein in Cashew Ut.Pdf.
117. Akinhanmi, T. F.; Atasié, V. N. Volume 2, Issue 1, 2008 Chemical Composition and Physicochemical Properties Of Cashew Nut. *J. Agric. Food Environ. Sci.* 2008, 2 (1), 1–10.
118. Oliveira, N. N.; Mothé, C. G.; Mothé, M. G.; de Oliveira, L. G. Cashew Nut and Cashew Apple: A Scientific and Technological Monitoring Worldwide Review. *J. Food Sci. Technol.* 2020, 57 (1), 12–21. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04051-7>.
119. Aremu, M. O.; Olonisakin, A.; Bako, D. A.; Madu, P. C. Compositional Studies and Physicochemical Characteristics of Cashew Nut (*Anacardium Occidentale*) Flour. *Pakistan J. Nutr.* 2006, 5 (4), 328–333. <https://doi.org/10.3923/pjn.2006.328.333>.
120. Griffin, L. E.; Dean, L. L. Nutrient Composition of Raw, Dry-Roasted, and Skin-On Cashew Nuts. *J. Food Res.* 2017, 6 (6), 13. <https://doi.org/10.5539/jfr.v6n6p13>.
121. Chávez, F.; Alas, J. R.; Rovira, M. D.; Ramos, E. H. Potencial de La Biomasa Como Fuente de Energía En La Zona de La Bahía de Jiquilisco; 2013.
122. Caillol, S. Cardanol: A Promising Building Block for Biobased Polymers and Additives. *Curr. Opin. Green Sustain. Chem.* 2018, 14, 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.05.002>.
123. Sánchez, L.; Chávez, J.; Ríos, L. A.; Cardona, S. M. Evaluación de Un Antioxidante Natural Extraído Del Marañón (*Anacardium occidentale* L.) Para Mejorar La Estabilidad Oxidativa Del Biodiesel de *Jatropha*. *Inf. Tecnológica* 2015, 26 (6), 19–30. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000600004>.
124. Koteich-Khatib, S.; Vivas, J.; Bahsas, A.; Rosales-Oballos, Y.; Bullón, J. Caracterización Por RMN y Actividad Antibacteriana de Los Componentes Del Aceite de La Semilla de Mery (*Anacardium Occidentale* L.). *Av. en Quim.* 2019, 14 (1), 31–40.
125. de Araujo, J. T. C.; Martin-Pastor, M.; Pérez, L.; Pinazo, A.; de Sousa, F. F. O. Development of Anacardic Acid-Loaded Zein Nanoparticles: Physical Chemical Characterization, Stability and Antimicrobial Improvement. *J. Mol. Liq.* 2021, 332. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.115808>.
126. Goulart da Silva, G.; de Oliveira Braga, L. E.; Souza de Oliveira, E. C.; Valério Tinti, S.; de Carvalho, J. E.; Goldoni Lazarini, J.; Rosalen, P. L.; Dionísio, A. P.; Tasca Gois Ruiz, A. L. Cashew Apple Byproduct: Gastroprotective Effects of Standardized Extract. *J. Ethnopharmacol.* 2021, 269 (December 2020). <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113744>.
127. Schultz, D. J.; Wickramasinghe, N. S.; Klinge, C. M. Chapter Six Anacardic Acid Biosynthesis and Bioactivity. *Recent Adv. Phytochem.* 2006, 40, 1–26.
128. Báez, R. H.; Jiménez, C. V.; Ubau, M. H.; Baudrit, J. V.; Química, E. De; Nacional, U.; Dengo, C. O.; Rica, C.; Nanotecnología, L. N. De; Conare, L. C.; José, S. Cardanol Revista Iberoamericana de Polímeros. 2019, 20 (6), 262–278.
129. Lafont, J. J.; Paéz, M. S.; Portacio, A. A. Extracción y Caracterización Fisicoquímica Del Aceite de La Semilla (*Almendra*) Del Marañón (*Anacardium Occidentale* L.). *Inf. Tecnológica* 2011, 22 (1), 51–58. <https://doi.org/10.4067/S0718-0764201100>.
130. Muthu Dineshkumar, R.; Meera Sheriffa Begum, K. M.; Ramanathan, A. Comprehensive Characterization of Cashew Nutshell for Biomass Gasification. *Mater. Today Proc.* 2019, 46 (xxxx), 9837–9843. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.932>.

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Frecuencia de valores críticos en un laboratorio de urgencias de un hospital del tercer nivel de atención de Tegucigalpa, Honduras

Frequency of critical values in an emergency laboratory of a tertiary care hospital in Tegucigalpa, Honduras

Heidy Cabrera-Cruz^{1,2*}, Selena Ramos³, Karolay Godoy¹, Milena Vanegas^{1,2}, Brenda Cerna⁴, Michelle Ochoa⁴, Delmy Castellón⁴, Kelly Marquez³ y Patricia Sánchez³

DOI: [10.21931/RB/2023.08.03.38](https://doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.38)

¹Departamento de Bioanálisis e Inmunología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Honduras.

²Instituto de Investigaciones en Microbiología, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Honduras.

³Servicio de Urgentes, Laboratorio Clínico, Hospital Escuela, Tegucigalpa, Honduras, Honduras.

⁴Internado Rotatorio de la Orientación Clínica, Carrera de Microbiología, UNAH, Honduras.

Corresponding author: heidy.cabrera@unah.edu.hn

Resumen: Un valor crítico de laboratorio se define como un resultado significativamente fuera del intervalo de referencia. Estos valores representan un riesgo crítico para la vida del paciente ya que pueden derivar a la modificación del manejo clínico y/o la terapia en más del 90% de los casos¹⁻³. La identificación y notificación oportuna de valores críticos de laboratorio es parte de los requisitos de calidad de la fase posanalítica y contribuye a la seguridad y manejo clínico adecuado del paciente. Los objetivos de este estudio fueron identificar y definir los valores críticos de las pruebas de laboratorio del Servicio de Urgentes del Laboratorio Clínico del Hospital Escuela de Tegucigalpa, Honduras, y determinar la frecuencia de valores críticos en las áreas de química sanguínea, electrolitos séricos, gases arteriales y hematología. Del total de pruebas disponibles en el Servicio de Urgentes, al menos 21 correspondieron a pruebas que presentan valores críticos y fueron incluidas en este estudio. En un intervalo de 3 meses, un total de 343,462 resultados de laboratorio fueron analizados; de los cuales, (n=9,057, 2.63%) correspondieron a resultados críticos. Los estudios de electrolitos (n=3659, 1.06%) y química sanguínea (n=3383, 0.98%) presentaron mayor frecuencia de valores críticos, en relación con el total de pruebas analizadas en el laboratorio. Los resultados obtenidos en este estudio evidencian que los valores críticos son resultados frecuentes en el laboratorio de urgencias, por tanto, establecer protocolos de notificación oportuna contribuirá a la mejora continua del manejo terapéutico, la seguridad y la disminución del riesgo del paciente.

Palabras clave: Valores críticos de laboratorio, valores alerta, laboratorio clínico.

Abstract: A critical laboratory value is a result significantly outside the reference range. These values represent a critical risk to the patient's life as they may lead to modification of clinical management and therapy in more than 90% of cases¹⁻³. Timely identification and reporting of critical laboratory values is part of the quality requirements of the post-analytical phase and contributes to the patient's safety and proper clinical management. The objectives of this study were to identify and define the critical values of laboratory tests in the Emergency Department of the Clinical Laboratory of the Hospital Escuela de Tegucigalpa, Honduras, and to determine the frequency of essential values in the areas of blood chemistry, serum electrolytes, arterial gases and hematology. Of the total number of tests available in the Emergency Department, at least 21 corresponded to tests with critical values and were included in this study. In a 3-month interval, 343,462 laboratory results were analyzed, of which (n=9,057, 2.63%) corresponded to critical results. Electrolytes (n=3659, 1.06%) and blood chemistry (n=3383, 0.98%) showed the highest frequency of critical values concerning the total number of tests analyzed in the laboratory. The results obtained in this study show that critical values are frequent results in the emergency laboratory; therefore, establishing timely reporting protocols will contribute to the continuous improvement of therapeutic management, safety and reduction of patient risk.

Key words: Critical laboratory values, alert values, clinical laboratory.

Introducción

El laboratorio de análisis clínicos es una organización en constante cambio, que innova y adapta procesos de acuerdo al avance de la ciencia, la tecnología y la seguridad del paciente. La calidad del servicio y gestión de cada uno de sus procesos desde la fase preanalítica, analítica y

posanalítica es parte de la misión organizacional para brindar al paciente resultados confiables y de utilidad para un tratamiento efectivo. Durante el proceso analítico y posanalítico, la identificación y comunicación de un valor crítico son algunas de las actividades más importantes asociadas

Citation: Cabrera-Cruz H, Ramos S, Godoy K, Vanegas M, Cerna B, Ochoa M, Castellón D, Marquez K y Sánchez P. Frecuencia de valores críticos en un laboratorio de urgencias de un hospital del tercer nivel de atención de Tegucigalpa, Honduras. *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 38. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.38>

Received: 20 June 2023 / **Accepted:** 25 August 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



a la seguridad del paciente, ya que se trata de un resultado de laboratorio que representa un estado fisiopatológico anormal, asociado a niveles fuera de los intervalos de referencia que reflejan un riesgo para el paciente y que requiere una intervención médica inmediata^{3,4}.

La gestión de los resultados críticos de laboratorio forma parte de los requisitos de la fase posanalítica documentados en las principales normas técnicas internacionales de laboratorio clínico, como ISO 15189:2022⁵, sin embargo, no existe un consenso acerca de los procedimientos para la implementación de la gestión y notificación de valores críticos. Las normas y comités de expertos indican que los procedimientos deben ser adaptados a las necesidades y recursos del laboratorio clínico donde se implementan. Para esto, se deben definir las pruebas que presentan valores críticos basados en la naturaleza del laboratorio, evidencia científica y frecuencia de resultados críticos⁶⁻¹¹.

Los objetivos de este estudio fueron identificar las pruebas que presentan resultados críticos en el Servicio de Urgentes del Laboratorio Clínico del Hospital Escuela de Tegucigalpa, Honduras, y establecer la frecuencia de valores críticos obtenidos durante los meses del junio a agosto del 2019. Este estudio provee información importante para la identificación y gestión de resultados críticos en el laboratorio, que permiten complementar protocolos de seguridad del paciente y calidad asistencial y laboratorial. Cobrando un significativo interés el estudio de la fermentación de brasicáceas debido a su alto consumo en distintas regiones del mundo y el alto valor nutritivo que poseen¹⁵. Estos vegetales son ricos en carbohidratos, fibras, vitaminas y minerales. Además, su capacidad antioxidante tiene influencia positiva en la lucha contra patologías humanas tales como enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes, etc⁴. Las brasicáceas son cultivadas con relativa facilidad gracias a su adaptación a diferentes climas y calidad de suelos y, en algunos países constituyen la base de su alimentación¹⁵.

El objetivo de este trabajo fue determinar la evolución del contenido de ácido fítico, fósforo y hierro soluble durante la fermentación espontánea de repollo chino (*Brassica rapa L. ssp. glabra*, Regel) y el repollo blanco (*B. oleracea L. ssp. capitata*, (L) Metz) cultivados en el Valle Inferior del Río Chubut (Patagonia, Argentina).

Materiales y métodos

La identificación y el establecimiento de los rangos o límites críticos de las pruebas se establecieron a partir de la revisión de la literatura, considerando recomendaciones de organizaciones y normativas de laboratorio clínico como la Federación Internacional de Química Clínica (IFCC, por sus siglas en inglés), el Colegio Americano de Patólogos (CAP), *Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations* (JCAHO), Norma ISO 15189:2012 de la Organización Internacional de Normalización, y paneles de expertos, entre otros^{2,3,7,8,12-14}.

Para determinar la frecuencia de valores críticos en el servicio de urgentes, se realizó un estudio retrospectivo descriptivo. Brevemente, los resultados de laboratorio obtenidos entre los meses de junio y agosto del 2019 se analizaron en el sistema informático del laboratorio, se recolectaron y registraron en una base de datos de Microsoft Excel, y se determinaron las frecuencias absolutas y relativas de cada una de las pruebas que presentaron resultados críticos. Finalmente los resultados obtenidos fueron

organizados de acuerdo a las pruebas y área de laboratorio, respecto al total de pruebas realizadas en el laboratorio durante los 3 meses en estudio.

Resultados y discusión

Fue realizada una revisión de la literatura científica que considerase normativas, opiniones y recomendaciones de expertos temáticos, investigadores y entidades científicas internacionales para la selección de las pruebas críticas a estudiar a partir del catálogo de las pruebas disponibles en el Servicio de Urgentes, y así definir los límites críticos de las mismas. El listado de valores críticos se muestra en la Tabla 1.

La identificación de las pruebas críticas y el establecimiento de los rangos es el primer paso en la implementación de la gestión y notificación de los valores críticos en el laboratorio; para esto, deben ser considerados diferentes factores como las especialidades médicas que envían solicitudes de análisis, el tipo de población que se atiende, la prevalencia de enfermedades y condiciones clínicas de los pacientes y las características propias del laboratorio clínico y del centro asistencial¹⁵.

Un estudio realizado por el CAP a 125 instituciones clínicas aplicó una encuesta en la que el 95% de los médicos que participaron en la investigación declararon que la notificación de valores críticos por parte del laboratorio es de utilidad en la gestión y atención del paciente. El 75% de los médicos participantes en ese estudio agregaba los resultados al expediente y dos tercios de los resultados críticos provocaron cambios en la terapia para el paciente¹³. En consecuencia, es imprescindible que el laboratorio cuente con un listado de valores críticos y un algoritmo para que el personal del laboratorio proceda con la notificación cuando se presenten estos resultados^{6,13}.

En un intervalo de 3 meses, un total de 343,462 resultados de laboratorio fueron analizados en las áreas de química sanguínea (n=154,087), electrolitos séricos (n=81,058), hematología (n=66,834), gases arteriales (n=27,607) y coagulación (n=13,876), encontrándose una frecuencia de 9,057 (2.63%) de valores críticos. Diversos autores refieren que las frecuencias de valores críticos en los laboratorios oscilan entre 0,05% y 1%^{4,13}, sin embargo, las frecuencias de valores críticos son variables ya que dependen de múltiples factores como el tipo de población atendida, la diversidad de análisis disponibles y el área o servicio de atención. Por ello, en un servicio de urgencias médicas, puede observarse con mayor frecuencia en comparación con un servicio de consulta externa^{9,15,16}.

Al analizar los resultados críticos en relación al área de laboratorio, se obtuvieron mayores frecuencias en las áreas de electrolitos séricos (n=3,659, 4.54%), gases arteriales (n=733, 2.66%) y química sanguínea (n=3,383, 2.20%); mientras que las áreas de hematología y coagulación obtuvieron frecuencias de n=1,164, 1.74% y n=118, 0.85% respectivamente (ver la figura 1).

Los valores críticos se obtuvieron a partir de 21 pruebas de distintas áreas de análisis en el laboratorio. Las determinaciones de calcio (0.33%), creatinina (0.31%), potasio (0.28%), sodio (0.27%) y glucosa (0.21%) mostraron mayor frecuencia de valores críticos respecto al total de pruebas analizadas durante los meses establecidos (ver figura 2).

Las frecuencias de valores críticos observados en este estudio dejan ver la importancia de la identificación y notifi-

Área	Abreviatura	Pruebas con valores críticos	Valor Crítico			Observaciones
			Límite bajo	Límite alto	Unidades	
Química sanguínea	ALB	Albúmina	<1.5		g/dL	Asociado a mal pronóstico en pacientes críticos
	ALT	Alanino aminotransferasa		>1000	U/L	Hepatopatía y falla hepática
	AMY	Amilasa		>2000	U/L	Pancreatitis aguda
	AST	Aspartato aminotransferasa		>2000	U/L	Hepatopatía y falla hepática
	CK I	Creatina quinasa		>1000	UI/L	Daño en órganos
	CRE	Creatinina		>7.4	mg/dL	Falla renal
	TBI	Bilirrubina total		>15	mg/dL	Síndrome hepatobiliar
	GLU	Glucosa	<45	>450	mg/dL	Disminuido en síntomas neurológicos de hipoglucemia / aumentado en coma diabético o cetoacidosis diabética
	GLU	Glucosa en recién nacidos	<30	>300	mg/dL	Disminuido asociado a estresores neonatales / aumentado usualmente iatrogénico
	LIPL	Lipasa		>700	UI/L	Sospecha de pancreatitis
Electrolitos	CA	Calcio total	<6.5	>14	mg/dL	Disminuido riesgo de tetania / aumentado riesgo de coma
	CL	Cloro	<75	>125	mmol/L	Representa peligro de muerte
	K	Potasio	<2.6	>7.7	mmol/L	Falla cardíaca
	Na	Sodio	<120	>160	mmol	Representa peligro de muerte
	PHOS	Fósforo	<1	>9	mg/dL	Disminuido manifestaciones neurológicas / aumentado en enfermedad renal
Gases arteriales	pH arterial	Potencial de Hidrógeno	<7.2	>7.6		Representan peligro de muerte
	pCO ₂ arterial	Presión parcial de CO ₂	<20	>70	mmHg	Representan peligro de muerte
	pO ₂ arterial	Presión parcial de O ₂	<40		mmHg	Representan peligro de muerte
Hemograma	WBC	Leucocitos totales	< 2,000	> 50,000	Leucocitos / μ L	<1,000 μ L sospecha de aplasia medular, mieloptisis / >50,000 μ L sospecha de leucemia
	HGB	Hemoglobina	<7	>20	g/dL	Disminuido en riesgo de choque, fallo cardíaco / aumentado en síndrome de hiperviscosidad
	HCT	Hematocrito	<20	>60	%	Disminuido en falla cardíaca / aumentado en síndrome de hiperviscosidad
	HCT RN	Hematocrito en recién nacidos	<30	>70	%	Disminuido en anemia neonatal, aumentado en policitemia neonatal
	PLT	Plaquetas	< 20,000	> 1,000,000	Plaquetas/ μ L	Disminuido en riesgo de sangrado / aumentado en riesgo de trombosis
	%LUC	% de blastos		>20%	%	Leucemias agudas
Coagulación	PTT	Tiempo parcial de tromboplastina activada		>75	Segundos	Riesgo de hemorragia
	FBG	Fibrinógeno	<0.8	>8	g/L	Disminuido en riesgo de hemorragia / aumentado en riesgo de trombosis
	DD	Dímero D		>5	μ g/mL	Riesgo trombótico
Toxicología	VAL	Ácido valproico	<1.5	>6.8	μ g/dL	Disminuido en subdosificación / aumentado en intoxicación.
	CBP	Carbamazepina		>20	μ g/dL	Intoxicación
	DIG	Digoxina		>2	ng/mL	Intoxicación
	ETA	Etanol		>250	mg/dL	Coma, peligro de muerte
	FNT	Fenitoína		>30	μ g/mL	Intoxicación
	FNB	Fenobarbital		>60	μ g/mL	Intoxicación
	LIT	Litio		>2	mEq/L	Intoxicación
	SAL	Salicilato		>50	mg/dL	Intoxicación
TAC	Tacrolimus		>40	ng/mL	Intoxicación	

Tabla 1. Listado de valores críticos de laboratorio.

cación oportuna de estos resultados. Las pruebas asociadas al metabolismo básico como glucosa, creatinina, calcio, sodio y potasio, proveen información clínica clave sobre el estado metabólico del paciente y deben de reconocerse como pruebas potencialmente críticas, especialmente en un laboratorio de urgencias.

A pesar de que los protocolos establecidos por los estándares internacionales para la ejecución correcta de la notificación de los valores críticos se han catalogado como heterogéneos, varios autores coinciden en que cada institución debe identificar las vías de comunicación que aseguren la notificación eficiente de estos resultados, así como el

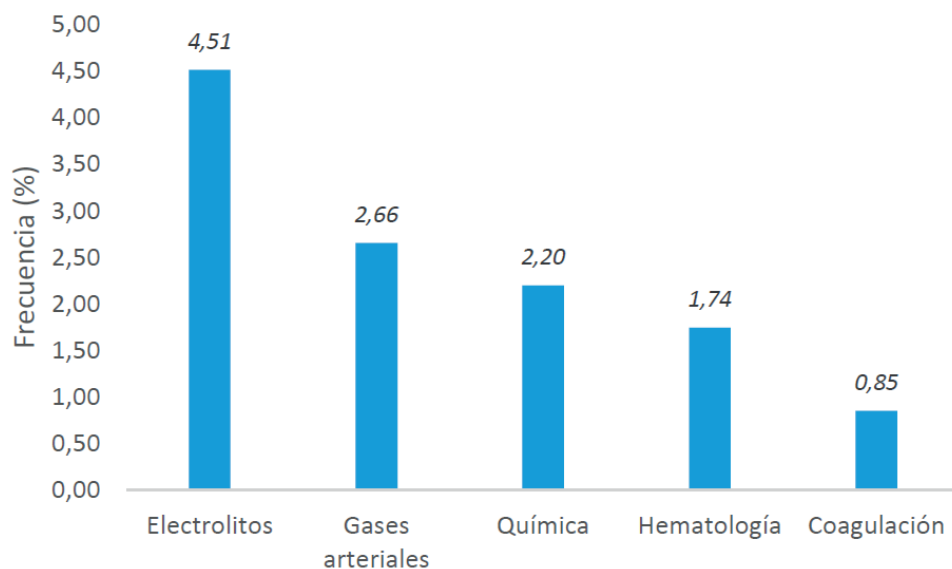
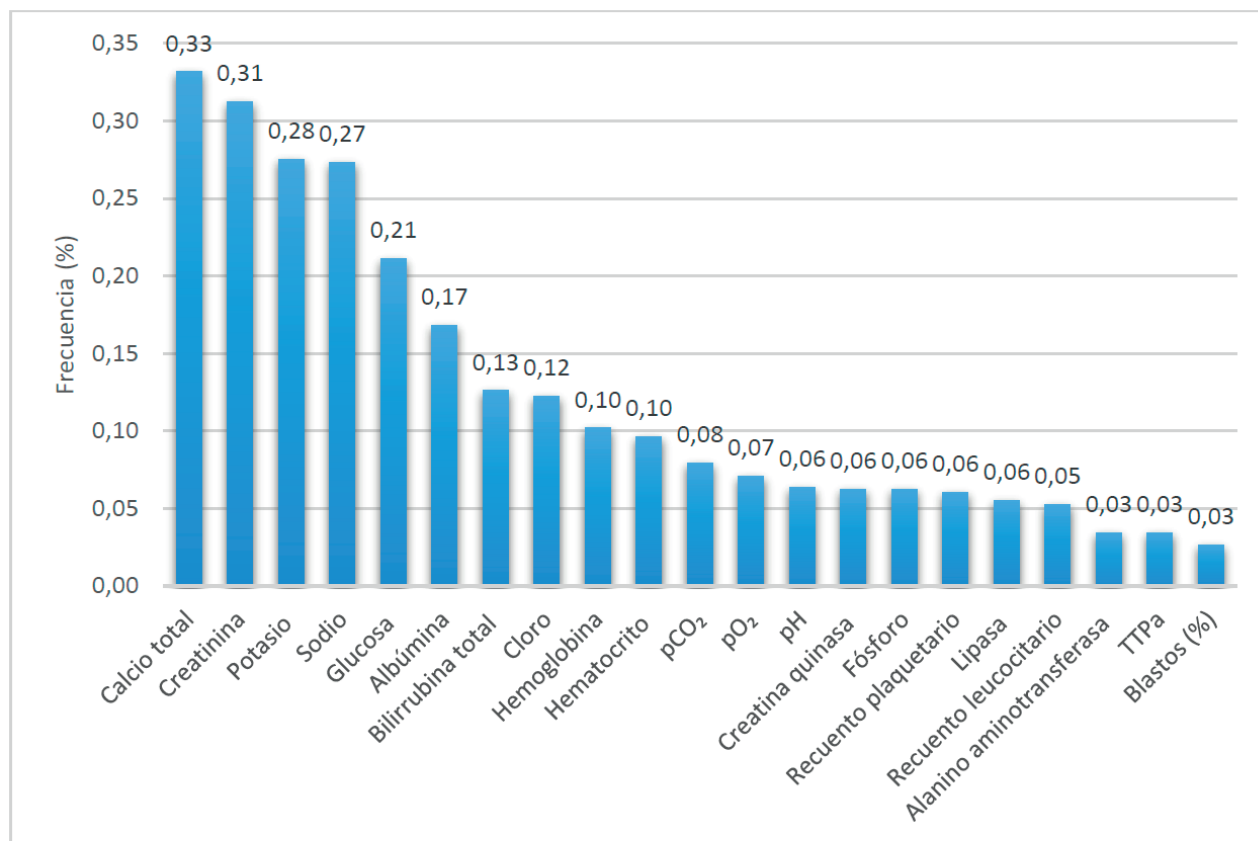


Figura 1. Frecuencia de valores críticos en relación al área de laboratorio.



pCO₂: presión parcial de dióxido de carbono. pO₂: presión parcial de oxígeno; pH: potencial de hidrógeno; TTPa: tiempo de tromboplastina parcial activado.

Figura 2. Frecuencia de análisis que presentaron valores críticos en el Servicio de Urgentes del Hospital Escuela.

tiempo de notificación, identificar quién y a quién se realizará la comunicación y mediante qué vía se hará la misma ^{2,3,7,12,15}. Estos son algunos de los requisitos mínimos con los que debe contar un laboratorio para garantizar la seguridad del paciente, disminuir los riesgos críticos y además, cumplir con los indicadores de calidad.

Para la comunicación efectiva de valores críticos es necesario incluir procesos para asegurar la transmisión correcta de la información; para ello se puede implementar el procedimiento documentado y un registro de los reportes que incluya la fecha y hora, responsables de aviso, de la recepción del mensaje y la reconfirmación de los valores

notificados para lo cual será necesario que el receptor escriba y repita el mensaje recibido en forma de confirmación y así, evitar la pérdida de información. Para que este procedimiento sea efectivo es importante que el personal involucrado disponga de los conocimientos de los protocolos en mención. Durante la implementación, pueden presentarse desafíos importantes como la trazabilidad de la información del paciente, disponibilidad de historial clínico o de resultados previos para la toma de decisiones, acceso a la información y vías de comunicación con los servicios clínicos, comunicación efectiva con los pacientes ambulatorios; la caracterización y abordaje de estas limitantes brindará

oportunidades de mejora para la gestión de la información del paciente y la creación de redes de comunicación con los servicios clínicos asistenciales.

Finalmente, en términos de cumplimiento de requisitos de calidad de la fase posanalítica, los registros de notificación de valores críticos permiten elaborar indicadores de calidad, para demostrar el cumplimiento de elementos de la normativa de calidad vigente^{3,7,8,13,14}.

Conclusiones

Los resultados de este estudio mostraron un 2.63% de frecuencia de valores críticos en un laboratorio de urgencias hospitalario y se presentaron principalmente en pruebas que reflejan el estado básico metabólico del paciente. La importancia de la caracterización de las pruebas con valores críticos de laboratorio y conocer su frecuencia, permite el diseño e implementación de protocolos de identificación y notificación oportuna de resultados críticos de acuerdo a características particulares del laboratorio. Por otro lado, además de la notificación por parte del laboratorio, estas acciones se deben integrar con protocolos de actuación por parte del servicio clínico para asegurar que tengan un efecto sobre el manejo y la seguridad del paciente.

Los resultados de las pruebas del laboratorio respaldan la toma de decisiones en más del 70% de las decisiones terapéuticas¹⁷, por lo tanto, es importante que el laboratorio ejerza su papel activo, provea resultados confiables y comunicación constante en forma clara, precisa y oportuna.

Contribuciones de los autores

HC y MV conceptualizaron y diseñaron el estudio. HC, SR, BC, MO, DC, KM y PS recolectaron los datos y realizaron el análisis estadístico. HC, MV, KG y SR analizaron los resultados. HC, SR, MV y KG redactaron el manuscrito. Todos los autores participaron en la revisión y aprobación del manuscrito.

Financiamiento

Este proyecto no requirió financiamiento externo.

Agradecimientos

Los autores agradecen las gestiones para la ejecución de la Expolab 2019 a las doctoras Blanca Hernández, Olin-da Núñez y Grazia Ferrera.

Conflictos de Interés

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

1. Lam, Q., Ajzner, E., Campbell, C. A. & Young, A. Critical risk results – an update on international initiatives. *Journal of the International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* 27, 66–76 (2016).
2. Lippi, G. & Mattiuzzi, C. Critical laboratory values communication: summary recommendations from available guidelines. *Ann Transl Med* 4, 400–400 (2016).
3. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). GP47 Management of critical and significant risk results. (2015).
4. Campuzano Maya, G. Valores críticos en el laboratorio clínico: de la teoría a la práctica Critical values in the clinical laboratory: from theory to practice. *Medicina & Laboratorio* vol. 17 (2011).
5. Organización Internacional de Normalización (ISO). Laboratorios clínicos — Requisitos para la calidad y la competencia. (2022).
6. López Pelayo, I., Sánchez-Agosta Ortega, R., Montilla López, C. & Jiménez Marín Índice, A. Recomendaciones para elaborar un procedimiento de comunicación de valores críticos.
7. Campbell, C. A. & Horvath, A. R. Harmonization of critical result management in laboratory medicine. *Clinica Chimica Acta* 432, 135–147 (2014).
8. Working group laboratory errors and patient safety model & of quality of the International Federation of Clinical Chemistry (IFCC) and Laboratory Medicine. Laboratory errors and patient safety; The model of quality indicators: Outcome Measures. http://217.148.121.44/MqiWeb/Page_QualityIndicators.jsf (2017).
9. Keng, T. B. et al. Standardization of haematology critical results management in adults: an International Council for Standardization in Haematology, ICSH, survey and recommendations. *Int J Lab Hematol* 38, 457–471 (2016).
10. Fei, Y. et al. National survey on current situation of critical value reporting in 973 laboratories in China. *Biochem Med (Zagreb)* 27, 27–38 (2017).
11. Llopis Díaz, M. A. et al. Comunicación de valores críticos: resultados de una encuesta realizada por la comisión de la calidad extraanalítica de la SEQC. *Revista del Laboratorio Clínico* 3, 177–182 (2010).
12. Campbell, C. A., Georgiou, A., Westbrook, J. I. & Horvath, A. R. What alert thresholds should be used to identify critical risk results: A systematic review of the evidence. *Clin Chem* 62, 1445–1457 (2016).
13. Wagar, E. A., Friedberg, R. C., Souers, R. & Stankovic, A. K. Critical Values Comparison, a College of American Pathologists Q-Probes Survey of 163 Clinical Laboratories. *Arch Pathol Lab Med* vol. 131 (2007).
14. The Joint Commission. National patient safety goals effective July 2020 for the hospital program. (2020).
15. Torres, D. de O. C. et al. Implementation, validation and review of a critical values list in a cardiac emergency room. *J Bras Patol Med Lab* 50, 332–338 (2014).
16. Lothar Thomas. Critical limits of laboratory results for urgent clinician notification. *The Journal of the International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* 14, 1–8 (2002).
17. Guzmán D, A. M. et al. Aviso de valores de alerta por parte del laboratorio clínico en una red de salud universitaria. *Rev Med Chil* 137, 1137–1144 (2009).

ARTICLE / INVESTIGACIÓN

Synthesis and characterization of seed-based Carbon Black Agglomerates: Application as sorbent material using a novel microextraction technique for dexamethasone in urine sample determination

E.M. Ordoñez López¹, Y.N. Baca García², F.A. Ordoñez Trochez², K.A. Barahona Montes², F.A. Rodríguez Rivas¹, H.D. Ponce-Rodríguez^{2*}

DOI. 10.21931/RB/2023.08.03.39

¹ Departamento de Química, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras.² Departamento de Control Químico, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras.Corresponding author: henry.ponce@unah.edu.hn

Abstract: The growing development of Nanotechnology has allowed the synthesis and characterization of nanomaterials with peculiar physicochemical properties. These nanomaterials have been applied in various scientific and industrial sectors. The present study established the synthesis of carbon black agglomerates (CBA) from waste vegetal materials as a source of renewable raw materials using a simple, fast, and effective procedure. Once this nanostructured material was obtained, several analytical techniques were applied to establish its main characteristics, including X-ray diffraction, Fourier transform infrared spectroscopy, Brunauer–Emmett–Teller (BET) theory analysis, and SEM imaging. The results of this characterization have made it possible to establish that these materials have properties that make them suitable for application as extracting sorbents in microextraction sample treatment techniques under the green analytical chemistry approach. In this study, we applied Pipette-tip SPE microextraction for pharmaceutical compound extraction studies, preparing extraction devices with less than five milligrams of the sorbent. The results showed high extraction percentages for compounds such as paracetamol, caffeine, diazepam, and dexamethasone. Finally, an application example of the last compound is presented, developing a procedure for its determination in urine samples by high-performance liquid chromatography with diode array detection (HPLC-DAD) chromatographic analysis with high merit figures in terms of simplicity, high extraction efficiency, and environmental friendliness.

Key words: Carbon black, nanostructured material, olive seed, microextraction, biological samples.

Introduction

In recent years, the application of nanotechnology in various fields of science has increased exponentially, with the study of the structures of matter on a scale of a billionth of a meter. According to the European Commission Recommendation 2022/C229/01, a 'nanomaterial' is a natural, incidental, or manufactured material consisting of solid particles that are present, either on their own or as identifiable constituent particles in aggregates or agglomerates, and where 50% or more of these particles in the number-based size distribution fulfill at least one of the following conditions: (a) the external dimensions of the particle are in the size range 1 nm to 100 nm; (b) the particle has an elongated shape, such as a rod, fiber, or tube, where two external dimensions are smaller than 1 nm and the other dimension is more significant than 100 nm; and (c) the particle has a plate-like shape, where one external dimension is smaller than 1 nm and the other dimensions are more significant than 100 nm¹. Nanoparticles (NPs) are small molecular aggregates with an interfacial layer surrounding a diameter of one to 100 nanometers². The small size of NPs makes them possess unusual properties compared with bulk materials, which is why they have been used in many applications such as disease treatment, biomedical instrumentation, drug and gene delivery, nanosensors, and biomarkers.

Among the many NPs, the most used are Metallic NPs³, Quantum Dots(QDs)⁴, Carbon-based NMs (C-NMs)⁵, and Silica-based NMs⁶.

Carbon black nanoparticles (CBN) are a fine powder of manufactured amorphous material, almost elemental Carbon, in spherical particles and their agglomerates and agglomerations. The incomplete and oxygen-reduced combustion of biomass residues⁷ obtains these nanoparticles. Certain fundamental properties of Carbon black include particle size, structure, porosity, surface activity, and physical form. Thus, CB's molecular adsorption largely depends on its surface area, high microporosity, and material source. In addition, CBN is cheaper than other carbon materials such as carbon nanotubes and graphene, which has allowed it to be widely applied as sorbent material^{8,9} and for the development of low-cost electrochemical sensors^{10,11}. The main difference between CB and black Carbon (elemental Carbon) is the lower content of extractable organic and inorganic compounds (less than 1%)¹².

Moreover, both have physical-chemical differences because the latter is generated as an incomplete combustion by-product, with carbon content in its structure lower than 50%¹³. Since the production process for the synthesis of CBNs directly affects their properties and performance, it

Citation: Ordoñez López E M; Baca García Y N; Ordoñez Trochez F A; Barahona Montes K A; Rodríguez Rivas F A; Ponce-Rodríguez H D. Synthesis and characterization of seed-based Carbon Black Agglomerates: Application as sorbent material using a novel microextraction technique for dexamethasone in urine sample determination, *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 39. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.39>

Received: 20 June 2023 / **Accepted:** 25 August 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



should be noted that there are three main processes, from those of incomplete combustion, such as thermal oxidative decomposition that includes furnace black, lampblack, and channel black¹⁴. On the other hand, the thermal decomposition process in the absence of oxygen, including thermal black and acetylene black, and finally, the plasma process, represents the most environmentally friendly method¹⁵. The average size of the CB particles ranges from 3.0 to 100 nm. The formation of aggregate nanostructures, which are semispherical groups, is one of the characteristics of CB. Moreover, these large aggregate groups can form agglomerates¹⁶.

In recent years, essential issues within green chemistry have involved reducing waste generation and its treatment and the recovery of waste that promotes the use of renewable raw materials. Plaza et al. mentioned that biomass residues, mostly from agricultural activities, have been widely used as feedstock to produce activated carbon¹⁷. A study has shown that the residual biomass of olive groves and the olive oil industry is an accessible feedstock for obtaining activated carbon¹⁸. Likewise, a successful strategy to prepare added-value porous carbons from banana peel waste (BPW) as a biomass precursor was reported by Luna-Lama et al.¹⁹. More recently, Lian et al. reported using rice straw to prepare CB nanoparticles for phenanthrene sorption studies²⁰. The physical-chemical characterization of carbon black nanoparticles obtained from biomass uses different approaches, including structural, chemical, and textural characterization. Determining morphology allows the characterization of particle core sizes and shapes; therefore, image techniques such as transmission electron microscopy (TEM) and scanning electron microscopy (SEM) have been applied. Other key parameters for assessing the structural modification, functionalization, and applicability of CBA are structural information, crystallinity, and graphite content. Several analytical techniques have been documented in the literature, including Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), thermogravimetric analysis (TGA), Raman spectroscopy, X-ray diffraction (XRD), and photoelectronic X-ray Spectroscopy (XPS) for this purpose²¹⁻²³. Despite the benefits of the abovementioned techniques, none simultaneously provide particle size characterization with size-dependent separation and quantification. In that line, asymmetrical flow field-flow fractionation (AF4) provides information to evaluate the presence or absence of several NP distributions according to particle properties such as size, composition, or electrophoretic mobility^{24,25}.

Developing new microextracción techniques has involved an essential topic in green analytical chemistry, many of which have been developed on a miniaturized scale. In this sense, applying new and better sorbent materials represents an important research topic for improving the efficiency and tuning extraction selectivity^{26,27}. A new variant of the traditional solid-phase extraction (SPE) technique is called "Pipettips SPE (PT-SPE)," which is a miniaturized format of SPE that facilitates automated systems using available tools in many laboratories²⁸. In this technique, the pipette tip carries the sorbent material and has a fine slit at its bottom, allowing the liquid phase to pass. In contrast, the chromatographic material remains in the tip. The main green characteristics of PT-SPE involve reducing the sorbent amount, which contributes to reducing the amount of organic solvents used, lowering costs, and performing Eco-Friendly extraction²⁹. Dexamethasone sodium phosphate, a glucocorticoid derivative of hydrocortisone, is a synthetic version

of a natural hormone produced in the adrenal glands³⁰. This molecule has potent anti-inflammatory activity and is widely used to treat inflammatory conditions, allergic reactions, shock, lymphoma, and diseases associated with adrenal cortex insufficiency. Once administered, dexamethasone is rapidly absorbed, and up to 65% of the dose is excreted in the urine within 24h³¹. The analytical methodologies used for dexamethasone determination in biological samples include GC-MS, although a derivatization step is required³². Therefore, liquid chromatography with UV or MS detection is most commonly applied^{33,34}. Regarding sample treatment techniques, the literature reports the application of solid-phase extraction³⁵, pressurized liquid extraction (PLE)³⁶, and dispersive liquid-liquid microextraction based on solidifying floating organic drop (DLLME-SFO)³⁷.

In this context, our study presents the synthesis of CB agglomerates of vegetal origin using olive stone by-products from the olive oil industry as a raw material. Characterization studies involve various analytical techniques, such as X-ray diffraction, IR spectroscopy, BET, and SEM. For the second stage, CBA is applied as a sorbent material to develop a new variation of the PT-SPE microextraction technique, with figures of merit in terms of the amount of sorbent used, reduced use of solvents, easy automation, high reproducibility, and adequate precision, in line with the principles of green analytical chemistry. Finally, the proposed methodology is applied to adsorption studies of several pharmaceutical compounds with diverse physicochemical properties, including paracetamol, caffeine, lidocaine, diazepam, losartan, valsartan, irbesartan, atorvastatin, and dexamethasone. Concerning the latter compound, its determination in human urine samples is presented as a practical application.

Materials and methods

Chemicals and solutions

All reagents used were of analytical grade. Formic acid, sulfuric acid, MnAc₂·4H₂O, LiAc·1/3H₂O, zinc chloride, polyethylene glycol, and potassium bromide (FTIR grade) were purchased from Merck (Darmstadt, HE, Germany). JT Baker (Radnor, PA, USA) supplied HPLC-grade methanol and acetonitrile. Type I ultrapure water obtained with purifying equipment from Thermo Scientific model Barnstead MicroPure ST (Waltham, MA, USA) was used in the experiments. Paracetamol, caffeine, lidocaine, diazepam, dexamethasone, losartan, valsartan, irbesartan, and atorvastatin standards were purchased from Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA). Individual stock solutions of each compound were prepared at a concentration of one mg/mL by dissolving the exact mass of each compound in methanol. Working solutions of the analyses and their mixtures were prepared by diluting the stock solutions with the appropriate solvent. All solutions were stored at 4°C until use.

Instruments and analytical conditions

The XRD patterns of the synthesized agglomerates were recorded in a Siemens D5000 diffractometer controlled by a DifraccPlus Basic 4.0 computer system equipped with a graphite monochromator for the diffracted beam and a proportional-type detector. The type of radiation used was CuK α ($\lambda_1=1.5418 \text{ \AA}$ and $\lambda_2=1.54439 \text{ \AA}$), and the recording conditions were 40 kV and 30 mA in the modality by step

of 3° and 80° (2θ). The step width was 0.02° (2θ), and the recording time was 0.6 s per step.

The IR spectra were obtained using a Perkin-Elmer Spectrum One Fourier transform infrared spectrophotometer connected to a computer with suitable software for data processing. The scan was performed at intervals between 4500 and 400 cm^{-1} . The spectrum obtained is the average of forty records that allow improvement of the signal/noise ratio, with a nominal resolution of four cm^{-1} . To analyze the agglomerates, tablets with an approximate thickness of 13 mm were prepared and pressed at adequate pressure from a homogeneous mixture formed by 1% of the sample in KBr of analytical quality for FTIR. In the recording of the sample, the background produced by the KBr was subtracted, subtracting from the spectrum of the sample the spectrum produced by a pure tablet of said salt.

The SEM images were obtained using a JEOL JSM 6300 scanning electron microscope, consisting of a secondary electron detector that provides topographic images of the sample's surface previously dehydrated and covered by a thin metal layer. The Autosorb-iQ-MP/MP-XR device obtained surface area data, automatically providing isotherms. Using ASiQwin software, the BET method was applied to the isotherms to obtain the specific surface values of the samples. Likewise, the program calculates the pore distribution from the adsorption and desorption branches. Previously, the samples were subjected to degassing to eliminate all adsorbed water. This treatment was performed at 110°C , and its duration depended on the sample's surface.

For the development of the adsorption studies and analysis of the urine samples, the following equipment was used: a centrifuge for 50 mL capacity tubes (LW Scientific brand, model C5; Lawrenceville, GA, USA), an ultrasonic bath (BransonTM brand, model C5, CPX2800; Ferguson, MO, USA). A mechanical stirrer from KoolLab, model KSV-VM-1000 (Miami, FL, USA), and a vacuum pump from Millipore, model WP6111560 (Burlington, MA, USA). Standards, reagents, and CBA were weighed on an OHAUS Explorer Pro model analytical balance (Parsippany, NJ, USA). The extraction procedure was performed in an Agilent Technologies (Santa Clara, CA, USA) solid-phase extraction chamber. For the spectroscopic studies, a double-beam spectrophotometer, Shimadzu model UV-1800 (Nakagyo-ku, Kyoto, Japan), was equipped with a deuterium lamp and a tungsten filament lamp. Quartz cells with an optical path length of 10 mm were used for the measurements. Acquisition and data treatment were performed using UVprobe software version 2.7 (Shimadzu).

The chromatographic studies were performed in a Shimadzu liquid chromatograph Prominence model (Nakagyo-ku, Kyoto, Japan) equipped with a DGU-20A5 degasser, SIL-20A automatic injector, CTO-A20 column oven, and LC20-model pump. AT, CMB-20Alite control system, and SPD-M20A diode array detector. EZstart software version 7.4 (Shimadzu) was used for the acquisition and data system. A 15-cm C18 XDB column with an internal diameter of 4.6 mm and a particle size of $5\text{ }\mu\text{m}$ from Agilent (Santa Clara, CA, USA) was used for the chromatographic separation. The mobile phase consists of a mixture of water (A) and acetonitrile (B) (85:15, v/v) in gradient elution mode: 15% B at 0 min, held for 4 min, and 70% at 5 min. Subsequently, this percentage was maintained for 3 min and decreased to 15% after 3 min. Finally, the initial conditions were obtained in 2 min with a stabilization stage of 2 min. The total analysis time was 19 min, and the dexamethasone signal appeared

at 12 min. The flow rate of the mobile phase was 1 mL/min, with an injection volume of 25 μL for the standard and sample solutions. The analyses were performed at room temperature. The maximum absorption of the dexamethasone signal was recorded at 240 nm.

Carbon Black Agglomerate Synthesis

The synthesis of carbon black agglomerates was performed according to a procedure previously reported by Caballero *et al.*³⁸ with some modifications related to the time of the final stage of heating at 800°C for three and a half hours. After the isolation of the solid residues, the olive pits were cleaned and dried in a rotary oven at 200°C , followed by carbonization at 700°C and activation under steam. The material was then ground to a fine black powder and dried at 120°C . After treatment with dilute H_2SO_4 and washing with abundant distilled water, the material was impregnated with an activating agent solution consisting of an aqueous solution of ZnCl_2 for 7 h. The impregnation ratio was 1 g ZnCl_2 / 4 g initial material. Subsequently, the product was filtered, washed, dried, and heated to 500°C at $10^\circ\text{C}/\text{min}$ in a dynamic N_2 atmosphere at a 100 mL/min flow rate. The final temperature was maintained for 2 h. Finally, the solid was allowed to cool to room temperature in the oven under a nitrogen atmosphere. Spinel was obtained by mechanical activation of $\text{Mn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ and $\text{Li}(\text{CH}_3\text{COO}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ in the presence of polyethylene glycol polymer (PEG-400) for 1 h to adapt the size and shape of the particles. Further heating at 800°C for three and a half hours produced a pure spinel with amorphous agglomerates with a pore size of 2 nm.

Carbon Black Agglomerates Characterization

The characterization of CBA was performed using X-ray diffraction (XRD), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), Brunauer, Emmett, and Teller (BET) theory, and scanning electron microscopy (SEM). The instrumental conditions are detailed in the section Instruments and Analytical Conditions. The obtained results are displayed in the Results section.

PT-SPE device preparation and microextraction procedure

Before optimizing the microextraction procedure, pipette-tip SPE devices were prepared. For this purpose, a small piece of 20 μm porosity polyethylene (PE) frit (Merck, Darmstadt, HE, Germany) was placed at the bottom of a 1 mL capacity pipette tip. This type of fruit is usually used to prepare homemade SPE cartridges and allows the solvent to pass through while the sorbent material remains in the tip. Subsequently, the amount of CBA was weighed on an analytical balance and placed inside the pipette tip to close the upper part of the tip with paraffin paper. Table S1 of the Supplementary Material shows the weights obtained in preparing PT-SPE. In Figure 1.A, the preparation of the pipette tips is schematized, while in Figure 1.B, a photograph of the CBA is shown. The typical steps involved in the SPE process include activation, conditioning, loading, cleaning, and elution. In the first, 200 μL of methanol is added to activate the surface of the agglomerates. At the same time, in the conditioning, it is sought to pass a solvent with characteristics similar to that of the sample, which is why 200 μL of water is added. At the loading stage, 4 mL of blank solutions, standard solutions, and urine samples were passed through the pipette tip. The urine sample was obtained from a heal-

thy volunteer. Then, a cleaning step is required to eliminate the impurities and interferences without eluting the analyte; 100 μL of methanol is added. Finally, 500 μL of acetonitrile was added and collected in an HPLC vial for chromatographic separation to achieve the analyte's elution. All these operations were performed under a vacuum.

Results

Characterization of Carbon Black Agglomerates

X-ray diffraction: In this stage, the diffractogram of the carbon black agglomerates is observed to determine the structure of the sample. The gap in Figure 2A shows the very amorphous structure characteristic of this type of compound because it does not have a marked crystalline structure. It is possible to appreciate two broad peaks of low intensity at twenty-five and 43 degrees (2θ) corresponding to the planes (002) and (100) of the Carbon in its graphite phase.

Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR): The ac-

tivity of Carbon generally depends on the functional groups in the graphemic sheets. The infrared spectrum (Figure 2.B) is characteristic of this type of compound, with a band observed at 2929 cm^{-1} corresponding to some vibrations C-H 1651 cm^{-1} corresponding to vibrations C=C oleophilic, while the skeletal ones in aromatic rings cause the appearance of bands around 1510 and 1425 cm^{-1} . In addition, some small vibrations around 100 and 500 cm^{-1} attributable to Zn vibrations are observed.

BET: According to the BET analysis, a high surface area of the activated Carbon of $587\text{ M}^2/\text{g}$ is presented due to the microporous nature of the material, confirmed by the small pore size of 2.27 nm , which confirms the presence of micro/mesoporous structure. The nitrogen adsorption-desorption isotherm in Figure 3 shows, according to the BDDT classification, that the form of adsorption is mixed, type I (typical of microporous system) and type IV at relative pressures higher than 0.6 in the desorption branch, which is also indicative of mesoporous systems. The data are summarized in Figure 2.C.

SEM: The SEM images of the carbon black agglomer-

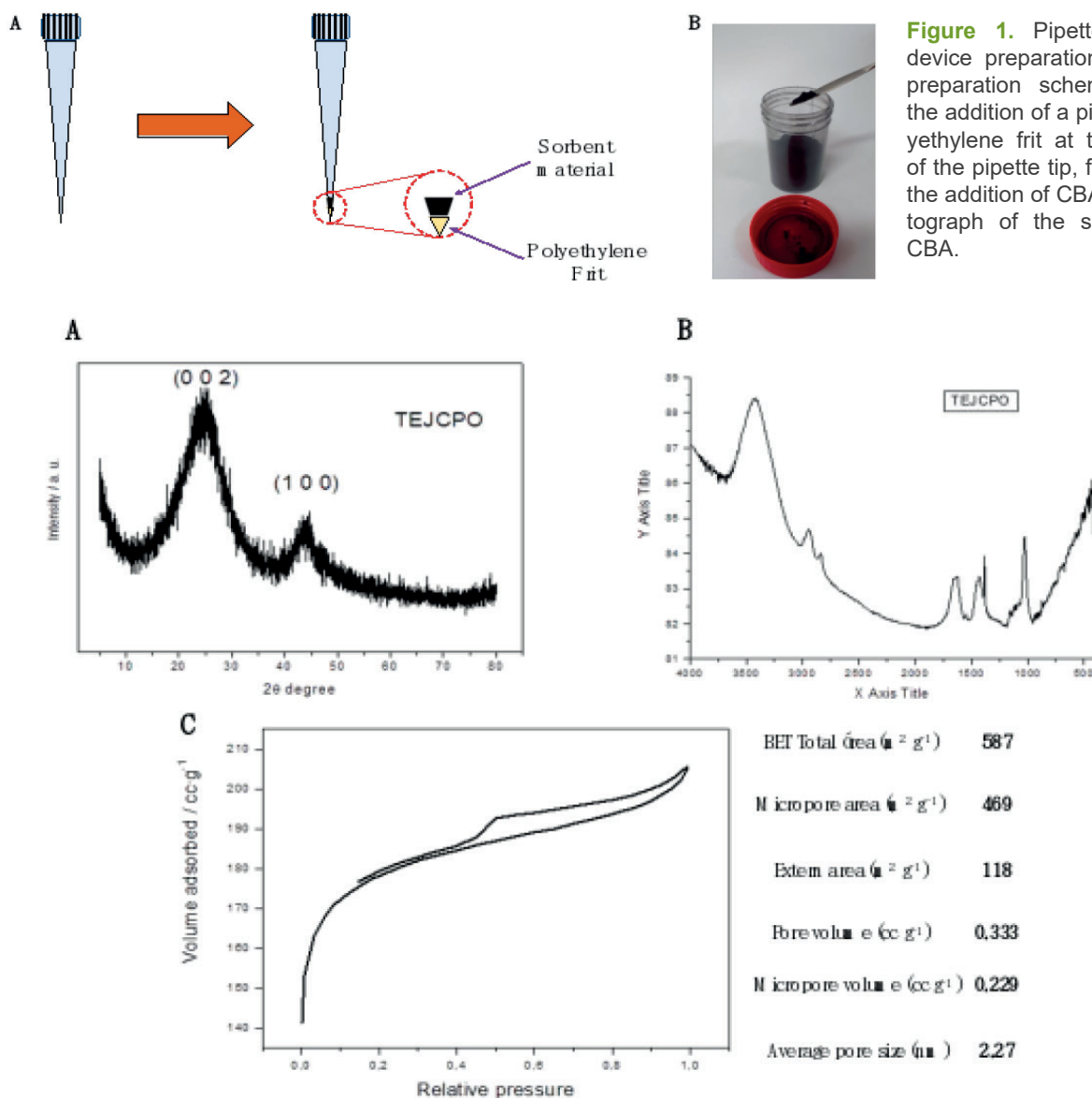


Figure 2. Characterization data of carbon black agglomerates (A) X-ray diffractogram (B) IR spectrum (C) N₂ adsorption-desorption curve and BET analysis data.

Figure 1. Pipette-tip SPE device preparation. (A) The preparation scheme shows the addition of a piece of polyethylene frit at the bottom of the pipette tip, followed by the addition of CBA. (B) Photograph of the synthesized CBA.

rates exhibit a porous structure of a predominantly microporous character, which results in a high surface area and allows it to possess important characteristics when used as a sorbent material. Consequently, the results of characterization tests reinforce that CBA can be applicable as a sorbent material in microextraction techniques. Figure 3 shows the SEM images of the synthesized CBA.

Extraction studies

Extraction studies were conducted using solutions of all nine compounds at concentrations of 0.01 mg/mL, except lidocaine at 0.17 mg/mL, prepared in ultrapure water. The first test evaluated if the extraction percentage was affected by the amount of agglomerates used, for which PT-SPE devices with one and 5mg of CBA were prepared. For this, two aliquots of 1 mL of the dexamethasone solution were passed through two extraction devices, one containing 1 mg and the other containing 5 mg of sorbent material. Each aliquot was collected and diluted with 2 mL of water to obtain the absorption spectrum and corresponding absorbance values. A third aliquot of equal volume was diluted with 2 mL of water and measured directly into the spectrophotometer. Figure 4. A shows the absorption spectra obtained, observing that the unextracted solution (black) presents a higher absorbance signal, whereas the solution extracted with 5 mg (red) presents the lowest signal. Finally, the dexamethasone dilution extracted with 1 mg of CBA (green) had an intermediate signal. This test was repeated with the lidocaine solution (Figure 4. B), showing the same behavior as that for dexamethasone. From the absorption spectra results, it is possible to establish that extraction with 5 mg of CBA increases the background signal, which may cause a high matrix effect from the carbon black agglomerates when this quantity is used. According to these results, it was possible to verify that the greater the amount of sorbent material, the greater the percentage of extraction of the compounds. The extraction procedure was performed for all the compounds in triplicate using TP-SPE with 5 mg of sorbent material, and the extraction percentages were calculated, which are summarized in the graph of Figure 4. C.

High extraction values were found for acetaminophen, caffeine, diazepam, and dexamethasone (above 70%), whereas the other compounds presented values lower than

41%, with lidocaine having the lowest percentage (less than 24%). Consistent with the Log Kow data shown in Figure S1 of the Supplementary Material, this behavior does not depend on the molecule's polarity because high-polarity compounds such as caffeine and paracetamol are highly retained in the agglomerates. Conversely, low-polarity molecules such as valsartan and atorvastatin are poorly retained in the sorbent material. In any case, it is possible to establish that, as expected, the CBA does not interact through ionic bonds with the molecules. Instead, it achieves retention of the analyses because of their high porosity, as established in characterization studies.

Optimization of PT-SPE parameters

Before optimizing the different TP-SPE extraction parameters, chromatographic separation was achieved using the procedure reported by Huang *et al.*³⁷ With some modifications and obtaining the chromatographic signal of dexamethasone before 12 min. The compound was determined by comparing the resulting absorption spectrum with the theoretical absorption spectrum of dexamethasone. The dexamethasone standard was identified using IRTF (Figure S2 of supplementary material). Based on the results of the extraction studies, initial tests were performed using 5 mg of BCNs in the pipette tip. For activation, 200 μ L of methanol and 200 μ L of water were added as the conditioning solvent. To reach the detection limits reported in the literature for dexamethasone in urine, we used 4 mL of the solutions in the loading stage.

Four parameters of the extraction process were optimized: the elution solvent, acidification of the solutions, salting-out effect, and cleaning solvent. Table 1 summarizes the optimized parameters and variables. All tests were performed using standard solutions and fortified urine samples at 200 ng/mL concentration. Two elution solvents, acetonitrile and methanol, were tested. Because the former exhibits a higher elution strength, a more significant signal intensity of the analyte was obtained in the extraction of standard solutions prepared in ultrapure water. The volume of acetonitrile necessary to elute the analyst was established at 500 μ L; however, elution can be performed using 200 μ L to lower the detection limits. Two extractions were performed to evaluate the effect of acidifying the solutions on the extraction

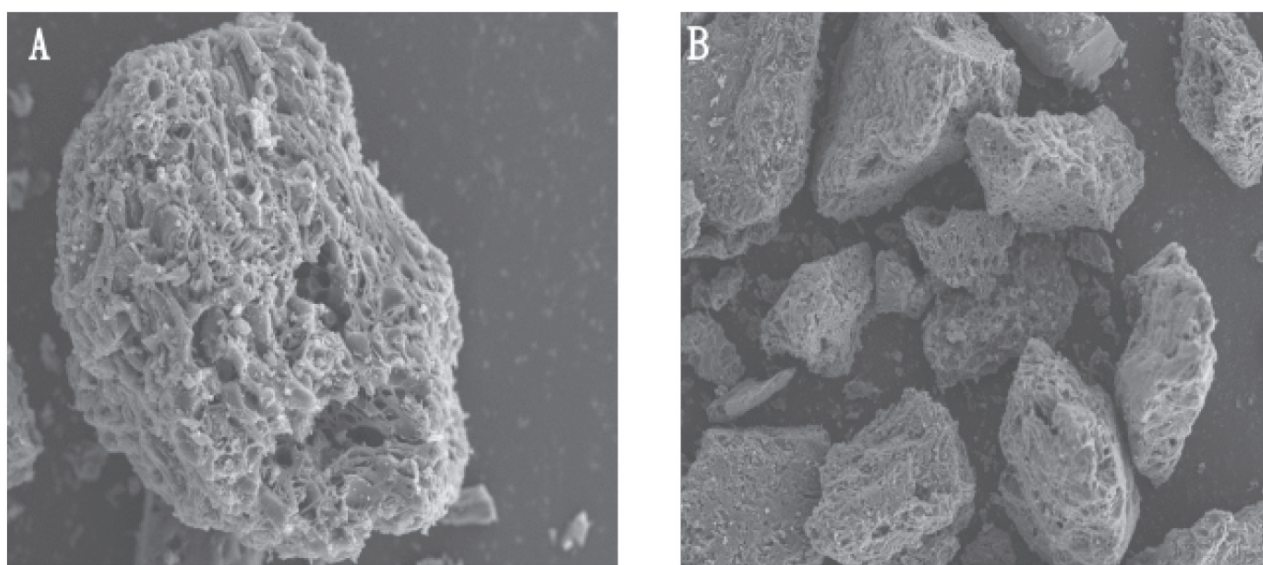


Figure 3. SEM images of carbon black agglomerates. Scale bar A: 200 μ m; Scale bar B: 600 μ m.

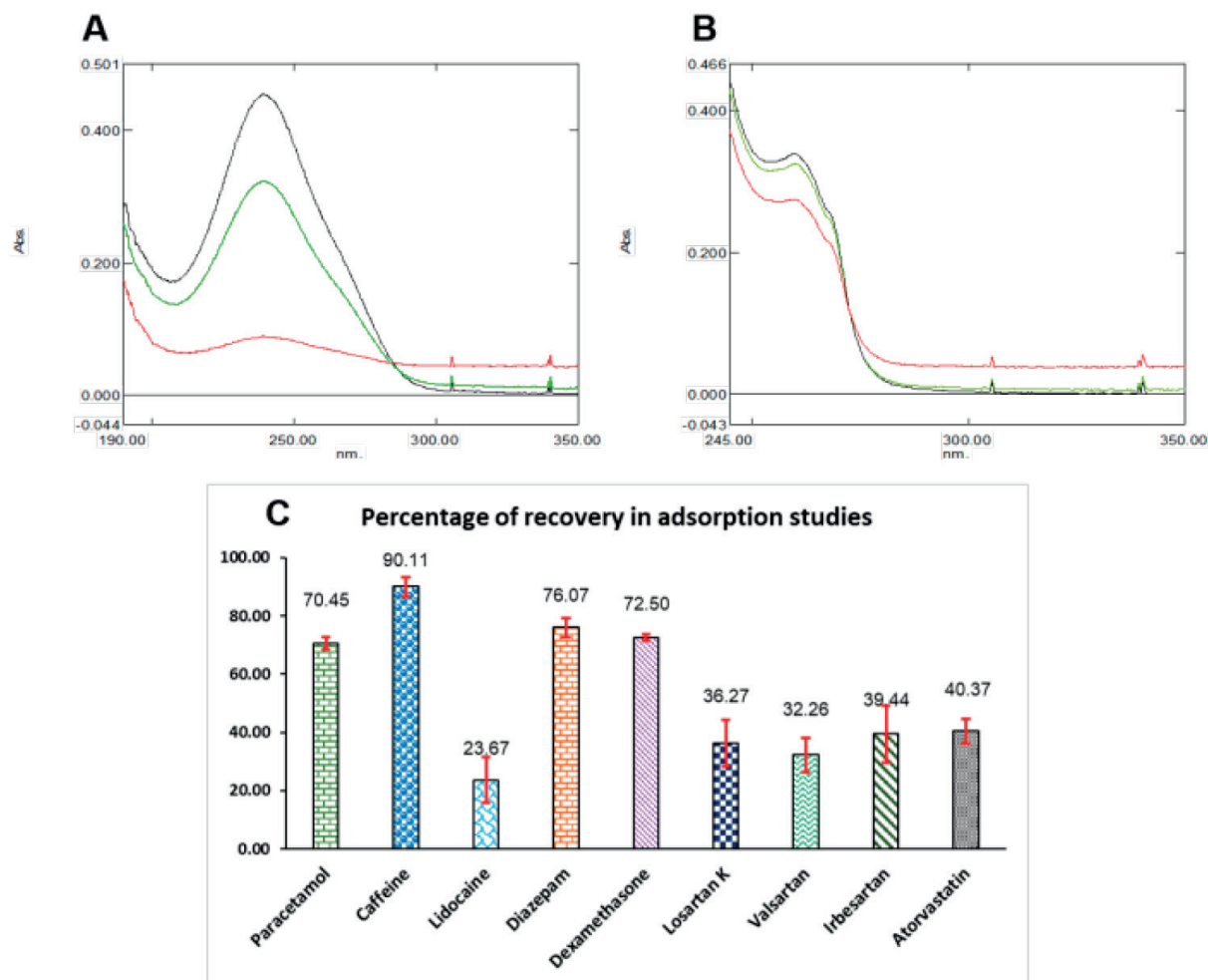


Figure 4. Extraction studies results. (A) Extraction of dexamethasone: unextracted solution (black) extracted with 5mg CBA (red) and extracted with 1mg CBA (green). (B) Extraction of lidocaine: unextracted solution (black), extracted with 5mg CBA (red), and extracted with 1mg CBA (green). (C) Percentage of recovery for all nine compounds, red bars mean SD (n=3). For other experimental details, see the text.

efficiency, one without acidification and the other adding 25 μ L of formic acid. The signals obtained from both solutions did not show significant differences. This behavior may be because dexamethasone has a pKa value equal to 1.83, with extraction being favored at neutral or slightly acidic pH values. Finally, it was decided to apply the procedure without acidifying the solutions.

The addition of sodium chloride to modify the ionic strength of the sample was evaluated in the same way as acidification, i.e., a solution was prepared without adding the saturated sodium chloride solution (37% w/v). In contrast, 200 μ L of the saturated solution was added to a second solution. No significant differences were observed in

the signals of both solutions; therefore, we decided not to modify the ionic strength. The last parameter evaluated was the solvent used in the cleaning stage, seeking to use a solvent capable of eliminating most of the interferences retained in the agglomerates without involving the loss of the analyte. Usually, for this purpose, it is adequate to use a solvent with low elution strength, such as methanol or water. These solvents were tested, performing two extractions on a urine sample fortified with dexamethasone, each with 100mL of each solvent. The chromatograms showed lower impurities and interferences when methanol was used without decreasing the analyte signal. Therefore, it was established that the extraction procedure should be performed

Factors	Units	Evaluated values	
		Value 1	Value 2
Elution solvent	Type	Acetonitrile	Methanol
Acidification of the solution	Yes/No	No	Yes
Ionic strength	Yes/No	No	Yes
cleaning solvent	Yes/No	Methanol	Water

Table 1. Factors and values evaluated for the optimization of TP-SPE extraction. Bold values represent optimized values.

using methanol as the cleaning solvent. Figure 5 shows the scheme for the microextraction process with optimized parameters and variables.

When the extraction procedure for the standard solution and fortified urine sample solution was applied, an increase in the dexamethasone signal was observed compared with the standard solution without extraction. This behavior can be attributed to the phenomenon of absorption by the agglomerates. Therefore, the extraction efficiency was determined by comparing the signal of the fortified urine solution with that of the extracted standard solution. Under these conditions, an extraction percentage greater than 151% ($n=2$) was estimated. Figure 6 shows representative chromatograms for the standard solution at 200 ng/mL (A), the urine sample fortified to the same concentration (B), and the urine blank (C). The absorption spectra of the chromatographic peaks confirm the selectivity of the proposed method.

Based on this result, it is possible to establish the presence of a matrix effect produced by the impurities in the sample that are retained in the agglomerate sorbent. Although a cleaning step was included in the extraction procedure, more was needed to avoid these effects. Finally, a visual comparison of the absorption spectra obtained in the chromatographic separation with the corresponding absorption spectrum obtained in the UV-Vis spectrophotometer during the extraction studies verifies the co-elution of interferences in the microextraction procedure. Standard addition calibration is best in this scenario when the proposed procedure is applied to determine dexamethasone levels in urine samples.

Discussion

In this work, it was possible to obtain carbon black agglomerates based on vegetal material, thereby promoting waste recovery and using renewable raw materials, which are part of the principles of green chemistry. The synthesis

process enabled the production of amorphous agglomerates with a pore size of 2 nm and adequate physical characteristics. Thus, it is possible to establish that the process was highly effective, with minimum steps and low consumption of reagents. Several analytical techniques were applied to characterize the obtained agglomerates to establish their properties. The diffractogram obtained through X-ray diffraction showed that the agglomerates had a highly amorphous structure, which is characteristic of this type of compound because it does not have a marked crystalline structure. In the case of studies conducted through FTIR, characteristic bands were observed at 2929 cm^{-1} corresponding to some vibrations C-H, and 1651 cm^{-1} corresponding to vibrations C=C olephalic. Likewise, signals around 1510 and 1425 cm^{-1} are assigned to the skeletal ones in aromatic rings. All of these bands are attributes of graphemic sheets in the CBA. The results of the BET analysis were auspicious for using carbon black agglomerates as sorbent material because a high surface area was observed due to the material's microporous nature. This was confirmed by the small pore size of 2.27 nm; therefore, it is concluded that the obtained material presents a micro/mesoporous structure. The SEM images of the material confirmed these findings.

Once the main characteristics of the obtained sorbent material were established, we focused on applying these agglomerates as sorbent materials for microextraction techniques based on the green analytical chemistry approach, with PT-SPE being selected. The extraction devices were made so that the least agglomerates were necessary to achieve the extraction. In this sense, tips with one and 5 mg were prepared, which allowed not only to reduce the amount of sorbent but also the cost of solvents necessary in the SPE procedure. During the preparation, an effort was made to ensure that the amount of sorbent had the least possible variation to obtain reproducible results during the analysis. The extraction percentages of the aqueous solutions of the studied compounds showed promising results for compounds such as paracetamol, caffeine, diazepam,

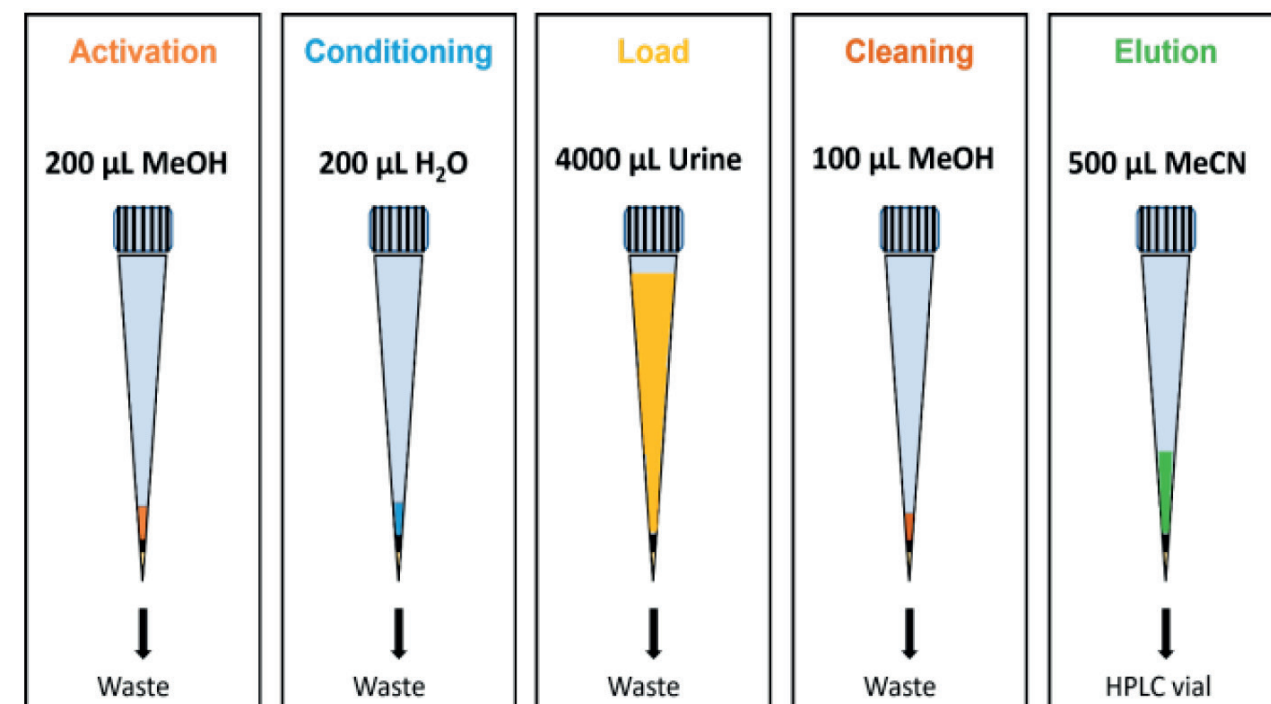


Figure 5. Schematic of the optimized microextraction procedure. For other experimental details, see the text.

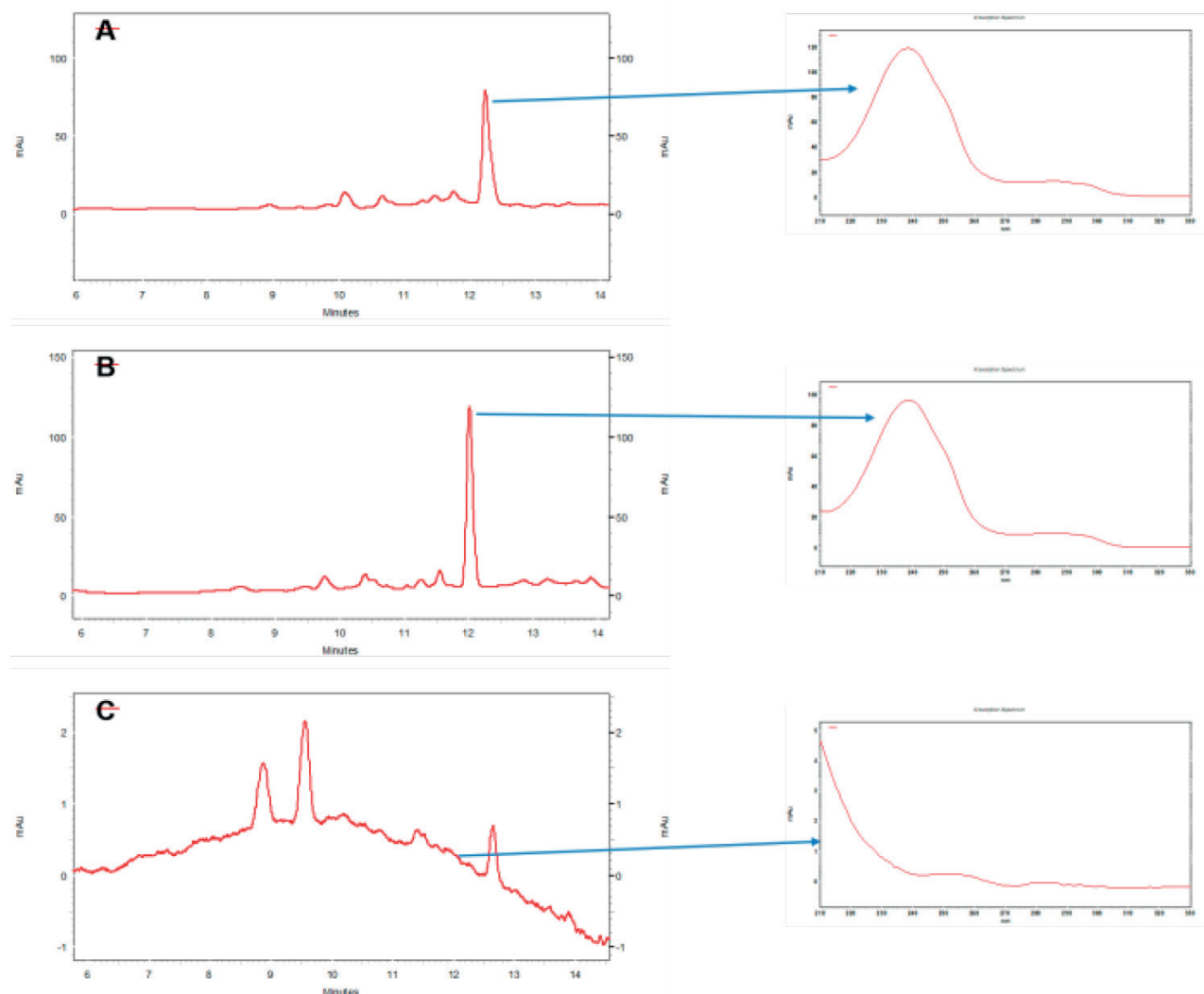


Figure 6. Representative chromatograms for the analysis of: (A) standard solution at 200 ng/mL; (B) urine sample fortified at 200 ng/mL; (C) urine blank. The absorption spectra of each chromatographic peak are shown.

and dexamethasone, with percentages more significant than 70% and, in the particular case of caffeine, up to 90%. Because of these results, our group is currently working on a study on the extraction of caffeine from energy drinks. Regarding molecules with low extraction percentages, variables such as modification of the ionic strength, solution pH, or sorbent amount could be studied to increase efficiency. Despite the promissory results, the drawback of the background signal caused by the matrix effect from the carbon black agglomerates could be a significant issue when actual samples, such as environmental or biological samples, are analyzed by the proposed procedure because these matrices have much interference.

In the last part of this study, PT-SPE was applied using CBA as a sorbent to extract dexamethasone in urine. For this, identification and quantification of the molecule were performed using HPLC-DAD. The chromatographic conditions made it possible to obtain the dexamethasone signal after 12 min, thus avoiding the co-elution of the interferences and impurities in the urine samples. Adequate linearity was obtained in the concentration range of five to 200 ng/mL of dexamethasone, for which it was necessary to inject up to 25 μ L of the standard solutions. The compound was identified through the retention time and comparison of the corresponding absorption spectra. Different parameters of the microextraction procedure were optimized to obtain a

high extraction efficiency. The application of PT-SPE demonstrated essential advantages from the viewpoint of green analytical chemistry, including low solvent consumption, automated process, high preconcentration factor, and reduced amount of agglomerate sorbent. This analytical methodology can help conduct pharmacokinetic or forensic studies where it is necessary to determine the concentrations of dexamethasone in urine. Although the high retention of the dexamethasone molecule in the CBA was satisfactory, the high matrix effect must be resolved when applying the proposed methodology. In the authors' opinion, a single-point standard addition calibration may be satisfactory for achieving the correct quantification of the analyte.

Applying carbon black agglomerates proved satisfactory for retaining pharmaceutical compounds in aqueous matrices. According to the authors, this is the first study to report the use of this type of sorbent material of vegetable origin. Developing new analytical methodologies based on the green analytical chemistry approach is possible because of its application as a sorbent material in different microextraction techniques. Our group is currently synthesizing and characterizing nanostructured materials using tamarind seeds, which have a much higher porosity and can yield promising results.

Conclusions

The synthesis of carbon black agglomerates obtained from olive stone by-products of the olive oil industry was satisfactory by applying a fast, easy, and efficient procedure. Through this procedure, we obtained a material that presents specific suitable properties for its application as an extracting sorbent in various analytical matrices after being characterized by various analytical techniques. In the second stage of this study, PT-SPE was used as a novel microextraction technique for extracting pharmaceutical molecules with various chemical properties. The results were highly satisfactory for compounds such as paracetamol, caffeine, diazepam, and dexamethasone, with extraction percentages above 70%. Finally, the microextraction procedure was applied to analyze dexamethasone in urine by HPLC-DAD. The PT-SPE microextraction procedure proved straightforward, using only 5 mg of carbon black agglomerates and small amounts of solvents (≈ 1 mL). Using a vacuum extraction chamber allows the process to be automated, performing up to twenty extractions in less than 5 min.

Author Contributions

CConceptualization, FARR and HDPR; methodology, FARR and HDPR; software, EMOL; YNBG; FAOT; KABM; FARR and HDPR; validation, EMOL; YNBG; FAOT; KABM; FARR and HDPR; formal analysis, EMOL; YNBG; FAOT; KABM; FARR and HDPR; investigation, EMOL; YNBG; FAOT; KABM; FARR and HDPR; resources, EMOL; YNBG; FAOT; KABM; FARR and HDPR; data curation, EMOL; YNBG; FAOT; KABM; FARR and HDPR; writing—original draft preparation, EMOL; YNBG; FAOT; KABM; FARR and HDPR; writing—review and editing, EMOL; YNBG; FAOT; KABM; FARR and HDPR; visualization, EMOL; YNBG; FAOT; KABM; FARR and HDPR; supervision, FARR and HDPR; project administration, FARR and HDPR; funding acquisition, FARR and HDPR All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding

This research received no external funding.

Acknowledgments

The authors appreciate the collaboration of Professor Alvaro Caballero Amores from the Department of Inorganic Chemistry and Chemical Engineering of the University of Cordoba for facilitating the carbon black agglomerates.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

Bibliographic references

1. European Commission, Official Journal of the European Union L, 20.10.2011, 2011, 275, 38.
2. Fasih Khalid, M.; Iqbal Khan, R.; Zaid Jawaid, M.; Shafiqat, W.; Hussain, S.; Ahmed, T.; Rizwan, M.; Ercisli, S.; Lelia Pop, O.; Alina Marc, R.; Nanoparticles: The Plant Saviour under Abiotic Stresses. *Nanomaterials*, 2022, 12, 395. <https://doi.org/10.3390/nano12213915>
3. Shah, M.M.; Ahmad, K.; Ahmad, B.; Shah, S.M.; Masood, H.; Ramzan Siddique, MA; Ahmad, R. Recent trends in green synthesis of silver, gold, and zinc oxide nanoparticles and their application in nanosciences and toxicity: a review. *Nanomaterials*, 2022, 12, 395. <https://doi.org/10.1007/s41204-022-00287-5>
4. Innocenzi, P.; Stagi, L.; Carbon dots as oxidant-antioxidant nanomaterials, understanding the structure-properties relationship. A critical review. *Nano Today* 2023, 50, 101837 <https://doi.org/10.1016/j.nantod.2023.101837>
5. Kumar Verma, S.; Kumar Das, A.; Gantait, Y.; Panwar, Y.; Kumar, V.; Brestic, M.; Green synthesis of carbon-based nanomaterials and their applications in various sectors: a topical review. *Carbon Letters*, 2022, 32:365–393 <https://doi.org/10.1007/s42823-021-00294-7>
6. Nayl, A. A.; Abd-Elhamid, A. I.; Alyc, A.A.; Bråse, S.; Recent progress in the applications of silica-based nanoparticles. *RSC Adv.*, 2022, 12, 13706. <https://doi.org/10.1039/D2RA01587K>
7. Yee, M.J.; Mubarak, N.M.; Abdullah, E.C.; Khalid, M.; Walvekar, R.; Karri, R.R.; Nizamuddin, S.; Numan, A.; Carbon nanomaterials based films for strain sensing application—A review, *Nanostructures and Nano-Objects.*, 2019, 18 <https://doi.org/10.1016/j.nanoso.2019.100312>.
8. Zheng, H.; Ding, J.; Zheng, S.; Yu, O.; Yuan, B.; Feng, Y.; Magnetic "one-step" quick, easy, cheap, effective, rugged and safe method for the fast determination of pesticide residues in freshly squeezed juice, *Journal of Chromatography A*, 2015, 1398, 1–10 <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2015.04.021>
9. Andrade-Guel, M.; Reyes-Rodríguez, P.Y.; Cabello-Alvarado, C.J.; Cadenas-Pliego, G.; Ávila-Orta, C.A.; Influence of Modified Carbon Black on Nylon six Nonwoven Fabric and Performance as Adsorbent Material. *Nanomaterials* 2022, 12, 4247. <https://doi.org/10.3390/nano12234247>.
10. Messaoud, N.B.; Lahcen, A.A.; Dridi, C.; Amine, A.; Ultrasound assisted magnetic imprinted polymer combined sensor based on Carbon black and gold nanoparticles for selective and sensitive electrochemical detection of Bisphenol A. *Sensors & Actuators: B. Chemical* , 2018, 276, 304–312. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2018.08.092>
11. Pereira Silva, L.; Almeida Silva, T.; Cruz Moraes, F.; Fatibello-Filho, O.; Carbon black-chitosan film-based electrochemical sensor for losartan. *Journal of Solid State Electrochemistry* , 2020, 24:1827–1834 <https://doi.org/10.1007/s10008-020-04541-1>
12. Sanjuan-Navarro, L.; Moliner-Martínez, Y.; P. Campíns-Falco. The state of art of nanocarbon black as analyte in a variety of matrices: A review. *Trends in Analytical Chemistry* , 2022, 157, 116769 <https://doi.org/10.1016/j.trac.2022.116769>
13. Hüffer, T.; Wagner, S.; Reemtsma, T.; Hofmann, T.; Sorption of organic substances to tyre wear materials: similarities and differences with other types of microplastic, *TrAC, Trends Anal. Chem.* , 2019, 113, 392-401. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.11.029>.
14. Fulcheri, L.; Probst, N.; Flamant, G.; Fabry, F.; Grivei, E.; Bourrat, X.; Plasma processing: A step towards the production of new grades of Carbon black, *Carbon*, 2002, 40 [https://doi.org/10.1016/S0008-6223\(01\)00169-5](https://doi.org/10.1016/S0008-6223(01)00169-5)
15. Okoye, CO; Jones, I.; Zhu, M.; Zhang, Z.; Zhang, D.; Manufacturing of Carbon black from spent tyre pyrolysis oil – A literature review, *J. Clean. Prod.* , 2021, 279 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123336>
16. Almeida Silva, T.; Cruz Moraes, F.; Campos Janegitz, B.; Fatibello-Filho, O. Electrochemical Biosensors Based on Nanostructured Carbon Black: A Review. *J. Nanomater.*, 2017, 4571614, <https://doi.org/10.1155/2017/4571614>.
17. Plaza-Recobert, M.; Trautwein, G.; Pérez-Cadenas, M.; Alcañiz-Monge J.; Superactivated carbons by CO₂ activation of loquat stones. *Fuel Processing Technology*, 2017, 159, 345-352 <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2017.02.006>.
18. Filippín, A.J.; Luna, N.S.; Pozzi, T.; Pérez, J.D.; Obtención y caracterización de carbón activado a partir de residuos olivícolas y oleícolas por activación física. *Avances en Ciencias e Ingeniería.* , 2017, 8, 59-71.
19. Luna-Lama, F.; Morales, J.; Caballero, A.; Biomass Porous Carbons Derived from Banana Peel Waste as Sustainable Anodes for Lithium-Ion Batteries. *Materials*. 2021, 14, 5995. <https://doi.org/10.3390/ma14205995>.

20. Lian, F.; Yu, W.; Wang, Z.; Xing, B.; New Insights into Black Carbon Nanoparticle-Induced Dispersibility of Goethite Colloids and Configuration-Dependent Sorption for Phenanthrene. *Environ. Sci. Technol.*, 2019, 53, 661–670. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05066>
21. Reddy, S.S.; Shukla, B.; Chakraborty, S.; Srihari, V.; Bhalerao, G. M.; Chandra Shekar, N. V.; Study on high-pressure behavior of spherical carbon black nanoparticles with core-shell structure. *Carbon Letters*, 2022, 32:1337–1344. <https://doi.org/10.1007/s42823-022-00355-5>
22. Duan, D.; Yuan, Z.; Jiang, Y.; Yuan, L.; Tai, H.; Amorphous carbon material of daily carbon ink: emerging applications in pressure, strain, and humidity sensors. *J. Mater. Chem. C*, 2023, 11, 5585–5600 <https://doi.org/10.1039/D3TC00016H>
23. Desai, F.J.; Uddin, M.N.; Rahman, M.M.; Asmatulu, R.; A critical review on improving hydrogen storage properties of metal hydride via nanostructuring and integrating carbonaceous materials. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2023, 48, 50. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.04.029>
24. Boughbina-Portolés, A.; Sanjuan-Navarro, L.; Hakobyan, L.; Gómez-Ferrer, M.; Moliner-Martínez, Y.; Sepúlveda, P.; Campíns-Falcó, P.; Reliable assessment of carbon black nanomaterial of a variety of cell culture media for in vitro toxicity assays by asymmetrical flow field-flow fractionation. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2023, 415:2121–2132. <https://doi.org/10.1007/s00216-023-04597-8>
25. Guo, Y.; Ye, H.; Wang, H.; Wang, Q.; Fan, S.; Dou, H.; Asymmetrical flow field-flow fractionation combined with ultrafiltration: A novel and high-efficiency approach for separation, purification, and characterization of *Ganoderma lucidum* polysaccharides. *Talanta* 253, 2023, 124053. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2022.124053>
26. Ponce-Rodríguez, H. D.; Verdú-Andrés, J.; Herráez-Hernández, R.; Campíns-Falcó, P.; Innovations in Extractive Phases for In-Tube Solid-Phase Microextraction Coupled to Miniaturized Liquid Chromatography: A Critical Review. *Molecules*, 2020, 25, 2460; <https://doi.org/10.3390/molecules25102460>
27. López-Lorente, Á.I.; Valcárcel, M.; The third way in analytical nanoscience and nanotechnology: Involvement of nanotools and nanoanalytes in the same analytical process, *TrAC Trends Anal. Chem.* 75, 2016, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.06.011>
28. Badawy, M.E.I.; El-Nouby, M.A.M.; Kimani, P.K.; Lim, L.W.; Rabea, E.I.; A review of the modern principles and applications of solid-phase extraction techniques in chromatographic analysis. *Analytical Sciences*, 2022, 38:1457–1487. <https://doi.org/10.1007/s44211-022-00190-8>
29. Tsai, P.C.; Pundi, A.; Brindhadevi, K.; Ponnusamy, V.K.; Novel semi-automated graphene nanosheets based pipette tip assisted micro-solid-phase extraction as eco-friendly technique for the rapid detection of emerging environmental pollutant in waters. *Chemosphere*. 2021, Volume 276, 130031. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130031>
30. Erzurumlu, Y.; Dogan, H.K.; Catakli, D.; Dexamethasone-stimulated glucocorticoid receptor signaling positively regulates the endoplasmic reticulum-associated degradation (ERAD) mechanism in hepatocellular carcinoma cells. *Steroids*, 2023, 195, 109238. <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2023.109238>
31. Villar, J.; Ferrando, C.; Martínez, D.; Ambrós, A.; Muñoz, T.; Soler, J.A.; Aguilar, G.; Alba, F.; González-Higueras, E.; Conesa, L.A.; Martín-Rodríguez, C.; Díaz-Domínguez, F.J.; Serena-Grande, P.; Rivas, R.; Ferreres, J.; Belda, J.; Capilla, L.; Tallet, A.; Añón, J.M.; Fernández, R.L.; González-Martín, J.M.; Dexamethasone treatment for the acute respiratory distress syndrome: a multicentre, randomised controlled trial. *Lancet Respir Med*, 2020, 8, 267–76. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(19\)30417-5](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(19)30417-5)
32. Bagnati, R.; Ramazza, V.; Zucchi, M.; Simonella, A.; Leone F.; Analysis of Dexamethasone and Betamethasone in Bovine Urine by Purification with an "Online" Immunoaffinity Chromatography–High-Performance Liquid Chromatography System and Determination by Gas Chromatography–Mass Spectrometry. *Anal. Biochem.* 1996, 235, 119. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0103>
33. Mahdavi Ara, K.; Akhondpouramiri, Z.; Raofie, F.; Carrier mediated transport solvent bar microextraction for preconcentration and determination of dexamethasone sodium phosphate in biological fluids and bovine milk samples using response surface methodology. *Journal of Chromatography B*, 2013, 931, 148–156. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2013.05.022>
34. Genangeli, M.; Caprioli, G.; Cortese, M.; Laus, F.; Petrelli, R.; Ricciutelli, M.; Sagratini, G.; Sartori, S.; Vittori, S.; Simultaneous quantitation of nine anabolic and natural steroidal hormones in equine urine by UHPLC-MS/MS triple quadrupole. *Journal of Chromatography B*, 2019, 1117, 36–40. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2019.04.002>
35. Possi-Pezzali, T.; Chigome, S.; Rodríguez-Haralambides A.; Torto N.; Evaluation of electrospun fibers as solid-phase extraction sorbents for sample preparation in HPLC-MS/MS confirmatory doping control analysis of dexamethasone and betamethasone. *Anal. Methods*, 2013, 5, 4230–4237. <https://doi.org/10.1039/C3AY40606G>
36. Chen, D.M.; Tao, Y.F.; Liu, Z.Y.; Zhang, H.H.; Liu, Z.L.; Development of a liquid chromatography-tandem mass spectrometry with pressurized liquid extraction for determination of glucocorticoid residues in edible tissues, *J. Chromatography. B*, 2011, 879, 174–180. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2010.11.039>
37. Huang, Y.; Zheng, Z.; Huang, L.; Yao, H.; Wu X. S.; Li, S.; Lin D.; Optimization of dispersive liquid-phase microextraction based on solidified floating organic drop combined with high-performance liquid chromatography for the analysis of glucocorticoid residues in food. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2017, 138, 363–372. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2017.02.026>
38. Caballero, A.; Hernán, L.; Morales J.; Limitations of Disordered Carbons Obtained from Biomass as Anodes for Real Lithium-Ion Batteries. *ChemSusChem* 2011, 4, 658–663. <https://doi.org/10.1002/cssc.201000398>

LETTER TO EDITOR / CARTA AL EDITOR

Teenage pregnancy and Violence: A current public health problem

Itzel Carolina Fuentes-Barahona^{1,4}, Manuel Antonio Sierra-Santos², Lysien Ivania Zambrano^{3,4*}, Eleonora Espinoza-Turcios^{2,5}, Iván Alfonso Espinoza-Salvadó²

DOI. 10.21931/RB/2023.08.03.40

¹ Department de Gynecology, Hospital School Tegucigalpa, Honduras.

² Faculty of Medical Sciences (FCM), National Autonomous University of Honduras (UNAH), Tegucigalpa, Honduras.

³ Department of Morphological Sciences, Faculty of Medical Sciences (FCM), National Autonomous University of Honduras (UNAH), Tegucigalpa, Honduras.

⁴ GRINVAR Research Group, Tegucigalpa, Honduras.

⁵ Mental Health Research Group, Tegucigalpa, Honduras.

Corresponding author: lysien.zambrano@unah.edu.hn

Every year, an estimated 21 million teenage girls aged 15–19 years become pregnant, and at least 777,000 births occur to adolescent girls younger than 15 years in developing countries¹. Latin America has the world's second highest teenage pregnancy rate, with about 18 % of births to mothers under 20. Each year, one and a half million adolescent women aged 15 and 19 have babies in the region². Injuries, Violence, self-harm, and maternal conditions are the leading causes of death among adolescents and young adults. Pregnant teenagers are prime targets of different types of Violence. Violence and adolescent pregnancy are public health problems and risk factors for maternal and fetal morbidity and mortality. The United Nations Sustainable Development Cooperation Framework (UNSDCF) prioritizes ending Violence against girls and child marriage^{3,4}.

Honduras is still one of the most violent countries in the world, with a homicide rate of nearly 50 per 100,000 by the end of 2022 and the fifth-highest rate of Violence against women worldwide. From 2005 to 2020, 6,458 violent deaths were reported in women, 8.7% corresponded to children under 18⁵. Data from the last Honduran Demographic and Health Survey (DHS-2019) showed that the adolescent fertility rate (AFR) for 10-14 was 4 (5 rural and 3 urban), and for 15-19 was 97 (115 rural and 77 urban areas). For girls 15-19 in the lowest quintile of wealth, AFR was 145 compa-

red to 35 among girls in the highest quintile of wealth. The departments where the rate is exceeded were the Olancho, Gracias a Dios, Colón and Yoro; the central district and San Pedro Sula municipalities had the lowest values. However, high rates of violent deaths of women were observed⁶.

Violence and teenage pregnancy are public health problems; according to UNICEF data, 14.7% of adolescent girls between 15 and 19 years old said they had suffered physical Violence in their home, 49% came from a father or mother and 25% from a housemate. Some observations report up to 25% psychiatric comorbidity⁷. What has defined four types of perpetrators of physical Violence: 1) Parents or guardians, 2) Intimate partners, 3) Peers of the same age, 4) other adults in the community? About 46.5% of women victims of Violence the first incident had been at the ages of 6-11 years⁸.

A cross-sectional study was carried out from August 2015 to August 2016 in a convenience sample of 2,324 pregnant adolescents living in rural and semi-urban areas of Honduras. The unit of analysis was pregnant adolescents between 10 and 19 years of age inclusive and who had a positive pregnancy test (positive gravindex) or diagnosis by ultrasonography (USG) or which were evident by clinical evaluation and who attended their prenatal check-up to be attended by doctors in social service.



Figure 1. Latin America has the world's second highest teenage pregnancy rate, with about 18 % of births to mothers under 20. 32242354 © Breakers | Dreamstime.com

Citation: Fuentes-Barahona I.C; Sierra-Santos M.A; Zambrano L.I; Espinoza-Turcios E; Espinoza-Salvadó, I.A. Teenage pregnancy and Violence: A current public health problem. *Revis Bionatura* 2023;8 (3) 40. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.40>

Received: 20 June 2023 / **Accepted:** 25 August 2023 / **Published:** 15 September 2023

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



This study included variables such as gynecologic-obstetric history (menarche, number of partners, sexually transmitted infections, family planning), personal pathological history (previous illnesses, Violence, alcohol, tobacco, drug use) and family history (chronic diseases and Violence). Honduran "departments" with predominant rural communities had higher rates of reported Violence: Choluteca 13% (14/105),

Olancho 12.5% (15/120), La Paz 10.3% (15/145). (Table 1).

A total of 5.7% (132/2,324) reported some violence: verbal 30.3% (40/132), physical 28.0% (37/132), psychological 7.5% (10/132), and sexual 2.3% (3/132) The main perpetrators of Violence against teenage pregnant women were first-degree relatives, especially the parents, the most frequent types of Violence reported were: verbal Violence. (Table 2).

Department	¿ Violence during pregnancy?		Total	% Violence	95% CI	
	No	Yes			Lower	Upper
Choluteca	91	14	105	13.3%	8.1	21.1
Olancho	105	15	120	12.5%	7.7	19.6
La Paz	130	15	145	10.3%	6.4	16.4
Copán	54	5	59	8.5%	3.7	18.3
Santa Barbara	65	5	70	7.1%	3.1	15.6
Francisco Morazán	683	44	727	6.1%	4.5	8.0
Cortés	158	10	168	6.0%	3.3	10.6
Yoro	81	5	86	5.8%	2.5	12.9
Lempira	131	5	136	3.7%	1.6	8.3
Ocatepeque	29	1	30	3.3%	0.6	16.7
Colón	141	4	145	2.8%	1.1	6.9
Gracias a Dios	201	5	206	2.4%	1.0	5.5
El Paraíso	98	2	100	2.0%	0.5	7.0
Intibucá	64	1	65	1.5%	0.3	8.2
Valle	117	1	118	0.8%	0.1	4.6
Atlántida	7	0	7	0.0%	0.0	35.4
Comayagua	37	0	37	0.0%	0.0	9.4
Total	2,192	132	2,324	5.7%	4.8	6.7

Database Pregnancy in adolescents, Scientific Research Unit, Faculty of Medical Sciences, UNAH.

Table 1. Reported Violence among pregnant adolescents, with 95% confidence intervals. Honduras, (n= 2,324).

Relationship with pregnant adolescent (Number of adolescents that suffered Violence)	Number of adolescents that experienced Violence from and percentage	Type of violence
First-degree relative <ul style="list-style-type: none"> • Father (42) • Mother (26) • Brother (18) • Uncle / Aunt (5) 	86 (86/132=65.1%)	Verbal (35) Physical (33) Psychological (10) Sexual (3)
Partner	8 (8/132=6.1%)	Verbal (5) Physical (4)

Database Pregnancy in adolescents, Scientific Research Unit, Faculty of Medical Sciences, UNAH.

Table 2. Pregnant adolescents with experience of Violence and their relationship with the perpetrator and the type of Violence attended in the areas of influence of medical in Social Service. (n= 132)

Conclusions

Violence and adolescent pregnancy are public health problems and important factors that increase morbidity and mortality during pregnancy with increased risk of adverse outcomes. Teen pregnancy is an ongoing problem related to low socioeconomic levels, family instability, child maltreatment, and Violence. Continuous support must be given to pregnant adolescents, with a psychologist, where the issue is addressed; support is provided, and this can be avoided, especially in the departments where the highest rates were reported. Guaranteeing respect and rights in childhood and adolescence is a pillar of human development, preventing the harm and stigma left by Violence in childhood.

Institutional Review Board Statement

The study was conducted under the Declaration of Helsinki. This research's preparation and execution fully complied with the fundamental ethical principles of autonomy, justice, beneficence, and non-maleficence. They were approved by the Ethics Committee in Biomedical Research (CEIB) of the National Autonomous University of Honduras (UNAH), meeting of March 18, 2016.

Acknowledgments

All the cohorts of Medical in Social Service (MSS) 2015-2016 were responsible for data collection and accepted to participate in the project, to the directors of the healthcare centers in the areas that participated in the study, to the teachers of the UIC, for all the support provided in the review of the MSS assigned to each one. To Dr. Sarmiento for the support in the training workshops for the MSS, To David Naira for designing the database, and to Henry Castro.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Bibliographic references

1. World Health Organization. Adolescent and young adult health; 2022 [cited 2022 August 26]. Available from: URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/adolescents-health-risks-and-solutions>.
2. UNFPA. Socioeconomic consequences of adolescent pregnancy in six Latin American countries; 2020 [cited https://lac.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/eng_-_informe_consecuencias_socioeconomicas_del_embarazo_en_la_adolescencia_en_seis_paises_de_america_latina_y_el_caribe_vf.pdf].
3. Eliner Y, Gulersen M, Kasar A, Lenchner E, Grünebaum A, Chervenak FA et al. Maternal and Neonatal Complications in Teen Pregnancies: A Comprehensive Study of 661,062 Patients. *J Adolesc Health* 2022; 70(6):922–7.
4. Patience Lily Alidri. UN Cooperation Framework Internal Guidance -- June 1 2022; 2019.
5. IUDPAS, UNAH, Ministerio Público. Boletín Muerte Violenta de Mujeres y Femicidios: Resultados del análisis enero-diciembre 2020.
6. INE, SESAL. Encuesta Nacional de Demografía y Salud/ Encuesta de Indicadores Múltiples por Conglomerados: (ENDESA/MICS 2019); 2019.
7. Fortin-Langelier E, Daigneault I. Childhood sexual abuse, teenager pregnancy and the mediating role of psychiatric comorbidity. *Children and Youth Services Review* 2022; 138:106509. Available from: URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0190740922001451>.
8. SESAL, INE, CDC. Encuesta de Violencia contra Niños, Niñas y adolescentes; 2017.

Biología para la producción y la vida



Técnicas Agrícolas | Cultivo de Tejidos | Bioproductos
Fitopatología/Microbiología | Biología Molecular | Biorremediación



Online

Call For Papers

I SIMPOSIO INTERNACIONAL
**Enfoques innovadores en
Ciencias de la vida:**

Descubrimientos y desafíos actuales



FECHA:
**DEL 28 AGO
HASTA 1 SEP**

Ejes temáticos

Salud
Biociencia

Botánica
Insectos

Agricultura
Veterinaria

Microbiología, Biotecnología
Investigación farmacológica

HASTA EL 15 DE JULIO DEL 2023

Envía tu artículo científico

✉ eventosgesicap@gmail.com

Contáctanos

+593 983116583

Publicación en **revista** indexada en **Scopus Q4**



Universidad de
Concepción del
Uruguay