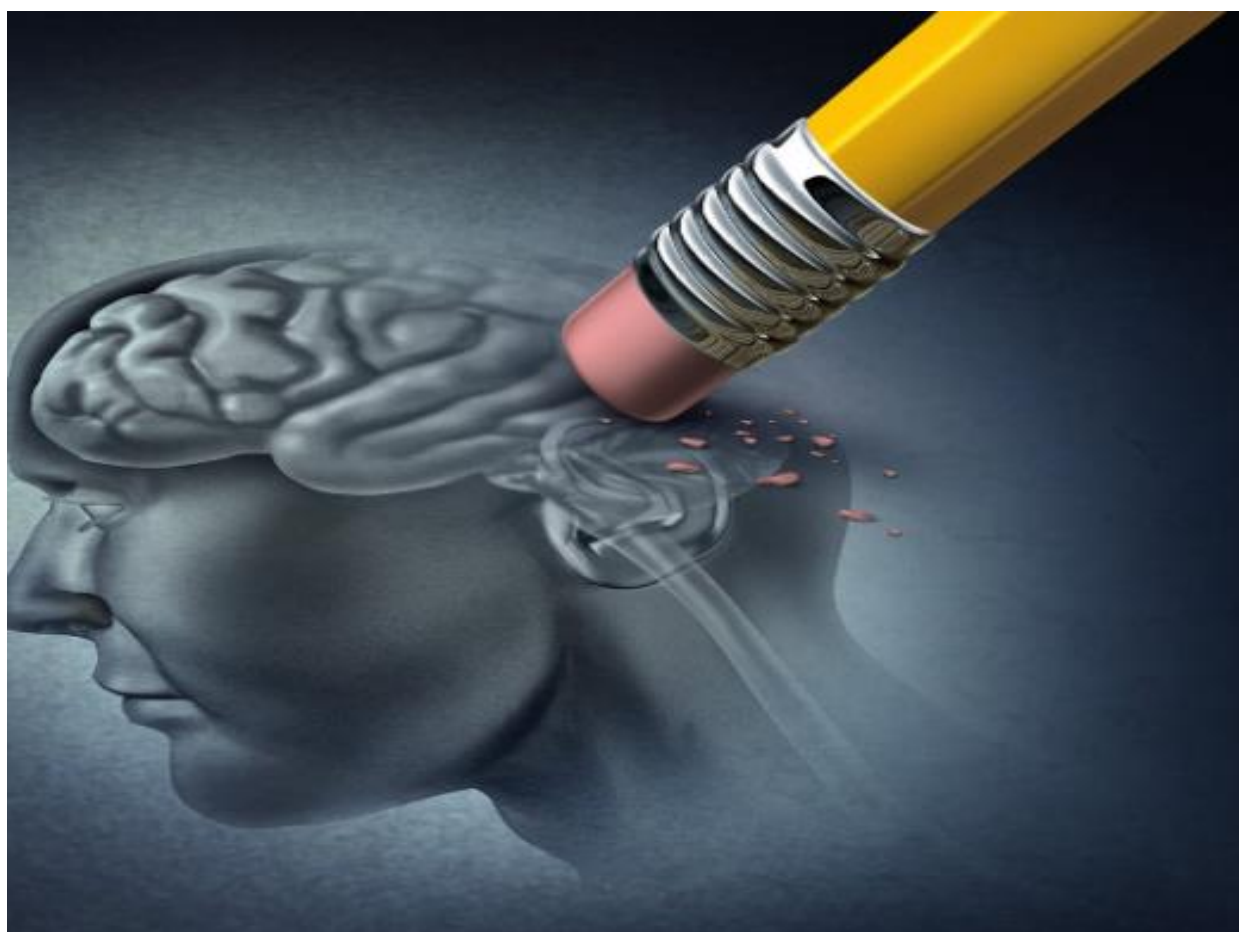


Bionatura

International Journal of Biotechnology and Life Sciences



<https://institutocharbel.es/enfermedades-neurodegenerativas/>



2016-2023



<https://cebaecuador.org/>



<https://www.uco.edu.co/>



<https://revistabionatura.org/>

<https://www.facebook.com/revistabionaturaEC/>

<https://www.instagram.com/revistabionaturaec>



CENTRO ECUATORIANO DE BIOTECNOLOGÍA DEL AMBIENTE-CEBA

"ENTIDAD DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA"
ACREDITACIÓN SENESCYT - ACR-UNIDAD-24-5
17/06/2024

<https://cebaecuador.org/>
inf.ceba@gmail.com

Cel. (+593) 99 579 7813
Ibarra/ Ecuador, 2024

13/9/2024

<https://cebaecuador.org/>

2



REISHI **(Ganoderma lucidum)**

Full Spectrum Extract

- **Relajación y recarga**
- Sistema inmunológico
- Salud cardiovascular.
- Apoya la energía y la resistencia.
- Antiestrés.

CONTACTO: Dr. Julio Pineda Insuasti, PhD.
info.biodiversity@gmail.com
Cel. +593 99 758 9267, Ibarra-Ecuador

SCIENTIFIC PARTNER: <https://cebaecuador.org/>
inf.ceba@gmail.com, Cel + 593 99 579 7813. Ibarra-Ecuador
21/11/2025

info.biodiversity@gmail.com





CENTRO ECUATORIANO DE BIOTECNOLOGÍA DEL AMBIENTE - CEBA, es una institución de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i), constituida bajo la forma de Fundación de utilidad común, sin fines de lucro, religioso, racial y político. Es una persona jurídica de derecho privado, reconocida por el estado ecuatoriano mediante Acuerdo del Ministerio del Ambiente (MAATE) No 026 (17/03/2009), Con Registro Oficial No 579 (28/04/2009) y ACREDITACIÓN SENESCYT-ACR-UNIDAD-24-5 (17/06/2024). CEBA difunde los resultados científicos a través de sus revistas:

Bionatura: ISSN 1390-9355 (online) e ISSN 1390-9347 (impresa). <https://revistabionatura.org/>

Biorrefinería: ISSN 2602-8530 (online). <https://cebaecuador.org/publicaciones/revista-biorrefineria/>

Filosofía

CEBA mantiene su propia filosofía para el Desarrollo Social y Económico del ser humano, fundamentada en las **3S** (sabiduría, salud y seguridad).

Misión

Aportar al Desarrollo Sustentable del Ecuador y de América Latina con enfoque de Bioeconomía, mediante la aplicación de la ciencia, la tecnología y la Innovación, que permita el máximo aprovechamiento de los recursos y contribuya con el bienestar del ser humano y del planeta.

Visión

Poner al alcance de todas las personas, la cooperación científica, técnica y empresarial para la Seguridad Alimentaria, la Seguridad Energética y la Seguridad Ambiental.

Valores

Integridad, calidad, responsabilidad, liderazgo, colaboración y diversidad.

Enfoque estratégico

CEBA, se alinea con los objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU y planifica su intervención a través de la “Estrategia Ecuatoriana de Bioeconomía - Horizonte 2035”, fundamentada en el aprovechamiento de la Biodiversidad, las Biomásas y las Biorrefinerías.

Julio Pineda Insuasti, PhD

DIRECTOR EJECUTIVO- CEBA

Contacto

Periférico Sur s/n, Fincas San Agustín, San Antonio. Ibarra-Ecuador

<https://cebaecuador.org/>

inf.ceba@gmail.com

info@cebaecuador.org

Cel: (+593) 99 579 7813

Bionatura

La Revista Bionatura (en inglés, Bionatura Journal) del Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente (CEBA), fue creada en el año 2015 con la finalidad de difundir los resultados científicos y tecnológicos obtenidos de la investigación aplicada en el marco de la **Estrategia ecuatoriana de Bioeconomía-Horizonte 2035**, en el campo de las ciencias naturales, Ciencias de la Vida la Biotecnología, ensayos clínicos y médicos, Biodiversidad y Ecología en general. Publica manuscritos científicos originales del tipo empírico, revisiones, metodológicas y estudios de caso. Se edita en versión digital e impresa en idioma inglés y español con una frecuencia trimestral y está dirigida a la comunidad científica a nivel internacional. 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 BYNC-SA (Reconocimiento-No Comercial-Compartir igual). La 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. La revista se encuentra inscrita en el Registro Nacional de Publicaciones Seriadas de la SENESCYT Ecuador e ISSN International Centre, Francia (<https://portal.issn.org/custom-search/print/1390-9355/public>).

La *misión* es aportar con conocimiento científico, técnico y económico para el desarrollo de la Bioeconomía Ecuatoriana y del mundo, mediante el uso eficiente y equilibrado de los recursos naturales, así como el aprovechamiento adecuado de los recursos genéticos microbianos, las biomasas de carbono disponible y los bioprocesos tecnológicos existentes, que permita el máximo aprovechamiento del conocimiento para el bienestar del ser humano y del planeta.

La *visión* es inspirar a las futuras generaciones para que aporten con el desarrollo social y económico del planeta, basado en una Bioeconomía respetuosa con el medioambiente y el ser humano.

El *objetivo* es difundir el conocimiento sobre los avances de la ciencia, la tecnología y la innovación de la Bioeconomía Ecuatoriana y del mundo, mediante la herramienta online, que permita llegar a la mayoría de la población.

Revista Bionatura tiene alcance nacional e internacional, con especial enfoque en el desarrollo de la Bioeconomía y dirigida a la comunidad científica.

Cobertura de Temáticas

- Ciencias Naturales
- Ciencias de la Vida
- Biotecnología
- Biomedicina
- Microbiología
- Biología
- Biodiversidad
- Bioquímica

Contacto

<https://revistabionatura.org/>
editor@revistabionatura.org
info@revistabionatura.org
Cel. (+593) 99 579 7813

Equipo Editorial

Julio Pineda Insuasti, PhD

Director Ejecutivo CEBA/ CEBA Executive Director

Alejandro Pineda Soto

Director Científico CEBA/ CEBA Scientific Director

Gustavo Reyes Lara, MSc.

Director Innovación / Innovación Director

Daymé Mederos Matos, MSc.

Director Técnico / Technical Director

- **Luisa Matos Mosqueda, PhD**
Editor Jefe / Chief Editor
- **Lourdes Crespo Zafra, PhD**
Redacción y Corrección / Writing and Correction
- **Nicolas Vaca Viteri, Tec.**
Diseño Gráfico/ Graphic Design
- **Gabriela Veloz Salazar, MSc.**
Asistente publicación / Publishing Assistant

Contacto

<https://revistabionatura.org/>
editor@revistabionatura.org
info@revistabionatura.org
Cel. +593 99 579 7813
Ibarra-Ecuador



BIONATURA

(BIONATURA JOURNAL)

ISSN 1390-9355 soporte online

ISSN 1390-9347 soporte impreso

<https://revistabionatura.org/>

editor@revistabionatura.org

<https://portal.issn.org/custom-search/print/1390-9355/public>

BIORREFINERÍA

(BIOREFINERY JOURNAL)

ISSN 2602-8530 soporte online

<https://www.cebaecuador.org/publicaciones/revista-biorrefineria/>

<https://portal.issn.org/custom-search/print/2602-8530/public>
biorrefineria.ceba@gmail.com

CONSEJO EDITORIAL / EDITORIAL BOARD**CONSEJO EDITORIAL PRINCIPAL/
PRINCIPAL EDITORIAL BOARD**

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.

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. PhD. 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.

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. Sanofi 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 Research. Center for Immunobiology and Vaccine Development, UCSF Benioff Children's Hospital Oakland, Estados Unidos.

Dra. Lleana 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.

Dr. Si Amar Dahoumane, PhD. 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, PhD. Head of the Molecular Oncology Laboratory. Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología. Cuba.

Dra. Daynet Sosa del Castillo, PhD. 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, PhD. 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, PhD. Director del departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.

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 Fernández 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, PhD. Department of medical sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

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

César Paz-y-Miño, MD. MSc. Dr. Facultad de Ciencias de la Salud “Eugenio Espejo”, Universidad UTE, Quito, Ecuador.

Dra. Rosa Victoria González Zambrano, PhD. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López: Calceta, Provincia de Manabí, Ecuador.

Dr. Gualberto León Revelo, PhD. Universidad Politécnica Estatal Del Carchi: Tulcán, Carchi, Ecuador.

Dr. Ernesto Alonso Rosero Delgado, PhD. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

Juan Carlos Fiallos Quinteros, MSc. Centro Ecuatoriano de Biotecnología y Ambiente: Ibarra, Imbabura, Ecuador.

CONTENIDO

1. Evaluación de la fitoquímica y el poder antimicrobiano del extracto obtenido de hojas de Agave cocui Trelease	9
2. Bruxismo y salud cardiovascular: una mirada interdisciplinaria desde la Estomatología y la Cardiología	24
3. La sostenibilidad de la seguridad higiénico-sanitaria en cadenas agroalimentarias basada en la cooperación interempresarial	44
4. Contaminación silenciosa y la neurodegeneración	59
5. Contribuciones a las Ciencias Alimentarias desde los estudios de la Salicornia bigelovii en las salinas El Real y Las Tunas	74
6. Cumplimiento de las buenas prácticas en el laboratorio clínico del Hospital pediátrico Eduardo Agramonte Piña, Camagüey	86
7. Promoción sobre métodos saludables de cocción de los alimentos en la comunidad “Previsora”	101
8. Evaluación sensorial de diferentes tipos de quesos untables con jueces entrenados y consumidores mediante el perfil descriptivo cuantitativo y el método perfil flash	113
9. Procesamiento y evaluación físico química, sensorial y microbiológica del Queso Fundido en la Unidad Empresarial de Base “Lácteos Bayamo”	126
10. Acciones para mejorar ofertas alimentarias en pasa-días del Gran Hotel en Camagüey	140
11. Industrial production of Pleurotus spp. mycelium for biomaterials: a PRISMA-guided systematic review of upstream and downstream processes	155
12. Industrial production of Pleurotus spp. mycelium for biomaterials: techno-economic assessment of a solid-state fermentation plant for biotextiles	168

1 Evaluación de la fitoquímica y el poder antimicrobiano del extracto obtenido de hojas de *Agave cocui* Trelease

Evaluation of the Phytochemistry and Antimicrobial Power of the Extract Obtained from *Agave cocui* Trelease

José Ojeda ¹, María Moreno ², Indira Gracias ¹, Martín Rodríguez ², Osman Castro¹

¹National Experimental University "Francisco de Miranda," Department of Energetics. / Coro/ Venezuela; ojedabracho.4@gmail.com. ORCID: 0009-0004-5316-3783.

²National Experimental University "Francisco de Miranda," Department of Chemistry/ Coro/ Venezuela; mariumoreno@gmail.com. ORCID: 0000-0003-2254-7739

* Correspondence: ojedabracho.4@gmail.com; Tel.: +58412-6786157

Abstract

Agave cocui Trelease is an agavaceous plant widely distributed in arid and semi-arid regions of Venezuela. Its leaves are rich in fibers and secondary metabolites, which have been shown to participate in the plant's defense mechanisms and have a range of applications in medicine and agriculture. Due to the limited available information regarding the phytochemical behavior of this species, extracts obtained from leaf maceration were studied using solvents of different polarities, including ethanol, hexane, chloroform, and water. A phytochemical screening detected the presence of metabolites such as saponins, flavonoids, phenolic compounds, anthraquinones, leucoanthocyanins, coumarins, and tannins. The extracts were evaluated for antifungal and antibacterial activity, which were positive for the ethanolic, aqueous, and saponin extracts, as evidenced by the inhibition halos formed at extract concentrations of 0,125 mg/mL, 0,250 mg/mL, and 0,50 mg/mL. The obtained inhibition halos ranged between $10 \pm 0,20$ and $14,50 \pm 0,50$ mm for antifungal activity and between $8,23 \pm 0,25$ and $14,77 \pm 0,25$ mm for antibacterial activity. These halos allowed determination of the minimum inhibitory concentration (MIC) needed for both activities, with values ranging from 15,04 mg/mL to 28 mg/mL for antifungal activity and 33 mg/mL to 14,7 mg/mL for antibacterial activity. These results indicate that although the extracts exhibited a high MIC, they successfully inhibited the test microorganisms *Fusarium solani* and *Escherichia coli*.

Keywords: *Agave cocui* Trelease; metabolitos; fitoquímica, inhibition halo

Introduction

Since its origin, humans have maintained a close relationship with natural resources, including plants, which have been used not only for food and construction but also to heal and alleviate diseases. To date, around 50,000 plant species have been reported to have medicinal uses, representing approximately 10% of all known plant species ⁽¹⁾. Natural compounds derived from plants have been, and will continue to be, immensely important as sources of therapeutic agents and models for the design, semi-synthesis, and synthesis of various drugs for the treatment of human and animal diseases. With the growing interest in developing herbal-based medicines with fewer adverse effects, there are increasing opportunities to explore the therapeutic and other biological aspects of previously unexplored natural elements. ⁽²⁾

Based on the aforementioned, phytochemistry emerges as a scientific discipline dedicated to the study of chemical compounds produced by plants, particularly those derived from secondary metabolism. These secondary metabolites fulfill essential ecological functions, such as defense against herbivores, attraction of pollinators, and adaptation to adverse environmental conditions. Additionally, many of these compounds possess pharmacological properties, which has driven their research in medicine and biotechnology ⁽³⁾. The secondary metabolism of higher plants has enabled the synthesis of a vast diversity of compounds with therapeutic potential. These metabolites have been key in the development of drugs, antibiotics, insecticides, and herbicides, contributing significantly to biotechnology and modern medicine. Despite their importance, it is estimated that less than 10 % of plant species have been thoroughly studied to assess their biological activity. ⁽³⁾

The resistance of phytopathogenic fungi to synthetic fungicides has driven the search for natural alternatives with antifungal activity. Various plant extracts have demonstrated efficacy against agricultural pathogens, both in in vitro assays and field applications, offering a sustainable option for disease management in crops ⁽⁴⁾. Microbial resistance to conventional antibiotics has driven the search for new therapeutic alternatives. The World Health Organization (WHO) and the Centers for Disease Control and Prevention (CDC) have emphasized the importance of developing new antimicrobial products, highlighting that the plant kingdom offers a promising source of molecules with pharmacological potential. Phytochemical research has led to the identification of compounds with antibiotic and antifungal activity, contributing to the development of more effective and sustainable treatments. ⁽⁴⁾

The Cocui agave (*Agave cocui* Trelease) is an agave species widely distributed in the arid, semi-arid, and rocky outcrop regions of Venezuela and Colombia ⁽⁵⁾. Its primary use is liquor production, for

which only its core (piña) is utilized, while its leaves—rich in fibers and secondary metabolites—are discarded. (6). In the state of Falcón, specifically in Pecaya, Sucre municipality, the presence of *Agave cocui Trelease* is well known. Commonly referred to as "penca," it is primarily used for the production of alcoholic beverages such as *pecayero* or *cocuy*, utilizing only the plant's core (*piña*), while its leaves—rich in fibers and secondary metabolites—are discarded.

Due to the limited available information on this plant, this research conducted a phytochemical study to identify its secondary metabolites and assess its antifungal and antimicrobial activity as a scientific contribution. Based on the above, the objective of this study was to evaluate the phytochemistry and antimicrobial potential of the crude ethanolic extract and its fractions obtained from *Agave cocui Trelease* leaves, providing an alternative for pharmaceutical and agricultural applications through the development of new drugs and insecticides, while promoting the use of an organic waste that is abundantly available in the study area.

Materials and methods

Collection and Treatment of Plant Material: Leaf samples from the plant species were collected from young plants that showed no apparent signs of disease or wilting. The leaves were dried in a circulating air oven at 50°C for 48 hours. The material was then processed using a blade sieve mill.

Extraction by Maceration: A total of 40 g of the processed material (leaves) was macerated at room temperature for 24 hours using ethanol, hexane, chloroform, and water as extraction solvents

Identification of Secondary Metabolites: A total of 25 mL of the filtrate obtained from maceration was taken to determine the main secondary metabolites present in each extract. The metabolites to be identified and the methods used are presented in Table 1.

Table 1. Methods for the Determination of Secondary Metabolites

Analysis	Method
Flavonoids	Shinoda Reaction
Saponins	Foam Presence
Alkaloids	Dragendorff and Meyer Reaction
Coumarins	Reaction with KI and NH ₃
Tannins	Gelatin Reaction
Phenolic Compounds	FeCl ₃ Reaction

Anthraquinones	Borntrager Reaction
Leucoanthocyanins	Rosenheim Reaction

Preparation of Saponin Extract

A total of 10 g of dried sample was mixed with 150 mL of water and heated on a hot plate for 1 hour at 320 °C. After resting, the mixture was filtered to obtain an initial extract. The remaining residue was then treated with 100 mL of ethanol and boiled again at 300 °C for 1 hour. After resting, the solution was filtered into the same Erlenmeyer flask containing the first extract. The combined extracts were transferred to a beaker and placed in an oven at 70 °C until dried, yielding a crude saponin extract weighing 2 g/ml. This crude extract was then diluted in 100 mL of distilled water to obtain the final saponin extract, with a concentration of 2 g of saponins per 100 mL. ⁽⁷⁾

Inoculum Preparation

Potato Dextrose Agar (PDA) culture medium was prepared following the methodology outlined in the Culture Media Manual (8). *Fusarium solani* fungal strains were obtained from the strain collection of the Laboratory for Research and Academic Support in Health Sciences (LIADSA - UNEFM). These strains were inoculated into test tubes containing PDA medium set at an inclined angle and incubated at 25 °C for 48 hours to facilitate growth.

Evaluation of Extracts for Antifungal Activity

The antifungal activity evaluation was conducted using the paper disc diffusion technique. Solutions of the obtained extracts were prepared in mg/L. Filter paper discs were impregnated with the different extracts for 24 hours before being used in the assay.

Microorganism Activation

Before conducting the antibacterial activity assay, the *E. coli* bacteria were activated to ensure proper growth in the corresponding agar medium. To achieve this, an inoculum of the microorganism—preserved in the LIADSA laboratory at room temperature—was transferred to 25 mL of sterile BHI broth. The solution was homogenized and kept in darkness under constant agitation for 24 hours.

Inoculum Preparation

Approximately 3 to 5 colonies were taken and inoculated into tubes containing nutrient broth. The mixture was vortexed until reaching a concentration of 1.5×10^8 cells/mL, corresponding to McFarland tube 0.5. Subsequently, Petri dishes containing Mueller-Hinton (MH) agar (Oxoid) were inoculated.

Evaluation of Extracts for Antibacterial Activity

The diffusion method was used, employing sterile cotton swabs. Additionally, 6 mm sterile qualitative Whatman paper discs were aseptically placed on Mueller-Hinton (MH) agar. These discs were impregnated with 10 µL of each extract, which had been previously dissolved in dimethyl sulfoxide (DMSO) to achieve a final concentration of 30 mg/mL.

Results**Identification of Secondary Metabolites in Different Solvents**

Table 2 presents the identification of secondary metabolites found in *Agave cocui*. The ethanolic extract exhibited the presence of saponins, tannins, leucoanthocyanins, flavonoids, phenolic compounds, and anthraquinones. The aqueous extract contained the same metabolites as the ethanolic extract, except for leucoanthocyanins, which were present in lower quantities. In organic solvents such as hexane, only tannins and coumarins were detected, while the chloroform extract showed a low presence of coumarins.

Table 2. Secondary Metabolites Present in *Agave Cocui* Trelease Extracts

Secondary Metabolites	Ethanolic Extract	Hexanoic Extract	Chloroform Extract	Aqueous Extract
Saponins	+++	-	-	+++
Tannins	+	++	-	++
Leucoanthocyanins	++	-	-	-
Alkaloids	-	-	-	-
Flavonoids	+++	-	-	+
Phenolic Compounds	+++	-	-	++
Anthraquinones	+++	-	-	+
Coumarins	-	+	+	-

+Low presence. ++ Moderate presence. +++ Abundant presence. – No presence.

Evaluation of the Antifungal Activity of the Extract

The antifungal activity of each extract obtained from the studied plant species was determined. The results of the antifungal activity are presented in Table 3. The evaluated extracts demonstrated effectiveness in inhibiting the growth of the *Fusarium solani* strain. The ethanolic extract exhibited antifungal activity at concentrations of 0,125 mg/mL, 0,250 mg/mL, and 0,5 mg/mL, as did the aqueous extract, due to their high content of secondary metabolites.

Table 3. Antifungal Activity of Extracts Obtained from the Plant Species

Extractos	Concentration of Extracts Used (mg/mL) for <i>Fusarium solani</i>			
	0.0 (control)	0.125	0.250	0.5
Ethanolic	-	+	+	+
Hexanoic	-	-	-	-
Chloroformic	-	-	-	-
Aqueous	-	+	+	+
Saponinic	-	-	+	+

Exhibits activity. - Does not exhibit activity

The chloroformic and hexanoic extracts did not exhibit antifungal activity at any of the evaluated concentrations, which is attributed to the absence of secondary metabolites. The hexanoic extract contained tannins and coumarins, while the chloroformic extract showed only a small quantity of coumarins, insufficient for inhibition. This limited presence is likely due to the low polarity of the solvents used. On the other hand, the saponinic extract demonstrated antifungal activity at higher concentrations (0,250 mg/mL and 0,5 mg/mL), as saponins are secondary metabolites known to act as protective or inductive agents.

Table 4 illustrates how *Fusarium solani* responded to the evaluated extracts, with the ethanolic extract proving the most effective across all concentrations. This is explained by the high content of secondary metabolites detected in *Agave cocui* Trelease. The ethanolic and aqueous extracts contained at least five secondary metabolites: tannins, flavonoids, phenolic compounds, anthraquinones, and leucoanthocyanins, in addition to saponins. In contrast, the saponinic extract contained only saponins, suggesting that the presence of this metabolite directly influenced the antifungal activity observed in the different extracts. Furthermore, the saponin concentration obtained was particularly relevant, as it reinforced the notion that the antifungal activity of the ethanolic and

aqueous extracts is largely due to their high saponin content. Once the antifungal activity was evaluated, it was determined that only the extracts with the highest presence of secondary metabolites exhibited inhibition halos, confirming their effectiveness.

Table 4. Inhibition Halos Reported in the Evaluation of Antifungal Activity

Extracts	Inhibition Halos Obtained (mm)					
	0.125	DE	0.250	DE	0.5	DE
Ethanollic	10,43	±0,40	12,83	±0,73	14,50	±0,50
Aqueou	11,10	±0,36	11,77	±0,25	13,83	±0,35
Saponinic	-	-	10	±0,20	12,10	±0,36

presents the inhibition halos observed in the antifungal activity of the extracts at each evaluated concentration. The largest halo measured $14,50 \pm 0,50$ mm at a concentration of 0,50 mg/mL, while the smallest halo was $10 \pm 0,20$ mm at 0,250 mg/mL. Comparing the antifungal activity of the three different extracts of *Agave cocui* Trelease at the three concentrations, the ethanolic extract exhibited the highest activity, with inhibition values of $10,43 \pm 0,40$ mm, $12,83 \pm 0,73$ mm, and $14,50 \pm 0,50$ mm. These values were consistently higher across all concentrations when compared to the aqueous and saponinic extracts.

Antimicrobial Activity

"Secondary metabolites in plants play a crucial role in their adaptation and defense mechanisms. Additionally, they exhibit extensive chemical diversity, making them valuable for applications in the pharmaceutical, cosmetic, and agricultural industries."(9), The antibacterial activity of each extract obtained from the studied plant species was determined. The results are presented in Table 5.

Table 5. Antibacterial Activity of Extracts Obtained from the Plant Species

Extractos	Concentration of Extracts Used (mg/mL) for E. coli			
	0.0 (control)	0.125	0.250	0.5
Ethanollic	-	+	+	+
Hexanoic	-	-	-	-

Chloroformic	-	-	-	-
Aqueous	-	-	+	+
Saponinic	-	-	+	+

+ Exhibits activity. - Does not exhibit activity

Table 5 presents the antibacterial activity of the evaluated extracts. Among the five studied extracts, three exhibited activity. The ethanolic extract demonstrated antibacterial effectiveness across all evaluated concentrations. Similar to the antifungal activity, the hexanoic and chloroformic extracts did not show antibacterial activity at any tested concentration, which is attributed to the absence of secondary metabolites.

Regarding the aqueous and saponinic extracts, antibacterial activity was observed at concentrations higher than 0,125 mg/ml. The aqueous extract exhibited this activity due to its significant content of secondary metabolites, including saponins, tannins, phenolic compounds, anthraquinones, and flavonoids. Meanwhile, the saponinic extract demonstrated effectiveness, likely due to the versatile bioactivities of saponins.

Table 6 presents the inhibition halos obtained from the extracts that exhibited antibacterial activity against *E. coli*, ranging from $8,23 \pm 0,25$ mm to $14,77 \pm 0,25$ mm. Comparing the antibacterial activity of the three extracts of *Agave cocui* Trelease at the three evaluated concentrations, the ethanolic extract showed the highest activity, with inhibition values of $10,43 \pm 0,40$ mm, $12,37 \pm 0,46$ mm, and $14,77 \pm 0,25$ mm. In contrast, the aqueous and saponinic extracts exhibited activity at only two of the three concentrations. The aqueous extract recorded inhibition values of $10,77 \pm 0,25$ mm and $13,43 \pm 0,40$ mm, while the saponinic extract showed halos of $8,23 \pm 0,25$ mm and $11,77 \pm 0,25$ mm.

Table 6. Inhibition Halos Reported in the Evaluation of Antibacterial Activity

Extracts	Inhibition Halos Obtained (mm)					
	0,125	DE	0,250	DE	0,125	DE
Ethanolic	10,43	±0,40	12,37	±0,46	14,77	±0,25
Aqueou	-	-	10,77	±0,25	13,43	±0,40
Saponinic	-	-	8,23	±0,25	11,77	±0,25

At the conclusion of the antibacterial activity evaluation, it was observed that only the extracts with the highest secondary metabolite content were effective in inhibiting *E. coli*. In these extracts, as well as in the saponin concentrate, inhibition halos formed, confirming their positive antibacterial activity. Similar to the antifungal activity results, the saponin concentrate yielded significant findings. It indicated that the antibacterial activity observed in the other two active extracts is directly related to their saponin content.

Tabla 7. CMI de las actividades evaluadas.

Extracts	Minimum Inhibitory Concentration (MIC) in mg/mL.					
	Antifungal Activity					
	0,125	MIC	0,250	MIC	0,5	MIC
Ethanolic.	10,43	26,8	12,83	20,1	14,50	15,04
Aqueou	11,10	25	11,77	23	13,83	17,3
Saponinic	-	-	10	28	12,10	22,1
Extracts	Minimum Inhibitory Concentration (MIC) in mg/mL					
	Antibacterial Activity					
	0,125	MIC	0,250	MIC	0,5	MIC
Ethanolic	10,43	26,8	12,37	21,4	14,77	14,7
Aqueou	-	-	10,77	25,8	13,43	18,4
Saponinic	-	-	8,23	33	11,77	23

Table 7 presents the minimum inhibitory concentrations (MICs), which were determined based on the inhibition halos obtained for each extract at different concentrations. The data show that the larger the inhibition halo, the lower the concentration required to inhibit microorganisms (*Fusarium solani* and *E. coli*). Additionally, the ethanolic extract exhibited the lowest MIC for both antifungal and antibacterial activity, a result attributed to its high secondary metabolite content.

Discussion

The study on *Agave cocui* Trelease revealed that the ethanolic and aqueous extracts are the richest in secondary metabolites, including saponins, flavonoids, phenolic compounds, and anthraquinones. This indicates that the extract is soluble in solvents of medium polarity, such as ethanol. The presence

of secondary metabolites in *Agave cocui* Trelease aligns with reports on other *Agave* species, such as *Agave americana* and *Agave angustifolia*, where the presence of flavonoids, terpenes, saponins, tannins, cardiotonic glucosides, and steroids has been documented in alcoholic extracts.⁽¹⁰⁾

The absence of metabolites such as saponins in extracts like chloroform and water is due to their higher solubility in polar solvents, such as water and ethanol, which is a direct result of their chemical structure. These molecules contain both a hydrophilic (polar) region and a hydrophobic (non-polar) region, allowing them to interact with polar solvents through hydrogen bonds and dipole-dipole forces⁽¹¹⁾. The presence of coumarins in solvents such as chloroform and hexane is due to their limited solubility in polar solvents like water, where their solubility is approximately 0,02 %. However, they are easily soluble in alcohols (such as methanol) and other organic solvents like chloroform, ether, and oils.⁽¹²⁾

The ethanolic and aqueous extracts were effective against *Fusarium solani*, whereas the hexanoic and chloroformic extracts showed no activity, which is attributed to the absence of secondary metabolites with antimicrobial properties. This finding aligns with previous reports on *Agave scabra*, where aqueous and ethanolic extracts inhibited the growth of *Fusarium* sp. by 16,6 % and 15 %, respectively⁽¹³⁾. After evaluating the antifungal activity of the studied extracts, it was determined that only those with the highest presence of secondary metabolites exhibited inhibition halos, confirming their antifungal effectiveness

The inhibition halos for the antifungal activity of *Agave cocui* extracts ranged from 8,23 mm to 14,77 mm. These values are lower than those reported for *Agave scabra* Salm Dyck, which exhibited inhibition halos ranging from 10,3 mm to 17,3 mm⁽¹⁴⁾. The minimum inhibitory concentrations (MICs) for *Agave cocui* extracts ranged from 15,04 mg/mL to 28 mg/mL against *Fusarium solani*. These values were higher than those reported for *Agave aspérrima* extracts, which successfully inhibited fungal growth. Among *Agave aspérrima* extracts, methanolic extracts from leaves and flowers exhibited the highest activity, with MICs between $0,95 \pm 0,37$ mg/mL and $1 \pm 0,5$ mg/mL. In contrast, extracts from *A. americana*, *A. lechuguilla*, and *A. tequilana* did not demonstrate fungal growth inhibition.⁽¹⁵⁾

Similarly, in the antibacterial activity evaluation, the ethanolic, aqueous, and saponinic extracts inhibited the growth of *Escherichia coli*, whereas the hexanoic and chloroformic extracts showed no effect. The efficacy of the ethanolic extract is attributed to the presence of flavonoids and phenolic compounds, which influence the metabolic pathways of *E. coli*, contributing to its inhibition⁽¹⁶⁾. The aqueous, ethanolic, and saponinic extracts of *Agave cocui* exhibited antibacterial activity against the

Gram-negative bacterium *E. coli*. This finding is consistent with studies on aqueous and methanolic extracts from *Agave sisalana* leaves, which have demonstrated similar effects. Likewise, this aligns with research on *Agave attenuata* Salm., where leaf extracts obtained using different solvents exhibited antimicrobial activity against *B. subtilis*, *P. multocida*, *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *S. aureus*, and *E. coli*.⁽¹⁷⁾

The saponin concentrate obtained was of great importance, as it demonstrated that a significant portion of the activity observed in the ethanolic and aqueous extracts is due to their high saponin content. This saponinic extract is of considerable interest, given that saponins have exhibited various biological activities, including antimicrobial and cytotoxic effects. This is attributed to their structural composition, where a sugar chain attached to carbon-3 enables them to form complexes with sterols in cell membranes, resulting in the creation of large pores and ultimately causing cell lysis.⁽¹⁸⁾

The saponin concentrate obtained was of great importance, as it demonstrated that a significant portion of the activity observed in the ethanolic and aqueous extracts is due to their high saponin content.

This saponinic extract is of considerable interest, given that saponins have exhibited various biological activities, including antimicrobial and cytotoxic effects. This is attributed to their structural composition, where a sugar chain attached to carbon-3 enables them to form complexes with sterols in cell membranes, resulting in the creation of large pores and ultimately causing cell lysis.

The analysis revealed inhibition halos ranging from 8,23 mm to 14,77 mm. These values are lower than those reported for *Agave americana*, which exhibited halos in the range of 19 mm to 23 mm for methanolic extracts⁽¹⁹⁾. The ethanolic extract exhibited the highest effectiveness across all evaluated concentrations, which is attributed to its high concentration of flavonoids and phenolic compounds. The aqueous and saponinic extracts also demonstrated activity, although to a lesser extent. The saponinic extract's effectiveness is influenced by the ability of saponins to alter cell membrane permeability.

The MICs obtained for the three extracts of *Agave cocui* were lower than those observed for the hydroalcoholic extract of *Agave angustifolia* against *Escherichia coli* and *Staphylococcus epidermidis*, which reported a MIC of 60 mg/ml⁻¹⁽²⁰⁾. However, this differs from reports on *Agave* spp., where the extract showed no activity against *Escherichia coli*. This variation may be attributed to differences in the phytochemical composition of both species⁽¹⁰⁾, however, similar studies conducted on *A. americana* L. observed higher activity of leaf extracts against the Gram-negative bacteria *E. coli* and *K. pneumoniae* compared to their inhibitory effect on *S. aureus*.⁽²¹⁾

Conclusions

The study on *Agave cocui* Trelease highlights the richness of its ethanolic and aqueous extracts in key secondary metabolites, such as saponins, flavonoids, and phenolic compounds. The differential solubility of these metabolites in various solvents confirms patterns observed in other *Agave* species, reinforcing their bioactive potential. In terms of antimicrobial activity, both ethanolic and aqueous extracts demonstrated antifungal and antibacterial efficacy, with flavonoids and saponins playing an essential role in inhibiting *Fusarium solani* and *Escherichia coli*. Comparisons with other *Agave* species emphasize variations in potency and spectrum of action, which can be attributed to phytochemical differences.

Furthermore, the saponin concentrate obtained provides significant contributions to antimicrobial activity, as its mechanism of action involves interactions with cellular membranes. The formation of inhibition halos and the determination of minimum inhibitory concentrations (MICs) reflect the effectiveness of the extracts against selected pathogens, with results that are comparable and, in some cases, lower than those reported for other *Agave* species. This study reinforces the importance of *Agave cocui* Trelease as a potential source of bioactive compounds with antimicrobial applications, supporting future research aimed at optimizing its biotechnological and health-related uses.

Author Contributions: Conceptualization, Jose Ojeda and; methodology, Indira Garcia; formal analysis, Maria Moreno; investigation, Martin Rodriguez.; resources, Osman Castro.; data curation, Indira Garcia.; writing—original draft preparation, Jose Ojeda; writing—review and editing, Maria Moreno; visualization, Martin Rodriguez.; supervision, Osman Castro. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript."

Funding: This research did not receive external funding.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

Acknowledgments: Research and Teaching Support Laboratory for Health Sciences (LIADSA) at the National Experimental University "Francisco de Miranda."

References

1. Maldonado C, Paniagua Zambrana N, Bussmann R, Zenteno Ruiz F, Fuentes A. La importancia de las plantas medicinales, su taxonomía y la búsqueda de la cura a la enfermedad que causa el coronavirus (COVID-19). *Ecología en Bolivia* [Internet]. 2020;55(1):1–5. Available from: http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/48372/revision_odontoula.pdf?sequence=2&isAllowed=y

2. Chaachouay N, Zidane L. Plant-Derived Natural Products: A Source for Drug Discovery and Development. *Drugs and Drug Candidates*. 2024;3(1):184–207.
3. Lustre Sánchez H. Los superpoderes de las plantas: los metabolitos secundarios en su adaptación y defensa. *Revista Digital Universitaria*. 2022;23(2).
4. Ruiz RE, Ojito-Ramos K, Castañeda Bauta R, Portal O. Actividad antifúngica in vitro de extractos de plantas frente a hongos topatógenos de tomate y frijol común. Número Especial, diciembre [Internet]. 2020;47:49–53. Available from: <http://cagricola.uclv.edu.cu>
5. Mirian D, Lianette Y, Enildeth G. Agave cocui: un noble de las zonas áridas de Venezuela. Desde el Herbario CYCY [Internet]. 2018;10:137–43. Available from: https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2018/2018-06-28-MDiaz_Agave-cocui.pdf
6. Gómez Rangel S. Entretejiendo la historia biocultural del Agave cocui (Asparagaceae : Agavoideae) en Venezuela. Desde el Herbario CICY [Internet]. 2022;14:226–9. Available from: http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/
7. Donald D Mac, Valencia EF, Cuyos M, Dueñas R. Extracción, identificación y evaluación de saponinas en *Agaricus Bisporus*. *Biotempo*. 2017;5:3–36.
8. Rodríguez C, Zhurbenko R. Manual de medios de cultivo. BioCen [Internet]. 2018;2(4):183. Available from: <https://www.biocen.cu/wp-content/uploads/2021/05/Manual-MC-2018.pdf>
9. Divekar PA, Narayana S, Divekar BA, Kumar R, Gadratagi BG, Ray A, et al. Plant Secondary Metabolites as Defense Tools against Herbivores for Sustainable Crop Protection. *Int J Mol Sci*. 2022;23(5).
10. Camacho C, Pérez-Hernández Y, Valdivia-Ávila A, Rubio-Fontanills Y, Fuentes-Alfonso L. Phytochemical, antibacterial and molluscicidal evaluation of leaf extracts of *Agave* spp. *Revista Cubana de Química*. 2020;32 (3)(3):390–405.
11. Góngora Chi GJ, Lizardi Mendoza J, López Franco Y, López Mata M, Quihui Cota L. Métodos de extracción, funcionalidad y bioactividad de saponinas de *Yucca*: una revisión. *Biotecnia*. 2022;25(1):147–55.
12. Garrard A. Coumarins. *Encyclopedia of Toxicology: Third Edition*. 2014;1:1052–4.
13. Ulloa Carolina. EVALUACIÓN IN VITRO DE LA CAPACIDAD INHIBITORIA DE SAPONINAS PRESENTES EN EL

PENCO (Agave americano) FRENTE A Fusarium sp. 2018;1–97. Available from: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15743>

14. González-Álvarez M, Moreno-Limón S, Salcedo-Martínez SM, Pérez-Rodríguez EC. Evaluación in vitro de la actividad antifúngica de extractos de agave (Agave scabra, Salm Dyck) sobre hongos postcosecha. *Phyton (B Aires)*. 2015;84(2):427–34.

15. Lozano-Muñiz S, García S, Heredia N, Castro-Franco R. Species of agave induces morphological changes in *Aspergillus parasiticus* Speare and *Aspergillus flavus* Link ex Fries. *J Food Agric Environ*. 2011;9(2):768–71.

16. Martín Gordo DA. Los Compuestos Fenólicos, Un Acercamiento A Su Biosíntesis, Síntesis Y Actividad Biológica. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 2018;9(1):81–104.

17. Almaraz-Abarca N, Del Socorro González-Elizondo M, Da Graça Campos M, Ávila-Sevilla ZE, Delgado-Alvarado EA, Ávila-Reyes JA. Variability of the foliar phenol profiles of the Agave victoriae-reginae complex (Agavaceae). *Bot Sci*. 2013;91(3):295–306.

18. Arabski M, Węgierek-Ciuk A, Czerwonka G, Lankoff A, Kaca W. Effects of saponins against clinical *E. coli* strains and eukaryotic cell line. *J Biomed Biotechnol*. 2012;2012(June 2014).

19. Shegute T, Wasihun Y. Antibacterial activity and phytochemical components of leaf extracts of agave Americana. *J Exp Pharmacol*. 2020; 12:447–54.

20. López-Romero JC, Ayala-Zavala JF, Peña-Ramos EA, Hernández J, González-Ríos H. Antioxidant and antimicrobial activity of Agave angustifolia extract on overall quality and shelf life of pork patties stored under refrigeration. *J Food Sci Technol*. 2018;55(11):4413–23.

21. Valdivia AL, Fontanills YR, Álvarez LMH, Rabelo JJ, Hernández YP, Tundidor YP. Propiedades fitoquímicas y antibacterianas de los extractos de las hojas de Agave fourcroydes Lem. (henequén). *Revista Cubana de plantas medicinales [Internet]*. 2018;23:1–23. Available from: revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/452

[Received: [18 marzo 2024] |Accepted: [24 mayo 2025] |Published: [15 junio 2025] |

Citation: Ojeda, J ; Moreno, M; Gracias, I; Rodríguez, M; Castro, O. Evaluación de la fitoquímica y el poder antimicrobiano del extracto obtenido de hojas de Agave cocui Trelease. *Bionatura*, 2025. Volumen 10, (No 2). 10.70373/RB/2025.10.02.1

Peer review information: Bionatura thanks the anonymous reviewers for their contribution to the peer review of this work using <https://reviewerlocator.webofscience.com/>

All articles published by Bionatura Journal are freely and permanently accessible online immediately after publication, without subscription charges or registration barriers.

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



Copyright: © 2025 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/>)



2 Bruxismo y salud cardiovascular: una mirada interdisciplinaria desde la Estomatología y la Cardiología

Bruxism and cardiovascular health: an interdisciplinary perspective from the perspective of dentistry and cardiology

Jorge Lázaro Cruz-Pérez ^{1*} jc3409952@gmail.com ; <https://orcid.org/0000-0002-4369-2030>,

Silvia María Díaz-Gómez² msilvia.cmw@infomed.sld.cu; <https://orcid.org/0000-0002-6314-3434>,

Elizabeth Sellén-Sanchén³ <https://orcid.org/0000-0001-5570-5428>,

Grethel Camejo-Sampedro ⁴ <https://orcid.org/0009-0002-0662-2364>,

Odalís Rubí-Rivero ⁵ <https://orcid.org/0000-0002-7729-2545>

Vivian Gil-García ⁶ <https://orcid.org/0000-0001-9427-0236>

^{1,2,5} Clínica Estomatológica Docente Ismael Clark Mascaró, Camagüey, Cuba,

^{3,6} Hospital Universitario Manuel Ascunce Domenech, Camagüey, Cuba;

⁴ Hospital Pediátrico Leopoldo Rey Sampayo de Florida, Camagüey, Cuba;

*Autor para la correspondencia: jc3409952@gmail.com

Resumen

Se considera al bruxismo del sueño como un trastorno del movimiento relacionado con este momento del día, una parasomnia o alteración mecánica de connotación negativa concomitante con otras afecciones que provoquen actividad muscular mandibular. Esta actividad muscular que ocurre como una reacción a micro-despertares durante el sueño está influida por la actividad simpática cardíaca, demostrada por aumento de la frecuencia cardíaca y por un subsecuente incremento del tono muscular. El seguimiento clínico de los pacientes adultos con bruxismo del sueño y enfermedad cardiovascular debe ser interdisciplinario y personalizado ya que ambos problemas de salud pueden influir de manera compleja en la salud general del paciente y viceversa. Se realizó una investigación cualitativa de tipo descriptivo en el período comprendido entre julio y diciembre de 2024, en la Clínica Estomatológica Docente “Ismael Clark Mascaró” en la provincia Camagüey con el objetivo de establecer la “Consulta Interdisciplinaria Bruxismo y Corazón” en la provincia Camagüey. El universo del grupo de trabajo estuvo integrado por nueve profesionales de las Ciencias Médicas. La “Consulta Interdisciplinaria Bruxismo y Corazón” en Camagüey queda constituida desde un documento científico rector en las Ciencias Médicas cubana.

Palabras clave: medicina del sueño, grupo de atención al paciente, bruxismo del sueño, enfermedad cardiovascular, atención médica

Abstract

Sleep bruxism is considered a movement disorder related to this time of day, a parasomnia or mechanical disorder with negative connotations concomitant with other conditions that cause mandibular muscle activity. This muscular activity, which occurs as a reaction to micro-awakenings during sleep, is influenced by cardiac sympathetic activity, demonstrated by an increase in heart rate and a subsequent increase in muscle tone. The clinical follow-up of adult patients with sleep bruxism and cardiovascular disease should be interdisciplinary and personalized, as both health problems can have a complex impact on the patient's general health, and vice versa. A qualitative descriptive study was conducted between July and December 2024 at the "Ismael Clark Mascaró" Teaching Dental Clinic in Camagüey province. The objective of this study was to establish the "Bruxism and Heart Interdisciplinary Consultation" in Camagüey province. The working group consisted of nine medical professionals. The "Bruxism and Heart Interdisciplinary Consultation" in Camagüey was established based on a guiding scientific document in Cuban medical sciences.

Keywords: sleep medicine, patient care group, sleep bruxism, cardiovascular disease, medical care.

Introducción

El sueño es un fenómeno fisiológico que ocupa entre un 20 % a un 40 % de tiempo diario en la mayoría de las personas, fenómeno orgánico que plantean Fernández et al.¹ con altos niveles de autorregulación que conduce al reposo, su adecuada consecución o alteración tienen para Carra et al.,² impacto funcional, emocional, social y económico.³

Oyarzo, Valdés y Bravo⁴ refieren que en la tercera edición de la "Clasificación Internacional de los Desórdenes del Sueño" (ICSD-3), se considera propiamente al bruxismo de sueño (BS) como un trastorno del movimiento relacionado con este momento del día, una parasomnia o alteración mecánica de connotación negativa concomitante con otras afecciones que provoquen actividad muscular mandibular (AMM), las que deben tener la atención total del equipo de salud adecuado para establecer el diagnóstico diferencial.

Desde el punto de vista fisiológico, se ha constatado que el BS está mediado centralmente, a través de influencias autonómicas y cerebrales de excitación central o vigilancia en la génesis de la actividad muscular mandibular durante el sueño. Esta actividad muscular que ocurre como una reacción a micro-despertares durante el sueño está influida por la actividad simpática cardíaca, demostrada por aumento de la frecuencia cardíaca y por un subsecuente incremento del tono muscular con durabilidad de tres a diez segundos.⁴

El sueño, en cuanto a su calidad y duración como un estilo de vida, participa para mantener o deteriorar la salud del individuo. El acortamiento en su duración y trastornos como el insomnio y su asociación con la apnea obstructiva del sueño de causa médica o psicosocial incrementan la probabilidad de padecer enfermedad cardiovascular. Por lo que se presupone que los pacientes con disfunción temporomandibular como consecuencia bruxista y mala calidad del sueño pueden tener

mayor riesgo cardiovascular y de hipertensión, insuficiencia cardíaca y accidentes cerebrovasculares.
5

Los trastornos del sueño provocan el incremento en la presión arterial como factor de riesgo cardiovascular a consecuencia de la pérdida del ciclo circadiano y el equilibrio autonómico. La presión sanguínea normal se reduce en promedio entre 10 % y 20 % durante el sueño. Así a menos horas de sueño e interrupciones frecuentes se ocasiona mayor actividad del sistema nervioso simpático, por lo que el insomnio crónico bloquea la disminución de la presión sanguínea durante la noche y genera mayor presión arterial sistólica.^{4,5}

En una revisión de la literatura científica realizada por los autores de la investigación se encontró en el artículo “Trastornos del sueño y riesgo cardiovascular en pacientes con disfunción temporomandibular” de Guízar et al.⁵ cierta asociación con el fenómeno en estudio. Abarcó en cuestión 40 pacientes con disfunción temporomandibular, 22 de ellos tenían mala calidad del sueño y mayores valores de presión arterial sistólica.

El seguimiento clínico de los pacientes con bruxismo y enfermedad cardiovascular debe ser interdisciplinario y personalizado, a criterio de los autores, ya que ambos problemas de salud pueden influir de manera compleja en la salud general del paciente y viceversa.^{4,5}

Son insuficientes en la literatura científica nacional e internacional artículos científicos concernientes al bruxismo y la enfermedad cardiovascular o de trastornos de otros elementos del sistema estomatognático derivados del bruxismo en nexos casuísticos; de alguna forma se restringe la información a capítulos de documentos científicos referentes a la oclusión dentaria^{6,7} o se desarrolla en Cuba a modo de información temática en textos y guías generales para la práctica estomatológica clínica, desprovistos en su mayoría de total actualización.^{8,9,10}. Razón por la que se propone, establecer la “Consulta Interdisciplinaria Bruxismo y Corazón” en la provincia Camagüey.

Materiales y Métodos

Se realizó una investigación cualitativa de tipo descriptivo para la selección de aspectos pertinentes a una consulta interdisciplinaria proveedora de pacientes adultos con bruxismo del sueño y enfermedad cardiovascular. En el período comprendido entre julio y diciembre de 2024, en la Clínica Estomatológica Docente “Ismael Clark Mascaró” en la provincia Camagüey, Cuba.

Universo: el universo del grupo de trabajo estuvo integrado por nueve profesionales de las Ciencias Médicas con experiencia en la atención médica de pacientes bruxópatas y enfermedad cardiovascular, profesionales especialistas o verticalizados en: Oclusión dentaria, Cardiología, Neurología, Neurofisiología, Psicología, Psiquiatría, Otorrinolaringología, Nutrición y Farmacología. Seis de los profesionales Doctores en Ciencias Médicas, Estomatológicas y Ciencias de la Salud; todos especialistas de segundo grado en sus respectivas áreas del saber, poseedores de categoría docente principal e investigativa, con una vasta producción científica.

Técnicas y procedimientos: revisión documental: se utilizó para obtener los fundamentos teóricos que sustentan los resultados, así como para establecer comparaciones con los diferentes autores que han estudiado el problema de salud.

Histórico-lógico: a través de este método se obtienen los antecedentes históricos sobre el tema que se investiga, su comportamiento en las diferentes poblaciones y las formas en las que se ha investigado.

Análisis y síntesis: se utilizó con el objetivo de procesar la revisión documental y los resultados de la investigación, su comportamiento a nivel mundial y en Cuba, así como las variables que en él influyen.

Inducción-deducción: con su aplicación se obtuvo una visión general del fin de la investigación a partir del estudio de las diversas fuentes teóricas, así como el análisis e interpretación de todos los resultados.

Métodos matemáticos-estadísticos: procesamiento de los datos, a través de estadística descriptiva utilizada para resumir datos cuantitativos mediante frecuencias absolutas y porcentajes.

Elementos a considerar en la estructura de la consulta desde variables propuestas:

Justificación: variable cualitativa nominal dicotómica. Presencia o no de la panorámica respecto al valor teórico práctico clínico, docente e investigativo, político y social de una Consulta Interdisciplinaria de bruxismo del sueño y enfermedad cardiovascular.

Objetivos: variable cualitativa nominal dicotómica. Se consideran incluidos o no. Marcan la situación que se espera tras la proyección de la consulta de forma concreta y medible en toda su extensión.

Encargo social: variable cualitativa nominal politómica. Enuncia desde diferentes aristas la proyección comunitaria de la universidad y la ciencia, a través de una consulta interdisciplinaria propia del problema de salud en estudio, enumera los elementos a que se destina su implementación.

Ámbito de aplicación: variable cualitativa nominal politómica. Distingue los profesionales e instituciones de salud implicadas para atención del paciente adulto con bruxismo del sueño y enfermedad cardiovascular

Actores: variable cualitativa nominal politómica. Enumera los diferentes grupos de pacientes a los que va propuesta la Consulta Interdisciplinaria de bruxismo del sueño y enfermedad cardiovascular.

Línea de investigación central: variable cualitativa nominal dicotómica. Debe presentar sí o no el aspecto investigativo decisor o que distinga la estrategia de proyección de la consulta diseñada.

Sublíneas de investigación: variable cualitativa nominal politómica. Enumera las diferentes directrices que particularizan dentro de la consulta la investigación científica del problema de salud.

Metodología: variable cualitativa nominal politómica. Muestra las distintas acciones y técnicas a acometer y el organigrama jerárquico de la consulta.

Procedimientos: variable cualitativa nominal politómica. Distingue y esquematiza cada uno de los procedimientos en la ejecución de actividades necesarias para garantizar el perfeccionamiento de la interdisciplina dentro de la atención médica.

Materiales necesarios: variable cualitativa nominal politómica. Menciona los diversos recursos materiales necesarios.

Indicadores de evaluación: variable cuantitativa continua. Evalúa el cumplimiento y vigencia de los objetivos propuestos, mediante indicadores de calidad, proceso y estructura, concebidos en los documentos rectores en la práctica clínica de las Ciencias Médicas.

Algoritmo de trabajo: variable cualitativa nominal politómica. Información estructurada de manera didáctica que distingue en orden lógico todas las acciones necesarias para garantizar la educación, diagnóstico, tratamiento y seguimiento de los pacientes con estas afecciones.

Técnicas y procedimientos de obtención de la información. Los componentes de la estructura se fundamentaron en:

- Directrices, instrucciones y resoluciones del Sistema Nacional de Salud Pública en Cuba en cuanto al desarrollo y perfeccionamiento de la interdisciplina y funcionamiento de las consultas en el área de las Ciencias Médicas.

- Análisis del sistema de salud cubano y del modelo de atención primaria orientada a la comunidad.⁽¹¹⁾ Se siguió la metodología básica del grupo focal,⁽¹²⁾ como técnica de investigación cualitativa de consenso. Se consideró aspectos referentes al documento científico rector a elaborar, los datos generales y clínicos a recoger y el modelaje sugerido. La información obtenida se registró por medio de anotaciones en un diario de campo.

El investigador principal propone el documento científico preliminar a los demás integrantes del equipo interdisciplinario y promovió que se emitieran en técnica cualitativa de consenso opiniones y aclaraciones, para con posterioridad se reelaboraran aspectos pertinentes a cada señalamiento. En taller propicio para actividad plenaria quedó definido el documento científico rector reelaborado concerniente a la Consulta Interdisciplinaria Bruxismo y Corazón, que se socializó en la comunidad científica.

Resultados

“Consulta Interdisciplinaria Bruxismo y Corazón”

Objetivos: Desarrollar la educación, prevención, diagnóstico y tratamiento del paciente adulto con bruxismo del sueño y enfermedad cardiovascular desde la integración de saberes.

Encargo social:

Interconsulta interdisciplinaria con el primer y segundo nivel de atención médica y estomatológica. Educación para la salud, prevención y promoción comunitaria de salud desde el

tercer nivel de atención clínica. Diagnóstico con empleo del método clínico. Aplicación de la analítica auxiliar complementaria con escalas, cuestionarios, polisomnografía y monitoreo ambulatorio de presión arterial (MAPA). Tratamiento restaurador y rehabilitador protésico. Cursos de postgrado. Investigación científica. Talleres de generalización de resultados investigativos. Eventos científicos provinciales, nacionales e internacionales. Divulgación de los resultados científicos en revistas de impacto. Intercambio científico con cátedras de estudio temáticas precedentes.

- **Ámbito de aplicación:**
 - Clínica Estomatológica Docente Ismael Clark Mascaró.
 - Hospital Provincial Manuel Ascunce Domenech
 - Centro de Inmunología y Productos Biológicos.
 - Equipo interdisciplinario: Oclusión dentaria, Cardiología, Neurología, Neurofisiología, Psicología, Psiquiatría, Otorrinolaringología, Nutrición y Farmacología.

Actores:

- Pacientes adultos con diagnóstico presuntivo y definitivo de bruxismo del sueño.
- Pacientes adultos con antecedentes patológicos familiares de bruxismo del sueño.
- Pacientes adultos con enfermedad cardiovascular.
- Pacientes adultos con antecedentes patológicos familiares de enfermedad cardiovascular.

Línea de investigación central, intercambio científico y socialización de los resultados investigativos:

Línea de investigación: interpretación clínica y cardiovascular del bruxismo del sueño.

Intercambio científico: permanente entre el equipo de salud, trimestral los talleres docente investigativos y las reuniones de trabajo colaborativo.

Socialización de los resultados investigativos: publicaciones y eventos científicos.

Sublíneas de investigación:

1. Predicción de factores de riesgo de bruxismo y enfermedad cardiovascular.
2. Riesgo de efectos negativos de bruxismo y enfermedad cardiovascular en pacientes adultos.
3. Educación sanitaria y estilos de vida saludables.
4. Analítica polisomnográfica a pacientes con enfermedad cardiovascular.
5. Mapeo cardiovascular.
6. Nuevas terapéuticas ante la enfermedad cardiovascular.
7. Comunicación y estrategias de aprendizaje para pacientes con enfermedad cardiovascular.
8. Elementos sociopsicológicos propios del paciente adulto con bruxismo del sueño y enfermedad cardiovascular.
9. Documentos científicos normativos estandarizante de procedimientos para pacientes con bruxismo y enfermedad cardiovascular.

Metodología:

“Consulta Interdisciplinaria Bruxismo y Corazón La estructura de trabajo en la consulta se sustenta en la integración de saberes y el vínculo profesional interdisciplinario y colaborativo. Está en primer orden la valoración clínica y llenado de la documentación personalizada, seguido de un esquema de educación sanitaria y para la salud de pacientes, fomentar la autonomía en los mismos y proponer la escuela de aprendizaje para pacientes y familias con bruxismo y enfermedad cardiovascular. (Fig. 1)

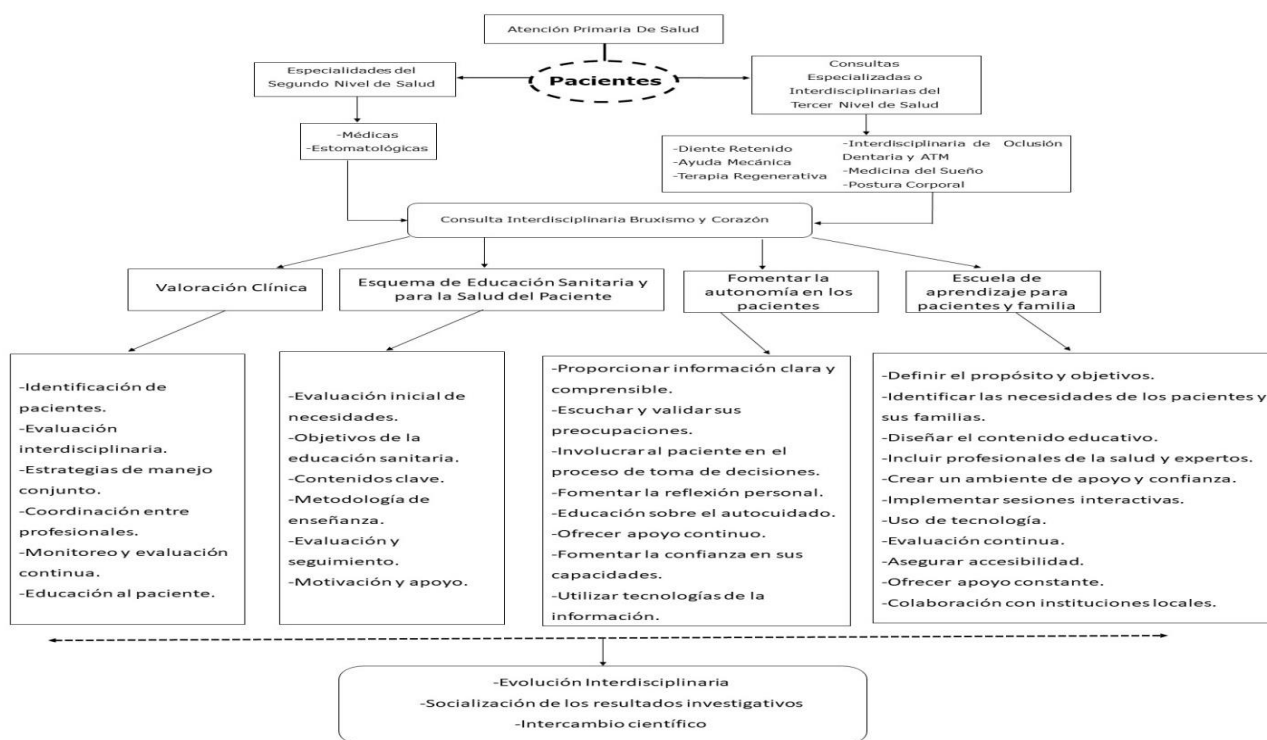


Figura 1. Acciones necesarias para garantizar la educación, diagnóstico, tratamiento y seguimiento de los pacientes

Valoración clínica

1. Identificación de pacientes

- **Criterios de inclusión:** Pacientes adultos con diagnóstico conocido de bruxismo y/o enfermedad cardiovascular (ECV).
- **Evaluación inicial:**
 - Historia clínica del tercer nivel de atención de salud de Oclusión Dentaria y Articulación Temporomandibular completa, con énfasis en los factores de riesgo cardiovascular y la historia del bruxismo (por ejemplo, síntomas como dolor en el sistema estomatognático, tensión muscular, desgaste dental, etc.).

- Examen físico general, enfocado en la evaluación cardiovascular (presión arterial, frecuencia cardíaca, auscultación cardíaca, etc.) y evaluación odontológica (inspección de desgaste dental, posibles signos de bruxismo).

2. Evaluación interdisciplinaria

- **Oclusión dentaria:**
 - Diagnóstico y clasificación del bruxismo (nocturno o diurno, primario o secundario).
 - Considerar la posibilidad de un tratamiento con férulas oclusales para evitar el desgaste dental.
 - Evaluar el impacto del bruxismo en la salud oral (desgaste dental, fracturas dentales, etc.).
- **Cardiología:**
 - Evaluación del riesgo cardiovascular (presión arterial, lípidos sanguíneos, antecedentes de eventos cardiovasculares).
 - Identificación de condiciones asociadas que puedan ser agravadas por el bruxismo (ejemplo: hipertensión, arritmias).
- **Psicología:**
 - Evaluación de factores emocionales o de estrés que puedan estar contribuyendo al bruxismo.
 - Intervención para el manejo del estrés, ansiedad y otros factores psicosociales relacionados.
- **Neurofisiólogo y Neurólogo :** valorar desde los aspectos neurológicos al paciente, aplicar escalas clínicas, interpretación de la analítica polisomnográfica, desarrollar métodos diagnósticos precisos acorde a la casuística clínica y polisomnográfica, emitir documento diagnóstico, , interconsultar e imponer tratamiento.
- **Otorrinolaringología:** valoración clínica oro faríngea, establecer diagnósticos diferenciales, tratamientos convencionales y quirúrgicos, e interconsultas.
- **Psiquiatría:** valoración clínica personalizada, tratamientos de psicofármacos de apoyo y en dependencia del diagnóstico de salud mental.
- **Farmacología:** valorar las prescripciones farmacológicas relacionadas con el incremento o supresión de episodios bruxistas (recapturadores de la serotonina) en vínculo con la enfermedad cardiovascular.
- **Nutrición:** valoración clínica, pesaje y recomendaciones alimenticias para pacientes que padecen ambas condiciones (Figura 2)

Categoría	Alimentos recomendados	Razón
Grasas saludables	Aceite de oliva extra virgen Aguacate Frutos secos (en moderación)	Ayudan a reducir la inflamación y a mejorar la salud cardiovascular. No afectan al bruxismo.
Proteínas magras	Pescado (especialmente sardinas) Pollo sin piel Pavo	Proteínas que son fáciles de digerir y ayudan a la reparación muscular, reduciendo el estrés.
Carbohidratos complejos	Avena Arroz integral Verduras y hortalizas	Mejoran el control de la glucosa y son ricos en fibra, lo que favorece la salud cardiovascular.
Lácteos bajos en grasa	Yogur natural sin azúcar Leche desnatada Queso bajo en grasa	Aportan calcio, importante para la salud ósea y muscular.
Alimentos ricos en magnesio	Plátanos Espinacas Almendras Semillas de calabaza	El magnesio puede ayudar a reducir la tensión muscular y el estrés, beneficiando a los pacientes con bruxismo.
Alimentos antiinflamatorios	Jengibre Cúrcuma Té verde Tomates	Reducen la inflamación y son útiles para la salud cardiovascular.
Hidratación	Agua Infusiones sin azúcar	Mantenerse hidratado es esencial para el funcionamiento general del cuerpo, incluida la salud cardiovascular.
Evitar alimentos procesados	Comidas rápidas Alimentos con alto contenido de sodio y azúcar	Pueden empeorar la salud cardiovascular y aumentar la inflamación.

Figura 2. Recomendaciones nutricionales

Recomendaciones adicionales:

- **Reducción de cafeína:** el exceso de cafeína puede aumentar la tensión muscular y agravar el bruxismo.
- **Alimentos ricos en vitamina C:** ayudan a reducir el estrés oxidativo, que es beneficioso para la salud cardiovascular y la función muscular.

3. Estrategias de manejo conjunto

- **Tratamiento del bruxismo:**
 - **Intervenciones estomatológicas en la esfera de oclusión dentaria:**
 - Uso de férulas de descarga oclusal para proteger los dientes y reducir la tensión muscular.
 - Consejos sobre higiene bucal y hábitos para evitar el bruxismo (por ejemplo, evitar el consumo de estimulantes como la cafeína antes de dormir).
 - **Intervenciones psicológicas:**
 - Terapias de relajación, como técnicas de respiración, meditación, o mindfulness.
 - Terapia cognitivo-conductual para el manejo del estrés y la ansiedad.
- **Tratamiento cardiovascular**

- Control de factores de riesgo cardiovascular mediante cambios en el estilo de vida, como dieta, ejercicio y abandono del tabaco.
- Medicamentos para el control de la presión arterial, colesterol y otros indicadores según sea necesario.
- MAPA:

El monitoreo se realiza por 24 horas. Se utiliza una pequeña máquina digital de presión arterial que está unida a un cinturón alrededor del cuerpo y conectada a un brazalete alrededor de la parte superior del brazo izquierdo. La máquina toma lecturas de la presión arterial a intervalos regulares durante todo el día, cada 30 minutos durante el día y cada 60 minutos por la noche. Evidencia el ritmo cardíaco de la tensión arterial; dado que la tensión arterial no se comporta de igual manera a lo largo del día, se corrobora también el error de medición de la tensión arterial.

El paciente debe acudir a la consulta con ropa ancha de preferencia en lo que se refiere a las mangas para no obstruir el funcionamiento del equipo y evitar contacto del mismo con agua. Durante la prueba debe hacer su vida cotidiana normal, no debe realizar ejercicios físicos ni someterse a situaciones de estrés para que la medida sea lo más real posible.

Con el MAPA pueden analizarse parámetros de: presión promedio diurna y nocturna, presión promedio de 24 horas sistólica y diastólica; hipertensión arterial al despertar. Además, el ritmo circadiano que puede ser: Dipper, no Dipper, Dipper inverso o Dipper asintuado. El fenotipo por mapa permite determinar si existe hipertensión arterial resistente, de bata blanca, enmascarada o controlada.

4. Coordinación entre profesionales

- **Interacciones regulares entre los profesionales de salud:**
 - Establecer canales de comunicación abiertos entre Oclusión dentaria, Cardiología, Neurología, Neurofisiología, Psicología, Psiquiatría, Otorrinolaringología, Nutrición y Farmacología para asegurar que todos los tratamientos sean coherentes y se alineen con el manejo global del paciente.
 - Revisión periódica de la evolución del paciente, con ajustes a los tratamientos según sea necesario.

5. Monitoreo y evaluación continua

- **Seguimiento de los síntomas:**
 - Evaluación regular de los signos y síntomas del bruxismo (frecuencia, intensidad, impacto en la calidad de vida del paciente).
 - Monitoreo de los indicadores cardiovasculares (presión arterial, frecuencia cardíaca, control de lípidos, etc.).

- **Ajustes en el tratamiento:**

- Realizar modificaciones en las intervenciones, según los resultados del seguimiento.
- Reevaluar la necesidad de continuar con ciertos tratamientos interdisciplinarios según la mejora clínica o la aparición de nuevos síntomas.

6. Educación al paciente

- **Información integral:**

- Brindar al paciente información sobre el impacto del bruxismo en la salud cardiovascular y viceversa.
- Instruir sobre estrategias para el manejo del estrés y cómo mejorar la calidad del sueño.
- Promover el autocuidado y la adherencia a las recomendaciones médicas.

Esquema de Educación Sanitaria y para la Salud de Pacientes

1. Evaluación inicial de necesidades

- Identificación de la condición médica del paciente.
- Evaluación del conocimiento previo del paciente sobre su salud.
- Identificación de factores socioeconómicos, culturales y emocionales que influyen en la salud.
- Determinación de barreras para la adopción de hábitos saludables (por ejemplo, desinformación, acceso limitado, etc.).

2. Objetivos de la educación sanitaria

- **Prevención:** informar sobre prácticas que eviten enfermedades o complicaciones (vacunación, higiene, alimentación saludable, etc.).
- **Autocuidado:** fomentar el autocontrol y manejo de enfermedades crónicas (por ejemplo, diabetes, hipertensión, asma).
- **Salud mental:** Promover la salud mental, reducción del estrés, y el bienestar emocional.
- **Adherencia al tratamiento:** mejorar el cumplimiento del tratamiento médico y terapéutico.
- **Promoción de hábitos saludables:** ejercicio, nutrición balanceada, descanso adecuado.

3. Contenidos clave

- **Información médica básica:** explicar la enfermedad o condición médica, sus causas y posibles complicaciones.

- **Estrategias preventivas:** higiene personal, vacunación, control de factores de riesgo, entre otros.
- **Técnicas de autocontrol:** uso adecuado de medicamentos, control de síntomas, técnicas de medición (presión arterial, glucosa).
- **Hábitos saludables:** nutrición adecuada, ejercicio físico, evitar el tabaco, alcohol y drogas, manejo del estrés.
- **Atención psicosocial:** identificación de señales de alarma emocional, recursos de apoyo psicológico, comunicación efectiva con profesionales de la salud.

4. Metodología de enseñanza

- **Sesiones individuales:** orientación personalizada según el caso del paciente.
- **Sesiones grupales:** talleres o charlas educativas con otros pacientes para compartir experiencias.
- **Materiales visuales y didácticos:** uso de folletos, videos, aplicaciones, modelos o recursos gráficos.
- **Tecnologías de la información:** usanza de plataformas online, aplicaciones móviles para seguimiento de salud, mensajes de texto con recordatorios de medicamentos.

5. Evaluación y seguimiento

- **Evaluación inicial:** preguntas abiertas, cuestionarios o encuestas para medir el conocimiento antes de la intervención.
- **Seguimiento continuo:** control regular sobre el progreso del paciente y ajuste del plan educativo según sea necesario.
- **Retroalimentación:** evaluación periódica de la comprensión del paciente, motivación y cambios en la adherencia al tratamiento o estilo de vida.
- **Ajustes al plan educativo:** personalización continua según las respuestas y evolución del paciente.

6. Motivación y apoyo

- **Refuerzo positivo:** elogios por los logros alcanzados, por pequeños cambios de comportamiento.
- **Redes de apoyo:** integración de familia, amigos, y grupos de apoyo en el proceso de educación.
- **Fomentar la autonomía:** empoderar al paciente para que tome decisiones informadas sobre su salud.

Fomentar la autonomía en los pacientes

1. Proporcionar información clara y comprensible:

- Explicar las opciones de tratamiento, los beneficios, los riesgos y las posibles alternativas de manera clara, usando un lenguaje comprensible.

- Utilizar recursos visuales, folletos o incluso aplicaciones para ayudar a explicar las condiciones médicas y los tratamientos.

2. Escuchar y validar sus preocupaciones:

- Fomentar un ambiente donde el paciente se sienta escuchado y que sus opiniones y preocupaciones sean tomadas en cuenta.
- Hacer preguntas abiertas para comprender mejor las creencias, expectativas y temores del paciente.

3. Involucrar al paciente en el proceso de toma de decisiones:

- Explicar al paciente que tiene un papel activo en la toma de decisiones sobre su salud.
- Presentar todas las opciones posibles y sus pros y contras, permitiendo que el paciente participe en la decisión final.

4. Fomentar la reflexión personal:

- Ayudar al paciente a reflexionar sobre sus valores, metas y prioridades en relación con su salud, para que sus decisiones sean congruentes con lo que consideran más importante.
- Preguntar: "¿Qué es lo más importante para usted en este tratamiento?"

5. Educación sobre el autocuidado:

- Proporcionar herramientas y educación sobre cómo el paciente puede manejar su salud en su día a día.
- Enseñar sobre hábitos saludables, control de síntomas y manejo de enfermedades crónicas.

6. Ofrecer apoyo continuo:

- Asegurarse de que el paciente sepa que tiene acceso a apoyo constante a lo largo de su tratamiento, ya sea a través de consultas regulares, números de contacto o grupos de apoyo.

7. Fomentar la confianza en sus capacidades:

- Reforzar la idea de que el paciente es capaz de tomar decisiones informadas y de manejar su propia salud.
- Evitar tomar decisiones sin su participación o hacerlos sentir que no tienen control sobre su tratamiento.

8. Utilizar tecnologías de la información:

- Proveer acceso a plataformas en línea donde los pacientes puedan obtener información verificada y actualizada sobre su condición, tratamientos y procedimientos médicos.

Escuela de aprendizaje para pacientes y familias (Figura 3)

1. Definir el propósito y objetivos

- **Propósito:**

¿Qué se desea lograr con la escuela? Esto puede incluir educar sobre el manejo de una condición médica, fortalecer habilidades de comunicación, reducir la ansiedad, etc.

- **Objetivos:**

Establecer metas claras y medibles. Por ejemplo: reducir el estrés de los pacientes mediante técnicas de relajación o brindar a las familias las herramientas necesarias para apoyar a su ser querido en el tratamiento conjunto.

2. Identificar las necesidades de los pacientes y sus familias

- Realizar encuestas o entrevistas a pacientes y familias para conocer sus principales preocupaciones y necesidades de información.
- Incluir aspectos como manejo de síntomas, comprensión de medicamentos, apoyo emocional, etc.

3. Diseñar el contenido educativo

- **Material didáctico:** preparar contenido que sea comprensible, accesible y relevante para todos los niveles de conocimiento de los participantes.
- **Formato:** usar diferentes formatos como talleres, clases en línea, materiales escritos, videos educativos, etc.
- **Temas clave:** incluir:
 - Información básica sobre la condición o enfermedad.
 - Estrategias de manejo de la salud.
 - Comunicación efectiva entre pacientes y profesionales de la salud.
 - Apoyo psicológico y emocional para pacientes y familias.
 - Ejercicios prácticos (como técnicas de relajación o control del dolor).

4. Incluir profesionales de la salud y expertos

- Invitar a médicos, enfermeras, psicólogos, trabajadores sociales, terapeutas ocupacionales y otros profesionales que puedan ofrecer sus conocimientos y apoyo.
- Colaborar en la creación de materiales educativos.

5. Crear un ambiente de apoyo y confianza

- Compartir experiencias y aprender.
- Fomentar la empatía, la escucha activa y el apoyo mutuo entre los participantes.

6. Implementar sesiones interactivas

- Utilizar actividades grupales, discusiones en equipo y preguntas abiertas para promover el aprendizaje activo y la participación.
- Organizar talleres prácticos, dinámicas de grupo, role-playing (representación de situaciones), y sesiones de preguntas y respuestas.

7. Uso de tecnología

- Considerar la creación de una plataforma en línea para ofrecer cursos, charlas o materiales educativos a distancia. Esto es especialmente útil si hay pacientes que no pueden asistir en persona.

8. Evaluación continua

- Medir el impacto de la escuela de aprendizaje. Recoge retroalimentación de los participantes para ajustar los programas según sus necesidades.
- Hacer encuestas de satisfacción, entrevistas individuales o sesiones de retroalimentación al final de cada taller.

9. Asegurar accesibilidad

- Asegurar de que el espacio sea accesible para personas con discapacidades físicas o necesidades especiales. El contenido debe ser claro, conciso y adaptado a diferentes niveles de comprensión, por ejemplo, utilizando imágenes, videos o traducciones si es necesario.

10. Ofrecer apoyo constante

- Ofrecer seguimiento a los participantes mediante grupos de apoyo, consultas periódicas, y recursos adicionales. La escuela de aprendizaje no debe ser un evento aislado.
- Crear una red de apoyo entre los pacientes y las familias puede fortalecer la comunidad.

11. Colaboración con instituciones locales

- Asociar hospitales, centros comunitarios, fundaciones o asociaciones de pacientes para dar mayor visibilidad al proyecto y lograr un mayor impacto.

Tema	Descripción
Relación entre bruxismo y enfermedad cardiovascular	Explicar cómo el estrés y la tensión muscular en el bruxismo pueden contribuir al aumento de la presión arterial y a problemas cardíacos.
Estrategias de enfrentamiento del estrés	Técnicas para reducir el estrés, como la meditación, respiración profunda, yoga y mindfulness, que pueden beneficiar tanto el bruxismo como la salud cardiovascular.
Impacto del bruxismo en la salud dental	Explicar cómo el bruxismo puede afectar la salud bucal, con énfasis en la importancia de un cuidado adecuado para prevenir complicaciones adicionales.
Importancia del sueño reparador	Discusión sobre cómo el bruxismo y las enfermedades cardiovasculares pueden afectar la calidad del sueño y su relación con el bienestar general.
Estrategias de relajación muscular	Técnicas para reducir la tensión muscular en la mandíbula, cuello y otras áreas del cuerpo que pueden aliviar los síntomas de bruxismo.
Ejercicio físico y salud cardiovascular	Beneficios de la actividad física regular para controlar la enfermedad cardiovascular, al mismo tiempo que puede disminuir el estrés y la ansiedad relacionados con el bruxismo.
Medicamentos y tratamiento para el bruxismo	Explicar las opciones de tratamiento para el bruxismo, como protectores bucales, medicamentos y terapias de relajación, y cómo estas interactúan con las condiciones cardiovasculares.
Importancia de una alimentación saludable	Hablar sobre la dieta y cómo ciertos alimentos pueden influir en la salud cardiovascular, así como en el manejo del estrés y la salud en general.
Consejos para la gestión de la ansiedad	Orientación sobre cómo manejar la ansiedad, una de las causas comunes tanto del bruxismo como de los problemas cardíacos.
Signos y síntomas de complicaciones	Enfatizar la importancia de reconocer los signos de posibles complicaciones en el bruxismo y en la salud cardiovascular, y cuándo buscar ayuda médica.

Figura 3. Temas posibles para impartir a pacientes con bruxismo y enfermedad cardiovascular

Discusión

La consulta creada toma como referencia la evidencia plasmada por la comunidad científica,^(13,14) propone una serie de procedimientos clínicos interdisciplinarios en el tercer nivel de atención médica para el paciente con bruxismo del sueño y enfermedad cardiovascular, teniendo en cuenta la necesidad del país en cuanto establecer protocolos que garanticen la calidad de los servicios de salud.

Consideran Trujillo et al.,⁽¹⁵⁾ que la interdisciplinariedad es la estrategia mediante la cual se logra la apertura a nuevos conocimientos y mejores resultados tanto para los pacientes en la resolución de sus necesidades y problemas, como para los profesionales en la correcta toma de decisiones diagnósticas y terapéuticas.

La atención médica a pacientes con bruxismo del sueño y enfermedad cardiovascular varía, tanto en la utilización de los recursos materiales como en los resultados investigativos obtenidos; razón principal para la existencia de diversas guías o protocolos, que enlazan términos de referencia y parámetros para ganar calidad en la práctica médica que se realiza.^(16,17)

Las guías de práctica clínica representan una alternativa propuesta desde el movimiento de la medicina basada en la evidencia, iniciado en la década de los años 90 en Canadá. Ellas son normativas escritas por grupos de trabajo de alto desempeño que representan a instituciones prestigiosas, producto de los resultados de múltiples investigaciones. Ofrecen una rápida orientación y algoritmos diagnósticos precisos.^(18, 19)

Estos documentos tienen el propósito común de estandarizar la práctica clínica, promueven una atención eficaz y contribuyen a sistematizar la asistencia según la perspectiva más actual que ofrece la literatura científico técnica en base a las evidencias investigativas.⁽¹⁸⁾

Morales et al.,⁽²⁰⁾ son referenciados por Díaz et al.,⁽²¹⁾ pues ratifican como pilares para lograr una mejor evolución en los pacientes, la atención protocolizada en los centros especializados enlazada a la agilidad en la asistencia y tramitación dentro de la institución de salud y a la concepción multidisciplinaria e interdisciplinaria.

Alva et al.⁽²²⁾ consideran que el desarrollo y la mejora de la calidad de las guías prácticas clínicas ha sido progresivo y se ha dado gracias a la incorporación de metodologías claras, capacidad de los recursos humanos en su elaboración y preocupación institucional por alcanzar los mejores estándares. Se debe garantizar la calidad de las mismas bajo un enfoque basado en la evidencia y centrado en la persona que permita una mejor atención a los pacientes.

En Cuba, existen nueve consultas del tercer nivel de atención estomatológica de Oclusión Dentaria y Articulación Temporomandibular distribuidas en ocho provincias del país: dos en La Habana, una en Cienfuegos, Villa Clara, Sancti Spíritus, Ciego de Ávila, Camagüey, Holguín y Santiago de Cuba; observó el Dr. Joaquín González Reynaldo (comunicación personal del director nacional de Estomatología en el Ministerio de Salud Pública de Cuba, 20 de mayo de 2019),⁽²⁰⁾ por lo que el servicio queda limitado para cubrir el máximo de necesidades de atención de los individuos; además no existe evidencia de trabajo de conjunto en la propia consulta con el equipo médico interdisciplinario, teniendo en cuenta que desde la integración de saberes se puede llegar a un diagnóstico y terapéutica más certera.

Conclusiones

La “Consulta Interdisciplinaria Bruxismo y Corazón” en Camagüey queda constituida desde un documento científico rector en las Ciencias Médicas cubana, confirmando a la integración de saberes y al trabajo profesional colaborativo la importancia sustancial para el éxito terapéutico.

Referencias

1. Fernández Guzmán P, Delgado RL, Castellanos J. Alteraciones del sueño y bruxismo. Rev ADM [Internet]. 2018 [citado 09 Nov 2024];75(4):187-95. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2018/od184d.pdf>

2. Carra MC, Schmitt A, Thomas F, Danchin N, Pannier B, Bouchard P. Sleepdisorders and oral health: a cross-sectionalstudy. Clin Oral Investig [Internet]. 2017 May [citado 04 Ene 2025];21(4):975-83. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27178314/>
3. Pin Arboledas G, Sampedro Campos M. Fisiología del sueño y sus trastornos. Ontogenia y evolución del sueño a lo largo de la etapa pediátrica. Relación del sueño con la alimentación. Clasificación de los problemas y trastornos del sueño. Pediatr Integral [Internet]. 2018[citado 07 Sep 2024]; XXII (8): 358-371. Disponible en: <https://www.pediatrintegral.es/publicacion-2018-12/fisiologia-del-sueno-y-sus-trastornos-ontogenia-y-evolucion-del-sueno-a-lo-largo-de-la-etapa-pediatrica-relacion-del-sueno-con-la-alimentacion-clasificacion-de-los-problemas-y-trastornos-del-sueno/>
4. Oyarzo JF, Valdés C, Bravo R. Etiología, diagnóstico y manejo de bruxismo de sueño. RevMedClin Condes [Internet]. 2021 [citado 8 Jun 2024]; 32 (5) :[603-610]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2021.07.007>
5. Guízar Mendoza JM, Amador Licon N, Salinas Escoboza CR, Pérez Vázquez PJ, González García CF. Trastornos del sueño y riesgo cardiovascular en pacientes con disfunción temporomandibular. MedIntMéx [Internet]. 2022 [citado 8 Jun 2024]; 38 (1) :[41-50]. Disponible en:<https://doi.org/10.24245/mim.v38i1.4800>
6. Ramfjord SP, Ash MM. Oclusión. 2a ed. México: Nueva Editorial Interamericana; 1983.
7. Okeson JP. Etiología e identificación de los trastornos funcionales del sistema masticatorio. En: Oclusión y afecciones temporomandibulares. 5^{ta} ed. Madrid: Mosby- Doyma; 2008 p.149-361.
8. González González G, Ardanza Zulueta P. Rehabilitación Protésica Estomatológica. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2008.
9. Colectivo de autores. Guía Prácticas de Estomatología. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2003
10. Gutiérrez R. Mario Felipe, Miralles L. Rodolfo, Fuentes del C. Aler Daniel, Santander N. Hugo, Valenzuela F. Saúl, Gamboa C. Natalia Andrea et al . Bruxismo y su relación con otorrinolaringología: una revisión de la literatura. Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello [Internet]. 2021 Mar [citado 2023 Jun 08] ; 81(1) : 153-162. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-48162021000100153&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-48162021000100153>.
11. Segura del Pozo J. Salud pública, atención primaria y salud comunitaria: tres ramas del mismo árbol. GacSanit[Internet]. 2021[citado 2024 Jun 08] ; 35(2):107–108. Disponible en:<https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.07.004>
12. Sánchez MJ, Fernández M, Díaz JC. Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. UISRAEL[Internet].2021[citado 2024 Jun 08]; 8 (1):[aprox. 3 p.]. Disponible en:<https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1.2021.400>

13. Díaz Miralles M. Perspectiva de desarrollo profesional en Cuba desde la Cátedra Multidisciplinaria de Oclusión. Arch Méd Camagüey [Internet]. 2021 [citado 13 Mar 2024];25 (4):[aprox. 3 p.]. Disponible en: <https://revistaamc.sld.cu/index.php/amc/article/view/7619>
14. Camacho Guerrero L, Zurbano Cobas A, Portal García Y, Hernández Alfonso C. del P, Ventura Trujillo JA, Fimia Duarte R. Guía diagnóstica para el bruxismo en la atención primaria de salud en Santa Clara, Villa Clara, Cuba. Biotempo [Internet]. 2024 [citado 13 Mar 2024];21 (2):[aprox. 3 p.]. Disponible en: <https://doi.org/10.31381/biotempo.v21i2.6771>
15. Universidad Industrial de Santander. Ruta metodológica para prácticas interdisciplinarias integradas en Atención Primaria en Salud. Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud [Internet]. 2023 [citado 13 Mar 2024]; 55:[aprox. 3 p.]. Disponible en: <https://doi.org/10.18273/saluduis.55.e:23019>
16. Vera Carrasco O. Guías de atención, guías de práctica clínica, normas protocolos de atención. RevMéd La Paz [Internet]. 2019 [citado 10 Mar 2024];25(2):70-77. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-89582019000200011&lng=es
17. Aguirre Raya DA, Hernández Jiménez AB. Algunas consideraciones para el diseño de protocolos en la actividad de Enfermería. Rev habanera cienc méd [Internet]. 2014 Jun [citado 10 Mar 2024];13(3): 487-99. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2014000300014&lng=es
18. Arias CJC, Hidalgo MCJ, Hidalgo CHE. Utilidad de las guías, protocolos y algoritmos en la práctica clínica. Rev cubana med[Internet]. 2019;58 (1):1-10. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75232019000100005&lng=es.
19. Díaz Gómez S, Gutiérrez Hernández M, Grau León I, Díaz Miralles M, Puerto Pérez T, Vara Delgado A. Procedimientos clínicos interdisciplinarios para un nuevo enfoque del bruxismo desde la integración médica en Cuba. Archivo Médico Camagüey [Internet]. 2021 [citado 7 Sep 2024]; 25 (5) :[aprox. 12 p.]. Disponible en: <https://revistaamc.sld.cu/index.php/amc/article/view/8473>
20. Morales Navarro D. Propuesta de protocolo para el manejo inicial del trauma maxilofacial grave [Tesis Doctoral]. La Habana: Universidad de Ciencias Médicas de La Habana, Facultad de Estomatología Raúl González Sánchez; 2018 [citado 07 Sep 2024]. Disponible en: <https://tesis.sld.cu/index.php/index.php?P=FullRecord&ID=697>
21. Díaz Gómez SM, Díaz Miralles M, Gutiérrez Hernández M, Grau León IB, Puerto Pérez TV, Jiménez Rodríguez AA. Estimación de la protocolización del bruxismo desde la perspectiva clínica en Cuba y el mundo. Arch méd Camagüey [Internet]. 2021 [citado 07 Sep 2024];25(6):[aprox. 10 p.]. Disponible en: <https://revistaamc.sld.cu/index.php/amc/article/view/8485/4145>
22. Alva Diaz C, García Mostajo Jorge A, Gil Olivares F, Timana R, Pimentel P, Canelo Aybar C. Guías de práctica clínica: evolución, metodología de elaboración y definiciones actuales. Acta

méd. Peru [Internet]. 2017 Oct [citado 2024 Feb 05] ; 34(4): 317-322. Disponible en:
<https://doi.org/10.35663/amp.2017.344.465>

[Received: [19 febrero 2025] |Accepted: [12 mayo 2025] | Published: [15 junio 2025]

Citation: Cruz-Pérez, J. L; Díaz, S; Sellén, E; Camejo, G; Rubí, O; Gil, V. Bruxismo y salud cardiovascular: una mirada interdisciplinaria desde la Estomatología y la Cardiología. Bionatura 2025. Volumen 10, (No 2). 10.70373/RB/2025.10.02.2

Contribuciones de los autores: Conceptualización, JLCP, SMDG; metodología, JLCP, SMDG, ESS; software, JLCP, ESS; análisis formal, JLCP, SMDG, ESS, GCS, ORR, VGG; escritura, revisión y edición, JLCP, SMDG, ESS, GCS, ORR, VGG. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento: Esta investigación fue financiada por los propios autores.

Declaración de la junta de revisión institucional: El estudio fue realizado respetando lo establecido en la Declaración de Helsinki.

Declaración de consentimiento informado: Se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes involucrados en el estudio.

Declaración de disponibilidad de datos: Para obtener más información respecto a los datos puede comunicarse directamente con los autores de este estudio.

Agradecimientos: Los autores agradecen a cada uno de los expertos que participaron en la creación de la consulta y tomaron un poco de su tiempo para contribuir a este valioso trabajo.

Conflictos de Interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses. Peer review information: Bionatura thanks the anonymous reviewers for their contribution to the peer review of this work using <https://reviewerlocator.webofscience.com/>

All articles published by Bionatura Journal are freely and permanently accessible online immediately after publication, without subscription charges or registration barriers.

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

Copyright: © 2025 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/>)



3 La sostenibilidad de la seguridad higiénico-sanitaria en cadenas agroalimentarias basada en la cooperación interempresarial

The sustainability of hygienic and sanitary safety in agri-food chains based on inter-company cooperation

Dr. C. Leticia Espinosa Nieto¹, Dr. C. Luisa Matos Mosqueda¹, Dr. C. Lourdes Crespo Zafra¹, Dr. C. Néstor Loredó Carballo¹.

¹ Universidad de Camagüey “Ignacio Agramonte Loynaz”, Cuba,

leticia.espinosa@reduc.edu.cu, <https://orcid.org/0000-0002-4181-4276>;

luisa.matos@reduc.edu.cu, <https://orcid.org/0000-0002-2387-163X>;

lourdes.crespo@reduc.edu.cu, <https://orcid.org/0000-0002-4799-3447>;

nestor.loredo@reduc.edu.cu, <https://orcid.org/0000-0001-5975-9888>

*Autor para la correspondencia: leticia.espinosa@reduc.edu.cu

Resumen

La intensidad competitiva que caracteriza al mercado alimentario en la actualidad, representa un desafío para los países en vías de desarrollo como Cuba, al limitar sus posibilidades de competir. Sin embargo, la cooperación interempresarial emerge como alternativa a considerar para el desarrollo de estrategias con potencialidades para aportar sostenibilidad a las ventajas competitivas. En el presente trabajo se aborda este tema, pero desde la perspectiva de la inocuidad alimentaria. Para ello se parte de definir la seguridad higiénico-sanitaria como atributo de valor para el cliente y el aseguramiento integral de la inocuidad alimentaria como proceso de creación de valor que le da lugar; mientras que el sistema de gestión de inocuidad alimentaria representa la estrategia que hace que la seguridad higiénico-sanitaria se convierta en exponente de ventajas competitivas. A partir del análisis de la literatura especializada y con la aplicación de los métodos de análisis-síntesis e inducción-deducción, se fundamenta teóricamente que la adopción de un sistema de gestión de inocuidad alimentaria sustentado en la cooperación interempresarial constituye una estrategia que posibilita la mejora del desempeño del aseguramiento integral de la inocuidad alimentaria en cadenas agroalimentarias, propiciando el aporte sostenible de seguridad higiénico-sanitaria a los alimentos.

Palabras clave: Seguridad higiénico-sanitaria sostenible, cooperación interempresarial, aseguramiento integral de la inocuidad alimentaria, sistema de gestión de inocuidad alimentaria.

Abstract

The intense competition that characterizes the current food market represents a challenge for developing countries like Cuba, limiting their ability to compete. However, inter-company cooperation is emerging as an alternative to consider for developing strategies with the potential to contribute to sustainable competitive advantages. This paper addresses this topic from a food safety perspective. To do so, we begin by defining hygiene and sanitary safety as a value attribute for the customer and comprehensive food safety assurance as the value-creating process that gives rise to it. The food safety management system represents the strategy that transforms hygiene and sanitary safety into a competitive advantage. Based on the analysis of specialized literature and the application of analysis-synthesis and induction-deduction methods, it is theoretically supported that the adoption of a food safety management system based on intercompany cooperation constitutes a strategy that enables the improvement of the performance of comprehensive food safety assurance in agri-food chains, promoting the sustainable contribution of hygienic and sanitary safety to food.

Keywords: Sustainable hygiene and health security, inter-company cooperation, comprehensive food safety assurance, food safety management system.

Introducción

La presencia de atributos de valor para el cliente en los productos, los hace portadores de ventajas competitivas. Sin embargo, en la actualidad, mantener una ventaja competitiva no parece ser fácil al considerar que la incertidumbre y la volatilidad que ha caracterizado el entorno en las últimas décadas han aumentado considerablemente la complejidad y la presión competitiva en los mercados globalizados ⁽¹⁾. Esto ha devenido en reto para los productores y a la vez en oportunidad para quienes logran adquirir capacidades para desarrollar los procesos de creación de valor, de tal manera que generen ventajas competitivas sostenibles.

La sostenibilidad en las ventajas competitivas, es una condición que depende de que las estrategias que se adopten para el desarrollo de las actividades que conducen a la creación de valor estén basadas en recursos raros, valiosos y difíciles de imitar ⁽²⁾. Atendiendo a la situación actual de los mercados, se ha podido apreciar una tendencia al éxito de aquellas estrategias competitivas que se sustentan en formas novedosas e innovadoras de organización de la producción, donde se manifiestan indicadores colectivos de desempeño, a partir del establecimiento de relaciones de cooperación interempresariales

para el trabajo conjunto, que posibilitan el incremento de la capacidad de respuesta de las empresas a las condiciones cambiantes del entorno y le aportan la autenticidad necesaria para impedir la imitación por parte de los competidores.

En los alimentos, donde la presencia de bacterias, virus, parásitos o sustancias químicas dañinas puede causar más de 200 enfermedades diferentes, la seguridad higiénico-sanitaria se ha convertido en un importante atributo de valor ⁽³⁾. Por su parte, el aseguramiento de la inocuidad alimentaria con carácter integral, representa el proceso de creación de valor que hace posible la presencia de este atributo en los alimentos. Sin embargo, la sostenibilidad de la seguridad higiénico-sanitaria estará en dependencia de la estrategia competitiva que se adopte para desarrollar tal proceso.

El sistema de gestión de inocuidad alimentaria constituye la estrategia competitiva más reconocida y aceptada para garantizar que los alimentos posean un atributo altamente demandado por los clientes, denominado seguridad higiénico-sanitaria. Pero, en las condiciones actuales, resulta conveniente promover para su implementación, un cambio estructural, de manera que se adopte una estructura sustentada en la cooperación interempresarial, que haga posible que el sistema de gestión de inocuidad alimentaria le aporte sostenibilidad al atributo.

El presente trabajo tiene el objetivo de fundamentar teóricamente, porqué el sistema de gestión de inocuidad alimentaria sustentado en la cooperación interempresarial deviene como factor clave para el aporte de sostenibilidad a la seguridad higiénico-sanitaria de los alimentos.

Resultados

El carácter integral del aseguramiento de la inocuidad alimentaria para la seguridad higiénico-sanitaria

Resulta ineludible el papel que juegan los actores sociales en la generación de ventajas competitivas. Es que la sociedad, en sentido general, está permeada de problemas que afectan su bienestar y calidad de vida y que son provocados por el propio accionar de las empresas que producen los bienes y servicios destinados a la satisfacción de sus necesidades ⁽⁴⁾. Como consecuencia, se ha producido una transformación en la manera que los clientes perciben la responsabilidad social de las empresas, volviéndose más exigentes y atribuyéndole más valor a los aspectos relacionados con la protección de la salud, la seguridad y el cuidado del medio ambiente ⁽⁵⁾. Significa entonces, que la presencia en los productos y servicios de atributos de valor social, los hace más atractivos y por ende, portadores de un valor para el cliente, lo cual conlleva a su diferenciación, convirtiéndolos en exponentes de ventajas competitivas.

Dentro de los productos más demandados por la población, por el papel que juegan en la satisfacción de necesidades humanas, se encuentran los alimentos. Éstos son sustancias (ingredientes) ya sean procesadas, semi-procesadas o crudas, que se destinan para el consumo. La ingestión de los alimentos tiene fines nutricionales y psicológicos. Entre los primeros se encuentra: la regulación del metabolismo y el mantenimiento de las funciones fisiológicas como la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca y la tensión arterial. Entre los segundos: la satisfacción y la obtención de sensaciones gratificantes.

Para el cliente, la satisfacción, en relación con la ingestión de un alimento, está en función del grado en que se cumplen sus necesidades y expectativas. Para ello es necesario que el alimento sea portador, no solo de los atributos organolépticos propios del producto, sino también, de otros atributos de valor social, que den respuesta a las disímiles exigencias actuales de la población. ⁽⁶⁾

Teniendo en cuenta que la ingestión de alimentos guarda estrecha relación con la salud humana, un aspecto que en este ámbito ha venido acaparando la atención de los consumidores, es la ocurrencia de enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA). Una ETA es un síndrome que afecta la salud del consumidor, tanto individual como a grupos poblacionales, que puede ser contraída a partir de la ingestión de alimentos y/o agua que contengan niveles inapropiados de contaminantes. ⁽⁷⁾

La presencia en los alimentos de niveles de contaminantes que no pueden ser asimilados por el organismo, representa un riesgo para la salud de las personas. Ello puede desencadenar en enfermedades agudas de naturaleza infecciosa, las cuales son transmitidas por bacterias, virus, parásitos patogénicos, determinadas toxinas naturales, toxinas microbianas y metabolitos tóxicos de origen microbiano; así como en enfermedades crónicas, las que son provocadas por la acumulación en el organismo de contaminantes químicos, que afectan la calidad de vida e incluso, pueden llegar a causar la muerte. ⁽⁸⁾

Las consecuencias que trae consigo la ocurrencia de enfermedades transmitidas por los alimentos han propiciado el incremento de la demanda de alimentos seguros desde el punto de vista higiénico y sanitario, como parte de las exigencias de los clientes. Los alimentos seguros son expresión del cumplimiento de un requisito de calidad, inherente a los alimentos, denominado inocuidad alimentaria. Esta cualidad de los alimentos implica la ausencia de contaminantes, adulterantes, toxinas y cualquier otra sustancia que pueda hacerlo nocivo para la salud, o bien la presencia de niveles aceptables de los mismos. ^(9, 10)

Por su implicación en la salud de las personas, la inocuidad alimentaria constituye un requisito de obligatorio cumplimiento. Esto ha conllevado a que, con el decursar del tiempo, las empresas hayan

adoptado diferentes métodos para demostrar su presencia. En un inicio, estos métodos estaban basados en la inspección y el control de los productos, mediante la determinación de la conformidad a partir de los resultados de ensayos físicos, químicos y biológicos realizados en laboratorios, a muestras del producto tomadas aleatoriamente. Sin embargo, con este tipo de métodos, las fallas se detectan al final del proceso de producción o no se detectan y los alimentos pueden llegar a ser consumidos, causando daños a la salud de los consumidores y pérdidas económicas para las empresas.

(11)

La ineficacia de estos métodos, unido a la creciente manifestación de nuevos peligros, producidos por aspectos como: cambios en los procesos y en el ambiente productivo; cambios en la genética de los microorganismos; aumento del intercambio internacional de alimentos; incremento del grado de industrialización de la producción de alimentos, entre otros, han provocado la ocurrencia de episodios críticos de enfermedades causados por la contaminación de los alimentos ⁽¹²⁾. Esto ha traído consigo manifestaciones de desconfianza por parte de los clientes y, por ende, un cambio en la forma de percibir el valor asociado a la inocuidad alimentaria. En este sentido, hoy los clientes demandan garantías de que los alimentos no causarán daños a su salud, lo que se traduce en seguridad higiénico-sanitaria. De ahí que, en la actualidad, la seguridad higiénico-sanitaria represente uno de los atributos de valor para el cliente, más demandados.

La seguridad higiénico-sanitaria representa la condición de los alimentos que ofrece confianza a los clientes de que éstos no representan riesgos para su salud porque se ha asegurado la inocuidad alimentaria en toda la cadena agroalimentaria. El proceso de aseguramiento de la inocuidad está dado por el conjunto de acciones sistemáticas que se llevan a cabo durante todas las etapas de producción, dirigidas a evitar la aparición de peligros químicos, físicos o biológicos, causantes de contaminación en los alimentos, lo cual ofrece garantías de que éstos no representen riesgos para la salud de los consumidores.

Un aspecto relativo a los alimentos que debe tomarse en consideración, es que éstos provienen de fuentes naturales, pero generalmente, antes de su consumo son sometidos a procesos de transformación, mediante el desarrollo de diferentes actividades económicas. Esto significa que cuando un alimento llega al consumidor, ha atravesado por un grupo de etapas y procesos productivos, que comienzan por las actividades agrícolas y pecuarias, pasando por el procesamiento, empaque, transporte, comercialización, elaboración del producto, hasta el consumo. Todas estas etapas, unido a las de provisión de insumos y servicios, conforman lo que se conoce como cadena agroalimentaria.

(13)

En cualquiera de las actividades que conforman una cadena agroalimentaria pueden presentarse situaciones adversas que provoquen la contaminación del producto. De ahí que, para que un alimento sea portador de seguridad higiénico-sanitaria, el proceso de aseguramiento de la inocuidad debe desarrollarse en todas y cada una de las etapas que conforman dicha cadena. Esto se conoce como enfoque integral o enfoque del campo a la mesa para el aseguramiento de la inocuidad y constituye la opción apropiada para garantizar que un producto alimenticio no represente riesgos para la salud de los consumidores. Por tanto, el aseguramiento de la inocuidad alimentaria constituye el proceso de creación de valor que hace posible la obtención de alimentos portadores de seguridad higiénico-sanitaria, cuando posee un carácter integral.

La cooperación interempresarial para el cambio estructural del sistema de gestión de inocuidad alimentaria

Todo proceso de creación de valor tiene como finalidad aportar atributos de valor a los productos o servicios, de manera que éstos les confieran ventajas competitivas a las organizaciones. Sin embargo, si bien las ventajas competitivas constituyen una expresión de desempeño superior, en la actualidad, dadas las condiciones cambiantes de los mercados y la rapidez en la propagación de avances tecnológicos, organizacionales y de diversos tipos, no basta con la obtención de ventajas competitivas, es de vital importancia asegurar la sostenibilidad en el tiempo de dichas ventajas.⁽¹⁴⁾

La sostenibilidad de las ventajas competitivas, representa una cualidad que está fuertemente relacionada con la estrategia competitiva que se adopte para llevar a cabo el proceso que les da lugar. Las estrategias competitivas se pueden definir como el camino que se sigue para aportar atributos de valor a un producto, garantizando la combinación óptima de los recursos y capacidades involucrados en el desarrollo de los procesos de creación de valor para generar ventajas competitivas sostenibles, que posibiliten el posicionamiento de productos o servicios en un mercado meta.

En el caso del aseguramiento de la inocuidad, se ha reconocido internacionalmente, que utilizar una cadena de aseguramiento de la calidad higiénico-sanitaria del proceso de producción de una empresa para gestionar los peligros alimentarios, permite la conformación de un sistema de gestión de la inocuidad alimentaria, el cual constituye una vía propicia para mejorar la eficacia y la eficiencia de las actividades que inciden en la creación de valor y por tanto, representa una estrategia competitiva.

El sistema de gestión de inocuidad alimentaria es un proceso integrado por una variedad de procedimientos basados en el ciclo de Deming (PHVA), los que van desde la planificación de los pasos a seguir (Planificar), la implementación de operaciones día a día (Hacer), la verificación de los aspectos planificados, como los programas de prerequisites, las medidas de control y la

implementación del sistema (Verificar) y (Actuar), cuya función es buscar la mejora a partir de la corrección de las desviaciones que se detectan. Por tanto, este sistema se sustenta en una filosofía de gestión integradora, donde, bajo el principio de mejora continua, se incentiva la realización de actividades recurrentes que incrementan la capacidad para dar cumplimiento a todos los requisitos establecidos. Específicamente, este paradigma busca la mejora continua de la maquinaria, los materiales, la utilización de la fuerza de trabajo, la calidad y seguridad de los productos y los métodos de producción a través de la aplicación de sugerencias e ideas de los miembros del equipo.⁽¹⁵⁾

De ahí que, el sistema de gestión de inocuidad alimentaria constituya una estrategia competitiva que se enfoca en la identificación de oportunidades para dirigir y gestionar los recursos y capacidades que condicionan el aseguramiento de la inocuidad en cada una de las organizaciones que conforman la cadena agroalimentaria, y que generalmente se aplica de forma individual. Sin embargo, el contraste entre los limitados recursos y capacidades empresariales frente al vertiginoso dinamismo de los mercados en la actualidad, permiten inferir que el esfuerzo conjunto y estratégicamente orientado supone una opción con mayor potencial de éxito para la generación de ventajas competitivas, que los esfuerzos individuales.⁽¹⁶⁾

Significa que, en la actualidad, la lógica de la competencia plena en empresas que buscan desarrollar ventajas apelando al accionar individual resulta insuficiente para responder a la volatilidad de los mercados. La cooperación, por su parte, plantea el acceso compartido a recursos y capacidades más allá de los límites de las organizaciones. Esto justifica la tendencia a incentivar la aplicación de modelos estratégicos enfocados en la complementariedad de recursos y capacidades inter-organizacionales, donde las relaciones de interdependencia y los procesos de coevolución, adquieren un papel determinante dentro de la estrategia competitiva.⁽¹⁷⁾

Es así que, la cooperación interempresarial se ha convertido en una decisión estratégica para la competitividad sostenible, que proporciona una serie de ventajas con respecto al trabajo aislado. La cooperación interempresarial se puede interpretar como el conjunto de acuerdos o contrato voluntario entre dos o más empresas independientes, que implica el intercambio o asociación de actividades, capacidades y/o recursos, o incluso el desarrollo de nuevos recursos –sin llegar a fusionarse–, que instaure cierto grado de interrelación con el propósito de incrementar sus ventajas competitivas.⁽¹⁸⁾

La adopción de estrategias competitivas basadas en la cooperación interempresarial permite a las empresas desarrollar e incorporar tecnología a través de un proceso de aprendizaje interactivo para luego aplicarla en innovaciones de productos y procesos productivos. Sin embargo, para el desarrollo de estas estrategias competitivas, se requiere como punto de partida, la articulación o integración de

la empresa, con otros sujetos (productivos y no productivos) de su entorno más cercano, de manera que conformen redes de cooperación interempresarial.⁽¹⁹⁾

Una red de cooperación interempresarial puede definirse como una agrupación coordinada de un número determinado de organizaciones independientes con flujos de recursos, información y conocimientos, que se asocian por vínculos de relaciones de confianza para colaborar en un proyecto de desarrollo conjunto, complementándose unas con otras y especializándose con el propósito de resolver problemas comunes, lograr eficiencia colectiva y conquistar mercados a los que no pueden acceder de manera individual.⁽¹⁹⁾

Las redes de cooperación interempresarial aportan innumerables beneficios a las estrategias competitivas, debido al gran potencial que poseen para la creación de valor. Dyer y Singh⁽²⁰⁾, consideraron que estos beneficios se fundamentan a partir cuatro categorías: 1) inversiones en activos específicos de relación; 2) el intercambio de conocimiento, incluyendo el conocimiento como resultado del conjunto de aprendizaje; 3) combinación de recursos o capacidades complementarias, como resultado de la creación conjunta de nuevos productos, servicios o tecnologías únicas, y 4) costos de transacción más bajos que las alianzas de la competencia, mediante mecanismos de gobierno efectivos procedentes principalmente de la confianza.

En resumen, la cooperación interempresarial representa una forma innovadora de fortalecer las estrategias competitivas, aportándoles capacidad para mejorar considerablemente el desempeño de los procesos de creación de valor, lo cual permite la obtención de ventajas competitivas sostenibles. Por consiguiente, estas estrategias contribuyen a que las empresas sean más competitivas, en la medida en que logran que cada uno de los actores involucrados reciba los beneficios de compartir mercados, capital humano y otras condiciones de factores.⁽¹⁹⁾

A partir de los elementos expuestos anteriormente, es posible inferir que la adopción de una estrategia basada en la cooperación interempresarial, constituye una vía propicia para lograr un mejor desempeño del proceso de aseguramiento de la inocuidad alimentaria. De ahí que, gestionar la inocuidad alimentaria sobre la base de redes de cooperación interempresarial proporcione un cambio estructural importante en esta estrategia, que puede traer consigo una mejora considerable y sostenida de los indicadores de eficacia, eficiencia y efectividad del aseguramiento integral de la inocuidad alimentaria en cadenas agroalimentarias, permitiendo la generación de seguridad higiénico-sanitaria sostenible.

El sistema de gestión de inocuidad alimentaria sustentado en la cooperación interempresarial y la sostenibilidad de la seguridad higiénico-sanitaria

Una ventaja competitiva es sostenible cuando el beneficio que genera no puede ser fácilmente superado por otros competidores, lo que la hace perdurar a pesar de los esfuerzos de la competencia por neutralizarla. Ello implica obtener productos con un valor agregado superior al de los productos de la competencia con características similares.

Desde el punto de vista de la competitividad, el valor agregado representa la diferencia entre lo que cuesta poner un producto de determinadas características en el mercado y lo que el cliente está dispuesto a pagar por él. Esto significa que el valor agregado está condicionado por dos factores relevantes: la presencia de atributos de valor para el cliente, que incentiven la disposición de éstos a adquirir el producto; así como, los costos óptimos del proceso de creación de valor, que permitan el incremento del beneficio económico para la organización y que se puedan ofrecer precios más competitivos al cliente.

De ahí que, para el incremento del valor agregado y por ende, de la sostenibilidad de las ventajas competitivas, resulte clave la adopción de estrategias que propicien un mejor desempeño a los procesos de creación de valor que dan lugar a cada uno de los atributos de valor para el cliente presentes en el producto, y cuya evidencia se manifiesta a través del mejoramiento sostenido de los indicadores de eficacia, eficiencia y efectividad de dicho proceso.

Teniendo en cuenta que, en la actualidad, la seguridad higiénico-sanitaria constituye un atributo de alta demanda, el aporte de sostenibilidad a este atributo puede traer consigo una repercusión importante para el fortalecimiento de la ventaja competitiva. La sostenibilidad de la seguridad higiénico-sanitaria está en función de la capacidad que posea el proceso que le da lugar, que en este caso es el aseguramiento integral de la inocuidad alimentaria, para garantizar la eficacia de cada una de las actividades que lo conforman, pero, a la vez, manteniendo costos óptimos, de manera que se incremente sostenidamente la confianza de los clientes y su disposición para adquirir el producto.

Asegurar integralmente la inocuidad en una cadena agroalimentaria resulta complejo y difícil, ya que el proceso se basa principalmente en “las buenas prácticas”, y éstas presentan dificultad a la hora de hacerlas cumplir, cuando no existe un verdadero compromiso tanto de los productores como de los directivos. Otro aspecto absolutamente crucial para el aseguramiento integral de la inocuidad es la capacidad para darle seguimiento a las características del flujo del producto a lo largo de las cadenas agroalimentarias. De ahí que, garantizar la trazabilidad constituya un requisito para este proceso. Sin embargo, esto resulta costoso, difícil y con alto consumo de tiempo debido a la diversidad de fuentes de información. El conocimiento es también esencial para lograr la efectiva identificación de las causas que originan infracciones que conllevan a la falta de inocuidad, por lo que constituye un

recurso clave para lograr la prevención de incidentes. Por otro lado, el proceso necesita de directivos que sean especialmente proactivos y con capacidad para coordinar la adopción de medidas apropiadas para contrarrestar las infracciones que en materia de inocuidad se puedan producir.⁽²¹⁾

Por tanto, para lograr que el aseguramiento integral de la inocuidad alimentaria genere seguridad higiénico-sanitaria sostenible se requiere la articulación de actividades comprendidas dentro del análisis de riesgos, lo cual, a su vez, implica la participación de todos los actores que, de alguna manera, juegan un rol en la prevención de la contaminación de los alimentos. Es esencial entonces, la existencia de un clima profesional, actitud de cooperación entre los actores, aspectos organizativos, comunicación interactiva, prácticas organizativas y normas de comportamiento establecidas y asimiladas por todos los actores involucrados, así como desarrollar una capacidad de gestión integral, que propicie la identificación y control de los peligros de contaminación de los alimentos, en todos y cada uno de los eslabones que componen la cadena agroalimentaria.

En este sentido, la cooperación interempresarial deviene como alternativa para impulsar la necesaria integración entre los diferentes actores para enfrentar los retos que impone asegurar la inocuidad alimentaria, de manera conjunta. De ahí que, la adopción de un sistema de gestión de inocuidad alimentaria basado en la cooperación interempresarial resulte una estrategia viable para llevar a cabo el aseguramiento integral de la inocuidad alimentaria, con el consiguiente aporte de sostenibilidad a la seguridad higiénico-sanitaria.

Bajo los preceptos de la cooperación interempresarial es posible la articulación de una red de cooperación que asuma la seguridad higiénico-sanitaria de los alimentos como una responsabilidad compartida, y a la vez, permita la difusión, a través de toda la cadena agroalimentaria, de la innovación y el conocimiento necesarios para incrementar la eficacia de las acciones relativas al cumplimiento de las buenas prácticas y los programas de prerrequisitos, de manera que se evite la aparición de peligros de contaminación en las etapas del proceso de producción de cada eslabón.

La red de cooperación interempresarial también permite establecer flujos de información, los que posibilitan a los actores de la cadena obtener información potencialmente valiosa sobre sus competidores, qué otros suministradores están operando, la distribución general de la red, así como las tendencias en las bases de consumo. Por otro lado, permite a cada uno de los actores conocer sobre el trabajo de otros actores, con los que no se tiene contacto directo, seguir el cumplimiento de las buenas prácticas, así como, conocer de antemano los problemas que se pueden estar presentando en algún eslabón⁽²¹⁾. Otro elemento a considerar es que las redes de cooperación permiten compartir avances tecnológicos, así como, la experticia técnica y gerencial. Adicionalmente, también puede

ayudar a la formación de competencias que hagan extremadamente difícil la imitación por parte de los competidores.⁽²²⁾

En resumen, las redes de cooperación interempresarial para la seguridad higiénico-sanitaria, generan flujos financieros, de información, de recursos, de conocimientos, de innovación, los que sirven de base para que los actores de la cadena agroalimentaria puedan desarrollar un trabajo conjunto en función de garantizar el cumplimiento de los requisitos higiénicos y sanitarios establecidos para cada tipo de actividad que conforma un proceso de producción de alimentos, con el consiguiente ahorro de recursos, el aprovechamiento de las economías de escala y la reducción de los costos de transacción. Todo ello hace posible la articulación de una red interorganizacional de aseguramiento de la calidad higiénico-sanitaria de los procesos de producción que conforman la cadena agroalimentaria. El desarrollo de esta red aporta una nueva estructura para llevar a cabo la gestión de los peligros alimentarios, permitiendo que el sistema de gestión de la inocuidad alimentaria abarque a todos los eslabones de la cadena agroalimentaria.

El sistema de gestión de inocuidad alimentaria sustentado en la cooperación interempresarial está conformado por procesos de control y mejora, coordinados a través de la cadena agroalimentaria, lo que posibilita el incremento de la eficacia de las acciones necesarias para asegurar la inocuidad, así como la reducción de los costos operativos y los costos por fallos asociados a incidentes por la presencia de contaminantes, como son las quejas y los retiros de productos del mercado. Por otro lado, este tipo de sistema, permite compartir información a lo largo de toda la cadena, lo que contribuye a la conformación de un sistema de trazabilidad de los alimentos, el cual fomenta la confianza de los consumidores en la seguridad del producto. Todos estos aspectos le aportan capacidad al sistema para generar recursos inimitables e irremplazables que hacen posible que el aseguramiento integral de la inocuidad alimentaria genere seguridad higiénico-sanitaria sostenible.

⁽²³⁾

Conclusiones

- La ocurrencia de incidentes relativos a la presencia de contaminantes en alimentos listos para el consumo ha traído consigo el incremento de las exigencias de los consumidores en relación con la seguridad higiénico-sanitaria. Sin embargo, dada la intensidad competitiva que en la actualidad caracteriza a los mercados alimentarios, la sostenibilidad de este atributo resulta determinante para convertirlo en exponente de ventajas competitivas.
- La cooperación interempresarial ha devenido como alternativa para el desarrollo de estrategias competitivas, cuya finalidad sea aportar sostenibilidad a las ventajas competitivas. En este

sentido, sustentar los sistemas de gestión de inocuidad alimentaria en la cooperación interempresarial, le confiere capacidad para mejorar el desempeño del aseguramiento integral de la inocuidad alimentaria en cadenas agroalimentarias, permitiendo que éste genere seguridad higiénico-sanitaria sostenible.

Referencias Bibliográficas

1. Ramírez RI, Ríos-Pérez JD, Lay ND, Ramírez RJ. Estrategias empresariales y cadena de valor en mercados sostenibles: Una revisión teórica. Revista de Ciencias Sociales [Internet]. 2021[citado 18 de marzo de 2025]; Especial (4): 147-161. Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rcs/index>
2. Martínez JA, Valenzo MA, Zamudio AG. La gestión de la cadena de valor en un entorno competitivo y cambiante. SIGNOS – Investigación en sistemas de gestión [Internet]. 2019 [citado 24 de marzo de 2025]; 11(1): 55-70. Disponible en: <https://doi.org/10.15332/s2145-1389.2019.0001.03>
3. Ling EK, Wahab SN. Integrity of food supply chain: going beyond food safety and food quality. Int. J. Productivity and Quality Management [Internet]. 2020 [citado 24 de marzo de 2025]; 29(2): 216–232. Disponible en: <https://doi.org/10.1504/IJPQM.2020.105963>
4. Cuevas J, Royo-Vela M. Clústeres de innovación tecnológica y creación de valor compartido: un análisis exploratorio. Revista Galega de Economía [Internet]. 2024 [citado 12 de junio de 2025]; 33(1): 1-19. Disponible en: <https://doi.org/10.15304/rge.33.1.8933>
5. Larrea N. Clústeres y agregación de valor en el sector agronegocios con sostenibilidad ambiental [Internet]. Documentos de políticas para el desarrollo No. 9: Banco de Desarrollo de América Latina CAF; 2021[citado 14 de junio de 2025]. Disponible en: <https://scioteca.caf.com>
6. Barbancho-Maya G, López-Toro A. Determinants of quality and food safety systems adoption in the agri-food sector. British Food Journal [Internet]. 2022 [citado 23 de junio de 2025]; 124(13): 219-236. Disponible en: <https://www.emerald.com/insight/0007-070X.htm>
7. Fernández S, Marcía J, Bu J, Baca Y, Chávez V, Montoya H, et al. Enfermedades transmitidas por Alimentos (Etas); Una Alerta para el Consumidor. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar [Internet]. marzo- abril 2021[citado 24 de junio de 2025]; 5(2): 2284-2298. Disponible en: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i2.433
8. Aldaz IA, Romero NX. Diseño e implementación de un sistema de gestión de seguridad alimentaria basado en la norma FSSC 22000 (Food Safety System Certification) v5.0 en una empresa procesadora de cereales [Internet]. [Tesis de maestría]. Ecuador: Escuela Superior

- Politécnica de Chimborazo; 2022 [citado 24 de junio de 2025]. Disponible en: <https://dspace.esPOCH.edu.ec>
9. Soledispa- Lucas FF. Sistema de gestión de inocuidad alimentaria y la calidad en empresas pesqueras. REICOMUNICAR [Internet]. 2020 [citado 28 de junio de 2025]; 3(6): 67-82. Disponible en: <https://doi.org/10.46296/rc.v3i6.0017>
 10. Castañeda C, Guerrero DM. Contenidos temáticos, componentes y rutas para el desarrollo de un simulador en inocuidad alimentaria [Internet]. [Tesis de especialidad]. Bogotá: Fundación Universitaria del Área Andina; 2021 [citado 30 de junio de 2025]. Disponible en: <https://digitk.areandina.edu.co>
 11. González D, Soler RH, Navarro N. La filosofía de calidad y sus términos controversiales. Revista Universidad y Sociedad [Internet]. 2021 [citado 2 de julio de 2025]; 13(5): 445-455. Disponible en: <https://scielo.sld.cu>
 12. Engo N, Fuxman A, González C, Negri L, Polenta G, Vaudagna S. Desarrollo de las exigencias sobre calidad e inocuidad de los alimentos en el mundo (2025) [Internet]. 1a ed. compendiada. Buenos Aires: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2015 [citado 3 de julio de 2025]. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar>
 13. Quintero ML. La cadena agroalimentaria del cacao en Venezuela: hacia el desarrollo territorial. AGROALIMENTARIA [Internet]. 2020 [citado 3 de julio de 2025]; 26(51): 213-237. Disponible en: <https://ageconsearch.umn.edu>
 14. González A, Borrego A, Villamil D, Arteaga W. Creación de valor sostenible: estudio documental sobre su origen y evolución. Revista Venezolana de Gerencia [Internet]. 2020 [citado 4 de julio de 2025]; 25(91): 780-795. Disponible en <http://www.biblat.unam.mx>
 15. Nguyen TTB, Li D. A systematic literature review of food safety management system implementation in global supply chains. British Food Journal [Internet]. 2021 [citado 4 de julio de 2025]; 124(10): 3014-3031. Disponible en: <https://doi.org/10.1108/BFj-05-2021-0476>
 16. Carvajal-Camperos M, Almodóvar-Martínez P, Vassolo R. Análisis del concepto y alcance de las alianzas estratégicas: un en-foque longitudinal (1972-2020). Revista Venezolana De Gerencia [Internet]. 2021 [citado 6 de julio de 2025]; 6(Número Especial 5): 290-314. Disponible en: <https://doi.org/10.52080/rvgluz.26.e5.20>
 17. Martínez CL, Arellano A, Carballo B. La creación de la ventaja competitiva desde la perspectiva de las teorías administrativas. Revista de la facultad de Ciencias Económicas [Internet]. 2020 [citado 6 de julio de 2025]; 24(1): 79-92. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.30972/rfce.2414362>

18. Velázquez JA, Cruz E, Vargas EE. Cooperación empresarial para el fomento de la innovación en la pyme turística. *Revista de Ciencias Sociales (RCS)* [Internet]. 2018 [citado 6 de julio de 2025]; XXIV(3): 9-20. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es>
19. Rodríguez M, Cervilla MA. Asociatividad empresarial y fuentes de capital social: hacia un modelo explicativo. *Innovar* [Internet]. 2020 [citado 7 de julio de 2025]; 30(77): 107-122. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/innovar.v30n77.87452>
20. Dyer JH, Singh H. The relational view: Cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage. *The Academy of Management Review* [Internet]. 1998 [citado 8 de julio de 2025]; 23(4): 660-679. Disponible en: <http://links.jstor.org/sici?sici=0363-7425%28199810%2923%3A4%3C660%3ATRVCSA%3E2.0>
21. Schoenherr T, Ram N, Piyas B. The Assurance of Food Safety in Supply Chains via Relational Networking: A Social Network Perspective. *International Journal of Operations and Productions Management* [Internet]. 2015 [citado 8 de Julio de 2025]; 35(12):1662-1687. Disponible en: <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/IJOPM-02-2014-0051>
22. Roy V, Srivastava SK. The safety-quality dominant view of food chain integrity: Implications for consumer-centric food chain governance. *International Journal of Management Reviews* [Internet]. 2021 [citado 8 de julio de 2025]; 24 (1): 3-24. Disponible en: <https://www.onlinelibrary.wiley.com>
23. Nguyen BA. The effects of laws and regulations on the implementation of food safety practices through supply chain integration and dynamic supply chain capabilities. *Uncertain Supply Chain Management* [Internet]. 2022 [citado 9 de Julio de 2025]; 10 (2022): 137–154. Disponible en: <https://www.GrowingScience.com/uscmm>

[Received: [25 enero 2025] |Accepted: [24 abril 2025] |Published: [15 junio 2025] |

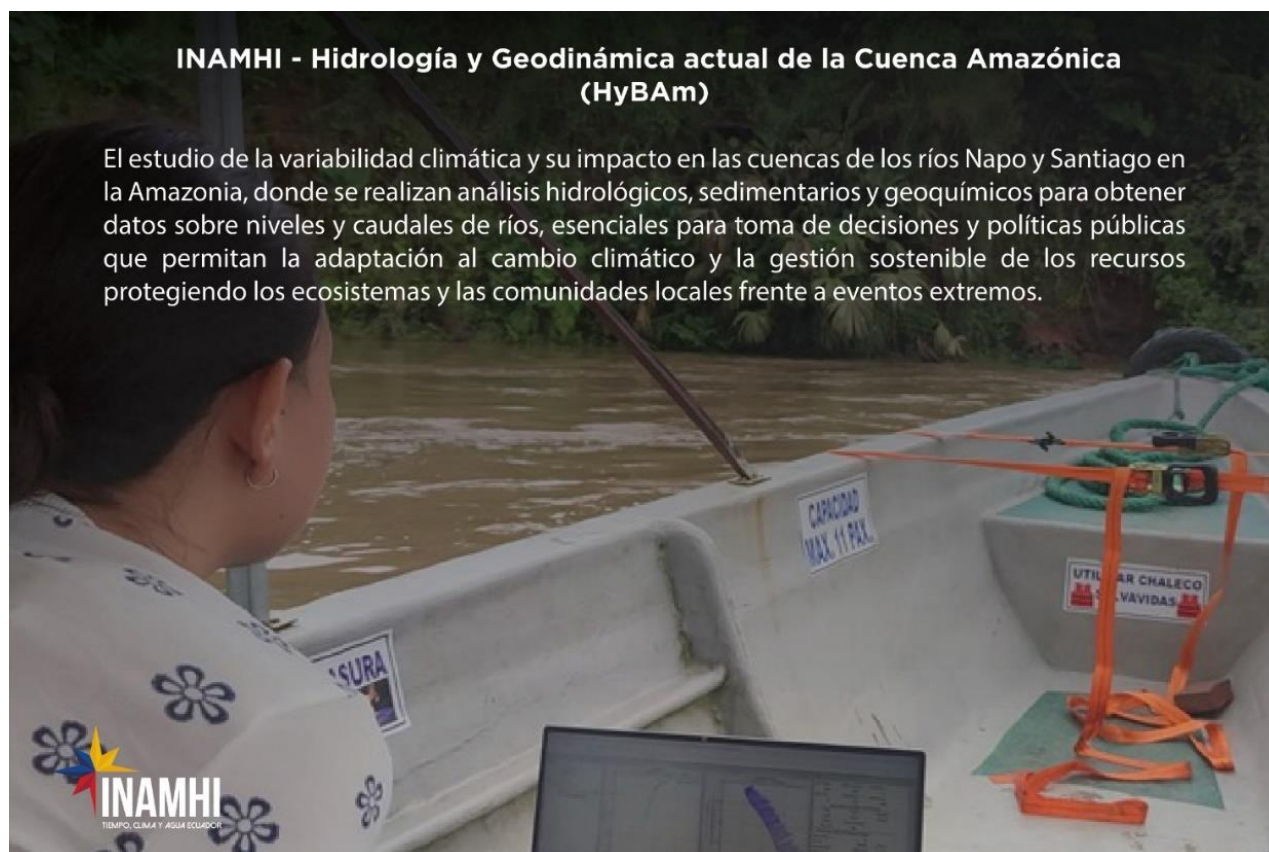
Citation: Espinosa-Nieto, L; Matos, L; Crespo, L; Loredó, N. La sostenibilidad de la seguridad higiénico-sanitaria en cadenas agroalimentarias basada en la cooperación interempresarial. *Bionatura*, 2025. Volumen 10, (No 2). 10.70373/RB/2025.10.02.3

Peer review information: Bionatura thanks the anonymous reviewers for their contribution to the peer review of this work using <https://reviewerlocator.webofscience.com/>

All articles published by Bionatura Journal are freely and permanently accessible online immediately after publication, without subscription charges or registration barriers.

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

Copyright: © 2025 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/>)



4 Contaminación silenciosa y la neurodegeneración

Silent pollution and neurodegeneration

Denise Ilcen Contreras Zapata¹ dennycz@gmail.com . ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7912-7095>

María Emilia Sánchez Rodríguez¹ mariaemiliasanch@gmail.com . ORCID <https://orcid.org/0009-0006-9367-8428>

Ivan Jahir Cedeño Santos² jahircede4321@gmail.com . ORCID <https://orcid.org/0009-0009-6648-1146>

¹ Universidad San Gregorio de Portoviejo, Ecuador;

2, 3 Universidad San Gregorio de Portoviejo, Ecuador

* Correspondence: dennycz@gmail.com; Tel.: (+593 980058456)

Resumen

La presencia de metales pesados en los ríos representa un riesgo creciente para la salud pública, sobre todo en regiones con intensa actividad minera e industrial. Sustancias dañinas como plomo, mercurio, cadmio, arsénico y aluminio tienden a concentrarse en los seres vivos y pueden penetrar la barrera hematoencefálica, lo cual causa problemas en el sistema nervioso. Un análisis de estudios realizados entre 1980 y 2024 revela que dichos metales provocan estrés oxidativo, modifican el equilibrio del calcio, dañan las mitocondrias y promueven la agregación de proteínas dañinas como las beta-amiloides y tau. Estos mecanismos están vinculados al desarrollo de dolencias neurodegenerativas, como el Alzheimer, el Parkinson, la esclerosis múltiple y la esclerosis lateral amiotrófica. La exposición simultánea a varios metales intensifica los efectos nocivos y acelera la aparición de enfermedades, incrementando el peligro en grupos vulnerables que no tienen acceso a agua segura. Este artículo se propone analizar los hallazgos recientes sobre el impacto acumulativo y sinérgico de estos metales en la salud neurológica, identificando los factores de riesgo, los mecanismos subyacentes de toxicidad y las implicaciones para la salud pública.

Palabras clave: metales pesados; neurodegeneración; enfermedades neurodegenerativas; contaminación del agua; enfermedad de Alzheimer.

Abstract

The presence of heavy metals in rivers represents a growing risk to public health, especially in regions with intense mining and industrial activity. Harmful substances such as lead, mercury, cadmium, arsenic, and aluminum tend to concentrate in living beings and can penetrate the blood-brain barrier,

causing problems in the nervous system. An analysis of studies conducted between 1980 and 2024 reveals that these metals cause oxidative stress, alter calcium balance, damage mitochondria, and promote the aggregation of harmful proteins such as beta-amyloid and tau. These mechanisms are linked to the development of neurodegenerative diseases such as Alzheimer's, Parkinson's, multiple sclerosis, and amyotrophic lateral sclerosis. Simultaneous exposure to multiple metals intensifies the harmful effects and accelerates the onset of diseases, increasing the risk for vulnerable groups who lack access to safe water. This article aims to analyze recent findings on the cumulative and synergistic impact of these metals on neurological health, identifying risk factors, underlying mechanisms of toxicity, and public health implications.

Keywords: heavy metals; neurodegeneration; neurodegenerative diseases; water pollution; Alzheimer's disease.

Introducción

En las últimas décadas, la contaminación de los ríos ha emergido como un desafío ambiental de creciente magnitud, especialmente en las naciones en desarrollo. La rápida industrialización y la intensificación de prácticas agrícolas han incrementado la descarga de efluentes tóxicos en cuerpos de agua, situándose entre las principales fuentes de deterioro ambiental a nivel mundial ⁽¹⁾. Estos contaminantes, que incluyen tanto compuestos orgánicos como metales pesados, no solo amenazan la biodiversidad acuática, sino que también comprometen la calidad del agua y representan un peligro latente para la salud humana debido a su persistencia y capacidad de bioacumulación.

La situación es aún más crítica en comunidades socioeconómicamente vulnerables, donde el acceso a infraestructuras adecuadas de saneamiento y sistemas de tratamiento de agua es limitado. Estas poblaciones, expuestas de manera desproporcionada a los riesgos asociados con la contaminación, presentan tasas elevadas de enfermedades crónicas y degenerativas, incluidas aquellas de naturaleza neurológica ⁽²⁾. En particular, la contaminación por metales pesados está asociada con la expansión de actividades como la minería y la extracción petroquímica, que han contribuido significativamente a la deforestación y degradación de los ecosistemas en la región occidental del Amazonas. ⁽³⁾

Entre los contaminantes más preocupantes se encuentran los metales pesados debido a su capacidad de inducir estrés oxidativo, alterar la homeostasis del calcio y promover procesos inflamatorios crónicos en el sistema nervioso central. Estas vías de toxicidad han sido vinculadas al desarrollo de enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer y el Parkinson. Sin embargo, la mayoría de las investigaciones se han centrado en la exposición a un solo metal, ignorando los efectos combinados

de múltiples metales, lo que resulta crucial, ya que las exposiciones humanas suelen ser a una combinación de ellos.⁽⁴⁾

En este contexto, surge la pregunta de investigación: ¿cómo afecta la exposición combinada a múltiples metales pesados al riesgo de desarrollar enfermedades neurodegenerativas? Este artículo se propone analizar los hallazgos recientes sobre el impacto acumulativo y sinérgico de estos metales en la salud neurológica, identificando los factores de riesgo, los mecanismos subyacentes de toxicidad y las implicaciones para la salud pública. Además, se enfatiza la necesidad urgente de desarrollar prácticas de gestión ambiental sostenible para mitigar la amenaza creciente a estos ecosistemas vitales.

Materiales y métodos

Este estudio se centra en una revisión bibliográfica y un análisis documental exhaustivo de la literatura existente sobre la contaminación por metales pesados en el agua y su influencia en el desarrollo de enfermedades neurodegenerativas.

Criterios de selección de fuentes

a revisión incluyó estudios publicados en revistas académicas indexadas, artículos de revisión, reportes de agencias internacionales y tesis doctorales relevantes al tema.

Los criterios de inclusión fueron:

- Publicaciones entre los años 1980 y 2024.
- Estudios que investiguen la relación entre la exposición a metales pesados y las enfermedades neurodegenerativas en poblaciones humanas y modelos animales.
- Trabajos centrados en plomo, arsénico, cadmio y aluminio.
- Informes de organismos internacionales como la OMS y la Agencia de Protección Ambiental (EPA). Los estudios fueron excluidos si no contenían datos originales, si eran duplicados o si su enfoque no estaba directamente relacionado con los efectos neurotóxicos de los metales pesados.

Criterios de exclusión:

- Estudios de opinión, editoriales, cartas al editor o resúmenes de conferencia de video o texto.
- Revisiones narrativas, revisiones sistemáticas o meta-análisis previos

- Estudios centrados en intoxicaciones agudas o contaminación evidente (derrames, accidentes industriales) en lugar de exposición crónica.

Se identificaron 90 artículos científicos potencialmente relevantes para los objetivos del estudio. Tras la aplicación de estos criterios, 26 artículos fueron seleccionados para su análisis y discusión en la presente revisión narrativa.

Bases de datos y términos de búsqueda

Se consultaron las siguientes bases de datos científicas:

- PubMed
- Scopus
- Web of Science
- Google Scholar Los términos de búsqueda utilizados fueron: "metales pesados", "neurodegeneración", "exposición a plomo", "contaminación por cadmio", "toxicidad de arsénico", "enfermedades neurodegenerativas", "contaminación del agua", y "enfermedad de Alzheimer", entre otros. Se utilizaron operadores booleanos para optimizar los resultados y se limitaron las búsquedas a estudios en inglés y español.

Análisis de datos

Los estudios seleccionados fueron analizados cualitativamente. Se identificaron las rutas de exposición a metales pesados, los mecanismos moleculares de toxicidad, los biomarcadores de daño neuronal y los resultados epidemiológicos más relevantes. Los datos se organizaron en función de la naturaleza del contaminante y su asociación con enfermedades específicas, como el Alzheimer, Parkinson, esclerosis múltiple, y otras patologías neurodegenerativas. Se realizó un análisis comparativo de los diferentes enfoques y hallazgos.

Resultados

Tabla 1. Epidemiología de la Exposición a Metales Pesados y Enfermedades Neurodegenerativas

Metal pesado	Clasificación química	Toxicocinética	Fuentes de contaminación en ríos	Hallazgos clave en cuerpos de agua	Implicaciones en salud/neurotoxicidad
--------------	-----------------------	----------------	----------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------

Plomo (Pb)	Clase B – afinidad por ligandos azufre- donantes	Alta absorción gastrointestinal; cruza la barrera hematoencefáli ca; acumulación ósea y tisular; excreción lenta.	Minería, industria metalúrgica, baterías, emisiones vehiculares.	Detectado en altos niveles en ríos Calera, Amarillo, Puyango y Estero Salado, excediendo normas ambientales.	Neurotoxicidad crónica: altera liberación de neurotransmisores, mimetiza calcio, provoca déficit cognitivo y riesgo de neurodegeneración. (5-7)
Mercurio (Hg)	Clase B – afinidad por ligandos azufre- donantes	Metilación en sedimentos; metilmercurio cruza barrera hematoencefáli ca; bioacumulación en peces	Minería aurífera (legal e ilegal), industria cloro-álcali, vertidos industriales	Altas concentracion es en la cuenca amazónica y ríos Pastaza; metilmercurio presente en peces	Forma orgánica es altamente neurotóxica: genera estrés oxidativo y disfunción mitocondrial, asociado a Alzheimer y Parkinson. (3,8)
Cadmio (Cd)	Clase B – afinidad por ligandos azufre- donantes	Absorción digestiva moderada; acumulación renal y hepática; vida media larga	Industria plástica, pinturas, textiles, metalmecáni ca	Altos niveles en Estero Salado y río Chone, superando 10x límites permitidos	Alteración de la función mitocondrial y estrés oxidativo, aumenta apoptosis neuronal. (6,9)
Arsénico (As)	Semimetal; As(III) más tóxico que As(V)	Ingestión principal vía; distribución a hígado, riñones y SNC;	Minería, pesticidas, aguas subterráneas contaminadas	Detectado en cuenca Puyango- Tumbes y ríos mineros	Neurotoxicidad indirecta, disrupción de enzimas, vinculado a cáncer y

		eliminación renal parcial			alteraciones neurológicas. (7,10)
Aluminio (Al)	Clase A – afinidad por ligandos oxígeno-donantes	Absorción baja pero acumulativa; excreción renal lenta; depósitos en SNC	Residuos industriales, plantas de tratamiento deficientes	Presencia en aguas cercanas a descargas industriales	Promueve acumulación de beta-amiloide y tau, implicado en procesos neurodegenerativos (11-12)

Tabla 2. Perfil neurotóxico específico de los metales pesados

Metal pesado	Clasificación química	Toxicocinética	Neurotoxicidad
Plomo (Pb)	Clase B – afinidad por ligandos azufre-donantes	Alta absorción GI; cruza BHE; acumulación en hueso y SNC; excreción lenta	Afecta neuronas de Purkinje, hipocampo y sustancia nigra; altera coordinación motora, sinapsis y plasticidad; mimetiza calcio y genera radicales libres; interfiere con calmodulina y cinasa C; asociado a déficit cognitivo, depresión, ansiedad, agresividad y conductas antisociales. (13-18)
Mercurio (Hg)	Clase B – afinidad por ligandos azufre-donantes	Liposoluble; cruza BHE; afinidad por selenio; se acumula en cerebro	Forma elemental cruza BHE y se acumula en SNC; promueve daño oxidativo y se asocia con Alzheimer y trastornos neurodegenerativos. (19)
Aluminio (Al)	Clase A – afinidad por ligandos oxígeno-donantes	Absorción baja pero acumulativa; lenta	Induce acumulación de beta-amiloide y tau; estrés oxidativo; altera homeostasis de hierro

		excreción renal; se deposita en SNC	y calcio; implicado en Alzheimer, ELA y síndromes parkinsonianos. ⁽²⁰⁾
Cadmio (Cd)	Clase B – afinidad por ligandos azufre-donantes	Absorción digestiva moderada; acumulación en hígado, riñón y plexo coroideo	Genera ROS, altera enzimas antioxidantes y peroxidación lipídica; activa apoptosis por vía mitocondrial (MAPK, mTOR); interfiere con homeostasis de Ca ²⁺ , Zn y Cu; potencial para efectos epigenéticos y deterioro neurogénico. ⁽²¹⁾

Tabla 3. Enfermedades neurodegenerativas

Enfermedad	Descripción clínica	Mecanismo neuropatológico principal
Alzheimer	Deterioro progresivo de la memoria y funciones cognitivas, frecuente en adultos mayores.	Acumulación de placas seniles de β-amiloide extracelular y marañas neurofibrilares intracelulares de proteína tau hiperfosforilada. ⁽²²⁾
Parkinson	Trastorno del movimiento; temblor, rigidez y bradicinesia por pérdida de dopamina.	Degeneración de neuronas dopaminérgicas en la sustancia negra y acumulación de cuerpos de Lewy con α-sinucleína, sinfilina-1 y proteínas de la vía de ubiquitina-proteasoma. ⁽²³⁾
Esclerosis múltiple	Enfermedad autoinmune desmielinizante con síntomas motores, visuales y sensoriales.	Ataque inmunitario a oligodendrocitos por linfocitos T CD8, B y macrófagos; producción de radicales libres, glutamato y anticuerpos que destruyen la mielina. ⁽²⁴⁾
Huntington	Trastorno hereditario progresivo con alteraciones conductuales, cognitivas y movimientos espasmódicos.	Mutación autosómica dominante en el cromosoma 4 que causa degeneración de neuronas en el núcleo caudado y putamen. ⁽²²⁾

Esclerosis lateral amiotrófica (ELA)	Enfermedad progresiva motoneuronas; debilidad muscular y atrofia.	degenerativa que afecta produce microglial. ⁽²²⁾	Muerte selectiva de neuronas motoras por estrés oxidativo, disfunción mitocondrial, excitotoxicidad por glutamato y activación
--	--	--	--

Tabla 4. Relación entre metales pesados y enfermedades neurodegenerativas

Metal pesado	Mecanismos neurotóxicos principales	Enfermedades neurodegenerativas asociadas
Plomo (Pb)	Interferencia con el metabolismo del calcio; disfunción mitocondrial; producción de radicales libres; alteración de la calmodulina y cinasa C; daño sináptico; acumulación en neuronas motoras y estructuras límbicas; neuroinflamación sostenida.	Enfermedad de Alzheimer (déficit cognitivo por estrés oxidativo y daño mitocondrial); Enfermedad de Parkinson (alteración dopaminérgica); trastornos afectivos y conductuales que pueden simular estadios precoces de ELA o Huntington. ^(13,14,15,18)
Mercurio (Hg)	Alta liposolubilidad que le permite atravesar la barrera hematoencefálica; acumulación cerebral por afinidad con el selenio; estrés oxidativo; inhibición enzimática; alteración de la neurotransmisión y disfunción sináptica; daño neuronal por metilación intracelular.	Enfermedad de Alzheimer (acumulación prolongada en tejido nervioso y asociación con placas amiloides); Enfermedad de Parkinson (daño mitocondrial y alteración dopaminérgica); ELA (neuroinflamación y muerte neuronal selectiva). ^(3,19)
Aluminio (Al)	Inducción de agregados de beta-amiloide y proteína tau; alteración del metabolismo del hierro y calcio; generación de estrés oxidativo; daño sináptico; disrupción de la	Enfermedad de Alzheimer (involucrado en la formación de placas seniles y ovillos neurofibrilares); Esclerosis lateral amiotrófica (ELA) y síndromes

plasticidad neuronal y muerte celular programada.

parkinsonianos atípicos por disfunción sináptica y estrés oxidativo prolongado. ^(12,20)

Cadmio (Cd) Generación de especies reactivas de oxígeno (ROS); activación de las vías de señalización MAPK/mTOR; alteración del metabolismo de metales esenciales (Zn, Cu); interferencia con la homeostasis del calcio; apoptosis inducida por disfunción mitocondrial; alteración de la barrera hematoencefálica.

Esclerosis múltiple (afectación de la microvasculatura cerebral y del sistema antioxidante); ELA (activación de mecanismos apoptóticos similares a los descritos en la motoneurona); deterioro de la neurogénesis y potenciales alteraciones epigenéticas persistentes. ^(9,21)

Discusión

La evidencia acumulada a lo largo de las últimas décadas ha permitido consolidar el conocimiento acerca de los efectos neurotóxicos de los metales pesados, particularmente en lo concerniente a su asociación con diversas enfermedades neurodegenerativas. Entre estos metales, el plomo (Pb), el mercurio (Hg), el aluminio (Al) y el cadmio (Cd) han sido señalados consistentemente como agentes etiopatogénicos en procesos neurodegenerativos, dada su capacidad de alterar la homeostasis neuronal, inducir estrés oxidativo y comprometer estructuras cerebrales específicas involucradas en funciones cognitivas, motoras y conductuales.

El plomo, considerado históricamente como uno de los contaminantes ambientales más persistentes, presenta una especial afinidad por el tejido nervioso en desarrollo. Hoffer, Olson y Palmer en 1987 demostraron que la exposición perinatal a plomo altera de forma permanente la descarga espontánea de las neuronas de Purkinje en el cerebelo, sin afectar a las mismas células en el tejido adulto. Este hallazgo, respaldado por técnicas electrofisiológicas y morfohistológicas en modelos experimentales *in oculo*, subraya la vulnerabilidad del sistema nervioso inmaduro a dosis que no tendrían efecto en organismos adultos. Asimismo, esta toxicidad estructural y funcional se extiende a regiones como el hipocampo y la sustancia negra, cuyos procesos de crecimiento y organización se ven alterados bajo exposición crónica a plomo en etapas tempranas del desarrollo. ⁽¹³⁾

Desde un enfoque molecular, se ha identificado que el plomo interfiere con mecanismos intracelulares claves. La sustitución del calcio mitocondrial por plomo promueve la generación de especies reactivas

de oxígeno (ROS), lo que deriva en apoptosis y disfunción mitocondrial progresiva ⁽¹⁴⁾. Esta alteración se ve acentuada por la disrupción de la calmodulina, proteína reguladora del sistema de señalización neuronal, cuya disfunción afecta la memoria, la neuroplasticidad y el crecimiento axonal. ⁽¹⁵⁻¹⁶⁾ De igual modo, el plomo se ha vinculado con alteraciones del sistema neurotransmisor GABAérgico, dopaminérgico y colinérgico, facilitando la aparición de trastornos afectivos, ansiedad, irritabilidad y conductas antisociales. ⁽¹⁷⁻¹⁸⁾

Respecto al mercurio, se ha establecido que su forma elemental, al ser liposoluble, tiene la capacidad de atravesar la barrera hematoencefálica y acumularse en el tejido cerebral, generando efectos a largo plazo sobre la función neuronal. Mutter y otros autores en el año 2005, identificaron que la exposición crónica a mercurio, particularmente en su forma orgánica, puede inducir disfunción mitocondrial y acumulación de proteínas neurotóxicas como la beta-amiloide, lo que sugiere un papel potencial del mercurio en la patogénesis de enfermedades como el Alzheimer. El estudio muestra una correlación significativa entre la carga de mercurio en el tejido cerebral y los niveles de péptido β -amiloide, lo cual refuerza la hipótesis de que la exposición ambiental podría ser un factor facilitador en la aparición de este tipo de demencia. ⁽²⁵⁾

El aluminio, otro metal con gran presencia ambiental, ha sido señalado como factor coadyuvante en procesos neurodegenerativos. Kawahara plantea que el aluminio puede inducir acumulación de proteínas tau y beta-amiloide, promover apoptosis neuronal y alterar la homeostasis de hierro y calcio en el sistema nervioso ⁽²⁰⁾. Estos efectos, si bien aún están en investigación, han sido reportados también por Echeverría-García, quien destaca su implicación en la esclerosis lateral amiotrófica y otros síndromes parkinsonianos. Tales hallazgos sugieren una convergencia mecánica entre la exposición crónica a aluminio y la aparición de enfermedades neurodegenerativas asociadas con disfunción sináptica y estrés oxidativo. ⁽¹¹⁾

Por su parte, el cadmio (Cd), aunque no se acumula en grandes cantidades en el sistema nervioso central, actúa como disruptor indirecto del metabolismo de metales esenciales como el zinc y el cobre. Wang y Du en 2013 documentaron que este metal genera especies reactivas de oxígeno, induce apoptosis neuronal a través de vías como MAPK y mTOR, y altera la homeostasis del calcio intracelular, afectando la señalización sináptica. Esta acumulación de daño oxidativo ha sido vinculada con deterioro en la neurogénesis, alteraciones epigenéticas y procesos patológicos similares a los observados en trastornos neurodegenerativos como el Parkinson o la esclerosis múltiple. ⁽²¹⁾

Finalmente, el conjunto de hallazgos examinados apunta a una relación coherente entre la exposición prolongada a metales pesados y la aparición de alteraciones neuropatológicas compatibles con

entidades clínicas como la enfermedad de Alzheimer, Parkinson, esclerosis múltiple, esclerosis lateral amiotrófica y enfermedad de Huntington. ⁽²²⁻²⁴⁾ La presencia de agregados proteicos anormales, disfunción mitocondrial y muerte celular programada constituyen mecanismos compartidos que podrían ser inducidos o acelerados por la exposición a dichos agentes ambientales.

Conclusiones

La evidencia recopilada en este estudio confirma la estrecha relación entre la exposición a metales pesados, como plomo, mercurio, aluminio y cadmio, y el desarrollo de enfermedades neurodegenerativas. Estos metales no solo atraviesan la barrera hematoencefálica, sino que también generan daños celulares profundos, como el estrés oxidativo, la disrupción del metabolismo del calcio y la inducción de la apoptosis. Estos mecanismos contribuyen significativamente al deterioro neurológico y la aparición de enfermedades como el Alzheimer, Parkinson, y otras condiciones neurodegenerativas.

Este estudio subraya la necesidad de continuar investigando la relación entre la exposición a metales pesados y las enfermedades neurodegenerativas. Asimismo, destaca la importancia de la educación pública para sensibilizar a la población sobre los riesgos asociados a estos metales. Solo mediante un esfuerzo conjunto de la comunidad científica, las autoridades y la sociedad en general se podrán avanzar en la prevención de estas enfermedades debilitantes y mejorar la calidad de vida de las futuras generaciones.

Patents: This section is not mandatory but may be added if there are patents resulting from the work reported in this manuscript.

Supplementary Materials: The following are available online at www.revistabionatura.com/xxx/s1, Figure S1: title, Table S1: title, Video S1: title.

Author Contributions: Conceptualization, María Emilia Sánchez Rodríguez, Ivan Cedeño Santos, Denise Contreras Zapata.; methodology, María Emilia Sánchez Rodríguez, Ivan Cedeño Santos, Denise Contreras Zapata.; formal analysis, María Emilia Sánchez Rodríguez, Ivan Cedeño Santos, Denise Contreras Zapata.; investigation, María Emilia Sánchez Rodríguez, Ivan Cedeño Santos, Denise Contreras Zapata.; visualization, Denise Contreras Zapata.; project administration, María Emilia Sánchez Rodríguez, Ivan Cedeño Santos, Denise Contreras Zapata.; funding acquisition, María Emilia Sánchez Rodríguez, Ivan Cedeño Santos, Denise Contreras Zapata. Fondos: María Emilia Sánchez Rodríguez, Ivan Cedeño Santos, Denise Contreras Zapata.

Funding: Please add: "This research received no external funding," or "The name of FUNDER funded this research, grant number XXX" and "The APC was funded by XXX". Check carefully that the details given are accurate and use the standard spelling of funding agency names at <https://search.crossref.org/funding>. Any errors may affect your future funding.

Institutional Review Board Statement: In this section, please add the Institutional Review Board Statement and approval number for studies involving humans or animals. Please note that the Editorial Office might ask you for further information. Please add, "The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki and approved by the Institutional Review Board (or Ethics Committee) of NAME OF INSTITUTE (protocol code XXX and date of approval)." OR "Ethical review and approval were waived for this study due to REASON (please provide a detailed justification)." OR "Not applicable." for studies not involving humans or animals. You might exclude this statement if the study did not include humans or animals.

Informed Consent Statement: Any research article describing a study involving humans should contain this statement. Please add, "Informed consent was obtained from all subjects involved in the study." OR "Patient consent was waived due to REASON (please provide a detailed justification)." OR "Not applicable." for studies not involving humans. You might also exclude this statement if the study did not include humans.

Written informed consent for publication must be obtained from participants who can be identified (including the patients). Please state, "Written informed consent has been obtained from the patient(s) to publish this paper," if applicable.

Data Availability Statement: This section provides details regarding where data supporting reported results can be found, including links to publicly archived datasets analyzed or generated during the study. Please refer to the suggested Data Availability Statements in the "Bionatura Research Data Policies" section at <https://www.revistabionatura.com/policies.html>. You might exclude this statement if the study did not report any data.

Acknowledgments: In this section, you can acknowledge any support given which is not covered by the author contribution or funding sections. This may include administrative and technical support or donations in kind (e.g., materials used for experiments).

Conflicts of Interest: Declare conflicts of interest or state, "The authors declare no conflict of interest." Authors must identify and declare any personal circumstances or goods perceived as inappropriately influencing the representation or interpretation of reported research results. Any role of the funders in the study's design, in the collection, analysis or interpretation of data, in the writing

of the manuscript, or in the decision to publish the results must be declared in this section. If there is no role, please state, "The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results."

Referencias bibliográficas

1. Organización Mundial de la Salud. Informe sobre la contaminación del agua y la salud pública. Ginebra: OMS; 2023.
2. Li H, Yang X, Wang W. Environmental exposure and inequalities in global health: a narrative review of current knowledge and future research directions. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(4):1482. doi:10.3390/ijerph18041482.
3. Echevarría G, Lujan NK, Montoya J, Granda-Albuja MG, Valdiviezo-Rivera J, Sánchez F, et al. Abiotic and biotic factors influencing heavy metals pollution in fisheries of the Western Amazon. *Sci Total Environ*. 2024;908:168506. doi:10.1016/j.scitotenv.2023.168506.
4. Karri V, Schuhmacher M, Kumar V. Heavy metals (Pb, Cd, As and MeHg) as risk factors for cognitive dysfunction: a general review of metal mixture mechanism in brain. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2016;48:203-13. doi:10.1016/j.etap.2016.10.007.
5. Mora A, Jumbo-Flores D, González-Merizalde M, Bermeo-Flores SA. Niveles de metales pesados en sedimentos de la cuenca del río Puyango, Ecuador. *Rev Int Contam Ambient*. 2016;32(4):385-97.
6. Pernía B, Mero M, Cornejo X, Ramírez N, Ramírez L, Bravo K, et al. Determinación de cadmio y plomo en agua, sedimento y organismos bioindicadores en el Estero Salado, Ecuador. *Enfoque UTE*. 2018;9(2):89-105.
7. Periodistas Sin Cadenas. La contaminación minera en Ecuador amenaza a miles de habitantes de Perú. Periodistas Sin Cadenas. 2022 Sep 26. Available from: <https://www.periodistassincadenas.org/contaminacion-minera-ecuador-peru>.
8. Muyulema-Allaica JC, Canga-Castillo SM, Pucha-Medina PM, Espinosa-Ruiz CG. Evaluación de la contaminación por metales pesados en suelos de la Reserva Ecológica de Manglares Cayapas Mataje (REMACAM)-Ecuador. *RIIIT Rev Int Investig Innov Tecnol*. 2019;7(41):40-61.
9. Pozo-Miranda F. Presencia de metales pesados cadmio y plomo en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador. *Rev Cienc UNEMI*. 2017;10(24):123-30.
10. Ferrer A. Intoxicación por metales. *An Sist Sanit Navar*. 2003;26(Supl 1):141-53. Available from: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000200008

11. Echeverría-García A. Metales pesados en suelos, ¿cómo nombrarlos y analizarlos? *Rev Cienc Ambient.* 2024;19(1):15-22.
12. Ramírez A. Biomarcadores en monitoreo de exposición a metales pesados en metalurgia. *An Fac Med.* 2006;67(1):49-58.
13. Hoffer BJ, Olson L, Palmer MR. Toxic effects of lead in the developing nervous system: in oculo experimental models. *Neurotoxicology.* 1987;8(3):425-40.
14. Goldstein GW, Asbury AK, Diamond I. Pathogenesis of lead encephalopathy: role of cerebrovascular permeability. *Environ Health Perspect.* 1993;89:37-43.
15. Costa LG, Cole TB, Furlong CE. Paraoxonase (PON1): from toxicology to cardiovascular medicine. *Acta Biomed.* 2004;75(2):50-6.
16. Nour Eddine D, Lenoir D, Rondeau V. Calcium signaling and neurotoxicity of environmental pollutants. *Cell Mol Neurobiol.* 2005;25(3-4):471-9.
17. Rhodes D, Spiro A, Aro A. Low-level lead exposure and depression and phobic anxiety: a longitudinal study of middle-aged and older men. *Am J Epidemiol.* 2003;157(4):335-8. doi:10.1093/aje/kwf205.
18. Carpenter DO, Arcaro K, Spink DC. Understanding the human health effects of chemical mixtures. *Environ Health Perspect.* 2010;110(S1):25-42.
19. Mutter J, Curth A, Naumann J, Deth R, Walach H. ¿Influye el mercurio inorgánico en la enfermedad de Alzheimer? Una revisión sistemática y un mecanismo molecular integrado. *J Alzheimers Dis.* 2010;22(2):357-74.
20. Kawahara M. Effects of aluminum on the nervous system and its possible link with neurodegenerative diseases. *J Alzheimers Dis.* 2005;8(2):171-82. doi:10.3233/JAD-2005-8210.
21. Wang B, Du Y. Cadmium and its neurotoxic effects. *Oxid Med Cell Longev.* 2013;2013:898034. doi:10.1155/2013/898034.
22. Angoa Pérez M, Rivas Arancibia S. Estrés oxidativo y neurodegeneración: ¿causa o consecuencia? *Arch Neurocienc.* 2006;12(1):45-54. Available from: <https://www.researchgate.net/profile/Selva-Rivas-Arancibia/publication/228503841>
23. Chaves Morales KP, Padilla Elizondo DS, Vargas Fernández R. Enfermedad de Parkinson. *Rev Med Sinergia.* 2022;7(2):e758. doi:10.31434/rms.v7i2.758
24. Altarriba MCM, Ramos Campoy O, Calcaño IML, Arrieta Antón E. Revisión de la esclerosis múltiple (1). *Semergen.* 2015;41(7):381-7. doi:10.1016/j.semerg.2014.07.009

25. Mutter J, Naumann J, Schneider R, Walach H, Haley B. Mercury and Alzheimer's disease. J Alzheimers Dis. 2005;8(4):383-93. doi:10.3233/JAD-2005-8210

/Received: [12 marzo 2025] **/Accepted:** [4 abril 2025] **/Published:** [15 junio 2025] /

Citation: Sánchez Rodríguez, M; Cedeño Santos, I; Contreras Zapata, D; Contaminación Silenciosa y La Neurodegeneración. Bionatura 2025. Volumen 10, (No 2). <http://dx.doi.org/10.70373/RB/2025.10.02.4>

Peer review information: Bionatura thanks the anonymous reviewers for their contribution to the peer review of this work using <https://reviewerlocator.webofscience.com/>

All articles published by Bionatura Journal are freely and permanently accessible online immediately after publication, without subscription charges or registration barriers.

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



Copyright: © 2025 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/>)



5 Contribuciones a las Ciencias Alimentarias desde los estudios de la *Salicornia bigelovii* en las salinas El Real y Las Tunas

Contributions to Food Science from Studies of Salicornia bigelovii in the El Real and Las Tunas Salt Flats

Dr. C. Mercedes Caridad García González¹, Dr. C. Yolexis Roberta Cardona Soberao², Lic. Adriana Martín Navas³, Lic. Rosalesmi Rodríguez Odel⁴, Lic. Roxana Ruiz Vega⁵, M. Sc Humberto Silvio Varela de Moya⁶

¹ Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Cuba. mercedesgarciagonzalez61@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-4785-8605>

² Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Cuba. yolexis.cardona@reduc.edu.cu <https://orcid.org/0000-0002-0042-5805>

³ Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Cuba. adrianabmartin98@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-3404-7757>

⁴ Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Cuba. rosyodel@gmail.com <https://orcid.org/0009-0009-4136-9844>

⁵ Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Cuba. roxana50262@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-0985-7727>

⁶ Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Cuba. humberto.valera@reduc.edu.cu, <https://orcid.org/0000-0002-6632-3182>

Contacto correspondencia: mercedesgarciagonzalez61@gmail.com

Resumen

La *Salicornia sp.* es una planta perteneciente a la familia *Amaranthaceae*, halófito con una amplia distribución geográfica y con un perfil fitoquímico de relevancia alimentaria. El objetivo de la investigación fue destacar las contribuciones a las Ciencias Alimentarias de los estudios de la *Salicornia bigelovii* de las salinas El Real y Las Tunas, en la Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. Dentro de los métodos empíricos fueron empleados la observación participante, cuestionarios, entrevistas, estudios preliminares bromatológicos y la estadística descriptiva e inferencial. Se concluye que se evidencia el impacto científico de los resultados con la introducción de nuevos conocimientos teóricos obtenidos de los estudios experimentales en las Ciencias Alimentarias en cuanto a la explotación sostenible de especies de *Salicornia* en la salina “El Real” y

“Las Tunas”, en lo tecnológico radica en la propuesta para la obtención de la sal verde, la que no ha sido implementada en Cuba, lo que permitirá la diversificación y uso de espacios que permanecen subutilizados en las salineras, por lo que, aumentarán los ingresos económicos y se elevará la productividad, por concepto de mejor utilización.

Palabras clave: *Salicornia bigelovii*; alimentación saludable; ciencias alimentarias.

Abstract

Salicornia sp. is a plant belonging to the *Amaranthaceae* family, a halophyte with a wide geographic distribution and a phytochemical profile of nutritional relevance. The objective of this research was to highlight the contributions to Food Sciences of studies on *Salicornia bigelovii* from the El Real and Las Tunas salt flats at the University of Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. Empirical methods employed included participant observation, questionnaires, interviews, preliminary bromatological studies, and descriptive and inferential statistics. It is concluded that the scientific impact of the results is evident with the introduction of new theoretical knowledge obtained from experimental studies in Food Sciences regarding the sustainable exploitation of *Salicornia* species in the "El Real" and "Las Tunas" salt mines. The technological impact lies in the proposal for obtaining green salt, which has not been implemented in Cuba. This will allow the diversification and use of spaces that remain underutilized in the salt mines, thus increasing economic income and productivity due to better utilization.

Keywords: *Salicornia bigelovii*; healthy eating; food science.

Introducción

La *Salicornia sp.* es una planta perteneciente a la familia *Amaranthaceae*, halófito con una amplia distribución geográfica y con un perfil fitoquímico de relevancia alimentaria. Es una planta suculenta que crece en marismas costeros de todo el mundo y cuenta con una larga historia de utilización por los humanos. Durante años, esta planta se ha utilizado como alimento, ya que es rica en fibra dietética, minerales, vitaminas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos insaturados, esteroides y compuestos fenólicos.⁽¹⁾

Aunque son plantas que siempre han estado ahí, no ha sido hasta hace relativamente poco tiempo que se ha profundizado en el estudio de las halófitas y se ha ido ampliando el abanico de utilidades que pueden llegar a tener. El 90 % de la alimentación humana depende de solo 30 especies de plantas, siendo el 50 % el arroz, el trigo y las patatas. El uso de cultivos halófitos podría ser una alternativa

sostenible para regiones donde el agua dulce es un bien escaso y los suelos están muy dañados por la salinidad ya que las halófitas pueden aprovechar esos suelos degradados, reduce sus contaminantes y los recupera. ⁽²⁾

Se considera que la utilización de esta especie como alimento funcional radica en sus atributos, no solo por su sabor salado, sino también por su valor nutricional. Además, las investigaciones sobre la *Salicornia* han demostrado las ventajas de la planta como cultivo comestible.

En este sentido, los representantes de estos géneros han sido examinados en busca de un perfil fitoquímico y se ha informado en ellos la presencia de una amplia gama de prótidos, mucílagos, carbohidratos, proteínas, aceites, compuestos fenólicos, flavonoides, esteroides, saponinas, alcaloides, triterpenos (α -amirina), taninos y minerales como magnesio (Mg), calcio (Ca), hierro (Fe) y potasio (K). ^(1, 3) Su alto contenido en minerales como el calcio, el magnesio y el hierro, así como su riqueza en antioxidantes, la hacen un componente atractivo para dietas saludables. ⁽⁴⁾

Sin embargo, pese a ser un recurso que crece en abundancia a lo largo de las costas de Cuba, no es aprovechado por la población, de ahí la necesidad de realizar investigaciones de sus propiedades nutraceuticas con el objetivo de su inclusión en la dieta, lo que contribuiría a su empleo en la alimentación humana, ofreciendo un perfil nutricional que complementa las necesidades de una población cada vez más preocupada por su bienestar.

En consecuencia, en la Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz se implementan dos proyectos de investigación que responden a esta temática, en los que se encuentran insertados profesores y estudiantes de la carrera de Licenciatura en Ciencias Alimentarias. Desde el año 2022 hasta la actualidad el grupo de investigadores de la carrera de Ciencias Alimentarias en conjunto con sus estudiantes han obtenidos resultados encaminados a darle el uso como alimento nutraceutico y funcional a la *Salicornia bigelovii*.

Por tanto, el objetivo de la investigación es destacar las contribuciones a las Ciencias Alimentarias de los estudios de la *Salicornia bigelovii* de las salinas El Real y Las Tunas, en la Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz.

Materiales y métodos

Se realizó una investigación descriptiva y analítica en el período comprendido de julio del 2022 a junio de 2025, en la facultad de Ciencias Aplicadas perteneciente a la Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. Se utilizaron métodos teóricos como el hipotético y deductivo, el análisis y síntesis, la abstracción y concreción y la inducción y deducción. Dentro de los métodos empíricos

se desarrolló la observación participante, cuestionarios, entrevistas, estudios preliminares bromatológicos y la estadística descriptiva e inferencial.

Resultados

Se inicia el estudio de la *Salicornia* en la salina El Real, con la tesis de grado: Programa de capacitación para la explotación sostenible de especies de *Salicornia* en la salina “El Real”.

En la fundamentación del programa se justifica la necesidad de que los trabajadores de la salina “El Real”, Playa Santa Lucía, Camagüey se les capacite para actuar en correspondencia con las exigencias que demanda el manejo sostenible de la *Salicornia* sobre todo en la solución y la búsqueda de alternativas para los problemas que presenta la alimentación humana y que se corresponda con las necesidades de la empresa, a fin de lograr un desarrollo sostenible y a tono con las exigencias actuales, económicas, sociales, medioambientales y políticas de territorio. El programa de capacitación, complementó las bases teóricas y prácticas para lograr el manejo sostenible de estas especies y su utilización en la alimentación humana. ^(5, 6)

Otras tesis de grado que han contribuido al estudio de la *Salicornia* fueron:

*Composición físico-químico y bromatológica de la *Salicornia bigelovii* de la salina “El Real”

Se caracterizó la composición físico-química de la *Salicornia bigelovii* de la salina “El Real” a partir del análisis de materia seca, cenizas en base seca, pH y cloruros y bromuros, además, mediante una encuesta aplicada a 27 trabajadores de la UEB salina Puerto Padre, Las Tunas se realizó una estimación sensorial de la *Salicornia bigelovii* pues la emplean como ensaladas en sus almuerzos. Lo anterior proporcionó información valiosa para sus aplicaciones culinarias y posibles usos industriales ⁽⁷⁾

*Estudios preliminares bromatológicos de la *Salicornia bigelovii* de las salinas “El Real” y “Las Tunas”

Se realizó una investigación experimental, en los laboratorios territoriales de suelos de la provincia de Camagüey. Los resultados más significativos fueron que los porcentos de proteína bruta, fósforo, calcio y magnesio presentaron diferencias significativas, así como desde lo nutricional pueden considerarse como una buena fuente de minerales, especialmente de potasio, calcio, magnesio y fósforo. Estos estudios preliminares bromatológicos realizados a la *Salicornia bigelovii* (Torr.) demuestran su valor nutricional ya que proporcionan información valiosa para sus aplicaciones culinarias y posibles usos industriales, además para lograr una alimentación saludable a partir de su consumo. ^(8, 9)

*Obtención de un extracto acuoso rico en polifenoles a partir de *Salicornia bigelovii* mediante optimización de parámetros de extracción

El objetivo de la investigación fue determinar las condiciones óptimas de obtención del extracto acuoso rico en polifenoles de *S. bigelovii*, considerando método de obtención, relación masa/disolvente y tiempo de extracción. Se realizó una caracterización del material vegetal que confirmó su validez para la preparación de extractos por maceración e infusión-maceración, combinados con la Metodología de Superficie de Respuesta para optimizar las variables relación masa/disolvente, tiempo y temperatura. También se realizaron análisis físico-químicos, sensoriales y pruebas de toxicidad aguda oral en ratones.

El análisis estadístico reveló que la combinación infusión-maceración, con relación 0,19 g/mL y 23 horas de extracción, maximiza el contenido de polifenoles (cuantificados por el Método Folin-Ciocalteu) y la capacidad antioxidante (evaluada con DPPH), los cuales mostraron niveles de 695,3 mg/L y 59,85%, respectivamente. En la caracterización físico-química, el extracto mostró parámetros adecuados de pH, densidad y sólidos totales, en sintonía con estudios previos. Sensorialmente, el extracto obtuvo buena aceptación en cuanto a color, olor y sabor.

Los ensayos toxicológicos no mostraron efectos adversos, confirmando su inocuidad y seguridad. Estos hallazgos respaldan su potencial incorporación en la industria alimentaria y farmacéutica como ingrediente natural antioxidante, abriendo nuevas posibilidades para el desarrollo de productos saludables a partir de recursos vegetales no convencionales. ⁽¹⁰⁾

*Procedimiento para la obtención de sal verde a partir de *Salicornia bigelovii*

Luego de un análisis minucioso y de la consulta de varias bibliografías se logró el diseño de un procedimiento para la obtención de sal verde a partir de *Salicornia bigelovii*. Dicho procedimiento tiene como etapas principales: limpieza y desinfección, selección y corte, deshidratación, molienda, envasado y almacenamiento. El procedimiento propuesto para la obtención de sal verde a partir de *S. bigelovii* fue validado por 11 profesores utilizando el método de consenso por grupo nominal. Para que realicen sus valoraciones, se les presentó la propuesta y se les solicitó, mediante una encuesta que emitieran sus opiniones en el que debían categorizarlas en muy adecuado, adecuado, poco adecuado e inadecuado.

El 81,8 % (09) considera adecuado los aspectos a evaluar en la propuesta de diseño del procedimiento. No obstante, los especialistas realizan una serie de recomendaciones a tener presente en el escalado

del procedimiento y posteriormente en su montaje en la industria, entre las sugerencias se debe tener en cuenta:

1. La sustentabilidad (si se minimiza el uso de agua, energía o químicos, si se gestionan los residuos generados (ejemplo en los recortes de la planta).
2. Los parámetros de calidad e inocuidad.
3. El cumplimiento normativo de los estándares nacionales/internacionales (el Codex Alimentarius, las normas ISO).
4. Determinar si se garantiza la ausencia de metales pesados, toxinas o microorganismos patógenos.
5. Determinar el análisis bromatológico del producto final.
6. El costo-beneficio: Si el procedimiento es económicamente viable comparado con la producción tradicional de sal.

Los autores consideran que todos los aspectos sugeridos contribuirán al perfeccionamiento del procedimiento. ⁽¹¹⁾

Propuesta de sal condimentada a partir de la planta halófito *Salicornia bigelovii

Se elaboraron formulaciones de sales condimentadas a partir de sal verde las que se proponen para realzar y potenciar el sabor de seis aplicaciones culinarias típicas cubanas como es el caso de: carnes rojas, aves, pescados y mariscos, arroz amarillo, vegetales y sopas, guisos y caldos; y la composición de sal verde para cada formulación es de un 50 %, debido a sus propiedades beneficiosas para la salud. Lo antes expuesto quedó avalado por el Chef Internacional y profesor de la Asociación Culinaria de Camagüey Gregorio Hidalgo Vera, el cual certificó el uso de las especias y condimentos seleccionadas según las formulaciones de la sal condimentada, a partir de las características sensoriales y efectos fisiológicos reportados para cada ingrediente. ⁽¹²⁾

***Manual de aplicaciones culinarias para el consumo saludable de la halófito *Salicornia bigelovii* de la salina “El Real”**

Se elabora un manual de aplicaciones culinarias para el consumo saludable de la mencionada halófito en la cocina internacional y la cubana el que consta de 30 recetas o procedimientos paso a paso para cada preparación. Se demuestra en la propuesta de cada receta que la *S. bigelovii* constituye una alternativa viable dentro de los programas de educación alimentaria y nutricional, dada su riqueza en nutrientes esenciales y su potencial como ingrediente funcional, por lo que puede ser incluida en los

hábitos alimentarios de comunidades cercanas a las zonas costeras, donde su cultivo resulta factible.

(13)

Discusión

Los resultados evidencian la contribución que se realiza a partir de estos estudios de la *Salicornia bigelovii* a las Ciencias Alimentarias. Desde el programa de capacitación hasta el manual de aplicaciones culinarias para el consumo saludable de la halófito. Cabe señalar que el empleo de la *Salicornia* en la alimentación, no es nuevo. Sin embargo, el escaso arraigo que en Cuba tiene el consumo de esta planta con fines alimenticios, se perfila como un serio inconveniente para la explotación del recurso, lo cual puede ser mitigado mediante los estudios bromatológicos de la planta los cuales certifican sus propiedades nutraceuticas, además, se necesitará de la implementación de programas de educación nutricional.

Hay que mencionar que los resultados de las tesis encaminadas a los estudios bromatológicos, por ejemplo, en los estudios preliminares bromatológicos de la *Salicornia bigelovii* de las salinas “El Real” y “Las Tunas”, en cuanto a la composición de los principales minerales se evidencia que hay diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de fósforo, calcio y magnesio. En este sentido, los resultados del porcentaje de calcio y magnesio coinciden con los estudios realizados por Riquelme *et al.* ⁽¹⁴⁾, Min *et al.* ⁽¹⁵⁾ y Bertin *et al.* ⁽¹⁶⁾ los que encontraron que los minerales con las concentraciones más altas en *Sarcocornia neei*, *Sarcocornia ambigua*, *Salicornia bigelovii* y *Salicornia herbacea* eran el sodio, potasio, calcio, magnesio y el hierro.

Se considera que dichos hallazgos sugieren que las condiciones ambientales de cada salina influyen en la absorción de nutrientes por la planta. Por lo que es importante realizar investigaciones para comprender mejor las causas de estas diferencias y sus implicaciones para el crecimiento y la calidad nutricional en la planta.

En el caso de la obtención de un extracto acuoso rico en polifenoles a partir de *Salicornia bigelovii* mediante optimización de parámetros de extracción los resultados significativos fueron los siguientes: La combinación óptima para obtener un extracto acuoso con alto contenido de polifenoles de *S. bigelovii* corresponde a una relación masa/disolvente de 0,19 g/mL y un tiempo de extracción de 23 horas, utilizando el método combinado de infusión/maceración. El extracto acuoso óptimo presentó 695,3 mg/L de polifenoles totales con un 59,85 % de capacidad antioxidante, además de un pH ligeramente ácido o neutro (6,271); 1,016 g/mL de densidad y 3,016 % de sólidos totales.

Estos resultados en relación con el contenido de polifenoles es un buen indicativo de la actividad antioxidante de un producto, ya que un mayor contenido de dichos compuestos implica una mayor concentración de antioxidantes.

Se destaca que el análisis del contenido en compuestos polifenólicos de un alimento es importante debido a la gran variedad de actividades biológicas que estos compuestos presentan, considerándose uno de los fitoquímicos alimentarios más importantes por su contribución al mantenimiento de la salud humana. La actividad biológica de los polifenoles está relacionada con su carácter antioxidante. Además de los efectos sobre la salud, muchos compuestos polifenólicos tienen un efecto sobre la calidad de los alimentos que los contienen, puesto que son responsables de algunas propiedades sensoriales.

Las demás investigaciones aportan un procedimiento para la obtención de sal verde a partir de *Salicornia bigelovii* el que permitirá elaborar la llamada sal verde. Esta contiene menos sodio que la sal común y es rica en minerales como magnesio, potasio y calcio. También puede contener antioxidantes y otros compuestos bioactivos. Al ser un producto menos procesado y de origen vegetal, mantiene más nutrientes naturales en comparación con la sal común refinada. En cuanto, a las formulaciones de sales condimentadas a partir de sal verde y el manual de recetas culinarias estas aportan la posibilidad de que la salicornia pueda ser utilizada en la cocina cubana.

A tenor con todo lo antes expuesto, se demuestra que la *S. bigelovii* constituye una alternativa viable dentro de los programas de educación alimentaria y nutricional, dada su riqueza en nutrientes esenciales y su potencial como ingrediente funcional, por lo que puede ser incluida en los hábitos alimentarios de comunidades cercanas a las zonas costeras, donde su cultivo resulta factible.

Asimismo, se logró la socialización y la visibilidad de los resultados a nivel provincial, nacional e internacional, mediante la presentación de ponencias en eventos, así como en las publicaciones en revistas de reconocido prestigio.

Conclusiones

Se destacan las contribuciones a las Ciencias Alimentarias de los estudios de la *Salicornia bigelovii* de las salinas El Real y Las Tunas, en la Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, lo que evidencia sus impactos en lo científico con la introducción de nuevos conocimientos teóricos a las Ciencias Alimentarias en cuanto a la determinación del valor nutricional de la Salicornia, en lo tecnológico radica en la propuesta para la obtención de la sal verde, la que no ha sido implementada en Cuba, lo que permitirá la diversificación y uso de espacios que permanecen subutilizados en las

salineras, por lo que, aumentarán los ingresos económicos y se elevará la productividad, por concepto de mejor utilización.

Conflictos de intereses: Los autores declaran no conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Mercedes Caridad García González, Yolexis Roberta Cardona Soberao

Adriana Martín Navas, Rosalesmi Rodríguez Odel, Roxana Ruiz Vega, Humberto Silvio Varela de Moya

Metodología: Mercedes Caridad García González, Yolexis Roberta Cardona Soberao, Adriana Martín Navas, Humberto Silvio Varela de Moya

Curación de datos: Rosalesmi Rodríguez Odel, Roxana Ruiz Vega, Humberto Silvio Varela de Moya

Validación: Mercedes Caridad García González, Yolexis Roberta Cardona Soberao, Adriana Martín Navas

Análisis formal: Adriana Martín Navas, Mercedes Caridad García González, Yolexis Roberta Cardona Soberao, Rosalesmi Rodríguez Odel, Roxana Ruiz Vega

Investigación: Mercedes Caridad García González, Yolexis Roberta Cardona Soberao, Adriana Martín Navas, Rosalesmi Rodríguez Odel, Roxana Ruiz Vega, Humberto Silvio Varela de Moya

Recursos: Mercedes Caridad García González, Yolexis Roberta Cardona Soberao

Redacción-redacción original: Adriana Martín Navas, Mercedes Caridad García González, Yolexis Roberta Cardona Soberao, Humberto Silvio Varela de Moya

Revisión y edición de textos: Mercedes Caridad García González, Yolexis Roberta Cardona Soberao

Visualización: Mercedes Caridad García González, Yolexis Roberta Cardona Soberao, Adriana Martín Navas, Rosalesmi Rodríguez Odel, Roxana Ruiz Vega

Supervisión: Mercedes Caridad García González, Yolexis Roberta Cardona Soberao, Adriana Martín Navas, Rosalesmi Rodríguez Odel, Roxana Ruiz Vega

Administración del Proyecto: Mercedes Caridad García González, Yolexis Roberta Cardona Soberao

Referencias bibliográficas

1. Coc Coj O, Cámara Mota A, González Cortés N, Jiménez Vera R. La salicornia: una planta halófila con propiedades funcionales. Revista Iberoamericana de Ciencias [Internet]. 2020 [citado 12/05/2025]; 7 (1): 26-38. Disponible en: <http://www.reibci.org/publicados/2020/jul/3800103.pdf>
2. Estrada Valverde AV. Agricultura biosalina y perspectivas de futuro [Tesis]. España: Universidad de Jaén; 2021. Disponible en: <https://tauja.ujaen.es/handle/10953.1/14541>
3. Patel S. Salicornia: evaluating the halophytic extremophile as a food and a pharmaceutical candidate. Biotech [Internet]. 2016 [citado 12/05/2025]; 6 (1): 104. Disponible en: <https://doi.org/10.1007 / s13205-016-0418-6>
4. López Corona B, González Ocampo A, Ruiz Juárez D, Ortega García J, Mondaca Fernández I, Rueda Puente EO. Biostimulant effect of chitosan and phenolic extracts on the phenological development of *Salicornia bigelovii* (Torr.). Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences [Internet]. 2023 [citado 02/06/2025]; 22 (8): 584–590. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2023.08.001>
5. Osoria Suárez C. Programa de capacitación para la explotación sostenible de especies de *Salicornia* en la salina “El Real” [Tesis]. Cuba: Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz; 2022.
6. Cardona Soberao YR, Chávez Vaca VA, García González MC, Osoria Suárez C. Programa de capacitación para la explotación sostenible de especies de salicornia en la salina “El Real”. REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA ARBITRADA YACHASUN [Internet]. 2023 [citado 02/06/2025]; 7 (12): 21-35. Disponible en: <https://doi.org/10.46296/yc.v7i12edespfieb.0292>
7. Muñoz Pérez A, La O Cid N. Composición físico-químico y bromatológica de la *Salicornia bigelovii* de las salinas “El Real” y “Las Tunas” [Tesis]. Cuba: Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz; 2023.
8. Martín Navas, A. Estudios preliminares bromatológicos de la *Salicornia bigelovii* de las salinas “El Real” y “Las Tunas” [Tesis]. Cuba: Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz; 2024.
9. Martín Navas, A., García González, M.C., Cardona Soberao, YR. Caracterización preliminar bromatológica de la *Salicornia bigelovii* en las salinas “El Real” y “Las Tunas”. Bionatura [Internet]. 2024 [citado 22/05/2025]; 9 (4). Disponible en: <https://portal.issn.org/custom-search/print/1390-9355/public>

10. Silveira Brioso L. Obtención de un extracto acuoso rico en polifenoles a partir de *Salicornia bigelovii* mediante optimización de parámetros de extracción [Tesis]. Cuba: Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz; 2025.
11. Ruíz Vega, R.M. Procedimiento para la obtención de sal verde a partir de *Salicornia bigelovii* [Tesis]. Cuba: Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz; 2024.
12. Leyva Suárez A. Propuesta de sal condimentada a partir de la planta halófito *Salicornia bigelovii* [Tesis]. Cuba: Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz; 2023.
13. Cabrales Castañeda G. Manual de aplicaciones culinarias para el consumo saludable de la halófito *Salicornia bigelovii* de la salina “El Real” [Tesis]. Cuba: Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz; 2025.
14. Riquelme J, Olaeta JA, Gálvez L, Undurraga P, Fuentealba C, Osses A, *et al.* Nutritional and functional characterization of wild and cultivated *Sarcocornia neei* grown in Chile. Cien. Inv. Agr [Internet]. 2016 [citado 11/05/2025]; 43(2): 283-293. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-16202016000200011
15. Min JG, Son K, Kim J, Kim T, Park J. Physiological and functional properties of *Salicornia herbacea* (Tungtungmadi) Leaf extracts. Prev Nutr Food Sci [Internet]. 2002 [citado 16/05/2025]; 7 (3): 261–264. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/263650925_Physiological_and_Functional_Properties_of_Salicornia_herbacea_Tungtungmadi_Leaf_Extracts
16. Bertin RL, Gonzaga LV, Borges G da SC, Azevedo MS, Maltez HF, Heller M, *et al.* Nutrient composition and, identification/quantification of major phenolic compounds in *Sarcocornia ambigua* (Amaranthaceae) using HPLC–ESIMS/MS. Food Res. Int [Internet]. 2014 [citado 12/05/2025]; 55: 404-411. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996913006455>

/ **Received:** 25 febrero 2025 / **Accepted:** 12 mayo 2025] / **Published:** 15 junio 2025 /

Citation: García-González, M; Cardona, Y; Martín, A; Rodríguez, R; Ruiz, Varela, H. Contribuciones a las Ciencias Alimentarias desde los estudios de la *Salicornia bigelovii* en las salinas El Real y Las Tunas. *Bionatura*. 2025. Volumen 10, (No 2). 10.70373/RB/2025.10.02.5

Peer review information: Bionatura thanks the anonymous reviewers for their contribution to the peer review of this work using <https://reviewerlocator.webofscience.com/>

All articles published by Bionatura Journal are freely and permanently accessible online immediately after publication, without subscription charges or registration barriers.

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



Copyright: © 2025 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/>)



HONGO OSTRÁ (*Pleurotus* spp.)

Full Spectrum Extract

- Antiviral
- Anti-Bacterial
- Reductor de colesterol
- Regulador presión sanguínea
- Tónico para los nervios

NS: 26544-ALN-0820

CONTACTO:

Dr. Julio Pineda Insuasti, PhD
info.biodiversity@gmail.com
Cel. +593 99 758 9267
Ibarra-Ecuador

SCIENTIFIC PARTNER:

<https://cebaecuator.org/>

inf.ceba@gmail.com, Cel + 593 99 579 7813. Ibarra-Ecuador



6 Cumplimiento de las buenas prácticas en el laboratorio clínico del Hospital pediátrico Eduardo Agramonte Piña, Camagüey

Compliance with good practices in the clinical laboratory of the Eduardo Agramonte Piña Pediatric Hospital, Camagüey

Dra. Yudeynis Marisol Díaz Alonso¹, M. Sc Isis Patricia Rodríguez Socarras², M. Sc Ubaldo Roberto Torres Romo³, Dra. Ana Isabel Carbajales León⁴, Lic. Dayami Bembibre Mozo⁵, Lic. Ever Quintana Verdecia⁶

³ Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey, Cuba. yude.cmw@infomed.sld.cu, <https://orcid.org/0009-0004-1054-0243>

⁴ Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey, Cuba. secal.cmw@infomed.sld.cu <https://orcid.org/0000-0002-4450-496X>

⁵ Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey, Cuba. ubaldotorres.cmw@infomed.sld.cu <https://orcid.org/0000-0003-0852-4389>

⁶ Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey, Cuba. anaicl.cmw@infomed.sld.cu <https://orcid.org/0000-0002-7159-7727>

⁷ Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey, Cuba. dayami.cmw@infomed.sld.cu <https://orcid.org/0000-0003-0778-172X>

⁸ Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey, Cuba. ever.cmw@infomed.sld.cu <https://orcid.org/0000-0003-1305-1643>

*Autor para la correspondencia: yude.cmw@infomed.sld.cu

Resumen

Fundamento: cumplir con las buenas prácticas es obligatorio para los laboratorios que participen en actividades reguladoras relacionadas con las funciones básicas del Centro para el Control Estatal de la Calidad de los Medicamentos, Equipos y Dispositivos Médicos, así como para los laboratorios que realicen análisis altamente especializados, con marcado impacto para la salud y seguridad de la población. **Objetivo:** Evaluar el cumplimiento de las buenas prácticas en el laboratorio clínico del hospital pediátrico Eduardo Agramonte Piña. **Métodos:** se realizó una investigación en Sistema y Servicios de Salud a través de un estudio descriptivo, retrospectivo, desde enero de 2022 a mayo de 2023. El universo de estudio estuvo constituido por la organización (documentación, trabajadores,

equipamiento, y otros recursos). Los datos fueron recogidos y procesado en el instrumento informático que incluye 227 requisitos en 10 apartados y se detallaron los cuatro apartados (gestión de documentación, gestión de recursos, gestión del proceso analítico y gestión de quejas y reclamaciones) que se pueden gestionar a nivel del laboratorio, con el objetivo de trabajar de forma progresiva en el cumplimiento de la resolución. **Resultados:** se obtuvo evaluación de no cumple en todos los apartados, con relación a los seleccionados los que menor puntuación alcanzaron fueron la gestión de las quejas y las reclamaciones y la gestión de la documentación **Conclusiones:** el laboratorio clínico del hospital pediátrico Eduardo Agramonte Piña no cumple con la regulación de buenas prácticas vigente y las deficiencias encontradas están pendientes de solucionar.

Palabras clave: buenas prácticas, laboratorio clínico, regulación, evaluación, cumplimiento.

Abstract

Background: Compliance with good practices is mandatory for laboratories participating in regulatory activities related to the basic functions of the Center for State Quality Control of Medicines, Equipment and Medical Devices, as well as for laboratories that perform highly specialized analyses, with marked impact on the health and safety of the population. **Objective:** To evaluate compliance with good practices in the clinical laboratory of the Eduardo Agramonte Piña pediatric hospital. **Methods:** An investigation was carried out in Health System and Services through a descriptive, retrospective study, from January 2022 to May 2023. The study universe consisted of the organization (documentation, workers, equipment, and other resources). The data was collected and processed in the computer instrument that includes 227 requirements in 10 sections and details the four sections (documentation management, resource management, management of the analytical process and management of complaints and claims) that can be managed at the level of the laboratory with the objective of working progressively towards compliance with the resolution. **Results:** An evaluation of non-compliance was obtained in all sections, in relation to those chosen, those that achieved the lowest score were the management of complaints and claims and the management of documentation **Conclusions:** The clinical laboratory of the Eduardo Agramonte Piña pediatric hospital does not comply with the current Good Practices resolution and the deficiencies found are pending to be solved.

Keywords: good practices, clinical laboratory, regulation, evaluation, compliance.

Introducción

Se define las Buenas Prácticas de Laboratorio Clínico (BPLC) como un conjunto de requisitos y actividades que aseguran que el servicio de laboratorio clínico sea competente para realizar determinados análisis y garantice la calidad y confiabilidad.⁽¹⁾ Hoy día, reconocer que un laboratorio es competente para realizar determinados ensayos o proporcionar evidencias del adecuado cumplimiento de la regulación de BPLC vigente, constituye una necesidad por las implicaciones legales que conllevan los servicios de salud en el mundo, aún en un sistema social como el de Cuba, donde este servicio es universal y gratuito.⁽²⁾

La superación profesional en BPLC posibilita la adquisición y el perfeccionamiento continuo de conocimientos y habilidades, requeridas para un mejor desempeño de las responsabilidades y funciones laborales; así como el incremento de la productividad científica, en correspondencia con los avances de la ciencia y la técnica.⁽³⁾

Las buenas prácticas de laboratorio (BPL) se introdujeron por primera vez en Nueva Zelanda y Dinamarca en 1972. Fueron instituidas en Estados Unidos después de los casos de fraude generados por algunos laboratorios de toxicología en los datos presentados a la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, sigla en inglés) por las compañías farmacéuticas, donde miles de pruebas de seguridad para los fabricantes de productos químicos fueron falseados de forma tal que los ensayos no pudieron ser reconstruidos.⁽⁴⁾

El primer documento cubano dentro del campo del laboratorio clínico donde se establece como requisito la existencia de un sistema de calidad que garantice no sólo la calidad de los ensayos, sino del servicio en general, fue la Regulación No.3 de 1995 “Buenas Prácticas de Laboratorio Clínico”, del Centro para el Control Estatal de la Calidad de los Medicamentos, Equipos y Dispositivos Médicos (CECMED).⁽⁵⁾

El CECMED, como autoridad nacional reguladora, del ministerio de salud pública (MINSAP), es responsable de aplicar el reglamento para la certificación de BPLC, el cual establece la metodología y el procedimiento para que los laboratorios clínicos puedan evidenciar su estado de cumplimiento de las buenas prácticas.⁽⁶⁾

En el mes de abril del año 2008, se confecciona en Camagüey un plan de acción provincial para la implementación de las BPLC; que incluía impartir un curso a nivel provincial, se previó garantizar los documentos de referencia sobre gestión de la calidad y BPLC dirigido a aquellas personas que tenían a cargo la planificación de la tarea en la provincia.⁽⁷⁾

A pesar de los esfuerzos realizados, la implementación de las BPLC no pasó de ser una tarea pendiente por años. En el año 2016 se diseñó un proyecto de investigación, encaminado a la implementación de las BPLC en los laboratorios de atención secundaria. Este proyecto incluyó, entre las tareas de inicio, impartir un curso de posgrado dirigido a jefes de laboratorios, responsables de aseguramiento de la calidad y de bioseguridad. ⁽³⁾

En el año 2019 fue evaluado el cumplimiento de los requisitos de las BPLC en el hospital pediátrico de Camagüey Eduardo Agramonte Piña, con la utilización de una guía, basada en la regulación 03-2009, ⁽⁸⁾ la cual contaba con 140 requisitos, de ellos se cumplieron 75 (53,5 %).

En el año 2021 con la derogación de la regulación 3-2009, ⁽⁸⁾ por la D03-2021 y como resultado de un análisis realizado por el comité de la calidad se decidió iniciar un proyecto de investigación con el objetivo de evaluar el cumplimiento de las BPLC en el laboratorio clínico del hospital pediátrico Eduardo Agramonte Piña de Camagüey, desde diciembre de 2022 a mayo de 2023.

Materiales y métodos

Se realizó una investigación en Sistema y Servicios de Salud a través de un estudio descriptivo, retrospectivo, desde diciembre de 2022 a mayo de 2023. El universo de estudio estuvo constituido por la organización (documentación, trabajadores, equipamiento, y otros recursos) en los cuales se realizó el diagnóstico del cumplimiento de los requisitos de las BPLC.

La fuente de información primaria la constituyó un instrumento informático diseñado y validado por un comité de expertos en el año 2021. Se estructuró en dos hojas de cálculo de Microsoft Excel 2016. En el instrumento se incluyeron 227 requisitos recogidos en 10 apartados: sistema de gestión de la calidad, gestión de la documentación, gestión de los recursos, gestión de compras y la contratación, gestión del proceso analítico, gestión de la información, auditorías internas, gestión de las no conformidades, gestión de las quejas y las reclamaciones y mejora de la calidad, los cuales fueron considerados como las variables de estudio. Se seleccionaron cuatro de ellos: gestión de documentación, gestión de recursos, gestión del proceso analítico y gestión de quejas y reclamaciones, que se pueden gestionar por la dirección del laboratorio, con el objetivo de trabajar de forma progresiva en el cumplimiento de la resolución.

Técnica de procesamiento y análisis de los datos.

El cálculo de la estadística descriptiva (frecuencias absolutas, relativas y porcentaje) se realizó de forma automática mediante el instrumento informático.

El instrumento estableció una escala evaluativa de la forma siguiente:

- Cumple (C): Entre el 80 y el 100 % de cumplimiento
- Cumple parcial (CP): Entre el 60 y el 79 % de cumplimiento
- No cumple (NC). Menor 60 % de cumplimiento.

Los resultados se reflejaron en tablas.

Implicaciones éticas

En la realización del estudio se tuvieron en cuenta los principios éticos que rigen las investigaciones biomédicas. Se contó con la aprobación de la dirección del hospital y del Comité de ética y científico de la Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey. La información fue utilizada solo con fines investigativos y se obtuvo el consentimiento informado del responsable del laboratorio.

Resultados

Tabla1. Resultado de la evaluación del cumplimiento de las BPLC.

Apartados (requisitos)	Evaluación del cumplimiento			Total	
	C	CP	NC	No.	%
Sistema de gestión de la calidad	7	0	15	22	32
Gestión de la documentación	6	0	11	17	35
Gestión de los recursos	49	0	36	85	58
Gestión de las compras y la contratación	2	0	18	20	10
Gestión del proceso analítico	24	0	19	43	54
Gestión de la información	4	0	8	12	33
Auditorías internas	2	0	6	8	25
Gestión de las no conformidades	0	0	5	5	0
Gestión de las quejas y las reclamaciones	0	0	3	3	0
Mejora de la calidad	0	0	12	12	0
Total	94	0	133	227	41

Fuente: Instrumento informático.

En la tabla 1 se observa que de los 227 requisitos se cumplieron 94 (41 %), la totalidad de los apartados fueron evaluados de NC (menor del 60 %) y el laboratorio obtuvo una evaluación de NC,

la gestión de las no conformidades, mejora de la calidad y la gestión de las quejas y las reclamaciones, con una menor puntuación 0 (0%) respectivamente y la gestión de los recursos la que más puntuación alcanzó con 49 (58%).

A continuación, se detallan los cuatro apartados que se consideraron prioritarios y que se pudieron gestionarse por la dirección del laboratorio con el objetivo de mejorar el cumplimiento de la regulación.

Tabla 2. Evaluación de la gestión de la documentación.

Gestión de la documentación	Evaluación del cumplimiento			Total	
	C	CP	NC	No.	%
Control de los documentos	1	0	6	7	14
Control de los registros	3	0	3	6	50
Documentos internos	2	0	1	3	67
Documentos externos	0	0	1	1	0
Total	6	0	11	17	35

Fuente: Instrumento informático.

En la tabla 2 se observa que, de los 17 requisitos del apartado, se cumplieron 6 (35 %). Obteniendo menor puntuación el control de los documentos y los documentos externos, con 1(14 %) y 0(0) %, respectivamente.

Tabla 3. Resultado de la evaluación de la gestión de los recursos.

Gestión de los recursos	Evaluación del cumplimiento			Total	
	C	CP	NC	No.	%
Generalidades de Gestión de los recursos	0	0	1	1	0
Recursos humanos	8	0	10	18	44
Instalaciones	4	0	7	11	36
Ambiente de trabajo	5	0	3	8	63
Control de la contaminación	1	0	3	4	25
Equipos e instrumentos de medición	17	0	9	26	65

Diagnosticadores y materiales de referencia	9	0	2	11	82
Otros reactivos y materiales gastables	5	0	1	6	83
Total	49	0	36	85	58

Fuente: Instrumento informático.

En la tabla 3 se observa que, de los 85 requisitos, se cumplieron 49 (58 %). Los requisitos con menor puntuación en el apartado fueron, generalidades de la gestión de los recursos con 0 (0 %) y los del control de la contaminación 1 (25 %), instalaciones 4 (36 %) y recursos humanos 8 (44 %) mostraron bajo cumplimiento.

Tabla 4. Resultado de la evaluación de la gestión del proceso analítico.

Gestión del proceso analítico	Evaluación del cumplimiento			Total	
	C	CP	NC	No.	%
Fase pre analítica	10	0	7	17	59
Fase analítica	6	0	3	9	67
Aseguramiento de la calidad	3	0	2	5	60
Fase pos analítica	1	0	1	2	50
Informe de análisis	4	0	6	10	40
Total	24	0	19	43	56

Fuente: Instrumento informático.

En la tabla 4 se observa que de los 43 requisitos se cumplieron 24 (56 %), el requisito de menor puntuación es informe de análisis (IA), con 4(40 %).

En cuanto a la evaluación de la gestión de las quejas y las reclamaciones de los tres requisitos que conforman esta variable: establecer un procedimiento y mantener actualizados los registros apropiados para evaluar y responder con inmediatez las quejas y las reclamaciones; documentar los motivos por los que alguna queja o reclamación no fuera investigada. ninguno se cumplió.

Discusión

El cumplimiento de las BPLC es obligatorio para los laboratorios que participen en actividades reguladoras relacionadas con las funciones básicas del CECMED, así como para los laboratorios que realicen análisis altamente especializados, con marcado impacto para la salud y seguridad de la población. ⁽¹⁾ Para Álvarez, las instituciones de salud que logren obtener la certificación de los laboratorios clínicos según las BPLC, tendrán un reconocimiento del cumplimiento de los requisitos establecidos, lo que les dará mayor credibilidad y visibilidad, si logra implementarlos, deberá velar por mantenerlos. ⁽⁹⁾

Los autores consideran que cumplir con las BPLC, es una necesidad del colectivo de trabajadores, requiere el compromiso de la administración; cuando se cumple con los requisitos de la regulación, se demuestra que el laboratorio es competente para realizar los análisis y que los resultados se emiten con calidad y proporcionan confianza en el servicio.

En el estudio realizado por Fuentes y Louro ⁽¹⁰⁾ la evaluación de las BPLC en el diagnóstico inicial es de un 86 % de cumplimiento, encontrando las principales dificultades en la documentación, el equipamiento de trabajo, la capacitación del personal y los recursos humanos.

A continuación, se exponen las principales dificultades de los cuatro apartados seleccionados para el estudio:

En la gestión de la documentación no está designada la persona competente y con experiencia para gestionar el sistema de documentación, no se conservan los documentos obsoletos retirados más relevantes, no se mantienen los registros fácilmente identificables, no están protegidos y no se dispone de la documentación externa (versiones vigentes de las leyes, resoluciones, reglamentos y regulaciones, normas cubanas o internacionales)

Debe elaborarse toda la documentación necesaria, que además de ser imprescindible para el ordenamiento interno de todos los procesos, sea útil para la acreditación de los servicios, la presentación ante las auditorías y la capacitación permanente del personal. Se debe recoger toda la información que permita el desarrollo de los procesos, que describa los procedimientos correctos y represente las mejores prácticas.

En el estudio realizado por Fuentes y Louro ⁽¹⁰⁾ también se presenta dificultad con la documentación, no están documentadas las revisiones por la dirección, ni las instrucciones para el uso de los equipos e instrumentos.

Para Luitel, ⁽¹¹⁾ la documentación adecuada ayuda a una gestión eficaz del laboratorio. Todas las actividades realizadas en el laboratorio deben registrarse tanto de forma manual como electrónica. El

uso de equipos, tipo de muestras, limpieza y desinfección, y el procedimiento adoptado después de la finalización del experimento. Estos registros pueden ser necesarios durante impugnaciones legales y deben conservarse al menos durante cinco años, en algunos de los países es necesario conservarlos hasta diez años.

Medina y Arias ⁽¹²⁾ consideran que la implementación de un sistema de gestión documental es importante debido a que contribuye a mejorar la eficacia y la trazabilidad de los procesos, detectar los errores y evitar que se vuelvan a producir, ofreciendo la posibilidad de tener una alta calidad y mejora continua en los procesos que se realizan en los laboratorios.

En la gestión de los recursos, en cuanto a los requisitos que se gestionan a nivel del laboratorio; el personal no recibe capacitación de BPLC y bioseguridad, no existe un programa que comprenda las necesidades de formación, ni los registros de la educación, habilidades, experiencia y desempeño. Deben estar documentados los registros de las actividades periódicas de limpieza, desinfección y mantenimiento de las instalaciones, no se mantienen actualizados los certificados de calibración de los equipos. De los requisitos que se gestiona a nivel de la institución, no se dispone de áreas y locales adecuados para la espera de los pacientes, el cambio de ropa, el descanso y la alimentación.

Los autores opinan que, para garantizar la satisfacción del cliente, la eficiencia y buen desempeño de los trabajadores, se debe impartir capacitaciones que permitan al personal actualizar sus conocimientos y habilidades, contar con instalaciones adecuadas que garanticen su comodidad y descanso, así como documentar las actividades en cada proceso para evidenciar que el trabajo se realiza con calidad.

Según Pilco et al. ⁽¹³⁾ se debe potenciar el liderazgo para que las actividades de capacitación dentro y fuera del laboratorio sean permanentes y su seguimiento continuo, con el fin de obtener mejoras de performance, sostenibles en el tiempo y que den por resultado un aumento en los aspectos de seguridad relacionados con el paciente. Valles et al. ⁽¹⁴⁾ expresan que en el laboratorio clínico las medidas de bioseguridad comienzan con la formación adecuada del personal.

León y Fernández ⁽¹⁵⁾ consideran que entre los atributos de calidad que debe poseer el laboratorio están: el mantenimiento de la infraestructura, condiciones higiénico-sanitarias adecuadas, libre de riesgos para el paciente y los empleados, cumplimiento de toda la normativa vigente, trato respetuoso y cordial, información actualizada acerca de los servicios requeridos por los clientes y la posibilidad real de obtenerlos, así como los requisitos que debe cumplir el solicitante para acceder a los mismos.

En el apartado gestión del proceso analítico, se evidencian dificultades en las tres fases:

En la fase pre analítica no se dispone de la lista actualizada de los análisis que se realizan en el laboratorio y el tiempo de respuesta establecido, no se documenta el procedimiento para la gestión de reclamaciones, no se establecen los criterios para la aceptación o rechazo de las muestras comprometidas.

En la fase analítica no está elaborado el listado actualizado con los métodos de análisis disponibles y no está establecida la política para el reensayo y el remuestreo. En el aseguramiento de la calidad, no hay evidencias del control interno y no están definidos los puntos críticos.

En la fase pos analítica, no se tiene en cuenta que los resultados de los análisis estén informados en un IA con claridad, sin ambigüedades ni tachaduras y no se establecen las instrucciones para enmendarlo, no se establecen las instrucciones para emitir una copia de un IA en caso de extravío o deterioro del original.

Para Suardiáz et al. ⁽¹⁶⁾ La atención que el médico de asistencia y el personal del laboratorio concedan a la fase pre analítica, determinará en gran medida, la calidad de los resultados que se van a obtener, porque ningún resultado puede ser mejor que la muestra de la cual se obtuvo.

Según Céspedes et al. ⁽¹⁷⁾ para perfeccionar el control interno de la calidad se deben registrar las acciones que se realizan cada día. Propone una guía con modelos para registrar la verificación de cada método, la planificación del control de la calidad, el resultado diario de las muestras de pacientes y de los controladores, el monitorio diario y las incidencias del día, los valores en condiciones óptimas de trabajo, registro de los controladores y calibradores utilizados, seguimiento de los equipos, mantenimiento y rotura, así como registro de la verificación de los reactivos al cambiar de lote.

Panunzio ⁽¹⁸⁾ considera que resulta indispensable un sistema de gestión de calidad eficaz, que incluya evaluación interna y programas de evaluación externa de la calidad, lo que proporciona información sobre el nivel de rendimiento del laboratorio en comparación con otros, para promover la armonización de criterios, procedimientos, evaluación de intervenciones, además de ser una estrategia para proporcionar educación y capacitación del recurso humano.

Para Tangarife et al. ⁽¹⁹⁾ el laboratorio clínico evoluciona adaptándose a cambios científicos tecnológicos, organizativos y de gestión, inducidos por los avances en el campo de la medicina, nuevas pruebas y metodologías analíticas, así como la creciente sensibilización y expectativas de los usuarios por disponer de servicios y productos de mayor calidad; en toda esta perspectiva el éxito ante los nuevos desafíos para mejorar su eficacia, dependerá de su desempeño a la vanguardia de la

gestión de la calidad, asegurando el logro de los mayores beneficios posibles para la salud del paciente y procurando el óptimo uso de los recursos disponibles en todo su proceso.

En el apartado de gestión de las quejas y las reclamaciones, no se documentan los registros, por lo que se desconoce el tratamiento que recibieron o los motivos por los que alguna queja no fue investigada. Para los autores una gestión de quejas y reclamaciones eficiente, es esencial para el laboratorio clínico ya que el tratamiento adecuado que se le brinda al cliente, es la base fundamental para cumplir con sus expectativas y a la vez crea valoraciones positivas del servicio y recomendaciones a otras personas cercanas, proporcionando confianza y publicidad.

Según Enciso, Acosta y Castro ⁽²⁰⁾ una queja, petición o reclamo manejado de manera inadecuada podría significar un usuario o cliente menos e implica la divulgación de una mala experiencia a otros usuarios; mientras que una queja y reclamación tratados adecuadamente podrían significar una oportunidad para determinar los aspectos en los que el laboratorio está fallando o a su vez elaborar las alternativas con las cuales se puede aplicar un plan de mejora continua.

Para que se cumplan las BPLC en un laboratorio, no basta el contar con el personal capacitado y el manual de calidad completo, los procedimientos escritos, el equipamiento, los reactivos y los métodos validados, el éxito depende de la participación de todos, desde la alta dirección de la institución hasta el último de los empleados.

Conclusiones

El laboratorio clínico del Hospital Pediátrico Eduardo Agramonte Piña no cumple con la regulación de buenas prácticas vigente y las deficiencias encontradas están pendientes de solucionar.

Conflictos de intereses: Los autores declaran no conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Yudeynis Marisol Díaz Alonso, Isis Patricia Rodríguez Socarras.

Curación de datos: Yudeynis Marisol Díaz Alonso, Isis Patricia Rodríguez Socarras.

Análisis formal: Yudeynis Marisol Díaz Alonso, Isis Patricia Rodríguez Socarras, Ubaldo Roberto Torres Romo, Ana Isabel Carbajales León, Dayami Bembibre Mozo, Ever Quintana Verdecia.

Adquisición de fondos: Yudeynis Marisol Díaz Alonso, Isis Patricia Rodríguez Socarras.

Investigación: Yudeynis Marisol Díaz Alonso, Isis Patricia Rodríguez Socarras, Ubaldo Roberto Torres Romo, Ana Isabel Carbajales León, Dayami Bembibre Mozo, Ever Quintana Verdecia.

Metodología: Yudeynis Marisol Díaz Alonso, Isis Patricia Rodríguez Socarras, Ubaldo Roberto Torres Romo, Ana Isabel Carbajales León, Dayami Bembibre Mozo, Ever Quintana Verdecia.

Administración del proyecto: Yudeynis Marisol Díaz Alonso

Recursos: Yudeynis Marisol Díaz Alonso, Isis Patricia Rodríguez Socarras, Ubaldo Roberto Torres Romo, Ana Isabel Carbajales León, Dayami Bembibre Mozo, Ever Quintana Verdecia.

Supervisión: Yudeynis Marisol Díaz Alonso, Isis Patricia Rodríguez Socarras, Ubaldo Roberto Torres Romo, Ana Isabel Carbajales León, Dayami Bembibre Mozo, Ever Quintana Verdecia.

Validación: Yudeynis Marisol Díaz Alonso, Isis Patricia Rodríguez Socarras, Ubaldo Roberto Torres Romo, Ana Isabel Carbajales León, Dayami Bembibre Mozo, Ever Quintana Verdecia.

Visualización: Yudeynis Marisol Díaz Alonso, Isis Patricia Rodríguez Socarras, Ubaldo Roberto Torres Romo, Ana Isabel Carbajales León, Dayami Bembibre Mozo, Ever Quintana Verdecia.

Redacción - borrador original: Yudeynis Marisol Díaz Alonso, Isis Patricia Rodríguez Socarras, Ubaldo Roberto Torres Romo, Ana Isabel Carbajales León, Dayami Bembibre Mozo, Ever Quintana Verdecia.

Redacción - revisión y edición: Yudeynis Marisol Díaz Alonso, Isis Patricia Rodríguez Socarras, Ubaldo Roberto Torres Romo, Ana Isabel Carbajales León, Dayami Bembibre Mozo, Ever Quintana Verdecia.

Referencias bibliográficas

1. Cuba. Ministerio de Salud Pública. Regulación D 03-21. Buenas prácticas del Laboratorio clínico. 3ed [Internet]. La Habana: CECMED; 2021 [citado 05 Ago 2021]. Disponible en: <https://www.CECMED.cu/sites/default/files/adjuntos/Reglamentacion/ResRegBPLC%20firma.pdf>
2. Rodríguez Socarrás IP, Barrera López OL, Carbajales León AI, León Ramentol CC, Quintana Verdecia E. Herramienta para la evaluación del cumplimiento de las buenas prácticas en los laboratorios clínicos [Internet]. La Habana, Cuba: MINSAP; 2022 [citado 26 Jul 2023]. Disponible en: <https://convencionsalud.sld.cu/index.php/convencionsalud22/2022/paper/download/6/1577>.
3. León Ramentol C, Rodríguez Socarrás I, García González M, Carbajales León A. Superación profesional en sistema de gestión de la calidad y buenas prácticas de laboratorio. Revista Electrónica Dr. Zoilo E. Marinello Vidaurreta [Internet]. 2021 [citado 3 May 2022]; 46 (1) Disponible en: <http://revzoilomarinellosld.cu/index.php/zmv/article/view/2493>

4. Baggini SP. Buenas Prácticas de Laboratorio [Internet]. Buenos Aires: Arte Gráfico Editorial; 2022 [citado 10 Jun 2020]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/363855086>
5. Cuba. Ministerio de Salud Pública. CECMED. Memoria de Actividades 2018 [Internet]. CUBA: CECMED; 2019 [citado 14 Ene 2020]. Disponible en: https://www.cecmed.cu/sites/default/files/adjuntos/reporte_anual/Memorias%20de%20actividad%20CECMED%202018.pdf
6. Ministerio de Salud Pública. Reglamento para la certificación de las buenas prácticas en los laboratorios clínicos [Internet]. La Habana: CECMED; 2022. Disponible en: https://www.cecmed.cu/node/add/reguladores_en_circulacion
7. Carbajales León AI, Rodríguez Socarrás I, Morejón Campa M. Primeros pasos para la implementación de un sistema de gestión de la calidad en los laboratorios clínicos de Camagüey. AMC [Internet]. 2010 [citado 20 Mar 2020]; 14(2): [aprox. 6 p.]. Disponible en: https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S102502552010000200011
8. MINSAP. Regulación 3-2009. Buenas Prácticas de Laboratorio Clínico. Ciudad de la Habana: CECMED; 2009. Disponible en: https://www.sld.cu/galerias/pdf/uvs/patologiaclinica/reg_03-09.pdf
9. Álvarez Guerra S. La norma ISO 9001, las buenas prácticas clínicas y de laboratorio en los ensayos clínicos. Revista Cubana de Medicina Militar [Internet]. 2022; 51(3). Disponible en: https://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S013865572022000300001&script=sci_arttext.
10. Fuentes Cortés I, Louro Provedo Y. Diseño e implementación de una metodología de Buenas Prácticas en el departamento de Genética Bioquímica del Centro Nacional de Genética Médica de Cuba. Rev CubaGenetComunit [Internet]. 2017 [citado 14 Oct 2019]; 11(1):35-42. Disponible en: <https://revgenetica.sld.cu/index.php/gen/article/view/28/38.pdf>
11. Luitel H. Good laboratory practices (GLP): key in success for the disease diagnostic field. J Agriculture Forestry University [Internet]. 2020 [citado 10 Jun 2020]; 4:307-311. Disponible en: <https://afu.edu.np/sites/default/files/Good%20laboratory%20practices%20%28GLP%29%20Key%20in%20success%20for%20the%20disease%20diagnostic%20field.pdf>
12. Medina Sorza AY, Arias Guerra EY. Aporte a la implementación de un sistema de gestión documental para laboratorios de química farmacéutica de la Universidad El Bosque, 2022 [trabajo de grado] Bogotá, Colombia: Universidad El Bosque; 2022. Disponible en: <https://repositorio.unbosque.edu.co/items/bbb2052f-68de-4959-8933>

13. Pilco Yambay CF, Aleaga Trujillo MB, Alarcón Armijo PV, Urquizo Aguiar SG. Impacto de la seguridad del paciente en la calidad de los servicios de Laboratorio Clínico. Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS [Internet]. 2023 [citado 29 May 2025]; 5(5):121. Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i5.699>
14. Valles Urrutia FE, Camacho Betancourth LS, Parra Álvarez PF, Suarez Veliz MF. Influencia de las buenas prácticas éticas en los procedimientos de bioseguridad en los laboratorios clínicos del cantón la Concordia de la provincia de Danto Domingo de los Tsáchilas - Ecuador en el periodo 2023. Rev. Journal Scientific [Internet]. 2024 [citado 25 May 2025]; 8(1): 304-322. Disponible en: <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.304-322>
15. León Ramentol C, Fernández Clúa M. Gestión de la función calidad: generalidades, servicios de salud y universidades médicas. Revista Electrónica Dr. Zoilo E. Marinello Vidaurreta [Internet]. 2023 [citado 26 May 2023]; 48 Disponible en: <https://revzoilomarinellosldcu/index.php/zmv/article/view/3138>
16. Suardíaz Espinosa ME, Aguirre Guillot J, Garcíarena Peñate Q, Alonso Rodríguez CA. Importancia de la fase preanalítica para el laboratorio clínico. Rev Acta Médica [Internet]. 2021 [citado 23 Abr 2023]; 22(1). Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=103979>
17. Céspedes Quevedo MC, Gondres Legró KMI, Cuadra Brown Y, Mora González CA. Practice guide for the improvement of the quality internal control in the clinical laboratory. MEDISAN [Internet]. 2022 Abr [citado 3 Ago 2023]; 26(2): 455-474. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S102930192022000200455&Ing=en.EpubMar28,2022.
18. Panunzio A. Evaluación externa de la calidad del laboratorio clínico. Enfermería Investiga, 2022 7(2), 56–61. Disponible en: (<https://doi.org/10.31243/ei.uta.v7i2.1614.2022>).
19. Tangarife Castaño VJ, Montoya Delgado AM. Mandatory Quality Assurance System in Health: application to the clinical laboratory. Medicina & Laboratorio. 2023, 27(2).157-173. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=110842>.
20. Enciso López H, Acosta Granados JP, Castro Malaver RS. Propuesta de mejora al proceso de tratamiento de quejas fundamentado en la GTC ISO 10002:2018 en COLCAN S.A.S. [Internet]. Bogotá, Colombia: Universidad Santo Tomás; 2021.[citado: Ene 2024 Disponible en: <http://hdl.handle.net/11634/38775>

Received: [22 marzo 2025] | **Accepted:** 20 mayo 2025] | **Published:** [15 junio 2025]

Citation: Díaz-Alonso, Y; Rodríguez, I; Torres, U; Carbajales, A; Bembibre, D; Quintana, E. Cumplimiento de las buenas prácticas en el laboratorio clínico del Hospital pediátrico Eduardo Agramonte Piña, Camagüey. Bionatura 2025; Volume 10 (Issue 2) DOI 10.70373/RB/2025.10.02.6

Peer review information: Bionatura thanks the anonymous reviewers for their contribution to the peer review of this work using <https://reviewerlocator.webofscience.com/>

All articles published by Bionatura Journal are freely and permanently accessible online immediately after publication, without subscription charges or registration barriers.

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



Copyright: © 2025 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/>)



CACAO (*Theobroma cacao*) CHOCOLATE DULCE

BENEFICIOS:

1. CORAZÓN: colesterol, tensión arterial y arteriosclerosis.
2. METABOLISMO: diabetes, obesidad, síndrome metabólico.
3. MEMORIA: omega 3, flavonoides, vitamina B12.
4. <http://www.observatoriodelcacao.com/>
5. **NS:** 806259-ALN4433

CONTACTO:

Dr. Julio Pineda Insuasti, PhD
info.biodiversity@gmail.com
Cel. +593 99 5797813
Ibarra-Ecuador

21/11/2025

info.biodiv



7 Promoción sobre métodos saludables de cocción de los alimentos en la comunidad “Previsora”

Promotion of health food cooking methods in the community “Previsora”

Mérida Esmunda Cruz Carbonell ¹, Raisa María Guerrero Hidalgo ¹, Luisa Matos Mosqueda ¹

¹ Carrera de Licenciatura en Ciencias Alimentarias. Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. Camagüey. Cuba. merida.cruz@reduc.edu.cu ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9283-1108>

¹ Carrera de Licenciatura en Ciencias Alimentarias. Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. Camagüey. Cuba. raisa.guerrero@reduc.edu.cu ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4460-1089>

¹ Carrera de Licenciatura en Ciencias Alimentarias. Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. Camagüey. Cuba. luisamatos@reduc.edu.cu ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2387-163X>

*Autor para la correspondencia: merida.cruz@reduc.edu.cu

Resumen

La promoción de la salud, ha sido un importante tema de debate desde el pasado siglo. De hecho, se han realizado nueve conferencias para abordar ampliamente sus aspectos conceptuales, su vínculo con la educación en salud y la participación comunitaria al respecto. Este trabajo se desarrolla con el objetivo de diseñar acciones de promoción de salud relacionadas con métodos saludables de cocción de los alimentos en la comunidad “Previsora” de la ciudad de Camagüey. Se recopiló información sobre los principales problemas de salud de la misma, se realizaron entrevistas al Epidemiólogo del área, médicos y enfermeras y promotores de salud. Se tomaron datos del Análisis de Situación de Salud (ASIS), efectuado en el primer trimestre del año. El muestreo fue de tipo no probabilístico por conveniencia de la investigación. Fueron utilizados como métodos teóricos: analítico- sintético e inductivo- deductivo y métodos empíricos la observación y encuesta y se desarrolló un grupo focal. Se diseñaron acciones de promoción relacionadas con métodos saludables de cocción de los alimentos, tales como conferencias, charlas educativas, elaboración de folletos, infografías, observación de vídeos, plegables y se propuso contenido para una aplicación para teléfonos móviles; actividades que influyen positivamente en los factores de riesgo de enfermedades no transmisibles. Fueron desarrolladas acciones de promoción de salud con la finalidad de mejorar los conocimientos sobre los efectos positivos y negativos de los métodos de cocción de los alimentos y fomentar el uso de los más saludables, lo que facilitará la promoción de estos conocimientos.

Palabras clave: promoción de salud, métodos de cocción, hábitos alimentarios saludables.

Abstract

Health promotion has been an important topic of debate since the last century. In fact, nine conferences have been held to extensively address its conceptual aspects, its link to health education, and community participation in this regard. This work aims to design health cooking methods in the “Previsora” community of Camagüey city. To achieve this, information was gathered on the main

health problems in the área, interviews were conducted with the área epidemiologist, doctors, nurses, and health promoters. Data from the Health Situation Analysis (ASIS) conducted in the first quarter of the year were collected. The sampling was non-probabilistic for the convenience of the research. The theoretical methods used included analytical-synthetic and inductive-deductive methods included observation, surveys, and a focus group. Health promotion actions related to health cooking methods were designed, such as conferences, aducational talks, the creation of brochures, infographics, video observations, pamphlets, and content proposed for a mobile applicatio; activities that positively influence the risk factors for non-communicable diseases. Health promotion actions were developed with the aim of improving knowledge about the positive and negative effects of cooking methods and healthiest ones, which Will facilitate the promotion of this knowledge.

Keywords: health promotion, cooking methods, healthy eating habits.

Introducción

El Programa de Promoción de Salud que fue diseñado y puesto en ejecución en Cuba en 1983, representó el primer proyecto oficial en ese sentido, y devino en un motor impulsor para el avance de algunas de las tareas en materia de promoción y prevención. En tal sentido, vale poner como ejemplos la instauración en enero de 1984 del plan del médico y la enfermera de la familia, con cobertura actual en todo el país, del movimiento de Ciudades saludables en 1993, y de la Carpetas Metodológica en 1996, donde la promoción de salud ha estado presente en todas las acciones.

La promoción de salud como estrategia de trabajo tiene que estar diseñada para todo tipo de personas con cualquier estado de salud, es cierto que se debe comenzar en personas básicamente sanas para evitar que enfermen, pero no se debe olvidar que lo óptimo es comenzar siempre que sea necesario con independencia del estado de la persona; sería muy difícil marcar un momento de comienzo pues más que comenzar debe ser continuidad de acciones independientes y a la vez vinculadas entre sí ⁽¹⁾.

Promoción significa la acción de promover, es decir, adelantar, dar impulso a una cosa para lograr su objetivo. Esta definición tiene una amplia aplicación, y en el caso particular del campo de la Salud Pública, su objetivo es impulsar una serie de actividades y acciones que culminen en el mejoramiento del estado de salud de las personas, las familias y la comunidad ⁽²⁾.

En salud aún prevalece, a escala mundial, el modelo biomédico, el cual coloca el énfasis en la enfermedad, su etiopatogenia y el proceso de curación. Gradualmente se viene introduciendo el modelo salutogénico, que preconiza la importancia de la prevención primaria, el bienestar y la sanidad ⁽³⁾.

La Promoción de Salud se considera un proceso educativo orientado a la promoción y el mantenimiento de la salud, incluyéndose la educación en salud mental como un área de interés dentro de la misma ⁽⁴⁻⁵⁾. En tal sentido ⁽⁶⁾, hacen referencia a la importancia del rol de educador en salud, parte del grado de convicción que este ejerce en el paciente y la familia, en el orden de que se desarrollen competencias que los lleven a tomar el mando de su propia salud y la de los suyos, lo cual facilitará una mejor calidad de vida de todos los involucrados, con base en estilos de vida más sanos.

Teniendo en cuenta lo planteado anteriormente, se infiere que es apremiante trabajar con mucho énfasis en todos los elementos que influyen en la salud de las personas, utilizando acciones de promoción de salud en diferentes escenarios como centros laborales, centros educativos, comunidades residenciales o grupos determinados, entre otros.

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible incluye en sus objetivos, la educación nutricional, reconociendo su impacto en la salud de la población mundial. La alimentación y los hábitos

alimentarios saludables (HAS), juegan un papel determinante en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) ⁽⁷⁾.

La Organización Mundial de la Salud ⁽⁸⁾, afirmó que una alimentación saludable no es solo una decisión que deba dejarse en manos de la población, sino que debe ser abordado como un problema de salud pública.

Según, Government of Canadá ⁽⁹⁾, una dieta adecuada comienza con ingredientes saludables y de igual forma, la manera en la que los preparamos importa al momento de hacer una comida saludable.

Algunos métodos de preparación requieren de un excesivo uso de sodio, azúcar y grasas; la población no siempre piensa en cómo ciertos métodos de cocción afectan de manera negativa los alimentos, ya que el calor puede destruir una gran parte de los nutrientes que se encuentran en ellos, también existen técnicas de cocción que favorecen la presencia de compuestos químicos que resultan cancerígenos, en caso contrario, en algunos el calor actúa como potencializador para los nutrientes ⁽¹⁰⁾.

Entonces, en los momentos actuales donde muchas viviendas usan el carbón, la leña y otras formas alternativas para cocinar sus alimentos, el abordaje de este tema relacionado con los algunos peligros químicos y con el peligro nutricional que representa para los alimentos algunos métodos de cocción, resulta muy efectivo y apropiado, en el trabajo de promocionar acciones de salud en las comunidades.

La comunidad Previsora de la ciudad de Camagüey, constituye un núcleo poblacional de gran importancia dentro del territorio, por tener un gran número de habitantes, muchos edificios altos, varios centros educacionales y centros de trabajo con gran cantidad de trabajadores, además de ser el acceso de paso de muchas personas a otras comunidades aledañas, por lo que realizar acciones de promoción de salud en este lugar es oportuno y conveniente.

El objetivo general de esta investigación es diseñar acciones de promoción de salud relacionadas con métodos saludables de cocción de los alimentos en la comunidad “Previsora” de la ciudad de Camagüey.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en la comunidad de Previsora de la ciudad de Camagüey, durante los meses de febrero a mayo de 2025, el diseño fue descriptivo de carácter transversal, se tomaron datos del proceso de dispensarización realizado como parte del Análisis de Situación de Salud (ASIS), efectuado en el primer trimestre del año por el Equipo Básico de Salud del área.

El muestreo fue de tipo no probabilístico por conveniencia de la investigación, seleccionándose la comunidad de Previsora de la ciudad de Camagüey, teniendo en cuenta que este asentamiento poblacional en particular no es muy complejo y el policlínico tiene muy bien caracterizada la situación de salud que presenta, aspecto importante por las de las características de la investigación, además fue conveniente para el estudio trabajar con adultos, como son: los abuelos, las embarazadas y los promotores de salud de dicha comunidad, que puedan influir en los hábitos alimentarios y particularmente en los métodos saludables de cocción de los alimentos.

El estudio siguió los principios generales de la Declaración de Helsinki, contó con el consentimiento informado de los involucrados en el mismo.

Dentro de los métodos y técnicas de investigación, fueron utilizados:

Métodos teóricos:

Análítico-sintético: método del nivel teórico, que permitió estudiar las características de la comunidad y los problemas de salud que en ella inciden para poder comprenderlos más acertadamente y arribar a generalizaciones.

Inductivo- deductivo: permitió la deducción de diferentes situaciones en que se han desarrollado diferentes procesos y arribar a generalizaciones

Histórico- lógico: hizo posible el análisis las acciones de promoción que se han realizado y su condicionamiento a los diferentes períodos de problemas de salud en diferentes momentos.

También se usaron métodos como:

Análisis documental: se revisaron documentos del área de salud como el Análisis de Situación de Salud (ASIS), artículos de revistas, tesis y libros relacionados con el tema de investigación.

Se aplicó una encuesta (método empírico) al epidemiólogo del área de salud, al médico y/o la enfermera de la familia en cinco consultorios, así como a 6 promotores de salud de la comunidad, este instrumento contiene 10 preguntas abiertas, que permiten recoger los principales problemas de salud y las acciones de promoción de salud realizadas, así como los temas tratados.

Grupo focal: técnica participativa, realizada para el análisis de la propuesta de acciones de promoción en la comunidad.

Métodos estadísticos descriptivos: permitieron organizar la información en este caso es en tablas de distribución y gráficos.

Se calculó la muestra representativa de consultorios que debían ser entrevistados los médicos y enfermeras, así como los datos estadísticos de sus problemas de salud, utilizando la calculadora de tamaño de la muestra como la de QuestionPro, teniendo en cuenta la fórmula:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{e^2 \times (N-1) + Z^2 \times p \times q}$$

$$e^2 \times (N-1) + Z^2 \times p \times q$$

Donde: n= tamaño de la muestra

N= tamaño de la población

Z^2 = nivel de confianza

q= 1-p proporción de la población que no tiene la característica

e= margen de error tolerable expresado como decimal

$$n = \frac{32 \times 1.96 \times 0.5 \times 0.5}{(0.5)^2 \times (32-1) + (1.96)^2 \times 0.5 \times 0.5} = 5.2$$

$$(0.5)^2 \times (32-1) + (1.96)^2 \times 0.5 \times 0.5 = 5.2$$

Se necesitaría una muestra de aproximadamente 5 consultorios para obtener resultados representativos con un 95% de confianza y un margen de error de un 5% en una población de 32 consultorios médicos de la familia. Por lo que la muestra es representativa.

Resultados

Durante la revisión de los documentos del área de salud, se hizo un estudio del ASIS efectuado por el Equipo Básico de Salud del policlínico y donde se identificaron los principales problemas de salud, los que fueron corroborados en los cinco consultorios donde se entrevistó al médico y/o la enfermera de la familia y que, teniendo en cuenta la población que se atiende, resultan como sigue: Obesidad (46 %), diabetes mellitus (32 %), tumores malignos de mama (16 %), de colon (8 %), de próstata (9 %), enfermedades respiratorias crónicas y agudas (64 %) y enfermedades cardiovasculares (65 %), es decir una parte significativa de la población en esta comunidad padece enfermedades no

transmisibles, donde uno de los factores de riesgo lo constituyen los hábitos alimentarios poco saludables, entre los que influyen los métodos de cocción de los alimentos.

En el cuadro de salud mencionado con antelación, se pone de manifiesto lo expresado por ⁽¹¹⁾ cuando plantea que a medida que la alimentación se aleja de los patrones saludables, hay un mayor aumento de enfermedades crónicas relacionadas con la alimentación tales como, diabetes mellitus, enfermedades cardiovasculares, cáncer y la obesidad.

En la revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel ⁽¹²⁾, se asevera que hoy las enfermedades crónicas como las cardiopatías, la diabetes mellitus, la obesidad el cáncer, las enfermedades neurológicas, la osteoporosis, entre otras, están relacionadas directamente al hábito inadecuado de comer alimentos con alto contenido de grasas, muchas calorías y la baja ingesta de frutas y vegetales.

La obesidad, refiere la OMS ⁽⁸⁾ se trata de una enfermedad compleja y multifactorial que puede iniciarse en la infancia, y se caracteriza por un exceso de grasa corporal que coloca al individuo en una situación de riesgo para la salud. La obesidad actualmente es una enfermedad que afecta gran parte de la población a nivel mundial.

Se aplicó encuesta a médicos, enfermeras de la familia de cinco consultorios y a promotores de salud del área.

Tabla No.1 Resultados de la encuesta aplicada a profesionales y promotores de salud de la comunidad

Aspectos preguntados	Respuestas	Cantidad	%
Principales problemas de salud del área.	Dominan los problemas de salud del área	12	80 %
	Solo dominan algunos problemas de salud	3	20 %
Factores de riesgo que pueden ocasionar estas enfermedades	Dominan los factores de riesgo	10	66,7 %
	Solo dominan algunos factores de riesgo	5	33,3 %
Influencia de los métodos de cocción en los alimentos	Mencionan la influencia de los métodos de cocción en los alimentos	8	53,3 %
	Mencionan solo algunos elementos incompletos	7	46,6 %
Métodos de cocción menos saludables	Mencionan varios métodos saludables	10	66,7 %
	Solo mencionan dos métodos	5	33,3 %
Principales métodos de cocción de los residentes en la comunidad	Dominan los métodos de cocción de los residentes	15	100 %
Principales acciones de promoción de salud en la comunidad	Han participado en más de cinco acciones de promoción de salud	15	100 %

Acciones de promoción más frecuentes	Mencionan como más frecuentes al menos tres acciones de promoción	15	100 %
Promoción relacionada con hábitos saludables de alimentación	Mencionan acciones de promoción sobre hábitos saludables de alimentación	15	100 %
Promoción relacionada con métodos saludables de cocción de los alimentos	Mencionan acciones de promoción relacionadas con métodos saludables de cocción	6	40 %
	No mencionan	9	60 %
Realización de promoción relacionada con métodos saludables de cocción de los alimentos en los momentos actuales	Están de acuerdo con la realización de promoción relacionada con métodos saludables de cocción de los alimentos en los momentos actuales	15	100 %

Fuente: Elaboración propia

Discusión

La encuesta se aplicó a nueve profesionales del área (cuatro médicos, cuatro enfermeras de la familia y un epidemiólogo) y seis promotores de salud de la comunidad Previsora, constatándose que de ellos, 12 (80%) tienen dominio de los principales problemas de salud, aspecto de gran importancia para la Atención Primaria (APS), pues es a este nivel plantea ⁽¹³⁾, en conferencia magistral, es donde se solucionan el 70% de los problemas de salud de la comunidad, se cubre el universo de la población, enfocado en la atención al individuo, la APS en Cuba es el sustento imprescindible, para lograr una cobertura sanitaria total de la población, el mejoramiento de su estado de salud, de su calidad de vida y constituye su línea estratégica No.1 La promoción de salud de los sujetos sanos.

En relación al conocimiento de los factores de riesgo que pueden ocasionar las enfermedades transmisibles, 10 (66,7%) conocen los factores de riesgo de estas patologías, elemento de significación, pues el desconocimiento de estos impediría actuar sobre las posibles causas y por tanto sería imposible desarrollar la promoción de salud. Al respecto en la Estrategia y plan de acción sobre la promoción de la salud en el contexto de los objetivos de desarrollo sostenible, epígrafe No.15. Principales actividades a escala regional se precisan, que se debe llevar a cabo actividades de fortalecimiento de la capacidad sobre métodos adecuados para poner en práctica enfoques de promoción de la salud orientados al entorno y teniendo en cuenta las causas de los problemas identificados.

La influencia de los métodos de cocción de los alimentos en las características organolépticas y el valor nutricional de los alimentos, es de cocimiento en su totalidad por 8 (53,3 %) de los encuestados, aspecto que debe ser analizado y profundizar en el mismo, con el resto de los involucrados en la propuesta, pues no se puede convencer a otro, ni comunicar asertivamente sobre algo que se desconoce.

En el aspecto indagado, sobre métodos de cocción de los alimentos menos saludables, 10 (66,7 %) de los que participaron en la encuesta, conocen el tema, pero 5 (33,3 %) no tienen este conocimiento, sucediendo lo mismo que en la pregunta anterior, es decir, se debe planificar una sesión para el

tratamiento de los elementos que desconocen algunos entrevistados, que en todos los casos son promotores de salud, no así los médicos y enfermeras que si tienen dominio del tema.

Al analizar las respuestas sobre los principales métodos de cocción de los residentes en la comunidad, es de dominio de todos, que en la comunidad de forma general se cocina con gas licuado, pero ante la carencia de este recurso por situaciones coyunturales del país, un gran número de personas elaboran los alimentos con carbón y con leña, aspecto que debe tenerse en cuenta durante la promoción de actividades, pues la mayoría reside en edificios multifamiliares muy cercanos unos de otros y el humo es dañino a la salud.

Los encuestados 15 (100 %) señalan que se realizan acciones de promoción de salud en la comunidad, aspecto muy positivo y mencionan acciones que se han desarrollado sobre los siguientes temas: tabaquismo y sus consecuencias, detección precoz del cáncer de cuello uterino, examen de mama, drogodependencia; dengue, prevención y control; lactancia materna; hábitos alimentarios saludables, embarazo en la adolescencia, infecciones de transmisión sexual e higiene bucal.

Al indagar sobre qué tipo de acciones de salud se desarrollan con mayor frecuencia, 15 (100 %) mencionan que se realizan charlas, conversatorios y conferencias en el policlínico, consultorios, hogar materno y casa de abuelos, fundamentalmente.

Al indagar si se han efectuado acciones de promoción relacionadas con métodos saludables de cocción de los alimentos, 6 (40 %) de los médicos y enfermeras hacen referencia a que en alguna charla han mencionado evitar los alimentos fritos para la prevención del sobrepeso y la obesidad.

Sobre este aspecto ⁽¹⁴⁾, plantea si se quiere estabilizar o reducir la creciente carga de hipertensión arterial y diabetes mellitus entre otras inducida por la obesidad, la población en general debe recibir información adecuada sobre el consumo de alimentos sanos que contribuye a una alimentación sana e insistir en los beneficios que le proporcionará cambiar los hábitos inadecuados que presenten.

En la encuesta aplicada 15 (100 %) consideran oportuno e importante que se realicen acciones de promoción relacionadas con métodos saludables de cocción de los alimentos en los momentos actuales, aprobación que se tendrá en cuenta como muy valiosa durante las acciones, ya que se precisa de la participación y voluntad de los profesionales y promotores de salud para realizar la propuesta de este estudio.

Elementos que se tuvieron en cuenta durante la elaboración de la propuesta de acciones de promoción de salud:

Durante la encuesta aplicada se diagnosticó que algunos promotores de salud necesitan profundizar en los factores de riesgo de las enfermedades no transmisibles, por lo que el epidemiólogo impartirá una conferencia sobre el tema.

Se realizarán charlas educativas, en el hogar materno y casa de abuelos, así como a promotores de salud.

Las charlas educativas se desarrollarán como parte de los conversatorios que se efectúan por parte de la enfermera, en el hogar materno y casa del abuelo respectivamente.

Realizar acciones de promoción más actualizadas, que movilizan e informan a un mayor número de personas y en las que se pueden utilizar espacios públicos y las tecnologías de la información.

Elaborar un folleto educativo, con título: cocinando saludable, el mismo tendrá una introducción con los principales problemas de salud de la comunidad Previsora, en las demás partes del plegable informar sobre los métodos saludables de cocción de los alimentos y en las conclusiones hacer una reflexión sobre la importancia de la alimentación saludable y como parte de esta cuidar la forma de cocción.

Confección de una infografía, con título el fogón también aporta salud. Con información clara, capaz de transmitir un mensaje en un formato relevante para su audiencia, visualmente atractiva, se deben usar colores en el diseño que creen una estructura eficaz para atrapar las miradas y transmitir ideas de forma visual. Los titulares son la entrada de toda herramienta informativa, donde los más llamativos acaparan la atención del usuario. Actualmente la ironía y el humor son recursos indispensables para ser incluidos en las infografías, que no desmerecen su tono de información y conectan con la audiencia.

Observación de vídeos educativos sobre métodos saludables de cocción de los alimentos.

Se propone el contenido de una aplicación para móviles.

Confección de un plegable, con el título: Yo cocino de forma de saludable.

Plegable: **Yo sí cocino de forma saludable.**

Recomendaciones para una alimentación saludable

No se debe restringir la ingestión de agua. Se considera que el agua es muy importante para eliminar las sustancias tóxicas del organismo, como mínimo dos litros de agua al día, si la temperatura es elevada, mayor cantidad.

Es recomendable ingerir alimentos que contengan fibra dietética como legumbres, vegetales y frutas, con lo que pueden contribuir a reducir el riesgo de desarrollar enfermedades no transmisibles como la obesidad, el cáncer, las enfermedades cardiovasculares y la diabetes mellitus tipo 2.

La cocina al vapor es uno de los sistemas de cocción más sanos.

Las verduras y hortalizas pueden cocerse en el microondas. Su sabor y cualidades nutritivas se van a conservar perfectamente.

Durante el proceso de fritura ocurre la absorción de grasas por parte de los alimentos, lo que puede resultar dañino a la salud.

No es recomendable el contacto directo de la carne y pescados con la llama de gas o del carbón, pues se forman compuestos químicos que pueden tener efectos cancerígenos.

YO COCINO DE FORMA SALUDABLE



Las técnicas culinarias, además de ser propias y diferenciales del género humano, constituyen una parte importante de esa riquísima herencia socio-cultural que suponen los hábitos alimentarios.

La función primordial del cocinado de los alimentos es hacerlos comestibles, digeribles, sanitariamente seguros y, por supuesto, apetecibles, pero durante el cocinado de los alimentos se modifica su valor nutricional.

Por lo que es interesante conocer los cambios que se producen en el valor nutritivo de los alimentos en las diferentes preparaciones culinarias con el objeto de evitar pérdidas y ayudar a mantener un óptimo estado nutricional de los individuos.

Efectos positivos de algunas técnicas de cocción:

- **La cocción por el método de hervido** se puede aplicarse a todos los alimentos, origina caldos sustanciosos, que pueden aprovecharse por ser ricos en sustancias solubles, para elaborar otros platos, como cocidos, sopas, purés o salsas.

- Los alimentos pobres en agua se rehidratan y aumentan de volumen si se hacen hervidos.

--Para hervir las verduras y hortalizas conviene cortarlas en grandes trozos, sin dejarlas previamente en remojo, cocinarlas sin pelar, si es factible, y utilizar la menor cantidad de agua posible.

- Durante la **cocción al vapor**, las sustancias hidrosolubles se retienen mejor y el alimento resulta más sabroso, por lo que se preservan mejor sus cualidades organolépticas y nutricionales.

- Las verduras y hortalizas cocidas al vapor, quedan con una agradable consistencia al dente, los pescados, que con esta técnica no se deshacen, y las carnes (por ejemplo, aves) resultan más blandas y jugosas.

- Al **usar el microondas** para la cocción, los alimentos conservan de forma notable sus nutrientes y propiedades organolépticas.

Efectos negativos de algunas técnicas de cocción:

- **Freír es un método de cocción** donde el aceite utilizado pasa a formar parte del alimento final y reemplaza parte de su contenido en agua.

- Durante la fritura las altas temperaturas a que llega el aceite hacen posible que se formen compuestos químicos como hidrocarburos y acrilamida, entre otros, que se incorporan al alimento frito, lo que influye negativamente en su calidad nutricional; estas sustancias pueden llegar a ser tóxicas y perjudiciales para la salud.

- **Durante la cocción con el microondas** las carnes, con el calentamiento rápido pueden tener una mayor pérdida de fluidos, con la consiguiente textura seca.

Al usar métodos de cocción a altas temperaturas como **freír en el sartén o asar a la parrilla** a fuego directo, se forman sustancias químicas, que se ha descubierto causan cambios en el las células y pueden aumentar el riesgo de cáncer.

Cocinar al carbón y exponerse al humo generado por el mismo puede ser un riesgo para contraer una enfermedad pulmonar.

El ahumado es un proceso que confiere a las carnes características organolépticas como color, sabor y aroma muy agradables, pero incorpora

Conclusiones

Durante la aplicación de métodos y técnicas de la investigación científica se identificaron los principales problemas de salud de la comunidad Previsora, dentro de los que se encuentran, la obesidad, diabetes mellitus, tumores malignos y enfermedades cardiovasculares, en las que constituye

un factor de riesgo demostrado en diferentes estudios, la práctica de hábitos alimentarios poco saludables y como un elemento de esta, los métodos de cocción de los alimentos.

Se diseñaron acciones de promoción relacionadas con métodos saludables de cocción de los alimentos, como desarrollo de conferencias, charlas educativas, elaboración de folletos, infografías y plegables, actividades que influyen positivamente en los factores de riesgo de enfermedades no transmisibles de los residentes de la comunidad “Previsora” de la ciudad de Camagüey.

Fueron desarrolladas acciones de promoción de salud en el hogar materno, casa de abuelos y con los promotores de salud de la comunidad de Previsora, con la finalidad de mejorar los conocimientos de los participantes sobre los efectos positivos y negativos de los métodos de cocción de los alimentos y fomentar el uso de los más saludables, lo que facilitará la promoción de estos conocimientos.

References

1. Meras Jáuregui, R.M., Guillermo Rodríguez Carvajal, G. Algunas consideraciones sobre promoción de salud (2021). *Medicent Electrón.* 2021 oct.-dic.;25(4) Centro Provincial de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Santa Clara, Villa Clara. Cuba. Disponible en: <https://scielosp.org/article/rcsp/2020.v46n4/e2748/es/>
2. Rodríguez Carvajal G, Merás Jáuregui RM, Rodríguez Aguilera F. (2012) Prevención y promoción de salud: necesidades básicas en el aprendizaje de los alumnos de Medicina. *Medicent Electrón.* abr.-jun. 2012;16(2): Disponible en: <http://www.medicentro.sld.cu/index.php/medicentro/article/view/1223/1185>
3. Colunga, Santos, S., Mejías, Hernández, Y. & Blanco, Colunga, C.J. El rol de las emociones en la educación para la salud (2024). *Humanidades Médicas.* ISSN 1727-8120 2024; 24(3): e2735. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172781202023000100014&lng=es
4. Pérez González JC, Yáñez S, Ortega Navas MC, Piqueras JA. (2020). Educación emocional en la educación para la salud: cuestión de Salud Pública. *Clínica y Salud;* 31(3): 127-136. <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sciarttext&pid=S113052742020000300002&lng=es>
5. Panadero Herrero MI. (2022). Sanar en un mundo roto: vocación y pandemia. *Labor hospitalaria: organización y pastoral de la salud. Experiencias;* 332(4): 82-118. Disponible en: https://www.laborhospitalaria.com/wpcontent/uploads/2022/04/332_06experiencias.pdf
6. Paulín García C, Gallegos-Torres RG. (2019). El papel del personal de enfermería en la educación para la salud. *Horiz Enferm;* 30 (3): 271-285. Disponible en: <https://revistacienciapolitica.uc.cl/index.php/RHE/article/view/10870>
7. Serra, M., y Viera, M., (2018). Las enfermedades crónicas no transmisibles: magnitud actual y tendencias futuras. *Revista Finlay,* 8(2), ISSN 2221-2434. Disponible en: <http://www.revfinlay.sld.cu/index.php/finlay/article/view/69>.
8. Government of Canada. (2020). Healthy Cooking Methods. Canada's Food Guide. Disponible en: <https://food-guide.canada.ca/en/tips-for-healthy-eating/healthy-cooking-methods/>
9. Soberanes, Hernández A., López, Hernández B.A., Loaiza, Díaz A. (2021). Aplicación de métodos de cocción saludables. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA* Publicación semestral, Vol. 9, No. 18 (2021) 55-56. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/issue/archive>
10. Alba, E. (2015). Estudio de los hábitos alimentarios de escolares de la ciudad de Valencia: Influencia de la familia. (Doctoral), Universidad Católica De Valencia San Vicente Mártir, Valencia. Disponible en: <https://www.educacion.gob.es/teseo/imprimirFicheroTesis.do?idFichero=16nho1BFTR4%3D>.
11. Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel (2024). Relación entre hábitos nutricionales y enfermedades crónicas. Versión impresa ISSN 0798-0477. *INHRR* vol.45 no.1 Caracas, jun.2024. Disponible en: <https://ve.scielo.org>

12. OPS/OMS (2018). Estrategia y plan de acción sobre la promoción de la salud en el contexto de los objetivos de desarrollo sostenible (2019-2030). Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/enfermeriaimss/eim-2016/eim161g.pdf>
13. González Lorenzo, A. (2021) Conferencia magistral. El modelo cubano de Atención Primaria de Salud y la intervención sobre el riesgo vascular y el cáncer. Rev. Ecimed. Información para directivos de salud. 2022 (ene-abril); 37: e-1187. La Habana. Cuba. Disponible en: <https://ve.scielo.org>
14. Porrata, C., Monterrey, P., Castro, D., Rodríguez, L., Martín, I., Berdisco, A. (2015). Una propuesta de vida saludable. Guías alimentarias para la población cubana mayor de dos años de edad. Ciudad de La Habana: Instituto de Nutrición e Higiene de los alimentos. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/262004023>

Received: [15 abril 2025] / Accepted: [10 mayo 2025] / Published: [15 junio 2025]

Citation: Cruz-Carbonel, M; Guerrero, H; Matos, M. Promoción sobre métodos saludables de cocción de los alimentos en la comunidad “Previsora” *Bionatura*. 2025; Volume 10 (2). DOI: 10.70373/RB/2025.10.02.7

Peer review information: Bionatura thanks the anonymous reviewers for their contribution to the peer review of this work using <https://reviewerlocator.webofscience.com/>

All articles published by Bionatura Journal are freely and permanently accessible online immediately after publication, without subscription charges or registration barriers.

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



Copyright: © 2025 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/>)



Café Verde (*Coffea spp.*) Full Spectrum Extract

1. Obesidad y control de peso.
2. Depurativas y antioxidantes.
3. Favorece la termogénesis.

Uso: 1 ml (30 gotas) media hora antes de cada comida.

CONTACTO: Dr. Julio Pineda Insuasti, PhD
info.biodiversity@gmail.com Cel. +593 99 758 9267
Ibarra-Ecuador

SCIENTIFIC PARTNER: <https://cebaecuador.org/>,
inf.ceba@gmail.com, Cel + 593 99 579 7813.
Ibarra-Ecuador

29/11/2025

info.biod



8 Evaluación sensorial de diferentes tipos de quesos untables con jueces entrenados y consumidores mediante el perfil descriptivo cuantitativo y el método perfil flash

Sensory evaluation of different types of spreadable cheeses with trained judges and consumers using the quantitative descriptive profile and the flash profile method

Joe Doyharzabal Jiménez¹, Ivania Rodríguez Álvarez², Danae Pérez Santana^{3}*

¹ Departamento de Alimentos, Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana, Cuba; jdoyharzabalj97@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3461-1640>*

² Laboratorio central, Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, Instituto de Farmacia y Alimentos. Universidad de La Habana, Cuba; ivania@iiaa.edu.cu. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8928-8914>

³ Departamento de Alimentos, Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana, Cuba; danayprez@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8928-8914>

Correspondence: danayprez@gmail.com

Resumen

El objetivo de la investigación fue comparar los métodos sensoriales perfil cuantitativo descriptivo y el perfil flash con jueces entrenados y consumidores en diferentes tipos de quesos untables. Los productos se elaboraron en la planta piloto de leche del Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, y se realizaron las evaluaciones sensoriales en el laboratorio de Evaluación Sensorial de la Dirección de Ciencias del instituto antes mencionados con cinco jueces entrenados, donde se realizó la familiarización y se realizó el perfil mediante la NC ISO 11035:2015, se realizaron varias sesiones con los productos elaborados y se realizó el análisis de componentes principales para apreciar las diferencias entre muestras, se realizó el perfil flash con 25 consumidores del centro, los cinco productos a la vez mediante la hoja de cata. Como principales resultados se obtuvo 15 atributos con intensidad marcada en los cinco productos evaluados y mediante el análisis de componentes principales se evidenció las diferencias entre las muestras. Al comparar el perfil flash con jueces no entrenados con el análisis descriptivo cuantitativo se obtuvo un $RV = 0,885$ lo cual indica buena

similitud entre ambos resultados y sugiere una buena correlación entre las metodologías de evaluación empleadas para esta investigación.

Palabras clave: Evaluación sensorial, jueces entrenados, consumidores, perfil flash.

Abstract

The aim of the research was to compare the sensory methods descriptive quantitative profile and flash profile with trained judges and consumers in different types of spreadable cheeses. The products were produced in the pilot milk plant of the food industry research institute, and sensory evaluations were carried out in the sensory evaluation laboratory of the aforementioned science department of the institute with five trained judges, where the profile was made using the NC ISO 11035:2015 standard, several sessions were held with the products produced and the principal component analysis was carried out to assess the differences between samples, the flash profile was made in 25 consumers of the center, the five products at the same time using the tasting sheet. As main results, 15 attributes were obtained with marked intensity in the five products evaluated, and through the analysis of principal components, the differences between the samples were evident. When comparing the flash profile with untrained judges with the quantitative descriptive analysis, an $RV=0.885$ was obtained, which indicates a good similarity between both results and suggests a good correlation methodologies used for this research.

Keywords: sensory evaluation, trained judges, consumers, flash profile.

Introducción

La evaluación sensorial es una disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a las características de los alimentos¹. Las características sensoriales son un factor determinante en la elección y preferencia de un alimento, lo que convierte a la evaluación sensorial en una herramienta clave para el mercado de alimentos y bebidas, al permitir evaluar la preferencia, aceptación y grado de satisfacción de los consumidores hacia un producto, así como proveer información acerca del comportamiento del consumidor en relación a un alimento². En el área sensorial, las pruebas descriptivas son las herramientas más empleadas para la descripción y cuantificación de los atributos sensoriales (aroma, apariencia, sabor, textura y sonido) de un producto, a través de un panel. Los análisis descriptivos o de perfiles sensoriales son utilizados en la industria alimenticia para el mejoramiento y desarrollo de nuevos productos³.

La mejor alternativa hasta ahora la representa el análisis descriptivo cuantitativo, que proporciona una descripción completa de las propiedades sensoriales del producto; sin embargo, requiere de

mucho tiempo y dinero para el entrenamiento del panel. Actualmente, el análisis sensorial cuenta con técnicas de caracterización rápida que evitan largas sesiones de entrenamiento y el costo que ello representa, como la técnica de perfil flash (PF) desarrollado por Dairou y Sieffermann⁴ o la metodología que incluye preguntas en las que se solicita al consumidor que marque todo lo que corresponda (CATA, por sus siglas en inglés) de una lista de términos⁵.

El PF consiste en una evaluación basada en los atributos de los evaluadores y puede implementarse con un panel no entrenado. El FP fue el primer método que enfatizó la rapidez y permite comprender el posicionamiento sensorial de los productos. Si bien el FP no emite términos, los evaluadores deben priorizar los términos descriptivos sobre los términos hedónicos en general. Además, este método permite a los evaluadores buscar diferencias entre muestras y ha demostrado ser un método sensorial discriminativo adecuado para bebidas como el café y el vino, entre otros alimentos.

Teniendo en cuenta las razones expuestas anteriormente, se plantea el objetivo general: comparar los métodos sensoriales perfil cuantitativo descriptivo y el perfil flash con jueces entrenados y consumidores en diferentes tipos de quesos untables.

Materiales y métodos

Los productos fueron elaborados en la planta piloto de leche del Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Para su elaboración se utilizaron las materias primas y materiales siguientes:

- Leche entera en polvo (LEP)
- Pasta de frijol caupí con 20 % de sólidos totales. Elaborada según tecnología autóctona desarrollada en el Instituto de investigaciones para la industria alimenticia (IIIA).
- Sal de Calidad Alimentaria.
- Grasa vegetal parcialmente hidrogenada (GVH)
- Cultivo de bacterias mesófilas FDM
- Agua potable
- Cubos de 4 L

Se elaboraron para el trabajo los siguientes productos:

A: Requesón. Leche y productos lácteos Requesón. Norma del proceso productivo.

B: Requesón con cultivo mesófilo. El suero se puso a fermentar con cultivo mesófilo al 5 % hasta alcanzar 0,42 % de ácido láctico. Luego se agita y calienta hasta 90 °C. Se deja reposar en el tanque

de doble pared y se comienza a circular agua a temperatura ambiente para reducir la temperatura hasta aproximadamente 40 °C. Se introduce en sacos debidamente higienizados, los cuales se colocan en carretillas y son trasladados hacia la nevera donde ocurre el desuere. Se extrae el producto de los sacos, se envasa en bolsas de nylon

C: Queso crema. Tecnología de empaque en frío. Leche y Productos Lácteos. Queso Crema. Procesos Tecnológicos.

D: Queso crema con defectos. Siguiendo la tecnología de empaque en frío se realizó una homogeneización inadecuada y se dejó fermentar hasta 0,90 % de ácido láctico durante la etapa de coagulación para que precipitara durante la 2da pasteurización y lograr así un producto arenoso.

E: Queso crema análogo a partir de pasta de frijol caupí. Se utilizó la tecnología de empaque en frío. Se estandarizó al 11 % de grasa una mezcla de 70/30 % de leche de frijol Caupí al 11 % de sólidos totales y leche entera en polvo reconstituida, respectivamente.

Perfil descriptivo cuantitativo con jueces entrenados

Las muestras fueron evaluadas por 5 jueces entrenados. La evaluación sensorial se llevó a cabo en el laboratorio de Evaluación Sensorial de la Dirección de Ciencias del IIIA. Se realizaron 5 sesiones de trabajo:

- En la primera se generaron términos descriptores a partir de una lista previa con descriptores presentes en la literatura ⁶⁻¹²
- En la segunda sesión se tomaron las muestras B, C y E, correspondientes a tres productos diferentes dentro de los quesos untables: requesón, queso crema, queso análogo, para la selección de términos mediante media geométrica como indica la norma NC-ISO 11035 ¹³. Se utilizó una escala discreta de intensidad del atributo de 5 puntos y se estableció la selección de los atributos que alcanzaran una media geométrica superior al 50 %, un valor inferior se asumió muy bajo para lograr una discriminación entre muestras.
- En las siguientes tres sesiones se evaluaron todas las muestras en un diseño en bloques completos balanceados, se utilizaron los atributos seleccionados y la evaluación se realizó en escalas continuas de 10 cm de longitud de intensidad creciente de izquierda a derecha. Se realizaron 3 réplicas una en cada sesión.

Para el procesamiento de los datos, se calcularon las medias de cada producto para cada uno de los atributos y se utilizó un análisis de varianza y una prueba de Duncan, para ver diferencias significativas entre muestras.

Se aplicó un Análisis de Componentes Principales para generar un plano bi-dimensional donde se puedan apreciar fácilmente las diferencias entre las muestras evaluadas.

Perfil Flash

Participaron 25 consumidores, todos trabajadores del Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, a los cuales se le presentaron los 5 productos bajo estudio de forma simultánea según un diseño aleatorio para que cada juez recibiera las muestras en orden diferente.

La hoja de cata que se les presentó contenía primeramente atributos o términos descriptores tomados de la literatura consultada. Se les pidió entonces que tomaran de esta lista los atributos que consideraban adecuados para diferenciar las muestras a evaluar o algún otro que creyeran conveniente, aunque no estuviera en la lista. Y que ordenaran los productos de menor a mayor intensidad en cada uno de los atributos seleccionados. Se aclaró que se admitían empates, cuando consideraran que dos muestras tenían la misma intensidad para un atributo, debían escribir el símbolo “=” entre ellas.

Para la recopilación de datos, se construyeron las matrices individuales para cada consumidor, donde se ingresaron las clasificaciones de productos por rangos, de la misma forma que se realiza en una prueba de ordenamiento NC-ISO 8587.¹⁴

Se ejecutó entonces un Análisis STATIS, el cual realiza una descomposición de matrices y busca una solución óptima que maximice la concordancia entre los conjuntos de datos, las nuevas dimensiones o ejes se obtienen a partir de la descomposición en valores y vectores propios de la matriz de concordancia. El método STATIS se enfoca en encontrar la estructura común entre estos conjuntos de datos multivariantes, permitiendo identificar relaciones entre ellos y explicar la variabilidad de los datos, esto permite, al igual que en el Análisis de Componentes Principales, resumir la información de múltiples conjuntos en un único conjunto representativo a través de una configuración consenso en un mapa bidimensional que facilita la evaluación de las diferencias entre muestras según el criterio de los consumidores.

Resultados

Perfil descriptivo

La Tabla 1 muestra los resultados de la caracterización sensorial de las 5 muestras evaluadas por los jueces entrenados y los resultados del análisis de varianza para cada uno de los 15 atributos sensoriales. Según los valores de probabilidad del estadístico F, los productos difieren en todos los atributos finalmente evaluados, pues en todos los casos $p < 0,01$.

Tabla 1. Valores medios de cada atributo para los 5 productos evaluados por los jueces entrenados y resultados de los análisis de varianza

Atributos	A		B		C		D		E		Valore	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	s F	p
Color	1,8	0,13	1,8	0,19	4,5	0,21	3,8	0,14	6,1	0,46	7,154	0,000
Grumos	0,0	0,00	2,6	0,32	6,9	0,41	4,0	0,29	0,2	0,12	6,747	0,000
Olor lácteo	4,3	0,85	4,9	0,69	3,8	0,71	3,1	1,25	1,0	0,14	6,433	0,000
Olor a queso crema	0,4	0,20	5,6	1,36	4,3	0,21	4,0	1,28	0,0	0,01	6,302	0,000
Olor a cuajada fresca	4,5	0,55	2,4	0,63	1,2	0,29	1,2	0,27	0,3	0,07	5,909	0,000
Untabilidad	9,9	0,05	9,8	0,13	2,1	0,32	3,1	0,91	4,8	1,21	5,835	0,000
Consistencia	3,7	0,91	3,4	1,21	7,8	1,08	6,7	0,85	0,7	0,14	5,567	0,000
Cremosidad	4,9	0,19	3,1	1,33	3,9	0,09	2,6	0,40	0,4	0,18	5,494	0,000
Suavidad	7,7	0,06	1,9	0,10	7,0	0,36	3,0	0,51	6,7	0,56	5,396	0,000
Sabor lácteo	6,0	0,22	1,2	0,06	4,4	0,09	3,8	0,08	1,2	0,12	5,082	0,000

Sabor a cuajada	3,	0,2	1,	0,2	0,	0,1	1,	0,1	0,	0,2	4,783	0,00 0
	5	1	6	7	9	7	7	3	5	1		
Sabor a queso crema	2,	0,4	1,	0,2	2,	0,2	2,	0,3	0,	0,1	4,703	0,00 0
	3	8	0	1	4	5	0	4	7	7		
Salinidad	2,	0,3	0,	0,1	2,	0,3	0,	0,0	5,	0,3	4,697	0,00 0
	8	5	6	3	8	6	7	9	5	4		
Humedad	2,	0,3	3,	0,2	0,	0,0	3,	0,4	3,	0,4	4,087	0,00 0
	9	4	2	2	3	6	2	2	9	1		
Sabor a frijol	0,	0,0	0,	0,0	0,	0,0	0,	0,0	2,	0,2	3,385	0,00 0
	0	0	0	0	0	0	0	0	3	9		

Leyenda: \bar{x} valor medio del atributo para el producto

s: desviación típica

F: valor del estadístico F del análisis de varianza para cada atributo

p: probabilidad de error al decir que hay diferencias significativas

El resultado más importante del análisis de componentes principales se muestra en Figura 1.

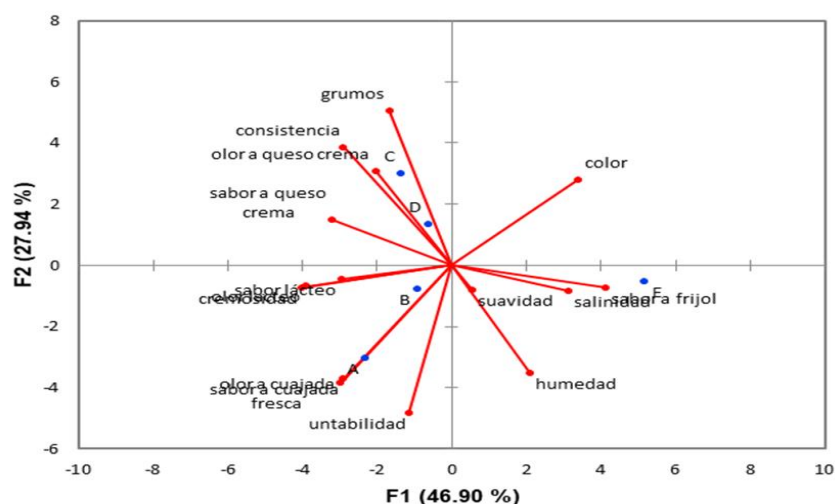


Figura 1. Gráfico de las componentes principales F1 y F2 con los datos del perfil descriptivo cuantitativo realizado por los jueces entrenados

Perfil Flash

El número de atributos utilizados varió entre los consumidores en un rango de 7 hasta 11. De forma general los jueces fueron capaces de percibir variados atributos en estos productos, relacionados fundamentalmente con las características de apariencia, sabor y textura. Con estas matrices se aplicó el análisis STATIS, cuyos resultados se presentan en la figura 2.

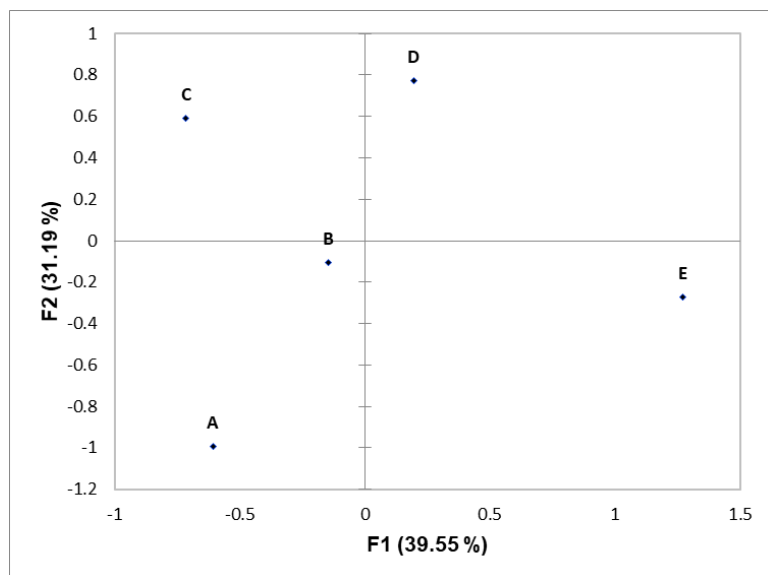


Figura 2. Mapa consenso en las dos primeras dimensiones del método STATIS aplicado a las matrices individuales del Perfil Flash.

El método STATIS implementado en el XLSTAT muestra los vectores correspondientes a los atributos originales de cada juez proyectados en la configuración consenso, este gráfico se muestra en la Figura 3 y permite explicar las diferencias en las muestras de acuerdo a los atributos percibidos por los consumidores.

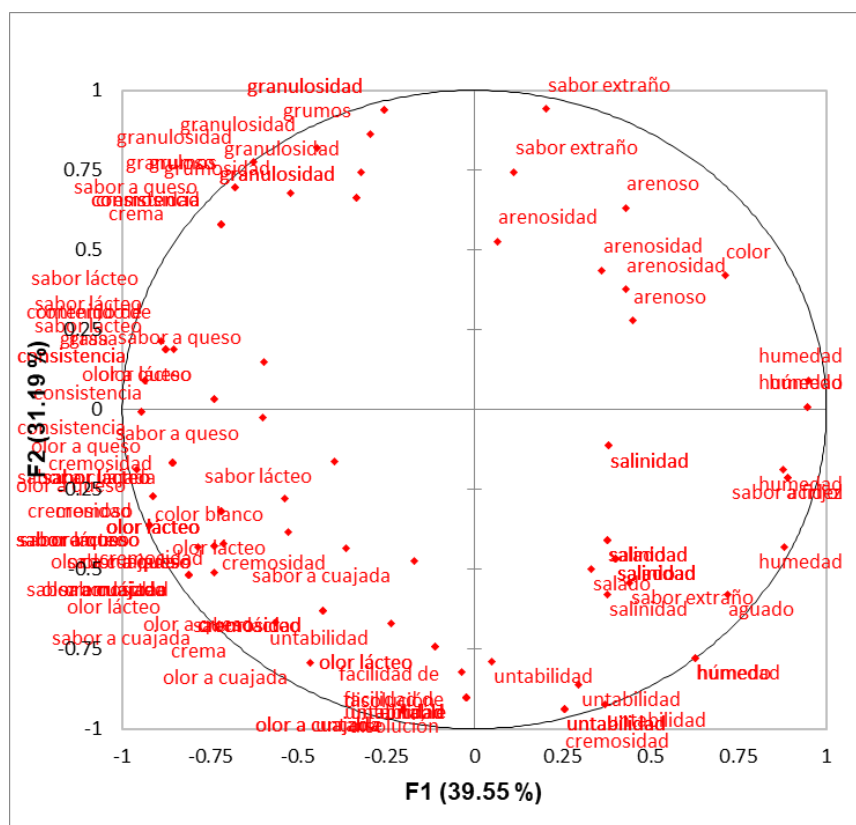


Figura 3. Proyección de los atributos originales que contribuyen a explicar las dimensiones obtenidas por el método STATIS.

Discusión

En la primera sesión de trabajo los jueces seleccionaron, de la lista previa, 20 atributos sensoriales. A partir de los resultados de la media geométrica fueron seleccionados finalmente 15 atributos marcados, correspondientes a una media geométrica por encima del 50 % (Tabla 1). Mientras que en la Figura 1, se aprecia que con las primeras dos componentes se acumula el 74,8 % de la variabilidad que existe entre las muestras. Según la figura los productos evaluados se diferencian claramente, la muestra A es la más untable, mayor olor a cuajada y sabor a cuajada fresca, la muestra C tiene mayor consistencia, mayor cantidad de grumos. La muestra A, según su posición con respecto al primer eje tiene mayor olor y sabor a cuajada fresca, sabor lácteo y cremosidad. Las muestras B y D tienen menor sabor, menos untables, menos cremosas, menos sal. La muestra E, es totalmente diferente, más oscura, con sabor a frijol, salada y es la de mayor humedad.

Según la Figura 2, las dos primeras dimensiones resultantes del análisis STATIS acumulan un 70,8 % del total de la variación que existe en el sistema de datos, este es un porcentaje alto para un perfil sensorial. Como se aprecia en la figura los consumidores detectan las diferencias entre las muestras.

Según este método (Figura 3), para estos consumidores, la muestra A es la de mayor olor y sabor a cuajada, unttable, con olor lácteo, con apreciable cremosidad. La muestra C, aunque por su posición en el primer eje puede decirse que tiene olor y sabor a queso crema, es granulosa, más consistente. B y D son diferentes, sobre todo en cuanto al eje 2, referido a la granulosidad, cremosidad, untabilidad. B se parece más a A, ambas muestras de requesón, y D se parece más a C, ambos quesos crema. La muestra E, es aguada (algunos jueces expresaron que mayor humedad), salada, con sabor a frijol o sabor extraño.

Comparación de métodos en la evaluación

A partir de los mapas obtenidos en las primeras componentes o dimensiones de los análisis para los tres métodos, se pudo comprobar que en los dos casos de estudio las descripciones sensoriales fueron similares, hay una clara diferenciación entre las muestras de queso crema, requesón y queso análogo, pero además se detectaron los defectos presentes.

En el caso de la evaluación de los quesos unttables algunos consumidores expresaron por escrito tener confusión entre los términos granuloso y arenoso, lo cual se reflejó en los resultados que, aunque significativos para la discriminación entre las muestras, se trataron de forma similar por los consumidores. Esto no ocurrió con el panel de jueces entrenados, los cuales diferenciaron correctamente las muestras granulosas, que fueron los quesos cremas evaluados y de forma diferenciada la percepción de los productos arenosos. En esta investigación las muestras B y D resultaron las menos suaves (más arenosas). En el caso del procesamiento mediante el Análisis de Componentes Principales, la evaluación de suavidad contribuyó a la diferencia perceptible en la tercera componente.

En la evaluación de quesos unttables mediante el Perfil Flash, del total de términos utilizados por los jueces (118), 32 corresponden a términos diferentes, después de realizada la reducción de las variantes morfológicas de las formas de cada palabra a raíces comunes (por ejemplo, “dulce”, “dulzor” se asumió como un único término), se tuvo que el método aportó 23 términos diferentes.

Grado de similitud entre los espacios bidimensionales generados según coeficiente de correlación vectorial RV

Se tomaron como variables las dos primeras componentes del Análisis de Componentes Principales aplicado al perfil descriptivo (DA) con jueces entrenados y las dos primeras dimensiones del Análisis STATIS del Perfil Flash, se construyó entonces una matriz de datos con los productos por fila y estas variables por columnas.

Al aplicar un Análisis de Procrustes generalizado a esta matriz, pueden calcularse los coeficientes de correlación vectorial (RV), los cuales permiten evaluar el nivel de asociación entre los espacios generados por los diferentes métodos, este coeficiente toma valores entre 0 y 1, valores cercanos a 0 indican que no existe ningún grado de similitud entre ambas configuraciones y valores cercanos a 1 todo lo contrario. Generalmente se sigue el criterio de Cartier y col.¹⁵ según los cuales los valores del Rv se consideran aceptables a partir de 0,68.

Al comparar el Perfil Flash con jueces no entrenados con el Análisis Descriptivo Cuantitativo se obtuvo un $RV = 0,885$ lo cual indica buena similitud entre ambos resultados y sugiere una buena correlación entre las metodologías de evaluación empleadas para esta investigación. Resultados similares con el Perfil Flash obtuvieron, por ejemplo, Moussaoui y Varela¹⁶ quienes reportaron un $RV = 0,91$ en bebidas calientes con consumidores de dos países europeos, Albert y col.¹⁷, en alimentos calientes con variaciones de textura, obtuvieron un $RV = 0,85$; igual valor lograron Liu y col.¹⁸ al realizar por ambos métodos una caracterización sensorial de vinos. Ramírez¹⁹ informaron un $RV = 0,88$ en la evaluación sensorial de hamburguesas de pescado; Heo y col.²⁰ informaron un $RV = 0,86$ para leche y $RV = 0,87$ para yogur y Yoon y col.²¹ en bebidas de café listas para tomar, obtuvieron un $RV = 0,93$.

Conclusiones

Las pruebas aplicadas demuestran las similitudes de los resultados en las muestras evaluadas, demostrando que el perfil flash es un método completo y fácil en la descripción de los quesos untables.

Data Availability Statement: Esta sección proporciona detalles sobre dónde encontrar los datos que respaldan los resultados presentados, incluyendo enlaces a conjuntos de datos archivados públicamente, analizados o generados durante el estudio. Consulte las Declaraciones de Disponibilidad de Datos sugeridas en la sección "Políticas de Datos de Investigación de Bionatura" en <https://www.revistabionatura.com/policies.html>. Puede excluir esta declaración si el estudio no reportó ningún dato.

Conflicts of Interest: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias Bibliográficas

1. Świąder K., Florowska A., Konisiewicz Z., Chen Y.P. Functional Tea-Infused Set Yoghurt Development by Evaluation of Sensory Quality and Textural Properties. *Foods*. **2020**, 9:1848.

2. Ares G., Giménez A., Gámbaro A. Understanding consumers' perception of conventional and functional yogurts using word association and hard laddering. *Food Quality and Preference*, **2008**, *19*, 636-643.
3. Świąder [K.](#), [Marczewska M.](#) Trends of Using Sensory Evaluation in New Product Development in the Food Industry in Countries That Belong to the EIT Regional Innovation Scheme. *Foods*. **2021**, *10*, 446.
4. [Dairou V.](#), [Sieffermann J.M.](#) A comparison of 14 jams characterized by conventional profile and a quick original method, the flash profile. *Journal of Food Science*, **2002**, *67*, 826–834.
5. [Marques C.](#), [Correia E.](#), [Dinis L.](#), [Vilela A.](#) An Overview of Sensory Characterization Techniques: From Classical Descriptive Analysis to the Emergence of Novel Profiling Methods. *Foods*, **2022**, *11*, 255.
6. Phadungath, C. Casein Micelle Structure: A Concise Review. Songklanakarin *Journal of Science and Technology*, *27*, **2005**. 201-212.
7. Wolfschoon-Pombo, R. Dulce de Leche—Chemistry and Processing Technology. **2020**. 1-18.
8. Moreno, L. Sensorial profile of four cocoa sowing models in Colombia. *Entramado*, *14*, 2015. 256-268.
9. Quitana L.F, García A., Moreno E. Perfil sensorial de cuatro modelos de siembra de cacao en Colombia. En: *Entramado*. Julio – Diciembre, *14*, 2018, 256-268.
10. [Intriago S.](#), [Maira F.](#), [Merizalde A.](#), [Martha G.](#) Efecto del tipo de leche y contenido de sal en las características físico-químicas y sensoriales del requesón. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2013.
11. Gomes B, Lima CS, Silva M, Noll FB. High Number of Species of Social Wasps (Hymenoptera, Vespidae, Polistinae) Corroborates the Great Biodiversity of Western Amazon: a Survey from Rondônia, Brazil. *Sociobiology* *67*(1): **2020**. 112-120.
12. Duarte C. Metodología para la evaluación de la calidad sensorial de los alimentos. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. [27](#), **2017**. 31-38.
13. NC ISO 11035: 2015. Análisis sensorial. Identificación y selección de descriptores para el establecimiento de un perfil sensorial mediante un enfoque multidimensional.
14. Cartier R, Rytz A, Lecomte A, Poblete F, Krystlik J, Belin E, Martin N. Sorting procedure as an alternative to Quantitative Descriptive Analysis to obtain a product sensory map. *Food Qual Prefer* 2006; *17*(7): 562-71.

15. Moussaoui KA, Varela P. Exploring consumer product profiling techniques and their linkage to a quantitative descriptive analysis. *Food Qual Prefer*; 21: **2010**, 1088–99. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.09.005>.
16. Delarue J, Sieffermann JM. Sensory mapping using Flash profile. Comparison with a conventional descriptive method for the evaluation of the flavor of fruit dairy products. *Food Qual Prefer*; 15, **2004**: 383–92. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(03\)00085-5](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00085-5)
17. Ramón LG, Camacho MA, Reyes V, Rodríguez M, Shaín AJ. Correlación entre el perfil descriptivo cuantitativo y perfil flash de hamburguesas de pescado barrilete negro (*Euthinnuslineatus*). *Nacmeh*; 4(2): **2010**, 55-68.
18. Wolfschoon-Pombo A. Cream cheese: historical, manufacturing, and physico-chemical aspects. *Int.Dairy J.*; 117, **2021**: 104948. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104948>.
19. Rodríguez I. Perfil Flash y método CATA para la caracterización sensorial con evaluadores no entrenados. *CiencTecnolAliment*; 34 (2) **2024**: 78-87. Disponible en <http://revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/746>.

/Received: [25 febrero 2025] **/Accepted:** [24 mayo 2025] **Published:** [15 junio 2025] /

Citation: Doyharzabal-Jiménez, J; Rodríguez, I; Pérez, D. Evaluación sensorial de diferentes tipos de quesos untables con jueces entrenados y consumidores mediante el perfil descriptivo cuantitativo y el método perfil flash. *Bionatura* 2025. Volumen 10, (No 2). 10.70373/RB/2025.10.02.8

Peer review information: Bionatura thanks the anonymous reviewers for their contribution to the peer review of this work using <https://reviewerlocator.webofscience.com/>

All articles published by Bionatura Journal are freely and permanently accessible online immediately after publication, without subscription charges or registration barriers.

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



Copyright: © 2025 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/>)

9 Procesamiento y evaluación físico química, sensorial y microbiológica del Queso Fundido en la Unidad Empresarial de Base “Lácteos Bayamo”

Processing and physical-chemical, sensory and microbiological evaluation of processed cheese at the "Lácteos Bayamo" business unit

Álvaro Hernández González^{1*} alvarohernandezgonzalez52@gmail.com

Lic. Adriana B. Martín Navas² <https://orcid.org/0009-0006-3404-7757>

Dr. C. Mercedes Caridad García González³ <https://orcid.org/0000-0003-4785-8605>

¹ Estudiante de Licenciatura en Ciencias Alimentarias, Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Facultad de Ciencias Aplicadas.

^{2, 3} Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Facultad de Ciencias Aplicadas. Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

Correspondence: alvarohernandezgonzalez52@gmail.com

Resumen

El queso, uno de los alimentos más antiguos y versátiles de la humanidad, se define como un producto lácteo obtenido mediante la coagulación de la leche (ya sea de vaca, cabra, oveja u otros mamíferos), seguida de procesos de desuerado, salado y maduración. La entidad, UEB "Lácteos Bayamo", pertenece a la Empresa de Productos Lácteos Bayamo. En ella se llevan a cabo una serie de producciones como: leche condensada azucarada natural y saborizada, harina lacteada de diferentes sabores, leche evaporada, alimento tónico fortificante, lactosán, café con leche en polvo, leche con chocolate, soyurt, café mezclado, 17 variedades de quesos (incluyendo el queso fundido: gouda, untable, merienda escolar) y otras producciones tanto para consumo nacional como para el mercado en divisa.

Evaluar el queso fundido que se produce en la UEB "Lácteos Bayamo", mediante el control físico químico, sensorial y microbiológico para la valoración e interpretación de los resultados basados en los documentos normativos vigentes sobre la calidad de los alimentos.

Se realizó una investigación en la UEB “Lácteos Bayamo” perteneciente a la Empresa de Productos Lácteos Bayamo donde se evaluó el queso fundido mediante el control sanitario y sensorial para la valoración e interpretación de los resultados basados en los documentos normativos vigentes sobre la calidad de los alimentos. Se realizaron determinaciones físico-químicas, microbiológicas y sensoriales al producto terminado y se recopilaron los datos correspondientes a 30 días, comprendidos entre los meses marzo, abril y mayo; estos datos se procesaron estadísticamente utilizando el *software Statgraphics*.

Los resultados más significativos en la evaluación sanitaria y sensorial del queso fundido en la UEB “Lácteos Bayamo” perteneciente a la Empresa de Productos Lácteos Bayamo, fueron los obtenidos mediante el análisis estadístico de los datos recopilados durante 30 días en la misma, sobre análisis físico-químicos, microbiológicos y sensoriales, ya que existe evidencia estadística suficiente para concluir que los requisitos físico-químicos, microbiológicos y sensoriales para el queso fundido cumplen con lo establecido según la norma NC 664:2008, ya que se rechaza la hipótesis nula para un 95 % de confianza en las variables muestreadas.

El queso fundido producido en la UEB "Lácteos Bayamo" cumple con los requisitos físico-químicos, microbiológicos y sensoriales establecidos en la norma NC 664:2008, según los análisis estadísticos realizados (prueba t de Student con 95 % de confianza). Los resultados mostraron valores dentro de los rangos normados para humedad ($< 53\%$), grasa en extracto seco ($\geq 40\%$), y parámetros microbiológicos (coliformes $< 10^2$ UFC/g, hongos y levaduras $< 10^2$ UFC/g). La evaluación sensorial promedio (17,02 puntos) calificó al producto como "Buena", aunque se detectó un sabor ligeramente amargo en algunas muestras.

Palabras clave: queso fundido, control sanitario, análisis estadístico.

Abstract

Cheese, one of humanity's oldest and most versatile foods, is defined as a dairy product obtained by coagulating milk (whether from cows, goats, sheep, or other mammals), followed by whey removal, salting, and ripening. The entity, UEB "Lácteos Bayamo," belongs to the Bayamo Dairy Products Company. It produces a range of products, including: natural and flavored sweetened condensed milk, dairy flour in various flavors, evaporated milk, fortifying tonic food, lactosan, coffee with powdered milk, chocolate milk, soy milk, blended coffee, 17 varieties of cheese (including processed cheese: Gouda, spreadable, and school snacks), and other products for both domestic consumption and the foreign exchange market. To evaluate the processed cheese produced at the "Lácteos Bayamo" UEB

(Beach Cheese Factory) using physical, chemical, sensory, and microbiological controls to assess and interpret the results based on current regulatory documents on food quality.

A study was conducted at the "Lácteos Bayamo" processing plant (UEB) belonging to the Bayamo Dairy Products Company. Processed cheese was evaluated using sanitary and sensory controls to assess and interpret the results based on current regulatory documents on food quality. Physicochemical, microbiological, and sensory determinations were performed on the finished product, and data were collected for 30 days, spanning the months of March, April, and May. These data were statistically processed using Statgraphics software.

The most significant results in the sanitary and sensory evaluation of processed cheese at the "Lácteos Bayamo" UEB, belonging to the Bayamo Dairy Company, were obtained through statistical analysis of the data collected over a 30-day period, based on physical-chemical, microbiological, and sensory analyses. There is sufficient statistical evidence to conclude that the physical-chemical, microbiological, and sensory requirements for processed cheese comply with the provisions of NC 664:2008, as the null hypothesis is rejected with a 95 % confidence level in the sampled variables.

The processed cheese produced at the "Lácteos Bayamo" UEB complies with the physical-chemical, microbiological, and sensory requirements established in NC 664:2008, according to the statistical analyses performed (Student's t-test with 95 % confidence level). The results showed values within the standard ranges for moisture content (< 53 %), fat content in dry matter (≥ 40 %), and microbiological parameters (coliforms $< 10^2$ CFU/g, molds and yeasts $< 10^2$ CFU/g). The average sensory evaluation (17,02 points) rated the product as "Good," although a slightly bitter taste was detected in some samples.

Keywords: processed cheese, sanitary control, statistical analysis.

Introducción

El queso, uno de los alimentos más antiguos y versátiles de la humanidad, se define como un producto lácteo obtenido mediante la coagulación de la leche (ya sea de vaca, cabra, oveja u otros mamíferos), seguida de procesos de desuerado, salado y maduración ². Esta transformación, impulsada por enzimas como la quimosina y bacterias lácticas, permite una diversidad de texturas, sabores y propiedades nutricionales, lo que ha consolidado al queso como un elemento esencial en la gastronomía global. ⁴

El origen del queso se remonta al Neolítico (8000 a.C.), vinculado a la domesticación de animales y la necesidad de preservar la leche. Evidencias arqueológicas, como restos de grasas lácteas en vasijas

de Polonia (5500 a.C.), sugieren su producción temprana en Europa. En Mesopotamia y el Mediterráneo, su elaboración se asoció a rituales y comercio, difundiéndose con el Imperio Romano.

14

Los quesos se clasifican según múltiples criterios, como el tipo de leche, textura, contenido graso, método de producción y tiempo de maduración. La tipología más aceptada los divide en frescos, blandos, semiduros, duros, azules y procesados; aunque, recientemente, se ha incorporado la categoría de "quesos análogos", como los productos vegetales (basados en almendras o soja), que responden a demandas veganas y reducción de huella ambiental ¹². Además, innovaciones tecnológicas han permitido desarrollar quesos funcionales, enriquecidos con probióticos o reducidos en lactosa. ¹¹

Dentro de los quesos procesados se encuentra el queso fundido, este se define como un producto derivado de la mezcla de quesos naturales (maduros o frescos) con ingredientes como emulsificantes (ejemplo: citratos o fosfatos), sal, agua y aditivos, sometidos a un tratamiento térmico que garantiza su homogeneidad y estabilidad ^{4,15}. Este proceso, desarrollado en el siglo XX, permite obtener un producto de textura uniforme, mayor vida útil y versatilidad en aplicaciones culinarias, como salsas o rellenos, posicionándolo como un alimento clave en la industria moderna. ¹⁷

El queso fundido surgió a principios del siglo XX, impulsado por la necesidad de conservar y aprovechar excedentes de queso. En 1911, el suizo Walter Gerber y el estadounidense James L. Kraft patentaron métodos de pasteurización y emulsificación que permitieron su producción industrial ¹⁵. Durante las Guerras Mundiales, su durabilidad lo convirtió en un alimento estratégico para tropas, consolidando su popularidad global. ¹

En Cuba, el queso, es un alimento de relevancia cultural y nutricional, tradicionalmente elaborado a partir de leche de vaca, aunque en contextos de escasez se han utilizado alternativas como leche de búfala o sustitutos vegetales ⁵. El queso cubano, en sus variedades frescas y maduras, refleja tanto la herencia colonial española como las dinámicas socioeconómicas contemporáneas de la Isla.

Por otro lado, el queso fundido al ser un alimento susceptible a contaminación microbiológica y química durante su procesamiento, almacenamiento y distribución, debe cumplir con controles sanitarios y sensoriales para garantizar su seguridad alimentaria, calidad y aceptación por parte del consumidor ⁶.

Los controles sanitarios se basan en: la pasteurización para eliminar microorganismos patógenos en la leche y derivados ¹³, Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para evitar contaminación cruzada

en plantas procesadoras ⁸, y análisis microbiológicos para verificar ausencia de patógenos antes de su comercialización. ³

El control sensorial determina su aceptación en el mercado, parámetros como textura y viscosidad deben ser homogéneos para garantizar su aplicación en cocina ¹³. No debe presentar rancidez o sabores amargos por degradación lipídica o proteica ¹⁸ y, olor y apariencia uniformes sin separación de fases. ²

Por tanto, el objetivo general de este trabajo es evaluar el queso fundido que se produce en la UEB "Lácteos Bayamo", mediante el control físico químico, sensorial y microbiológico para la valoración e interpretación de los resultados basados en los documentos normativos vigentes sobre la calidad de los alimentos.

La entidad, UEB "Lácteos Bayamo", pertenece a la Empresa de Productos Lácteos Bayamo, se encuentra ubicada en el reparto Siboney, avenida Jimmy Hirzel S/N. En ella se llevan a cabo una serie de producciones como: leche condensada azucarada natural y saborizada, harina lacteada de diferentes sabores, leche evaporada, alimento tónico fortificante, lactosán, café con leche en polvo, leche con chocolate, soyurt, café mezclado, 17 variedades de quesos (incluyendo el queso fundido: gouda, untable, merienda escolar) y otras producciones tanto para consumo nacional como para el mercado en divisa.

Materiales y métodos

La investigación fue llevada a cabo en la UEB "Lácteos Bayamo" perteneciente a la Empresa de Productos Lácteos Bayamo, en el período comprendido entre el 21 de abril y el 9 de mayo de 2025. Para el desarrollo de la misma se hizo un convenio con la dirección de la fábrica, la cual facilitó el queso fundido como objeto del estudio y garantizó las condiciones bajo las cuales transcurrió dicho proceso. Tuvo como objetivo evaluar el queso fundido que se produce en la UEB "Lácteos Bayamo", mediante el control físico químico, sensorial y microbiológico para la valoración e interpretación de los resultados basados en los documentos normativos vigentes sobre la calidad de los alimentos. Además, se efectuó una búsqueda bibliográfica en sitios web como Google Académico, Redalyc, Scielo y otros sitios para fundamentar la investigación relevando aspectos históricos del origen y evolución del queso fundido.

Se observó el proceso de producción del queso fundido, comprendiendo todas sus etapas y se describió el flujo tecnológico del proceso a través de la revisión de la norma NEIAL 1612.036:2022. Se caracterizaron las materias primas y la función de estas en la producción del queso fundido

mediante la revisión de la norma de proceso. Se realizaron determinaciones físico-químicas, microbiológicas y sensoriales al producto terminado y se recopilaban los datos correspondientes a 30 días, comprendidos entre los meses marzo, abril y mayo; estos datos se procesaron estadísticamente utilizando el software Statgraphics y se analizaron para conocer si cumplían o no con las normas correspondientes.

Resultados y discusión

El sistema de muestreo empleado en la UEB "Lácteos Bayamo" es aleatorio y corresponde a lo normado y establecido en el Manual de Instrucciones del Sistema de Control de la Calidad, ya que se toman las muestras aleatoriamente según la cantidad de producto terminado. A la materia prima no se le realiza ninguna determinación físico-química ni microbiológica en la entidad, debido a que el queso fundido durante su producción debe pasar por un tratamiento térmico a una temperatura de 85 °C - 90 °C, de manera tal que se elimina cualquier microorganismo patógeno que pueda estar presente. En cuanto al producto terminado, según la NC 664:2008 el queso fundido obtenido se le realizan varias determinaciones físico-químicas, microbiológicas y sensoriales.

Para comprobar que el queso fundido producido en la UEB "Lácteos Bayamo" cumple con las determinaciones físico-químicas, se tomaron 30 valores de las variables: % de grasa en extracto seco y % de humedad, ver tabla 4, entre los meses marzo, abril y mayo, y se procesaron estadísticamente utilizando el *software Statgraphics*, y se les realizó una prueba de hipótesis (t de student) para comprobar si cumplían o no con lo normado.

Tabla 1. *Requisitos físico-químicos para el queso fundido*

Tipo de queso	% grasa en extracto seco	% humedad máxima
	mínimo	
Queso fundido cortable en bloque	40,0	53,0

Según los resultados del análisis estadístico, ver (tabla 5), se pudo comprobar que existe evidencia estadística suficiente para concluir que los requisitos físico-químicos para el queso fundido cumplen con lo establecido según la norma NC 664:2008, ya que se rechaza la hipótesis nula para un 95 % de confianza en las variables muestreadas. El porcentaje mínimo de grasa en el extracto seco se encuentra dentro del rango establecido y el porcentaje de humedad se encuentra entre los valores normados, lo

que demuestra que las condiciones de envasado y conservación llevadas a cabo en la fábrica son las adecuadas para mantener el estado inicial del producto terminado.

La tabla 2, muestra los requisitos microbiológicos que debe cumplir el queso fundido para considerarse apto para el consumo según la NC 664:2008, sin embargo, en la UEB "Lácteos Bayamo", solo se le determina al queso fundido el conteo de hongos y levaduras y el conteo de coliformes.

Tabla 2. *Requisitos microbiológicos para el queso fundido*

Parámetros	Requisitos microbiológicos (UFC/g)
Aerobios mesófilos	$<10^4$
Coliformes	$<10^2$
<i>E. coli</i>	0
Hongos y levaduras	$<10^2$
<i>Staphylococcus</i>	$<10^2$
<i>Salmonella</i>	0
<i>Listeria monocytogenes</i>	0

Para comprobar que el queso fundido producido en la UEB "Lácteos Bayamo" cumple con las determinaciones microbiológicas, se tomaron 30 valores de las variables conteo de hongos y levaduras y el conteo de coliformes, ver tabla 4, y se procesaron estadísticamente utilizando el *software Statgraphics* y se les realizó una prueba de hipótesis (t de Student) para comprobar si cumplían o no con lo normado.

Según los resultados del análisis estadístico, ver tabla 5, se pudo comprobar que existe evidencia estadística suficiente para concluir que el queso fundido producido en la UEB "Lácteos Bayamo" cumple con los requisitos microbiológicos según la NC 664:2008, ya que se rechaza la hipótesis nula para un 95 % de confianza en las variables muestreadas.

Según la NC 664:2008, el queso fundido debe cumplir con ciertos requisitos sensoriales:

Aspecto: superficie lisa, brillante, pueden presentar algunas oquedades. El color será amarillo uniforme de acuerdo a los quesos e ingredientes utilizados, en el aromatizado según el sabor utilizado. La forma y el tamaño serán de acuerdo al envase utilizado.

Olor: el propio de la variedad de quesos utilizada y al aromatizante adicionado, a los ingredientes si son aromatizados.

Sabor: el propio de la variedad de quesos utilizados y al sabor adicionado; a los ingredientes si son aromatizados.

Textura: para el fundido cortable, masa firme, ligera resistencia al corte, sin adhesividad y facilidad al rebanado. Para el fundido untado, masa blanda, untuosa, pastosa.

Tabla 3. Rango de la puntuaciones y evaluación cualitativa

Evaluación cualitativa	Puntuación total
Excelente	19,0 – 20,0
Muy buena	18,0 – 18,9
Buena	15,6 – 17,9
Aceptable	12,0 – 15,5
Mala	menor de 12,0

Para comprobar que el queso fundido producido en la UEB "Lácteos Bayamo" cumple con estos requisitos, se tomaron 30 valores de la variable puntuación total definitiva, ver tabla 4, y se procesaron estadísticamente utilizando el *software Statgraphics* y se les realizó una prueba de hipótesis (t de student) para comprobar si cumplían o no con lo normado.

Según los resultados del análisis estadístico, ver tabla 5, se pudo comprobar que existe evidencia estadística suficiente para concluir que el queso fundido producido en la UEB "Lácteos Bayamo" cumple con los requisitos sensoriales según la NC 664:2008, ya que se rechaza la hipótesis nula para un 95 % de confianza en la variable muestreada.

Aunque el queso producido se restringe por sabor muy ligero amargo, cumple parcialmente con los parámetros evaluados con una puntuación promedio de 17,02 puntos, obteniendo una calificación de "Buena". Los resultados de las pruebas sensoriales proporcionan información evaluable sobre la aceptabilidad y la calidad del queso fundido, lo que permite ajustar los procesos de producción y garantizar que el producto final cumpla con las expectativas de los consumidores.

El centro de Evaluación Sensorial en la UEB "Lácteos Bayamo" reúne los requisitos mínimos establecidos en la ISO 8589:1988; cuenta con dos áreas independientes entre sí, cómodas y

confortables y situadas muy cerca una de otra, no existe comunicación entre ellas que origine el paso de ruidos y olores. El local se encuentra climatizado (aires acondicionados).

El área de preparación de la muestra, está debidamente equipada con equipos y utensilios propios de una cocina, presentando además una balanza para el pesado de las muestras. La sala de evaluación posee cabinas individuales que garantizan la independencia de los jueces, eliminando la distracción y comunicación entre ellos. Todas las cabinas son iguales, el color de las paredes es de un tono amarillo claro, presenta una iluminación uniforme.

Se utiliza como agente enjuagante agua potable a temperatura ambiente. Las muestras de queso fundido se evalúan entre 10 y 15 °C, solo se entrega una porción del queso y se evalúan 4 características organolépticas (aspecto, olor, sabor y textura), pues el aspecto se evalúa en forma global como una sola característica. Actualmente solo cuentan con tres sensores.

Tabla 4. Datos físico-químicos, microbiológicos y sensoriales del producto terminado

Fecha	Físico-químico		Microbiológico		Sensorial	
	% humedad	% grasa en extracto seco	Coliformes UFC/g	Hongos y levaduras UFC/g	Puntuación total, definida	Calificación
3/03/2025	43,5	41,0	10	10	17,9	Buena
5/03/2025	44,0	41,0	10	10	17,9	Buena
8/03/2025	45,0	43,6	10	10	15,5	Aceptable
10/03/2025	43,6	40,7	15	15	17,9	Buena
15/03/2025	45,0	43,6	15	10	17,9	Buena
17/03/2025	44,0	42,8	10	25	17,9	Buena
19/03/2025	44,0	41,0	10	10	15,5	Aceptable
22/03/2025	44,0	42,8	20	20	15,5	Aceptable
25/03/2025	45,0	41,8	10	10	17,9	Buena
28/03/2025	43,3	42,5	10	10	17,9	Buena

30/03/2025	45.0	43.6	15	10	17.9	Buena
3/04/2025	43,6	40,7	10	10	15,5	Aceptable
6/04/2025	42,8	40,2	20	10	17,9	Buena
8/04/2025	44,2	43,0	10	10	17,9	Buena
12/04/2025	44,0	41,0	10	10	17,9	Buena
15/04/2025	44,0	42,8	10	15	17,9	Buena
17/04/2025	45,0	43,6	15	10	15,5	Aceptable
18/04/2025	44,6	41,5	10	10	15,5	Aceptable
19/04/2025	43,2	42,5	10	10	15,5	Aceptable
20/04/2025	43,9	40,9	10	10	17,9	Buena
21/04/2025	44,0	42,8	10	10	17,9	Buena
23/04/2025	44,6	41,5	15	10	17,9	Buena
24/04/2025	45,0	43,6	10	25	15,5	Aceptable
25/04/2025	44,5	43,2	10	10	17,9	Buena
27/04/2025	44,0	41,0	10	10	17,9	Buena
28/04/2025	44,2	40,0	10	20	15,5	Aceptable
29/04/2025	44,6	41,5	15	10	17,9	Buena
30/04/2025	45.0	43,6	10	20	15,5	Aceptable
3/05/2025	45,0	43,6	10	10	17,9	Buena
5/05/2025	45,5	41,4	15	10	15,5	Aceptable

Tabla 6. Resumen estadístico de las variables % humedad, % grasa en extracto seco, conteo de coliformes, conteo Hongos y levaduras y puntuación total

Resumen estadístico

Parámetros	Físico-químico		Microbiológico		Sensorial
	% humedad	% grasa en extracto seco	Conteo Coliformes	Conteo Hongos y levaduras	Puntuación total
Recuento	30	30	30	30	30
Promedio	44,27	42,09	11,86	12,0	17,02
Desviación Estándar	0,659754	1,19104	3,57899	3,85066	1,17632
Coeficiente de Variación	1,4903 %	2,8295 %	30,1601 %	32,0888 %	6,9113 %
Mínimo	42,8	40,0	10,0	10,0	15,5
Máximo	45,5	43,6	20,0	25,0	17,9
Rango	2,7	3,6	10,0	15,0	2,4
Sesgo Estandarizado	-0,4280	-0,1467	3,7855	4,6012	-1,3034
Curtosis Estandarizada	-0,6572	-1,6414	1,4892	4,3602	-1,9945

Conclusiones

El queso fundido producido en la UEB "Lácteos Bayamo" cumple con los requisitos físico-químicos, microbiológicos y sensoriales establecidos en la norma NC 664:2008, según los análisis estadísticos realizados (prueba t de student con 95 % de confianza). Los resultados mostraron valores dentro de los rangos normados para humedad (< 53 %), grasa en extracto seco (≥ 40 %), y parámetros microbiológicos (coliformes $< 10^2$ UFC/g, hongos y levaduras $< 10^2$ UFC/g). La evaluación sensorial promedio (17,02 puntos) calificó al producto como "Buena", aunque se detectó un sabor ligeramente amargo en algunas muestras.

Referencias bibliográficas

1. Carrasco, E., Pérez-Rodríguez, F., & Valero, A. (2020). Risk assessment of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods. *Food Control*, 118, 107352. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107352>
2. Codex Alimentarius. (2020). Norma general para el queso (CODEX STAN 283-1978). FAO/OMS. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/shproxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCODEX%2B283-1978%252FCXS_283s.pdf
3. EFSA Panel on Biological Hazards. (2023). *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods: Scientific opinion. *EFSA Journal*, 21(1), e00000. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.00000>
4. FAO & Codex Alimentarius. (2021). Codex Standard for Processed Cheese and Spreadable Processed Cheese (CODEX STAN 283-1978). FAO. <https://www.fao.org/fao>
5. FAO. (2021). Cuba: Dairy sector review. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/cb6873en/cb6873en.pdf>
6. FAO. (2021). Guidelines for the application of HACCP in small and medium dairy enterprises. <http://www.fao.org/3/cb4870en/cb4870en.pdf>
7. FDA. (2022). Draft guidance for industry: Control of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods. <https://www.fda.gov/media/164618/download>
8. FDA. (2022). Food Code 2022. U.S. Food and Drug Administration. <https://www.fda.gov/food/fda-food-code/food-code-2022>
9. González, A., & Fernández, L. (2021). Economic impact of food recalls in Latin America.
10. *Journal of Food Safety*, 41(3), e12901. <https://doi.org/10.1111/jfs.12901>
11. Guinee, T. P. (2020). Cheese: Structure, rheology, and texture. En P. L. H.
12. McSweeney et al. (Eds.), *Cheese: Chemistry, physics and microbiology* (4th ed., pp. 23-48). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00002-8>
13. Guinee, T. P. (2021). The functionality of cheese components in food processing: From structure to sensory attributes. *Journal of Dairy Science*, 104(7), 8583-8603. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19876>
14. Hernández, R., et al. (2020). Technological adaptations in Cuban cheese production under resource scarcity. *Journal of Food Science and Technology*, 57(9), 3241-3248. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04354-1>

15. Kapoor, R., & Metzger, L. E. (2021). Processed cheese: Scientific and technological aspects— A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(3), 2689-2712. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12742>
16. Liu, Y., et al. (2021). Thermal inactivation kinetics of Salmonella in dairy products. *Food Microbiology*, 94*, 103650. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103650>
17. Lucey, J. A., et al. (2021). Emulsifying salts in processed cheese: Mechanisms and alternatives. *Journal of Dairy Science*, 104(5), 5123-5135. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19245>
18. Marangoni, F., et al. (2022). Advances in dairy processing: Safety and quality control.
19. MINAL. (2023). Regulaciones sanitarias para la industria láctea en Cuba. <http://www.minal.gob.cu/normativas>
20. NC 1004:2016. MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS DE CONSUMO HUMANO Y ANIMAL — GUÍA GENERAL PARA LA ENUMERACIÓN DE LEVADURAS Y MOHOS. TÉCNICA A 25 °C.
21. NC 1095:2015. MICROBIOLOGÍA DEL AGUA. DETECCIÓN Y ENUMERACIÓN DE COLIFORMES — TÉCNICA DEL NÚMERO MÁS PROBABLE (NMP)
22. NC 136:2023. SISTEMA DE ANÁLISIS DE PELIGROS Y DE PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL (APPCC/HACCP). REQUISITOS
23. NC 227:2002. QUESOS.REQUISITOS GENERALES
24. NC 585:2017. CONTAMINANTES MICROBIOLÓGICOS EN ALIMENTOS. REQUISITOS SANITARIOS
25. NC 664:2008. QUESO FUNDIDO. ESPECIFICACIONES
26. NC ISO 4832:2010. MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS DE CONSUMO HUMANO Y ANIMAL. MÉTODO HORIZONTAL PARA LA ENUMERACIÓN DE COLIFORMES. TÉCNICA DE CONTEO DE COLONIAS MÉTODO DE REFERENCIA (ISO 4832:2006, IDT)
27. NEIAL 1612.036:2022. QUESO FUNDIDO. ESPECIFICACIONES DE CALIDAD
28. OMS. (2020). Water quality and food safety. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241516990>

/Received: [25 febrero 2025] /Accepted: [24 abril 2025] Published: [15 junio 2025] /

Citation: Hernández, A; Martín, A; García, M. Procesamiento y evaluación físico química, sensorial y microbiológica del Queso Fundido en la Unidad Empresarial de Base “Lácteos Bayamo”. *Bionatura* 2025. Volumen 10, (No 2). 10.70373/RB/2025.10.02.9

Peer review information: Bionatura thanks the anonymous reviewers for their contribution to the peer review of this work using <https://reviewerlocator.webofscience.com/>

All articles published by Bionatura Journal are freely and permanently accessible online immediately after publication, without subscription charges or registration barriers.

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



Copyright: © 2025 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/>)



Granadilla Dulce (*Passiflora ligularis*) Full Spectrum Extract

1. Cognición y memoria.
2. Salud digestiva.
3. Sistema inmunológico.
4. Relajación.
5. Huesos sanos.

CONTACTO: Dr. Julio Pineda Insuasti, PhD
info.biodiversity@gmail.com Cel. +593 99 758 9267
Ibarra-Ecuador

SCIENTIFIC PARTNER: <https://cebaecuador.org>,
inf.ceba@gmail.com, Cel + 593 99 579 7813.
Ibarra-Ecuador



10 Acciones para mejorar ofertas alimentarias en pasa-días del Gran Hotel en Camagüey

Actions to improve food offerings during day passes at the Gran Hotel in Camagüey

Frank Boudet Leyva¹, Raísa María Guerrero Hidalgo², Zenia García Vergara³, Florentino Ismael Montes de Oca Ruiz⁴

^{1,2,3} Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. Camagüey, Cuba.

⁴, Departamento de Ciencias Sociales, Universidad Vladimir Ilich Lenin, Las Tunas, Cuba.

¹ E-mail: fboudetleyva@gmail.com, Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0003-2306-6539>

² E-mail: rguerrerohipaldo@gmail.com, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-4460-1089>

³ E-mail: garciavergarazenia@gmail.com Orcid: ID <https://orcid.org/0000-0001-6730-758>

⁴: E-mail: florentmcu@gmail.com Orcid: ID <https://orcid.org/0009-0009-1989-2575>

Correspondence: fboudetleyva@gmail.com

Resumen

La investigación se realizó en el Gran Hotel de Camagüey en meses de temporada baja para el turismo y poca demanda de los servicios hoteleros en la instalación, con el objetivo de proponer acciones para mejorar la calidad y variedad de la oferta de alimentos a los clientes que acuden al pasa-días en el área de la piscina y para aumentar su satisfacción y su preferencia por estos servicios y estimular en ellos la repitencia. Se aplicaron métodos como análisis – síntesis, histórico – lógico, inducción – deducción y las técnicas análisis documental, observación, encuestas y entrevistas; se identificó la situación problemática existente en cuanto al servicio de alimentos en el área estudiada del citado hotel. Se identificaron las principales insatisfacciones de los clientes externos en cuanto a la variedad y calidad de las ofertas influenciadas por las condiciones del contexto investigado, se verificó el suministro de recursos que hacen llegar al hotel los proveedores de productos y servicios contenidos en los convenios previamente establecido. Se valoró la preparación de los empleados para mantener ofertas atractivas a los clientes habituales, la sustitución de alimentos menos demandados por otros

de nueva creación mediante la innovación y la investigación en gastronomía. En cumplimiento del objetivo investigativo se elaboraron acciones, cuya puesta en práctica por la dirección del hotel, contribuirá a la solución del problema de investigación.

Palabras clave: alimentos; calidad; variedad; satisfacción del cliente

Abstract

The research was conducted at the “Gran Hotel” in Camagüey during the low season for tourism and when there was low demand for hotel services at the facility. The objective was to propose actions to improve the quality and variety of food offered to customers who use the poolside snack bar. To increase their satisfaction and preference for these services and encourage repeat visits, methods such as historical-logical index analysis, adoption induction, and documentary analysis, observation, surveys, and interviews were applied. The problematic situation regarding food service in the studied area of the aforementioned hotel was identified. The main dissatisfactions of external customers regarding the variety and quality of the offers influenced by the conditions of the context investigated were identified. The supply of resources that reach the hotel was verified. The suppliers of products and services contained in the previously established agreements. The preparation of employees to maintain attractive offers to regular customers was assessed, as well as the replacement of less demanded foods with new ones through innovation and research in gastronomy. In compliance with the research objective, actions were developed whose implementation by the hotel management will contribute to the solution of the research problem. Keywords: food, variety, quality, customer satisfaction

Keywords: food, quality, variety, customer satisfaction

Introducción

A inicios de la tercera década del siglo XXI, el hotelería y el turismo tienen importancia estratégica en lo económico y lo social para la mayoría de los países, dada la complejidad creada en las relaciones internacionales debido, principalmente, a la escasez de recursos y al encarecimiento de los mismos; a los conflictos armados y a las enfermedades, especialmente las pandemias; entre otros factores.

A este aspecto se refiere ⁽¹⁾ al expresar que “la gestión de alimentos y bebidas constituye una actividad fundamental en la industria turística, no sólo por los márgenes de contribución que se puedan obtener por esta vía, sino también como elemento cultural e integrador de la imagen del producto ofertado”. Por su parte ⁽²⁾, considera a este sector “como uno de los más importantes debido a que es capaz de brindarle empleo a muchas personas y ser éste el sustento de millones de familias”

Abundando en el tema ⁽³⁾, expresa que en los últimos años han ocurrido transformaciones del turismo a nivel mundial, convertido en una industria que con el apoyo de la globalización ha llegado a la mayoría de las economías capitalistas

del planeta. En este aspecto los países de menos desarrollo, incluida Cuba, son los más afectados por la debilidad en sus economías y la pobre infraestructura existente para prestar servicios a los visitantes que cada vez se muestran más exigentes en la calidad y variedad de las ofertas recibidas de los productos por ellos pagados.

Cuba, como nación del tercer mundo y de escaso desarrollo, no escapa a esta realidad y debe competir en estos servicios con otras naciones del área del Caribe donde se encuentra enclavada, en busca de la mayor satisfacción de los clientes por la alta calidad y variedad de los productos ofertados y, así, favorecer la repitencia de los visitantes y la incorporación de otros interesados en visitar estas instalaciones.

Según ⁽⁴⁾ la potencialidad del sector turístico en Cuba exige la búsqueda de calidad y tiene entre sus prioridades analizar de manera permanente los servicios de alimentos y bebidas, por ser estos determinantes y motivacionales para las personas a la hora de seleccionar un destino turístico y ser los que más inciden en la insatisfacción de los clientes, según el resultado de las encuestas que se aplican de manera sistemática en varias de las instalaciones turísticas que operan en el país.

Tratándose de una instalación turística como el Gran Hotel, situado en una zona céntrica de la ciudad con abundante afluencia de público nacional y extranjero, debe primar la excelente atención a los clientes, la probada calidad, variedad e inocuidad de los alimentos ofertados y contar con alta preparación del personal de servicio, todo lo cual determina la satisfacción de los visitantes.

Con la aplicación de métodos y técnicas de investigación se identificó la situación problemática existente en cuanto al servicio de comidas y bebidas en el área estudiada del Gran Hotel.

Durante el proceso de diagnóstico del objeto estudiado se aprecian ofertas de alimentos tradicionales como cárnicos, arroz y viandas. Mediante diferentes técnicas aplicadas se detectaron algunas insatisfacciones como: poca variedad en las ofertas diarias, no se ofrecen productos refrescantes como jugos, batidos, granizados, refrescos, agua fría; ausencia de frutas, vegetales, hortalizas. Se presenta, entonces, la interrogante de cómo mejorar la calidad y variedad de los alimentos consumidos por los clientes en la piscina del Gran Hotel de Camagüey.

El objetivo principal de esta investigación es proponer acciones para mejorar la calidad y variedad de la oferta de alimentos en el área de la piscina del Gran Hotel de Camagüey, y así aumentar la satisfacción de los clientes y la preferencia de los mismos por estos servicios, luego de diagnosticar las causas reales de las insatisfacciones de los clientes que acuden a los pasa-días en el área de la piscina.

Un sistema alimentario con un nivel óptimo de eficiencia reduce al mínimo las pérdidas económicas y de recursos, que puedan ser causadas por la manipulación incorrecta, el deterioro o la contaminación

de los alimentos. Una gestión eficaz del control de los alimentos constituye un medio importante para mantener la calidad y eficiencia en el sistema alimentario y asegurar la salud de sus clientes. ⁽⁵⁾

Se expresa el nivel de satisfacción, según la percepción de los clientes, sobre el servicio de restauración, especialmente sobre la calidad, variedad e inocuidad de los alimentos, que brinda la instalación hotelera estudiada.

Materiales y Métodos

En el Gran Hotel de Camagüey se realizó la investigación con el empleo de métodos teóricos como el histórico-lógico, el análisis-síntesis, la abstracción - concreción: para la determinación y ordenamiento de los antecedentes del tema, así como en la interpretación de la información aportada por los métodos empíricos, para realizar el análisis de las ofertas y el enfoque de sistema en el tratamiento de las interrelaciones de todos los elementos que participan en la gestión del departamento de alimentación y en la satisfacción de los clientes.

Se hizo, además, el estudio bibliográfico mediante libros, artículos, revistas, informes de tesis, informes de la institución, referidos al tema de la investigación, unidos al material digital existente en bibliotecas y Scholar Google entre otros.

Durante la investigación se hicieron las coordinaciones con la dirección de la entidad, para realizar el diagnóstico preliminar y la preparación de instrumentos para captar la información requerida, se procedió a las adecuaciones necesarias, se procesaron los resultados y se elaboró la propuesta de acciones en correspondencia con el objetivo determinado, finalmente se presentó la propuesta a la dirección de la entidad estudiada.

El Gran Hotel se asienta en una edificación de estilo colonial de cinco (5) pisos construida en 1939 que combinan tallas en madera con discretas decoraciones, posee varias obras de pinturas de reconocidos artistas nacionales y extranjeros, está ubicado en la calle Maceo, una populosa zona comercial del centro de la ciudad. Cuenta, además, con dos (2) elevadores, uno de carga y otro para los cliente, 72 acogedoras y agradables habitaciones, restaurante, cafetería, bar, sala de conferencias, mirador, servicios médicos, tienda, caja de seguridad, buró de turismo, salón de reuniones y una piscina que presta servicio a huéspedes y otros clientes que ingresan en ella mediante reservación. ⁽⁶⁾

La investigación no incluye todos los servicios hoteleros, sino que se desarrolla vinculada a las ofertas de alimentos a los clientes externos que acuden diariamente a la instalación porque a consecuencia de las altas temperaturas todo el año y a la poca presencia de huéspedes en el hotel, el área de la piscina es el escenario principal de atención a visitantes en esta etapa del año, por

lo que requiere de la máxima atención de directivos y trabajadores de la institución, especialmente los relacionados con la gestión, preparación y ofertas de comidas y bebidas en procura del beneplácito de los vacacionistas.

Toda empresa turística, tiene como objetivo primordial satisfacer las necesidades de los turistas; y los dos servicios básicos para tal fin son el alojamiento y la alimentación. Los servicios que ofertan los hoteles, no se centran sólo en el alojamiento; actualmente se ha convertido en una regla de oro para los establecimientos hoteleros ofrecer servicios de alimentos de calidad, a través del departamento de alimentos y bebidas. ⁽⁷⁾

La piscina está diseñada para 50 personas, entre niños y mayores. Actualmente, por la limitada cantidad de huéspedes en el hotel, debido a causas ajenas a la institución, se dedica, en lo fundamental, a pasa-días con moradores de la ciudad que, mediante reservación, se les oferta bañarse, escuchar música, juegos de mesa y consumir alimentos.

En el proceso de elaboración y consumo de alimentos para los bañistas se utilizan áreas pertenecientes al departamento de alimentos y bebidas del hotel, como cocina, restaurante, bar y otras.

Tabla 1. Estructura de la fuerza laboral del Dpto. de alimentos y bebidas (A y B)

Área	Total de colaboradores	Edad /años	Género	Ocupación	Instrucción
Cocina	13	25 a 35	12 hombres y 1 mujer	Polifuncional	Bachiller 10 y Superior 2
Restaurante	4 meseros	21 a 38	3 hombres y 1 mujer	Polifuncional	Superior
Bar	3	22 a 33	Todos hombres	Bartender, barman y mesero	Bachiller

Fuente: Elaboración propia

En entrevista realizada a la directora general, precisó que el Gran Hotel cumple con los requisitos de la categoría de Tres Estrellas según las normas de clasificación internacional y de Tres Tenedores en el servicio gastronómico.

En intercambios con el Chef se conoció que los proveedores del Gran Hotel son: ITH (Distribuidor del turismo), Frutas Selectas, Cítricos, ATEC comercial, Cuba ron, Habana club, el Cárnico, el Lácteo, PESCACAM y Cooperativas.

Tabla 2. Calificación de los trabajadores del departamento de A y B

Ocupación	Nivel escolar	Último curso recibido	Necesidad de superación
Cantinerero	Medio superior	Formatur	si
Chef de cocina	Superior	Lic. C Alim	no
Cocinero A	Medio superior	Cocina	no
Cocinero	Medio superior	Formatur	Si
Dependiente	Medio superior	Formatur	Si

Fuente: Elaboración propia

El área de Alimentos y Bebidas es una pieza esencial en la operación de un hotel, incluso en algunos casos excepcionales su desempeño genera mayores ganancias que las reservas de habitaciones. Para llegar a un rendimiento óptimo de semejante naturaleza, tanto el restaurante como el bar del establecimiento deben tener un funcionamiento acorde a estas expectativas, ofreciendo la mejor calidad de servicio en lo referido a la preparación de los productos ofrecidos, la variedad de la oferta, el trato a los clientes y las cuestiones de higiene.⁽⁸⁾

Para obtener la información requerida en el proceso investigativo, se contó con el apoyo de la dirección y los trabajadores, así como el acceso a las distintas fuentes necesarias, tan significativas en este tipo de trabajo.

Se aplicaron encuestas a visitantes para conocer sus opiniones en cuanto a los servicios de alimentación recibidos y las sugerencias de medidas a aplicar en función de mejorar la satisfacción de los vacacionistas. También se aplicó encuesta a los trabajadores para conocer aspectos personales relacionados con la labor que desempeñan y los servicios de alimentación ofrecidos a los clientes. La observación se dirigió a aspectos centrales de la investigación en las áreas desde la recepción hasta el consumo de los alimentos por los bañistas.

Siempre se tuvo en cuenta que la creciente globalización de los mercados ha incrementado considerablemente la competitividad entre los distintos sectores económicos. Y la industria de la restauración no está exenta a estos cambios, cada vez son más innovadores con mayores propuestas hacia los clientes con variedad de comida y diferentes sabores, mientras mejores servicios

alimenticios se ofrezcan atraerán mayor demanda de clientes, presentar innovaciones en los menús, variedad de precios y que estos sean accesibles para los clientes dará mayor respaldo al establecimiento.⁽⁹⁾

Cuba presta especial atención a estas realidades y, por eso, el Ministerio del Turismo se encuentra inmerso en elevar sus índices de calidad, ofreciendo seguridad para los visitantes, ampliando los niveles de oferta, así como diversidad donde la autenticidad y la cubanía prevalezcan.

Resultados

En los seres humanos, los alimentos son responsables de la nutrición y afectan el desarrollo psicológico y social de los individuos. Su primera función es nutrir al organismo desde el punto de vista fisiológico porque la adecuada alimentación permite el desarrollo de los tejidos y la captación de energía para el funcionamiento del cuerpo.

Con el desarrollo psicológico, los alimentos tienen el poder de influir en el desarrollo de los procesos cognitivos y emocionales. Por eso, una adecuada nutrición es fundamental para el desarrollo de la inteligencia, así como las habilidades motoras. Además, ya que comer es un placer que estimula olfato y gusto, aporta satisfacción. Con el desarrollo social, los alimentos suelen ser compartidos en comunidad. Esto hace que los lazos se vuelvan más estrechos y se establezcan relaciones afectivas.

Mediante el proceso de alimentación llegan al organismo diferentes sustancias contenidas en los alimentos, para eso son seleccionados según las disponibilidades, preparados según usos y costumbres y se termina por ingerirlos como la dieta imprescindible y necesaria para la nutrición del individuo. Es por tanto un proceso educable y muy influenciado por factores sociales, económicos, culturales, etc.

Puede decirse que la calidad es un conjunto de características identificadas por los individuos en los bienes y servicios, las cuales cumplen con los requisitos y requerimientos que satisfacen sus necesidades y que generan valor para estos desde su propia perspectiva.

Para proteger a los consumidores, el Ministerio de la Industria Alimenticia en Cuba (MINAL), ha establecido un sistema de control de la calidad (SCC) sobre la base de cuatro indicadores que son: sensorial, composición o nutricional, higiénico sanitario y estético.

La calidad de los servicios en todas las esferas de la vida y en cualquier parte del mundo determina la satisfacción o no de las personas que los reciben, en la medida que responden a sus necesidades e intereses. Se puede decir que las experiencias de alimentos y bebidas también tienen un lugar importante en el desarrollo de intenciones de comportamiento positivo y la satisfacción del consumidor en términos de experiencia.⁽¹⁰⁾

La calidad es considerada como un factor estratégico porque:

- La competencia del mercado actual nunca había sido tan agresiva y dura.
- Las empresas que aumentan sus cuotas de mercado son las que ofrecen la mejor relación entre el valor para el cliente y el precio.
- La mejor relación de valor / precio, proviene de una calidad competitiva a un precio competitivo.

Dentro del ámbito del turismo, es algo consustancial a la esfera íntima de la persona, consiste en un proceso de actuaciones encadenadas técnicamente solventes, donde el cliente es quien establece el nivel de satisfacción volviendo a comprar.

En este sentido, Hernández-Blanco ⁽¹¹⁾ resalta que es más difícil evaluar la calidad de los servicios con respecto a los bienes, saber lo que espera el usuario es el primer paso y, posiblemente, el más crítico.

Al valorar la calidad de los alimentos debe tenerse muy en cuenta la inocuidad de los mismos, a fin de evitar efectos negativos en la salud humana. Según ⁽¹²⁾ en publicación realizada por la Organización Mundial de la Salud, en junio de 2019, se estima que cada año enferman en el mundo 600 millones de personas por ingerir alimentos contaminados y que 420 000 mueren por la misma causa, situación que podría prevenirse aplicando las buenas prácticas de manufactura (BPM); principios básicos y prácticos de higiene en la manipulación, preparación, elaboración, envasado, almacenamiento, transporte y distribución de alimentos, con el objeto de garantizar que los productos cumplan las condiciones sanitarias adecuadas, y disminuir los riesgos de la producción.

La única forma segura de satisfacer las necesidades nutritivas de las personas, es ofrecer alimentos inocuos, evitando así cualquier tipo de daño o enfermedad que suponga un riesgo para su salud. La inocuidad de los alimentos permite que la población pueda acceder a alimentos seguros y nutritivos, lo que garantiza la salud y el bienestar general de las personas.

Cuatro pilares se suelen citar de forma frecuente para considerar una dieta como saludable, ellos son:

1. Variada: implica que es aconsejable introducir alimentos de todos los grupos alimentarios y elegir entre opciones diferentes dentro de los mismos.
2. Suficiente: cada día se debe aportar la energía apropiada según las necesidades de cada persona. Estas varían según la edad, el sexo o la actividad física. También dependen de algunas condiciones concretas como el embarazo o la lactancia.
3. Adecuada: o sea, adaptada a la realidad de cada persona. Esto significa, por un lado, que debe ser acorde con la cultura local y la disponibilidad de alimentos, la facilidad de llevarla a cabo, la

adecuación a las necesidades y preferencias de cada persona, así como a su situación económica y emocional.

Así puede seguirla a lo largo del tiempo y adherirse a ella, porque el estilo de vida saludable sólo tiene efectos positivos en la salud cuando se mantiene con el paso de los años.

4. Equilibrada: dentro de un rango variable, la dieta debe aportar determinadas cantidades de todos los nutrientes, incluida la fibra.

La inocuidad alimentaria es una de las características básicas junto a las nutricionales, organolépticas y comerciales que componen la calidad de un producto alimenticio. Se refiere a la ausencia de elementos dañinos (biológicos, químicos o físicos) en los alimentos, lo que garantiza un consumo seguro por parte de los humanos.

Por lo general, estos peligros son imperceptibles para el ojo humano, lo que supone un riesgo mayor de sufrir algún tipo de daño. Para alcanzar la inocuidad alimentaria, se debe realizar un conjunto de operaciones que van desde la producción, almacenamiento, distribución y preparación de alimentos bajo un estricto protocolo de seguridad para garantizar el consumo de estas sustancias.

El objetivo de la inocuidad alimentaria es lograr la ausencia de agentes patógenos, sustancias químicas, y objetos extraños de carácter físico que son dañinos para la salud humana.

Un alimento puede tener buen aspecto externo y no estar apto para el consumo porque puede provocar alguna intoxicación o enfermedad al consumidor. La alteración puede darse por la presencia de cualquier agente físico, químico o biológico que afecte su inocuidad y aparecer en cualquier momento de la cadena alimentaria; desde la recolección hasta el envasado.

Para la competitividad en la cadena alimentaria, la inocuidad y salubridad son como ejes fundamentales. Tener en cuenta el nuevo paradigma de consumo de agro-alimentos, es importante para adaptar la forma en que los producimos, garantizando altos estándares de calidad y sostenibilidad.⁽¹³⁾

En tal sentido, garantizar la inocuidad de los alimentos constituye una voluntad del Estado y del Gobierno cubanos. El reto, indica una publicación del Ministerio de la Agricultura, a propósito del tema, es garantizar los conocimientos, competencias y habilidades de todos los actores de la cadena alimentaria, en todos los niveles, para favorecer el cumplimiento de las buenas prácticas, tomando en consideración la complejidad y diversidad de la misma.

La variedad en la alimentación

Junto a la calidad y la inocuidad de los alimentos, para poder brindarle al organismo todos los nutrientes que necesita para realizar sus funciones correctamente, es necesario mantener una dieta balanceada. La variedad en la alimentación se cita a menudo como uno de los puntos esenciales de una dieta saludable.

Dado el aumento del turismo nacional e internacional y su extraordinaria importancia económica, es imperativo para este país alcanzar la máxima eficiencia para llegar lo antes posible a la excelencia del servicio y competitividad con parámetros superiores a los mejores en el ámbito regional e internacional, solo posible aumentando la calidad.

En tal sentido, ⁽¹⁾ plantea que la elaboración y servicio de alimentos para el turismo en Cuba, en los últimos años, se ha desarrollado aceleradamente, apareciendo mercados competitivos con clientes cada día más exigentes, por ello, es necesario introducir elementos de calidad a través de métodos flexibles y seguros, capaces de brindar productos y servicios diferenciados, donde el cliente perciba la excelencia y profesionalidad de las entidades prestadoras.

La satisfacción de los clientes en todos los segmentos de la industria, incluidos la aviación, la hostelería y el turismo, la alimentación y los servicios alimentarios, ha sido motivo de gran preocupación desde finales del siglo XX. ⁽¹⁴⁾

La calidad del servicio de un hotel guarda relación directa con el grado de satisfacción de los clientes. Dentro de la industria hotelera, la calidad no sólo dependerá de los servicios tangibles que la empresa proporcione al cliente sino también el trato cordial que los empleados ofrecen. Un cliente que recibe un servicio con amabilidad tendrá una experiencia gratificante y se verá motivado a regresar en una próxima ocasión.

Como ocurre con los bienes, los clientes exigen beneficios y satisfacción de los servicios. Los servicios se compran y se usan por los beneficios que ofrecen, por las necesidades que satisfacen y no por sí solos. La calidad del servicio afecta la satisfacción del cliente y la probabilidad de visitas. ⁽¹⁵⁾

Según Ansón las tendencias actuales deberán mantener consigo la política de “las cuatro eses” ⁽¹⁶⁾ (Saludable, Solidaria, Sostenible, Satisfactoria) para tener una explosión de ideas y sabores en la cocina del futuro sin dejar pasar por alto aspectos tan importantes como son la salud, el bienestar de los comensales, el medio ambiente y la supresión del hambre.

Discusión

En la realización de este ejercicio investigativo se aplicaron métodos, técnicas y procedimientos necesarios en la preparación previa del personal implicado, las coordinaciones necesarias con el cuerpo de dirección de la entidad a estudiar, la revisión bibliográfica imprescindible para el posicionamiento teórico, se elaboraron los instrumentos imprescindibles para obtener la información a tener en cuenta para el diagnóstico y valorar las alternativas de solución a implementar.

Tabla 3. Resultados de la encuesta a clientes de la piscina del Gran Hotel

Resultados de la encuesta a clientes de la piscina del Gran Hotel en Camagüey					
No	Preguntas	Opción 1	Opción 2	Opción 3	En blanco
1	¿Cuántas veces ha utilizado estos servicios?	1 - 2 veces 80	3 - 5 veces 20	+ 5 veces 0	
2	Nivel de satisfacción sobre las informaciones recibidas del servicio	Muy satisfecho 25	Satisfecho 60	Poco satisfecho 15	
3	La elaboración de la comida es:	B 80	R 15	M 0	5
4	La oferta de bebidas no alcohólicas puede considerarse:	0	15	85	
5	Evaluación que asigna a cada situación:	B	R	M	
	Presentación de los platos	82	10	2	6
	Variedad del menú en las comidas	0	70	20	10
	Ambientación en el área de comer	70	20	5	5
	Higiene de los alimentos	85	5	2	8
	Temperatura de los alimentos	50	33	17	
6	Evaluación que asigna a cada situación	B	R	M	
	Trato del personal de alimentos	96	4	0	
	Relación calidad-cantidad/precios	63	21	14	2
	Rapidez en el servicio de alimentos	72	20	5	3
	Sugerencias para mejorar la calidad y variedad de comidas y bebidas				

7	1. Ponerle más esmero a la elaboración de los alimentos.
	2. Tener ofertas variadas para los niños.
	3. Más ofertas en el servicio de alimentos durante el día.
	4. Tener ofertas de bebidas tanto alcohólicas como no alcohólicas
	5. Mejorar la higiene en utensilios y cubiertos.

Preguntas 1 a 6 reflejan el % de los 100 encuestados que eligieron cada opción.

En las respuestas de los entrevistados, mostrados en la tabla, se aprecia predominio de satisfacción por los servicios y atención recibidos, especialmente el trato del personal con el 96 % de aprobación. Otros indicadores también tienen buenas opiniones: como higiene de los alimentos, presentación de los platos y elaboración de la comida, todos con más del 80 % de los votos. Situación desfavorable tiene la oferta de bebidas no alcohólicas con el 85 % negativo y con bajos resultados están: variedad del menú en las comidas, temperatura de los alimentos, relación calidad-cantidad/precios, satisfacción sobre las informaciones recibidas y ambientación en el área de comer. Aspectos estos que deberá prestársele especial atención.

Tabla 4. Propuesta de acciones para incrementar la calidad y la variedad de alimentos en la piscina del Gran Hotel de Camagüey

No	ACCIONES
1	Elaboración de un plan de mejoras para dar solución a las insuficiencias señaladas en el informe.
2	Revisar los convenios con proveedores de alimentos al hotel para garantizar estabilidad en los suministros con la calidad, variedad y cantidad requeridos.
3	Diseñar un plan de formación para que los empleados puedan adquirir los conocimientos y habilidades propias de su puesto de trabajo.
4	Actualizar el sistema de calidad fijando estándares en los procesos de aprovisionamientos de materias primas y la elaboración de productos cocinados que asegure la excelencia en los mismos.
5	Realizar un cambio periódico en la oferta de la carta que la mantenga atractiva para los clientes habituales, eliminando los productos menos demandados y sustituyéndolos por otros de nueva creación mediante la innovación y la investigación en gastronomía.
6	Recoger diariamente las sugerencias y quejas de los comensales para solucionar de inmediato sus inquietudes.
7	Realizar intercambios de experiencias con otros centros en función de mejorar la calidad y variedad del menú diario.
8	Establecer emulación entre trabajadores, con parámetros previamente definidos y estimular a los más destacados en la satisfacción de los clientes.

9	Crear tradición para la oferta de alimentos determinados en ocasiones específicas.
---	--

Conclusiones

Con la aplicación de los métodos y las técnicas se identificó la situación problemática existente en cuanto al servicio de comidas y bebidas en el pasa-día en el área de la piscina del Gran Hotel en la ciudad de Camagüey.

Se pudo comprobar que las mayores insatisfacciones de los clientes están relacionadas con la variedad y calidad de las ofertas de comidas y bebidas debido a factores internos y externos a la entidad.

Se cumplió el objetivo propuesto al encontrar las principales causas de la insatisfacción de los clientes y elaborar acciones de mejoras para la solución del problema investigado.

Referencias bibliográficas

1. Moreno, (2021): Procedimiento para mejorar la calidad de los servicios de alimentos y bebidas en hoteles, Moreno M, Santos P y Pupo Daylín, Revista de Desarrollo Sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación RILCO DS, n. 23 (p.p. 26-37, septiembre 2021). En línea: <https://www.eumed.net/es/revistas/rilcoDS/23-septiembre-2021/alimentos-bebidas-hoteles>
2. Tobar L. (2022). El turismo, su influencia en la economía del Ecuador. Notas de Economía, Análisis de coyuntura de la carrera de economía de la Universidad Politécnica Salesiana (42),1–14. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/80099194/el_turismo_su_influencia_e_n_la_economia_del_ecuador-libre.pdf?
3. Ávila P, (2024) Análisis del proceso de servicio en el bar de la piscina de una instalación hotelera. Ávila P, Contreras M, Dueñas E, Cepero S y Bernal. J. Universidad de Matanzas. Retos Turísticos, Vol. 23, No. 1: e-6230, enero-diciembre.
4. Estrada (2020) Gestión del proceso de restauración en el hotel islazul Pinar del Río. Estrada D, De la Nuez D. Revista Avances, vol.22, num.1, 2020 Instituto de información Científica y Tecnológica <https://www.redalyc.org/html>
5. Kotler, P. (2018). Marketing and production management: Analysis, planning and control, Englewood Cliffs. Prentice Hall.
6. Cruz, (2022). Acciones de mejora de la inocuidad de los alimentos en el “Gran Hotel” de Camagüey. Cruz M, Zambrano J, Guerra L, Agramonte A. Revista Científica Arbitrada de Investigación en Comunicación, Marketing y Empresa REICOMUNICAR. Vol. 5, No. 9 (ene-jun 2022). ISSN 2737-6354. DOI: <https://doi.org/10.46296/rc.v5i90.0044> www.editoriallibkn.com

7. Calle (2018) Gestión del Sector Alojamiento – Hotel Melissa. Calle M, Lazo A, Granados M. Ediciones UTMACH. Publicación digital. Primera edición en español, 2018. ISBN: 978-9942-24-091-0. www.utmachala.edu.ec
8. Cusme, (2018) Manual de procedimientos para la mejora de gestión del área de alimentos y bebidas del Hotel Poseidón. Cusme R F. Formato PDF. Disponible en <https://repositorio.espam.edu.ec>
9. Vasconez-Alvarado, (2022) Acciones de mejora en la calidad de los alimentos para ofrecer mejor servicio en los restaurantes de Bahía de Caráquez. Vasconez-Alvarado Luis. Pol. Con. (Edición núm. 67) Vol. 7, No 2 febrero 2022, pp. 1802-1814 ISSN: 2550 - 682X DOI: 10.23857/pc.v7i2.3681.
10. Eray Polat, (2021) Food and Beverage Experience in Tourism in the Context of Experience Economy. Eray Polat S Z. December 2021 Journal of Gastronomy Hospitality and Travel (joghat) 4(2):409 – 420. DOI:10.33083/joghat.2021.83 ISSN: 2619 -9548.
11. Hernández-Blanco et al (2020) Plan de mejora en calidad del servicio alimentos y bebidas del hotel Meliá Cayo Coco. Hernández-Blanco J, Urgellés-Reyes M, Wilson-González FE; Loredó-Carballo N. [Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada Yachasun](#) 4(7 Edición especial diciembre):94-103
12. Niño (2020). Sistema de Gestión de la Calidad en la Industria Alimentaria, herramienta para controlar un problema de salud pública. Niño M, Universidad Militar Nueva Granada Facultad de Relaciones Internacionales, Estrategia y Seguridad. Bogotá D.C
13. Bergaglio, J. (2018). Conceptos clave en la producción de alimentos. Alimentación. Revista Énfasis. Pp 76-78. Año XXIV, N°8, septiembre 2018. Buenos Aires, Argentina.
14. Nizam (2022) Customers' satisfaction in food and beverage in McDonald's restaurant in United Arab Emirates: A review Nizam NZ, Abdulla MR, Zuhair AlKaabi, Husseini SA. Journal of Positive School Psychology, Vol. 6, No. 3, 4677 – 4683. <https://journalppw.com>
15. Abdullah (2022). Study of Food and Beverage Service Quality and Customer Satisfaction, A literature-based survey of five-star hotel restaurants. Journal of Positive School Psychology 2022, Vol. 6, No. 42959 – 2965. Omar Abdullah, Tahir Sufi, Sanjeev Kumar
16. Ansón, (2017), Informe sobre tendencias en hostelería y gastronomía en 2017. <http://www.kualityfry.com>

Received: [12 marzo 2025] | Accepted: [24 mayo 2025] | Published: [15 junio 2025] |

Citation: Boudet-Leyva, F; Guerrero, R; García, Z; Montes de Oca, F. Acciones para mejorar ofertas alimentarias en pasa-días del Gran Hotel en Camagüey. Bionatura, 2025. Volumen 10, (No 2). 10.70373/RB/2025.10.02.10

Peer review information: Bionatura thanks the anonymous reviewers for their contribution to the peer review of this work using <https://reviewerlocator.webofscience.com/>

All articles published by Bionatura Journal are freely and permanently accessible online immediately after publication, without subscription charges or registration barriers.

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



Copyright: © 2025 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/>)



QUINA (*Cinchona officinalis*) Full Spectrum Extract

Anemia, Asma, Cáncer, Colitis, Estreñimiento, Gastritis, Malaria, Obesidad, Paludismo, Ulceras. Antiséptico, Astringente, Antioxidante, Antibiótico, Anestésico, Digestivo, Febrífugo, Tónico. Lavado de heridas y úlceras, fortalece el sistema inmunológico y ayuda a abrir el apetito. Alivia dolores y malestares menstruales, dolor de dientes, estómago y cabeza.
NOT. SAN. 26001 -ALN-0620.

CONTACTO: Dr. Julio Pineda Insuasti, PhD
info.biodiversity@gmail.com, Cel. +593 99 758 9267. Ibarra -Ecuador
SCIENTIFIC PARTNER: <https://cebaecuador.org/>
inf.ceba@gmail.com, Cel + 593 99 579 7813. Ibarra -Ecuador

21/11/2025

info.biodiversity@gmail.com



Secretaría de
Educación Superior, Ciencia,
Tecnología e Innovación

11 Industrial production of *Pleurotus* spp. mycelium for biomaterials: a PRISMA-guided systematic review of upstream and downstream processes

Camilo Alejandro Pineda-Soto¹, Marvin Ricaurte¹

¹School of Chemical Sciences and Engineering, Yachay Tech University, Hacienda San José s/n y Proyecto Yachay, Urcuquí 100119, Ecuador

Author of correspondence. email: camilo.pineda@yachaytech.edu.ec

Abstract

The industrial production of fungal mycelium has emerged as a promising method for developing sustainable biomaterials that can replace petroleum-based polymers. This study offers a PRISMA-guided systematic review concentrating on the industrial production of *Pleurotus* spp. mycelium, particularly highlighting upstream and downstream processing. The Scopus database initially yielded 124 records. After removing duplicates and checking for quality, 42 studies were chosen for both qualitative and quantitative synthesis. The findings indicate that lignocellulosic agro-industrial waste serves as the optimal substrate, although regulated solid-state fermentation remains the predominant method of production. Mycelium-based products can achieve a cost reduction of up to 60% in circular production chains compared to analogous petroleum-derived materials. Despite significant improvements, issues persist with standardization, contaminant control, and regulatory frameworks. The results demonstrate that fungal mycelium can be extensively employed to manufacture products in an environmentally sustainable way.

Keywords: *Pleurotus* spp.; fungal mycelium; biomaterials; solid-state fermentation; techno-economic analysis; circular economy; PRISMA.

Introduction

The global industrial sector is under mounting pressure to reduce its dependence on fossil-based materials and mitigate the environmental damage associated with petrochemical polymers. Traditional industrial methods mostly rely on non-renewable resources, leading to persistent waste and a significant rise in greenhouse gas emissions. The quest for sustainable alternatives has intensified, leading to the emergence of biological materials as feasible industrial platforms (Akromah et al., 2023; Holt et al., 2024). Fungal mycelium, particularly from *Pleurotus* spp., is recognized for its swift growth, structural robustness, and alignment with circular production techniques.

Mycelium forms the vegetative network of fungi and can colonize lignocellulosic substrates, transforming low-value agricultural residues into high-value biomass structures. This quality closely aligns with circular economy principles by promoting waste valorization and reducing dependence on virgin raw materials (Behera & Gupta, 2015; Han et al., 2020; Jasińska, 2018; Magama et al., 2022). The industrial relevance of mycelium-based materials is demonstrated in sectors such as packaging, textile composites, construction panels, and biodegradable electronics (Akromah et al., 2023; Holt et al., 2024; Choi et al., 2023).

Despite the growing interest, the transition of mycelium technologies from laboratory settings to industrial applications is impeded by fragmented knowledge regarding process scalability, standardization, and economic feasibility. Recent studies have determined optimal cultivation parameters and substrate compatibility (Abdullah et al., 2013; Mayne et al., 2023; Zhang et al., 2023; Xv et al., 2024), although comprehensive comparative assessments of upstream and downstream processes are still few. Furthermore, the diversity associated with fungal strains leads to variability in growth kinetics and chemical composition (Barakat & Sadik, 2014; Krupodorova & Barshteyn, 2015).

Comprehensive assessments of post-harvest treatment and structural conditioning of mycelium materials are likewise scarce. Drying technologies, including thermal drying and vacuum-assisted dehydration, significantly affect mechanical stability and porosity (Singh et al., 2020; Stoffel et al., 2019; Tang et al., 2022), whereas pressing and molding techniques modify density and compressive strength (Manan et al., 2021; Karana et al., 2018). Nevertheless, the incorporation of these technologies into ongoing industrial processes is inadequately standardized.

Economic modeling indicates a substantial gap in the research. Despite various techno-economic studies suggesting favorable cost scenarios (Kapoor et al., 2016; Stoffel et al., 2021; Enarevba et al., 2023), most assessments are site-specific and lack reproducibility frameworks. The integration of process simulation tools such as SuperPro Designer, Aspen Plus, and Pro II has not achieved widespread standardization in research (Enarevba et al., 2023; Bakratsas et al., 2023).

The industrialization of fungal biomaterials poses regulatory and infrastructural hurdles. The lack of international standards hinders substantial private investment and constrains certification avenues for industrial applications (Lai & luZhou et al., 2023; Fletcher, 2019; Post et al., 2020). Simultaneously, energy-intensive processes like substrate sterilization and drying persist as obstacles to low-carbon production (Nguyen et al., 2020; Li et al., 2024).

This PRISMA-guided systematic review aims to synthesize current scientific evidence regarding the upstream and downstream processing of *Pleurotus* spp. mycelium and identify significant barriers and opportunities for industrial-scale application.

Materials and Methods

PRISMA methodology

This review was performed in accordance with PRISMA 2020 guidelines (Page et al., 2021). The Scopus database was chosen as the exclusive data source because of its comprehensive coverage of high-impact publications in biotechnology and industrial engineering.

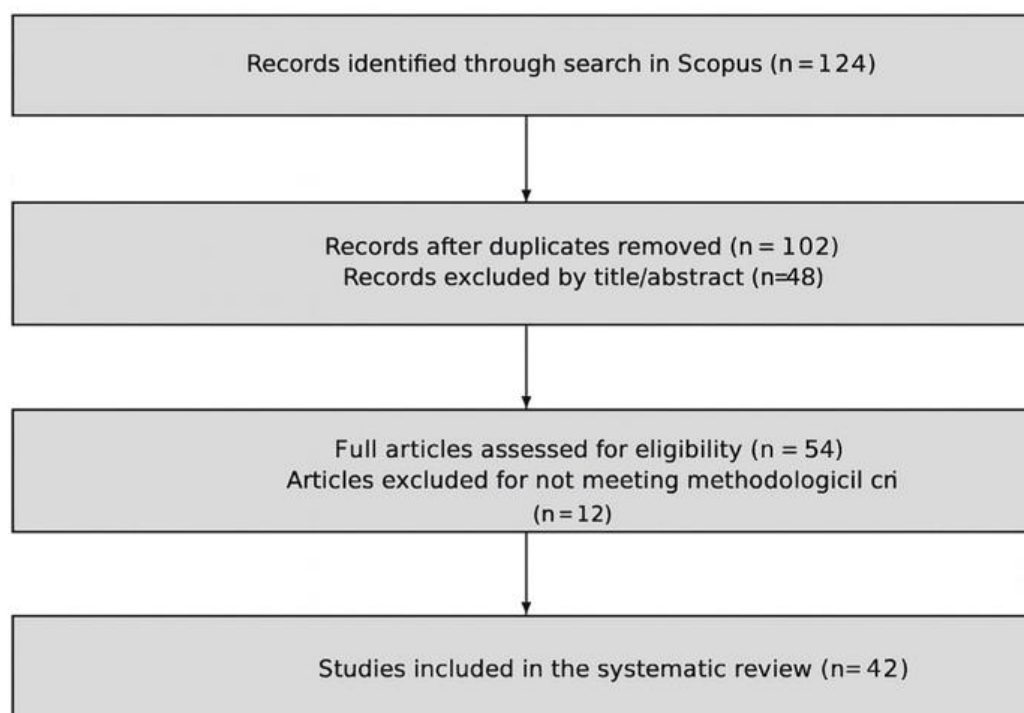


Figure 1. PRISMA flow diagram

Keywords for search: “Pleurotus spp.”, “industrial mycelium production”, “mycelium biomass”, “upstream processing”, “downstream processing”, “solid state fermentation”, “scale-up”, “bioreactors”, “techno-economic analysis”

Inclusion criteria	Exclusion criteria
Peer-reviewed articles	Conference abstracts only
Industrial or pilot-scale focus	Studies without process data
Scopus indexed	Non-indexed sources

Results

1. Upstream processing technologies

The upstream phases were predominantly defined by lignocellulosic substrates such as wheat straw, sugarcane bagasse, sawdust, and horticultural residues (Behera & Gupta, 2015; Han et al., 2020). These substrates significantly reduce raw material costs and facilitate circular economy models (Jasińska, 2018; Magama et al., 2022).

Table 1. Main upstream parameters reported in literature

Parameter	Optimal range	Key references
Temperature	25–30 °C	Mayne et al., 2023; Xv et al., 2024
pH	5.5–6.5	Mayne et al., 2023
Relative humidity	>70%	Zhang et al., 2023
Oxygen availability	Controlled aeration	Abdullah et al., 2013

2. Downstream processing technologies

Drying under controlled temperatures below 80 °C preserves mycelial integrity (Singh et al., 2020; Stoffel et al., 2019). Vacuum and freeze-drying maintain microstructural porosity (Tang et al., 2022). Hot-pressing processes improve density and mechanical resistance (Manan et al., 2021).

Table 2. Downstream technologies reported

Stage	Method	Industrial relevance	References
Drying	Thermal (<80 °C)	Structural preservation	Singh et al., 2020
Drying	Vacuum/freeze	Porosity conservation	Tang et al., 2022
Molding	Hot pressing	Density improvement	Manan et al., 2021

3. Physicochemical and mechanical properties

Mycelium materials showed competitive mechanical behavior compared to expanded polystyrene and superior biodegradability (Choi et al., 2023; Olivero et al., 2023).

Table 3. Comparison with conventional materials

Property	Mycelium (<i>Pleurotus spp.</i>)	Polystyrene (EPS)	References
Compressive strength	Comparable	High	Choi et al., 2023
Biodegradation time	<60 days	>100 years	Olivero et al., 2023
Thermal stability	Up to 250 °C	~100 °C	Wan et al., 2020

4. Techno-economic evaluation

Cost modeling studies consistently report significant reductions when lignocellulosic waste is used.

Table 4. Economic indicators reported

Indicator	Range reported	References
Cost reduction vs polymers	40–60%	Kapoor et al., 2016; Stoffel et al., 2021
ROI	Positive (>15% annually)	Bakratsas et al., 2023
Tools used	SuperPro, Aspen Plus, Pro II	Enarevba et al., 2023

5. Patent and technology landscape

Table 5. Summary of key patents (from your supplied data)

Patent	Process	Application
WO2023172999A2	Submerged culture	Mycelium textiles
CN119317720A	Solid-state fermentation	Biocomposites
US20240067930A1	Perfusion bioreactor	Biomedical scaffolds
EP4454847A1	Static + pressing	Vegan leather

Discussion

This systematic review's findings indicate a unified technological framework in industrial mycelium production that emphasizes lignocellulosic waste valorization, regulated fermentation conditions, and modular downstream processing. The prevalence of agro-industrial leftovers as substrates underscores both economic and environmental benefits, emphasizing the strategic importance of circular resource flows in biomanufacturing (Behera & Gupta, 2015; Han et al., 2020; Jasińska, 2018; Magama et al., 2022).

A significant observation in various studies pertains to the impact of environmental factors on growth kinetics. Temperature between 25–30 °C, pH values of 5.5–6.5, and humidity levels over 70% consistently correspond with improved colonization efficiency (Mayne et al., 2023; Xv et al., 2024; Zhang et al., 2023). Nonetheless, these conditions necessitate meticulously regulated energy input, prompting apprehensions about operational sustainability in extensive complexes.

Strain-specific behavior emerges as an additional determining factor. The variations in mycelial architecture and biochemical makeup among *Pleurotus ostreatus*, *P. pulmonarius*, and *P. eryngii* directly affect mechanical strength and structural integrity (Abdullah et al., 2013; Barakat & Sadik, 2014; Krupodorova & Barshteyn, 2015). This biological variability impacts standardization and presents challenges to quality control in industrial environments.

Downstream processing significantly influences material performance. Thermal drying at temperatures below 80 °C has been reliably shown to preserve structural integrity (Singh et al., 2020; Stoffel et al., 2019), whereas vacuum and freeze-drying techniques sustain microstructural porosity (Tang et al., 2022). Pressing processes substantially alter density and compressive strength (Manan et al., 2021; Karana et al., 2018), suggesting that post-processing procedures can be designed to customize the performance of the final product.

Mechanical and physicochemical evaluations indicate that mycelium-based composites can achieve performance comparable to expanded polystyrene while offering superior biodegradability (Choi et al., 2023; Olivero et al., 2023). Spectroscopic and microscopic analyses consistently confirm the morphological basis for these characteristics (Ismail et al., 2020; Akromah et al., 2023), while thermal stability assessments demonstrate suitability for industrial heating conditions (Wan et al., 2020).

Techno-economic assessments reveal favorable trends, especially when substrate expenses are reduced and energy efficiency is emphasized (Kapoor et al., 2016; Stoffel et al., 2021). Simulation models employing SuperPro Designer, Aspen Plus, and Pro II offer robust decision-support frameworks (Enarevba et al., 2023; Bakratsas et al., 2023), but are still underutilized in comparative cross-study designs.

The patent landscape demonstrates significant industrial engagement. Patent applications predominantly feature solid-state fermentation and submerged culture technologies, with applications ranging from textiles to biomedical scaffolds (WO2023172999A2; CN119317720A; US20240067930A1; EP4454847A1; EP3968776A1). This technology trajectory signifies considerable commercial interest and underscores the need for standardized production methods.

Environmental assessments demonstrate that mycelium-based products significantly reduce long-term ecological impacts compared to petrochemical alternatives; nonetheless, energy consumption during sterilization and drying is a notable constraint (Nguyen et al., 2020; Li et al., 2024). Addressing this constraint will be essential for fully realizing the sustainability potential of these systems.

Conclusion

This systematic review, adhering to PRISMA 2020 principles, illustrates that *Pleurotus* spp. mycelium constitutes a technically feasible and progressively advanced substrate for the industrial fabrication of sustainable biomaterials. Research consistently demonstrates the efficacy of lignocellulosic substrates, regulated fermentation conditions, and modular downstream processes in generating mechanically functional and biodegradable materials (Behera & Gupta, 2015; Han et al., 2020; Mayne et al., 2023; Choi et al., 2023; Wan et al., 2020).

Notwithstanding the evident industrial promise of modern technologies, certain challenges persist. This encompasses genetic diversity among strains, energy-demanding processing phases, lack of process standardization, and deficient regulatory frameworks (Lai & Zhou et al., 2023; Fletcher, 2019; Post et al., 2020; Nguyen et al., 2020). Economic modeling research reveals favorable advancements, particularly within circular economy frameworks, while emphasizing the need for region-specific data and comprehensive pilot validation (Kapoor et al., 2016; Stoffel et al., 2021; Enarevba et al., 2023; Bakratsas et al., 2023).

Future research should focus on improving energy-efficient sterilizing and drying techniques, optimizing bioreactor control systems, and developing defined quality measures for industrial mycelium materials. Comprehensive life cycle assessments and environmental impact evaluations will bolster the argument for extensive commercial adoption.

The findings validate that mycelium-based biomaterials provide a viable and scalable substitute for petroleum-derived materials, contingent upon the systematic resolution of technological, economic, and regulatory hurdles.

Declaration of interest

The authors declare that there is no conflict of interest. The authors alone are responsible for the content of the paper.

References

1. Abdullah, N., Ismail, R., Johari, N. M. K., & Annuar, M. (2013). Production of liquid spawn of an edible grey oyster mushroom, *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél by submerged fermentation and sporophore yield on rubber wood sawdust. *Scientia Horticulturae*, 161, 65–69. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.06.026>
2. Akromah, S., Chandarana, N., & Eichhorn, S. J. (2023). Mycelium composites for sustainable development in developing countries: The case for Africa. *Advanced Sustainable Systems*, 8, 2300305. <https://doi.org/10.1002/adsu.202300305>
3. Arizona Board of Regents on behalf of Arizona State University. (2023). Compositions and methods for producing fungal textile material (WO2023172999A2). World Intellectual Property Organization. <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2023172999>
4. Bakratsas, G., Polydera, A., Nilson, O., Kossatz, L., Xiros, C., Katapodis, P., & Stamatis, H. (2023). Single-cell protein production by *Pleurotus ostreatus* in submerged fermentation. *Sustainable Food Technology*, 1, 377–389. <https://doi.org/10.1039/d2fb00058j>
5. Barakat, O. S., & Sadik, M. (2014). Mycelial growth and bioactive substance production of *Pleurotus ostreatus* in submerged culture. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(4), 1073–1085.
6. Behera, S., & Gupta, N. (2015). Utilization of vegetable waste for biomass production of some

- wild edible mushroom cultures. *Tropical Plant Research*, 2(1), 5–9.
7. Choi, Y. J., Eom, H., Yang, S. H., Nandre, R., Kim, S., Kim, M., Oh, Y. L., Nakazawa, T., Honda, Y., & Ro, H. S. (2023). Heterokaryosis, the main obstacle in the generation of PPO1-edited *Agaricus bisporus* by CRISPR/Cas9 system. *Scientia Horticulturae*, 318, 112095. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2023.112095>
8. Ecovative Design LLC. (2024). Methods of generating mycelial scaffolds and applications thereof (US20240067930A1). United States Patent and Trademark Office. <https://patents.google.com/patent/US20240067930A1>
9. Enarevba, D. R., & Haapala, K. R. (2023). A comparative life cycle assessment of expanded polystyrene and mycelium packaging box inserts. *Procedia CIRP*, 116, 654–659. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.02.110>
10. Fletcher, I. (2019). Effect of temperature and growth media on mycelium growth of *Pleurotus ostreatus* and *Ganoderma lucidum* strains. *Cohesive Journal of Microbiology and Infectious Disease*, 2(5). <https://doi.org/10.31031/CJMI.2019.02.000549>
11. Fungal Biotechnology Co. Ltd. (2025). Method for producing fungal biocomposite material using lignocellulosic waste and by-products, and applications in construction, acoustic insulation, and packaging (CN119317720A). China National Intellectual Property Administration. <https://patents.google.com/patent/CN119317720A>
12. Han, Q., Shi, M., Han, Z., Li, Y., Zhang, W., & Zhang, X. (2020). Bio-mesopores structure functional composites by mushroom-derived carbon/NiO for lithium-ion batteries. *Journal of Alloys and Compounds*, 848, 156477. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.156477>
13. Holt, R. R., Munafo, J. P., Salmen, J., Keen, C. L., Mistry, B. S., Whiteley, J. M., & Schmitz, H. H. (2024). Mycelium: A nutrient-dense food to help address world hunger, promote health, and support a regenerative food system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(5), 2697–2707. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c03307>
14. Ismail, B. P., Senaratne-Lenagala, L., Stube, A., & Brackenridge, A. (2020). Protein demand: Review of plant and animal proteins used in alternative protein product development and production. *Animal Frontiers*, 10(4), 53–63. <https://doi.org/10.1093/af/vfaa040>
15. Jasińska, A. (2018). Spent mushroom compost (SMC) – Retrieved added value product closing loop in agricultural production. *Acta Agraria Debreceniensis*, (150), 185–202. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/150/1715>
16. Jo, C., Zhang, J., Tam, J. M., Church, G. M., Khalil, A. S., Segrè, D., & Tang, T. C. (2023). Unlocking the magic in mycelium: Using synthetic biology to optimize filamentous fungi for

- biomanufacturing and sustainability. *Materials Today Bio*, 19, 100560. <https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2023.100560>
17. Kapoor, M., Panwar, D., & Kaira, G. (2016). Bioprocesses for enzyme production using agro-industrial wastes: Technical challenges and commercialization potential. In G. S. Dhillon & S. Kaur (Eds.), *Agro-industrial wastes as feedstock for enzyme production* (pp. 61–93). Academic Press/Elsevier.
18. Karana, E., Blauwhoff, D., Hultink, E.-J., & Camere, S. (2018). When the material grows: A case study on designing (with) mycelium-based materials. *International Journal of Design*, 12(2), 119–136.
19. Krupodorova, T. A., & Barshteyn, V. Y. (2015). Alternative substrates for higher mushrooms mycelia cultivation. *Journal of BioScience & Biotechnology*, 4(3), 339–347.
20. Lai, D., & Zhou, L. (2023). Effects of carbon, nitrogen, ambient pH and light on mycelial growth, sporulation, sorbicillinoid biosynthesis and related gene expression in *Ustilaginoidea virens*. *Journal of Fungi*, 9(4), 390. <https://doi.org/10.3390/jof9040390>
21. Li, S., Cao, S., Li, X., Zhang, Y., Wang, X., Zhang, X., Lu, W., & Wang, Y. (2024). High performance biochar derived from mycelium-based leather composites waste for energy storage applications. *Journal of Power Sources*, 620, 235254. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2024.235254>
22. Magama, P., Chiyanzu, I., & Mulopo, J. (2022). A systematic review of sustainable fruit and vegetable waste recycling alternatives and possibilities for anaerobic biorefinery. *Bioresource Technology Reports*, 18, 101031. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101031>
23. Manan, S., Ullah, M. W., Ul-Islam, M., Atta, O. M., & Yang, G. (2021). Synthesis and applications of fungal mycelium-based advanced functional materials. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.01.001>
24. Mayne, R., Roberts, N., Phillips, N., Weerasekera, R., & Adamatzky, A. (2023). Propagation of electrical signals by fungi. *Biosystems*, 229, 104933. <https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2023.104933>
25. MycoTechnology Inc. (2022). Myceliated protein compositions having improved texture and methods for making (EP3968776A1). European Patent Office. <https://patents.google.com/patent/EP3968776A1>
26. Nguyen, T. M., & Ranamukhaarachchi, S. L. (2020). Effect of different culture media, grain sources and alternate substrates on the mycelial growth of *Pleurotus eryngii* and *Pleurotus ostreatus*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 23(3), 223–230.

<https://doi.org/10.3923/pjbs.2020.223.230>

27. Olivero, E., Gawronska, E., Manimuda, P., Jivani, D., Chaggan, F. Z., Corey, Z., De Almeida, T. S., Kaplan-Bie, J., McIntyre, G., Wodo, O., & Nalam, P. C. (2023). Gradient porous structures of mycelium: A quantitative structure–mechanical property analysis. *Scientific Reports*, 13, 19285. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45842-5>
28. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
29. Post, M. J., Levenberg, S., Kaplan, D. L., Genovese, N., Fu, J., Bryant, C. J., Negowetti, N., Verzijden, K., & Moutsatsou, P. (2020). Scientific, sustainability and regulatory challenges of cultured meat. *Nature Food*, 1(7), 403–415. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0112-z>
30. Shenzhen Institute of Advanced Technology, Chinese Academy of Sciences. (2024). Leather-like biological composite material, preparation method therefor and use thereof (EP4454847A1). European Patent Office. <https://patents.google.com/patent/EP4454847A1>
31. Singh, U., Gautam, A., Singha, T. K., Tiwari, A., Tiwari, P., Sahai, V., & Sharma, S. (2020). Mass production of *Pleurotus eryngii* mycelia under submerged culture conditions with improved minerals and vitamin D2. *LWT – Food Science and Technology*, 131, 109665. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109665>
32. Stoffel, F., Santana, W. de O., Fontana, R. C., & Camassola, M. (2021). Use of *Pleurotus albidus* mycoprotein flour to produce cookies: Evaluation of nutritional enrichment and biological activity. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 68, 102642. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102642>
33. Stoffel, F., Santana, W. de O., Gregolon, J. G. N., Kist, T. B. L., Fontana, R. C., & Camassola, M. (2019). Production of edible mycoprotein using agroindustrial wastes: Influence on nutritional, chemical and biological properties. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 58, 102227. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102227>
34. Tang, J., Etacheri, V., & Pol, V. G. (2016). Wild fungus derived carbon fibers and hybrids as anode for lithium-ion batteries. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 4(5), 2624–2631. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b00114>
35. Wan Mahari, W. A., Peng, W., Nam, W. L., Yang, H., Lee, X. Y., Lee, Y. K., Liew, R. K., Ma, N. L., Mohammad, A., Sonne, C., Van Le, Q., Show, P. L., Chen, W. H., & Lam, S. S. (2020). A

review on valorization of oyster mushroom and waste generated in the mushroom cultivation industry. Journal of Hazardous Materials, 400, 123156. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123156>

36. Xv, W., Zheng, Q., Ye, Z.-W., Wei, T., Guo, L.-Q., Lin, J.-F., & Zou, Y. (2024). Submerged culture of edible and medicinal mushroom mycelia and their applications in food products: A review. International Journal of Medicinal Mushrooms, 26(3), 1–13. <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2023052039>
37. Zhang, M., Zhang, Z., Zhang, R., Peng, Y., Wang, M., & Cao, J. (2023). Lightweight, thermal insulation, hydrophobic mycelium composites with hierarchical porous structure: Design, manufacture and applications. Composites Part B: Engineering, 266, 111003. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2023.111003>

/ **Received:** [September 12, 2025] / **Accepted:** [November 8, 2025] / **Published:** [December 12, 2025]

/

Citation: Pineda-Soto, C. A., & Ricaurte, M. (2025). Industrial production of *Pleurotus* spp. mycelium for biomaterials: a PRISMA-guided systematic review of upstream and downstream processes. Bionatura 10 (2). DOI: 10.70373/RB/2025.10.02.11

Peer review information: Bionatura thanks the anonymous reviewers for their contribution to the peer review of this work using <https://reviewerlocator.webofscience.com/>

All articles published by Bionatura Journal are freely and permanently accessible online immediately after publication, without subscription charges or registration barriers.

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



Copyright: © 2025 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/>)

12 Industrial production of *Pleurotus* spp. mycelium for biomaterials: techno-economic assessment of a solid-state fermentation plant for biotextiles

Camilo Alejandro Pineda-Soto¹, Marvin Ricaurte¹

¹School of Chemical Sciences and Engineering, Yachay Tech University, Hacienda San José s/n y Proyecto Yachay, Urcuquí 100119, Ecuador

Author of correspondence. email: camilo.pineda@yachaytech.edu.ec

Abstract

Mycelium-based materials have emerged as promising bio-fabricated resources for packaging, construction and biotextiles due to their low density, biodegradability and ability to valorise lignocellulosic residues. However, there is still limited quantitative evidence regarding the technical and economic feasibility of industrial *Pleurotus* spp. mycelium production under realistic operating conditions. This study presents a detailed techno-economic assessment of a solid-state fermentation (SSF) process designed to obtain 12,000 m²·yr⁻¹ of structured *Pleurotus* spp. mycelium sheets as feedstock for the biotextile industry. The process was modelled in SuperPro Designer, including upstream preparation of mineral solutions and lignocellulosic substrate, steam sterilisation, inoculation, controlled aerobic fermentation in a tray-type reactor, and downstream cooling, demoulding, packaging and storage. Mass and energy balances were combined with equipment sizing to estimate capital expenditure (CAPEX) and operating expenditure (OPEX). The overall fixed capital investment was US\$ 498,069, with a total capital demand, including working capital, of US\$ 585,585. Annual operating costs at full capacity (12,000 m²·yr⁻¹) reached US\$ 87,516, dominated by auxiliary facilities and maintenance. For a selling price of US\$ 30 per m² of mycelium sheet, the projected revenues were US\$ 360,000·yr⁻¹. The discounted cash-flow analysis (10-year project horizon, 11.3% discount rate) yielded a net present value (NPV) of US\$ 820,865, an internal rate of return (IRR) of 24.1% and a benefit–cost ratio of 1.75, confirming economic feasibility under the base scenario. Sensitivity analysis revealed strong dependence on product selling price and energy costs. An environmental scoring matrix classified the project as Category II (neutral impact), mainly due to the use of agricultural residues, recycling of process water and low emissions associated with the SSF configuration. The results demonstrate that industrial production of *Pleurotus* spp. mycelium for biomaterial applications is technically feasible and financially attractive in regions with access to

low-cost lignocellulosic residues and moderate energy prices. The study offers a quantitative framework that connects process engineering, environmental performance, and economic feasibility, facilitating decision-making for the implementation of mycelium-based biotextile value chains.

Keywords: *Pleurotus* spp., mycelium-based composites, solid-state fermentation, techno-economic assessment, biotextiles, circular bioeconomy

Introduction

Mycelium-based composites have garnered significant interest as biodegradable, low-density, and sustainable substitutes for petroleum-derived foams, plastics, and engineered wood products (Jones et al., 2020; Yang et al., 2021; Elsacker et al., 2023). These materials use the filamentous network of fungal hyphae to bind lignocellulosic particles together into strong biocomposites. This enables the upcycling of agricultural waste using low-energy bio-fabrication. Applications encompass packaging, insulation, furniture, biotextiles resembling leather, and structural components in lightweight construction (Aiduang et al., 2024; Alaneme et al., 2023; Holt et al., 2024; Lingam et al., 2023).

Pleurotus spp. (oyster mushrooms) are notably appealing in this context due to their fast development, effective colonization of various lignocellulosic substrates, and capacity to develop thick, mechanically resilient mycelial networks (Aiduang et al., 2024; Camilleri et al., 2025). Recent studies have delineated the mechanical, physical, and thermal properties of mycelium-based composites derived from various fungal species and agricultural residues, affirming the appropriateness of *Pleurotus*-based materials for insulation and low-to-medium load-bearing applications (Aiduang et al., 2024; Yang et al., 2021; Ghazvinian et al., 2022).

Nevertheless, most of this material focuses on laboratory-scale experiments or prototype production, without significant quantitative data on industrial process design and techno-economic performance. Evaluations of techno-economics and environmental impact have been documented for analogous bio-based systems, including mycelium composites for construction and chitin nanofibrils derived from fungi, emphasizing the significance of energy consumption, plant scale, and substrate logistics in assessing competitiveness (Osman, 2023; Choi et al., 2023; Muñoz et al., 2023; Akromah et al., 2024).

Nonetheless, there exists a deficiency of research specifically concentrating on *Pleurotus*-derived biomaterials for biotextile applications, wherein sheet-like structures, surface quality, and

dimensional accuracy are critical (Mayne et al., 2023; Wan et al., 2020). This study seeks to perform a thorough techno-economic assessment of an industrial solid-state fermentation (SSF) method for generating structured *Pleurotus* spp. mycelium designed as feedstock for biotextiles and various biomaterials. Building upon experimental knowledge and previous systematic reviews on mycelium materials, the work integrates process simulation, mass and energy balances, equipment sizing, capital and operating cost estimation, financial indicators and environmental scoring.

Materials and Methods

2.1. Process concept and plant capacity

The process targets the production of 1,000 m² of mycelium sheet per month, equivalent to 12,000 m²·yr⁻¹, operating one 8-h shift for 250 days per year. The product is a structurally coherent mycelium–substrate composite obtained by SSF of *Pleurotus* spp. on a lignocellulosic substrate and cast into tray-shaped moulds to generate sheet-like materials suitable for subsequent biotextile processing (pressing, cutting, lamination).

The main process stages are:

- Reception and weighing of agar–malt extract powder and mineral salts.
- Preparation and mixing of aqueous nutrient medium.
- Steam sterilisation in an autoclave (121 °C, 15 min).
- Cooling of the sterilised medium and filling of sterile trays.
- Inoculation with pure *Pleurotus* spp. spawn.
- Incubation/fermentation in a tray-type SSF reactor (FES bioreactor) under controlled temperature, humidity and aeration.
- Unloading, trimming, packaging and labelling of mycelium sheets.

2.2. Process simulation

The process flowsheet was constructed in SuperPro Designer using unit operations for solid handling, mixing, sterilisation, tray drying/fermentation and packaging. The configuration follows the block diagram and detailed flowsheet developed in the master's thesis, including three interconnected

subsystems: (i) substrate and nutrient preparation, (ii) process air conditioning and (iii) fermentation and post-treatment.

Mass balances were based on a representative batch where 61 kg of agar-malt extract medium (AEM) are dissolved in 1,152 kg of water, sterilised and distributed into 152,866 Petri-equivalent units or trays per year, corresponding to the 12,000 m² production target. One kilogram of pure *Pleurotus* spp. inoculum is considered sufficient to inoculate each production batch. Utilities (steam, electricity, cooling water and compressed air) were modelled using SuperPro's built-in utility units.

2.3. Equipment sizing and cost estimation

Equipment was sized automatically by SuperPro based on throughput, residence times and operating conditions, then cross-checked with vendor data for stainless-steel mixing tanks, horizontal autoclaves and industrial tray incubators. The key equipment items are:

- Stainless-steel mixing tank (100 L, AISI 304, motorised agitator)
- Horizontal steam autoclave (approx. 150 °C design temperature, 4.9 bar, stainless steel 304L)
- FES tray-type bioreactor/incubator with electric heating, humidification and forced air circulation
- Refrigerated storage and packaging line (including filling and labelling units)

Purchase costs for equipment and office/laboratory items were taken from updated vendor quotations and literature benchmarks, resulting in a total equipment cost of US\$ 128,700. Installation, piping, electrical systems, buildings, services and contingencies were estimated using standard percentage factors for bioprocess plants (Peters et al., 2003) and refined using the detailed breakdown shown in Table 2.

2.4. Operating cost estimation

Operating costs (OPEX) were divided into:

Variable costs: raw materials (substrate, nutrients), utilities (steam, electricity, water), direct labour, maintenance and repair, operating supplies, laboratory analysis, catalysts/solvents and licensing/royalty fees.

Fixed costs: depreciation, property taxes, insurance and rent.

General expenses: administrative overheads, distribution and sales, and R&D expenses.

Annual costs were calculated at full capacity (12,000 m²·yr⁻¹) and scaled linearly for ramp-up years (50% and 80% utilisation in years 1 and 2). Depreciation was computed using straight-line over 10 years. Interest and loan amortisation assumed 100% debt financing for the fixed capital with typical long-term industrial interest rates.

2.5. Financial analysis

A discounted cash-flow model was built in Excel to compute:

- Net present value (NPV)
- Internal rate of return (IRR)
- Benefit–cost (B/C) ratio
- Break-even point (BEP)
- The main assumptions were:
- Project lifetime: 10 years
- Discount rate: 11.3%
- Corporate income tax: according to national regulations (implicit in provided cash-flow)
- Product selling price: US\$ 30 per m² of mycelium sheet
- Residual value: 10% of fixed capital investment at year 10

The base-case was complemented with sensitivity analysis on product selling price (± 10 –30%) and OPEX ($\pm 10\%$), following common practice in biomass-based techno-economic assessments (Osman, 2023; Jiang et al., 2016, Tang et al., 2016).

2.6. Environmental impact scoring

A semi-quantitative environmental assessment was carried out using a scoring matrix that considers air emissions, wastewater quality and management of solid wastes, along with occupational health and safety measures. Each item is scored according to national guidelines, yielding a total impact score and category (I to IV, from beneficial to highly adverse). The matrix employed herein categorized the mycelium plant as Category II (environmentally neutral) with a score of 34 points, mostly influenced by the presence of organic matter and colorants in process water, however alleviated by recycling and minimal air emissions.

This method, although less comprehensive than a complete life-cycle evaluation, aligns with current LCA research demonstrating that energy use in autoclaves, incubators, and ovens predominates the environmental impact of mycelium production (Stoffel et al., 2019; Akromah et al., 2024; Motamedi et al., 2025).

3. Results

3.1. Process description and block flow diagram

The industrial process starts with reception and weighing of agar–malt extract and mineral salts, which are dissolved in process water in a 100-L stainless-steel mixing tank under agitation. The nutrient solution is then pumped to a horizontal autoclave and sterilised at 121 °C and 15 psi for 15 min, ensuring elimination of contaminant microorganisms. Subsequent to sterilization, the medium is chilled to around 25 °C and aseptically put into sterile trays or molds, where it is inoculated with a pure culture of *Pleurotus* spp.

The inoculated trays are loaded into a tray-type FES bioreactor that maintains temperature, humidity and aeration at optimal levels for micellar growth during a 7-day fermentation period. Upon completion, the solid mycelium–substrate composite is removed, visually inspected, and sent to a refrigerated chamber for stabilisation, followed by packaging in labelled boxes. Figure 1 schematically summarises the main stages.

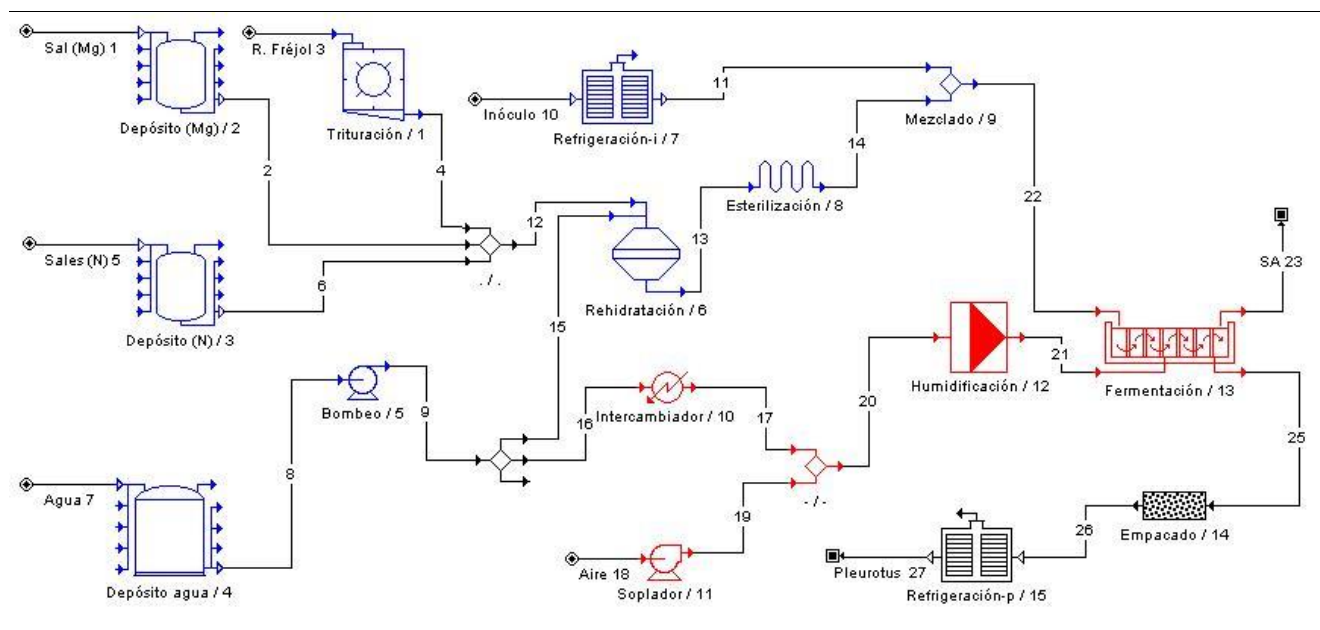


Figure 1. Block flow diagram of the industrial solid-state fermentation process for mycelium sheet production, including raw-material reception, medium preparation, sterilisation, tray filling, inoculation, incubation, cooling and packaging.

3.2. Mass balance

The plant is designed to operate at a capacity of 1,000 m² of mycelium per month (12,000 m²·yr⁻¹). The simplified annual mass balance is summarised in Table 1.

Table 1. Simplified annual mass balance for mycelium sheet production (12,000 m²·yr⁻¹).

Stream / Item	Unit	Annual quantity
Agar–malt extract medium	kg	61
Process water (nutrient)	kg	1,152
Pure <i>Pleurotus</i> spp. spawn	kg	1
Petri/tray units	units	152,866
Mycelium sheets (product)	m ²	12,000
Labels	units	611
Boxes	units	611

These values are conservative estimates that match the SuperPro simulation. They also show that solid-state fermentation systems use water and nutrients very efficiently (Yang et al., 2021; Aiduang et al., 2024).

3.3. Equipment and fixed capital investment

Key process equipment, including preparation, fermentation and packaging units, is summarised in Table 2.

Table 2. Main equipment and machinery for the mycelium production plant.

No.	Equipment item	Quantity	Unit cost (US\$)	Total cost (US\$)
1	Crushing machine	1	3,000	3,000
2	Magnesium-salt storage tank	1	500	500

3	Nitrogen-salt storage tank	1	500	500
4	Process-water storage tank	1	300	300
5	Centrifugal pump	1	150	150
6	Rehydration tank	1	500	500
7	Inoculum refrigeration chamber	1	2,000	2,000
8	Sterilisation autoclave	1	100,000	100,000
9	Mixer / blending tank	1	500	500
10	Heat exchanger	1	1,000	1,000
11	Centrifugal blower	1	150	150
12	Humidification unit	1	400	400
13	Fermentation chamber (FES bioreactor)	1	5,000	5,000
14	Packaging machine	1	1,000	1,000
15	Finished-product refrigeration chamber	1	2,000	2,000
—	Total process equipment	—	—	117,000
16	Office and auxiliary equipment	1	11,700	11,700
—	Total technological equipment	—	—	128,700

Based on this equipment list and associated installation factors, the investment components are summarised in Table 3.

Table 3. Summary of investment costs (CAPEX).

Component	Cost (US\$)
Direct investment (equipment, buildings, services, land)	339,768
Indirect investment (engineering, construction, contractor, contingencies)	158,301
Fixed capital investment (A + B)	498,069
Working capital (two operating cycles)	87,516
Total capital requirement (A + B + D)	585,585

The ratio of indirect to direct investment (about 0.47) is normal for small bioprocess facilities. It shows the extra costs that come with specialized utilities and sanitary installations.

3.4. Operating costs

Annual operating costs at full capacity are detailed in Table 4.

Table 4. Annual operating costs at full capacity (12,000 m²·yr⁻¹).

Cost category	Total (US\$/yr)
Variable costs	53,012.6
Raw materials (substrate, media)	3,050.0
Direct labour	13,127.4
Auxiliary facilities	17,503.2
Maintenance and repair	9,961.4
Operating supplies	1,494.2
Laboratory costs	3,500.6
Royalties / copyrights	875.2
Catalysts and solvents	3,500.6
Fixed costs	26,412.3
Depreciation	16,602.3
Property taxes	5,429.0
Insurance	4,381.0
Rent	0.0
General expenses	8,091.5
Administrative overheads	3,939.2
Distribution and sales	1,751.3
R&D and innovation	2,401.0
Total annual OPEX	87,516.4

Auxiliary facilities (energy and utilities), direct labor, and maintenance collectively represent approximately 45% of operational expenditures, highlighting the necessity of energy-efficient equipment and thorough preventive maintenance programs for ongoing competitiveness (Osman, 2023; Akromah et al., 2024).

3.5. Revenues and cash flow

At a selling price of US\$ 30 per m², the plant revenues increase from US\$ 180,000 in year 1 (50% capacity) to US\$ 288,000 in year 2 (80% capacity) and stabilise at US\$ 360,000·yr⁻¹ from year 3 onwards. Additional cash inflows at year 10 include the recovery of working capital (US\$ 87,516) and the residual value of infrastructure (US\$ 49,806.9).

Total annual expenses (including financial costs) stabilise around US\$ 83,140.6 from year 6 onwards, after completion of long-term loan amortisation. The resulting cash-flow profile yields cumulative non-discounted net cash of approximately US\$ 711,796 by year 10.

3.6. Financial indicators

Using a discount rate of 11.3% and the cash-flow described above, the key financial indicators are:

- Net present value (NPV): US\$ 820,864.7
- Internal rate of return (IRR): 24.07%
- Benefit–cost (B/C) ratio: 1.7462

The economic break-even point, calculated as $BEP = CV/[1+(CF/Sales)]$, stabilises at approximately US\$ 44,383 from year 3 onwards. The data demonstrate robust economic performance, with the IRR markedly exceeding the discount rate and the B/C ratio considerably surpassing 1, aligning with prior favorable bio-based material initiatives (Osman, 2023; Muñoz et al., 2023).

3.7. Sensitivity analysis

Sensitivity analysis (Table 5) shows that the project is particularly sensitive to changes in product revenues. A 10% reduction in revenue diminishes the NPV to US\$ 633,478 and the IRR to 20.0%, but a 30% reduction still results in a positive NPV of US\$ 258,704, but the IRR approaches the discount rate of 11.1%. Conversely, a 10% increase in mycelium price significantly improves profitability (NPV = US\$ 1,008,252; IRR = 27.9%).

Table 5. Sensitivity of financial indicators to changes in revenues and product price.

Scenario	NPV (US\$)	IRR (%)	B/C ratio
Base case	820,864.7	24.07	1.7462
–10% revenues	633,477.9	20.01	1.5758
–30% revenues	258,704.2	11.06	1.2352
+10% mycelium price	1,008,251.6	27.94	1.9165

The high elasticity of NPV and IRR with respect to revenues underlines the importance of market development for mycelium-based biomaterials and the need for long-term purchase agreements with biotextile manufacturers.

3.8. Environmental performance

The environmental impact matrix (Table 6) assigns scores to air emissions, wastewater quality, solid-waste management and occupational safety. The project obtains a total score of 34, corresponding to Category II (environmentally neutral).

Table 6. Environmental impact scoring for the mycelium production plant.

Aspect	Description / Option selected	Score
Productive area classification	Compatible with existing land use	6
Air emissions		
Main energy source	Electricity	2
Noise level	Medium	4
Water contamination		
Effluent composition	Colourants + organic matter	12
Effluent destination	Recycled	2
Solid waste		
Type of solid waste	Organic residues (shells, peels, substrate)	5

Destination of solid waste	Reuse / recycling	1
Health and safety	PPE (lab coat, gloves, goggles, ear protection, helmet, boots, fire extinguisher); overall rating “very good”	2
Total score		34

The moderate score is linked mainly to the presence of organic matter and colourants in process water; however, the impact is mitigated by effluent recycling and composting of solid residues, which are compatible with circular bioeconomy strategies. LCA studies on mycelium composites confirm that energy use in sterilisation and incubation is the main contributor to environmental impacts, so strategies such as heat integration, renewable electricity and improved insulation can further reduce the footprint (Akromah et al., 2024; Motamedi et al., 2025).

Discussion

4.1. Comparison with previous mycelium studies

The simulated process and economic indicators demonstrate significant alignment with contemporary literature regarding mycelium-based materials. SSF on lignocellulosic substrates is recognized as an efficient technique for generating mycelium composites with mechanical properties comparable to lightweight polymer foams (Jones et al., 2020; Elsacker et al., 2023; Aiduang et al., 2024).

This study used a tray-based SSF reactor and specific operating conditions (7-day fermentation, regulated temperature and humidity, and forced aeration) that align with previous research and contemporary design approaches for mycelium scaffolds (Yang et al., 2021; Santulli, 2022).

Experimental research and techno-economic assessments of mycelium composites in construction indicate that competitiveness is influenced by plant scale, substrate logistics, and energy costs (Osman, 2023).

This case study broadens this viewpoint to biotextile applications, illustrating that, despite a limited capacity of 12,000 m²·yr⁻¹, the facility can attain an IRR surpassing 24% under plausible selling prices.

4.2. Technical bottlenecks and process optimisation

From a process-engineering standpoint, the SuperPro simulation highlights the fermentation stage as the main bottleneck, since it dictates residence time, reactor volume and energy consumption. Similar

conclusions have been reported in other mycelium studies, where growth kinetics and oxygen transfer limit scale-up (Ghazvinian et al., 2022; Chan et al., 2021).

Key operational sensitivities identified in this work include:

- Substrate moisture content: small deviations significantly affect colonisation rate and final material cohesion, in agreement with reports on water activity and mycelium growth (Yang et al., 2021; Aiduang et al., 2024).
- Temperature and humidification of process air: crucial for maintaining reactor thermal stability and avoiding overheating caused by metabolic heat.
- Homogeneity of inoculation: required to prevent under-colonised zones that weaken mechanical properties of the resulting sheets.

Process optimisation should therefore prioritise improved heat and mass transfer within the tray reactor (e.g., optimised tray geometry, airflow distribution and intermittent mixing) and advanced control strategies for temperature and humidity.

4.3. Economic relevance and risk profile

The favorable NPV and elevated IRR suggest that cultivating *Pleurotus* mycelium may be a lucrative enterprise under appropriate conditions. The sensitivity analysis indicates that the risk level is moderate to high, mostly due to fluctuations in energy prices and market demand.

The IRR is almost the same as the discount rate when sales drop by 30%. Even though it is still positive, this means that long-term profits may not be as stable as they used to be. These results align with comprehensive assessments of bio-based materials, suggesting that market advancement and policy support (e.g., green public procurement, eco-labels) are essential to alleviate the high initial capital expenses compared to traditional materials (Alaneme et al., 2023; Le Ferrand, 2024).

4.4. Effects on sustainability and the circular economy

This study investigates the transformation of agricultural byproducts and nutrient solutions into a biodegradable material, potentially applicable in biotextiles, packaging, and insulation. In line with previous studies on mycelium bio-composites and their energy-efficient properties (Yang et al., 2021; Motamedi et al., 2025), the results support the utilization of mycelium as a fundamental material in circular bioeconomy projects.

By using local lignocellulosic waste and recycling process water and solid leftovers, the facility cuts down on the need to throw away waste and the greenhouse gas emissions that come with it. Also, small-scale fisheries are labor-intensive and not very high-tech, which helps create jobs in rural areas and regional value chains. This is especially important for countries with strong agricultural sectors.

Conclusions

This study established and analyzed a detailed flowsheet for the industrial cultivation of *Pleurotus* spp. Mycelium sheets generated through solid-state fermentation are designed for use in the biomaterials and biotextiles industries. Employing SuperPro Designer for modeling, mass and energy balances, equipment sizing, and thorough cost analysis, the following conclusions can be drawn:

- The proposed SSF process, comprising sterilized nutritional medium, tray inoculation, and regulated incubation within a FES reactor, is technically feasible and compatible with existing industrial equipment. The regulation of substrate moisture, temperature, humidity, and aeration is crucial for ensuring homogeneous colonization and preserving the structural integrity of the biomaterial.
- The economic viability is evidenced by a total capital requirement of around US\$ 585,585 and an annual operating expenditure of US\$ 87,516 at full capacity, resulting in favorable financial metrics (NPV = US\$ 820,865; IRR = 24.1%; B/C = 1.75) at a selling price of US\$ 30 per m².
- Profitability is very sensitive to fluctuations in product selling prices, revenue instability, and energy expenses. A 30% decrease in revenue still yields a positive NPV but reduces the IRR to around the discount rate, highlighting the need for robust market strategies and long-term contracts.
- The environmental grading matrix classifies the project as Category II (neutral impact), consistent with LCA studies that reveal the principal environmental burden of mycelium composites arises from energy consumption during sterilization and incubation. Strategies such as renewable energy integration, heat recovery, and water recycling might further alleviate impacts.
- Strategic potential: *Pleurotus* mycelium should be regarded not merely as a replacement for certain synthetic materials, but as a foundational material facilitating decentralized, residue-based production systems that incorporate bioeconomy, circularity, and regional development.

5.1. Future work

Based on the outcomes of this techno-economic assessment, the following lines of research and development are recommended:

- Comprehensive mechanical and functional characterisation of the produced mycelium sheets (compression, flexure, tensile strength, thermal conductivity, water absorption) for comparison with existing biotextiles and polymer foams (Elsacker et al., 2023; Aiduang et al., 2024).
- Creation of hybrid biomaterials that integrate mycelium with natural fibers, biopolymers, or mineral fillers to expand application possibilities and enhance durability.
- Execution of life-cycle assessment (LCA) to measure carbon footprint, water footprint, and cumulative energy consumption, based on recent LCA research on mycelium composites (Akromah et al., 2024).
- PMC
- Examination of regulatory instruments and commercial models (e.g., green procurement, eco-labels, take-back schemes) that can facilitate the market adoption of mycelium-based biotextiles.

Declaration of interest

The authors declare that there is no conflict of interest. The authors alone are responsible for the content of the paper.

References

1. Aiduang, W. (2024). Improving the physical and mechanical properties of mycelium-based green composites using paper waste. *Polymers*, 16, 262. <https://doi.org/10.3390/polym16020262>
2. Akromah, S., Åkesson, D., Fröling, M., & West, H. (2024). Potential environmental impact of mycelium composites on African communities. *Sustainability*, 16(10), 4382. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62561-7>
3. Alaneme, K. K., Anaele, J. U., Oke, T. M., Kareem, S. A., Adediran, M., Ajibuwa, O. A., & Anabaranze, Y. O. (2023). Mycelium-based composites: A review of their bio-fabrication procedures, material properties and potential for green building and construction applications. *Alexandria Engineering Journal*, 83, 234–250. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.10.012>
4. Camilleri, E., et al. (2025). Mycelium-based composites: An updated comprehensive review. *Construction and Building Materials*, 412, 134222. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.134222>
5. Chan, X. Y., et al. (2021). Mechanical properties of dense mycelium-bound composites subjected

- to tropical weathering. *Scientific Reports*, 11, 22345. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01598-4>
6. Choi, Y. J., Eom, H., Yang, S. H., Nandre, R., Kim, S., Kim, M., Oh, Y. L., Nakazawa, T., Honda, Y., & Ro, H. S. (2023). Heterokaryosis, the main obstacle in the generation of PPO1-edited *Agaricus bisporus* by CRISPR/Cas9 system. *Scientia Horticulturae*, 318, 112095. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2023.112095>
7. Elsacker, E., Vandelook, S., & Peeters, E. (2023). Recent technological innovations in mycelium materials as leather substitutes: A patent review. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11, 1204861. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1204861>
8. Ghazvinian, A., et al. (2022). Mycelium-based composite graded materials. *Molecules*, 7(2), 48. <https://doi.org/10.3390/biomimetics7020048>
9. Holt, R. R., Munafo, J. P., Salmen, J., Keen, C. L., Mistry, B. S., Whiteley, J. M., & Schmitz, H. H. (2024). Mycelium: A nutrient-dense food to help address world hunger, promote health, and support a regenerative food system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(5), 2697–2707. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c03307>
10. Jones, M., Mautner, A., Luenco, S., Bismarck, A., & John, S. (2020). Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review. *Materials Design*, 187, 108397. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.108397>
11. Le Ferrand, H., et al. (2024). Critical review of mycelium-bound product development to overcome barriers to commercialization. *Journal of Cleaner Production*, 454, 140152. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141859>
12. Lingam, D., Narayan, S., Mamun, K., & Chara, D. (2023). Engineered mycelium-based composite materials: Comprehensive study of various properties and applications. *Construction and Building Materials*, 391, 131841. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131841>
13. Mayne, R., Roberts, N., Phillips, N., Weerasekera, R., & Adamatzky, A. (2023). Propagation of electrical signals by fungi. *Biosystems*, 229, 104933. <https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2023.104933>
14. Motamedi, S., et al. (2025). A review of mycelium bio-composites as energy-efficient and sustainable building materials. *Energies*, 18(16), 4225. <https://doi.org/10.3390/en18164225>
15. Muñoz, J. C., et al. (2023). Techno-economic assessment of chitin nanofibrils isolated from fungi. *ACS Sustainable Resource Management*, 1(1), 75–88. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.3c00102>
16. Osman, E. Y. (2023). Economic assessment of mycelia-based composite in the built environment

(Doctoral dissertation, Kansas State University).

17. Stoffel, F., Santana, W. de O., Gregolon, J. G. N., Kist, T. B. L., Fontana, R. C., & Camassola, M. (2019). Production of edible mycoprotein using agroindustrial wastes: Influence on nutritional, chemical and biological properties. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 58, 102227. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102227>
18. Tang, J., Etacheri, V., & Pol, V. G. (2016). Wild fungus derived carbon fibers and hybrids as anode for lithium-ion batteries. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 4(5), 2624–2631. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b00114>
19. Wan Mahari, W. A., Peng, W., Nam, W. L., Yang, H., Lee, X. Y., Lee, Y. K., Liew, R. K., Ma, N. L., Mohammad, A., Sonne, C., Van Le, Q., Show, P. L., Chen, W. H., & Lam, S. S. (2020). A review on valorization of oyster mushroom and waste generated in the mushroom cultivation industry. *Journal of Hazardous Materials*, 400, 123156. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123156>
20. Yang, L., Park, D., & Qin, Z. (2021). Material function of mycelium-based biocomposite: A review. *Frontiers in Materials*, 8, 737377. <https://doi.org/10.3389/fmats.2021.737377>

/ **Received:** [September 28, 2025] / **Accepted:** [November 22, 2025] / **Published:** [diciember 12, 2025]/

Citation: Pineda-Soto, C. A., & Ricaurte, M. (2025). Industrial production of *Pleurotus* spp. mycelium for biomaterials: techno-economic assessment of a solid-state fermentation plant for biotextiles. *Bionatura* 10 (2). DOI: 10.70373/RB/2025.10.02.12.

Peer review information: Bionatura thanks the anonymous reviewers for their contribution to the peer review of this work using <https://reviewerlocator.webofscience.com/>

All articles published by Bionatura Journal are freely and permanently accessible online immediately after publication, without subscription charges or registration barriers.

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



Copyright: © 2025 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/>)



INSTITUTO PÚBLICO DE
INVESTIGACIÓN DE ACUICULTURA Y PESCA
ECUADOR



***Caristius* sp.**

Los análisis de identificación taxonómica del Ictioplancton se realizan a través de métodos tradicionales y metodologías estándares que permiten determinar épocas y zonas de desove de las principales especies hidrobiológicas, son realizados en los Laboratorios de Ictioplancton del Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca - IPIAP.



Secretaría de
Educación Superior, Ciencia,
Tecnología e Innovación



Contacto

<https://www.facebook.com/BiodiversityEC>

info.biodiversity@gmail.com

Cel.: +593 99 758 9267

Ibarra-Ecuador.



CALÉNDULA (*Caléndula officinalis*)

BENEFICIOS:

Ayuda a proteger los ojos del daño causado por la luz azul y los radicales libres, reduciendo el riesgo de degeneración macular y cataratas.

CONTACTO:

Dr. Julio Pineda Insuasti, PhD.
info.biodiversity@gmail.com
Cel. +593 99 758 9267

Ibarra-Ecuador

SCIENTIFIC PARTNERS: <https://cebaecuador.org/>



21/11/2025

info.biodiversity@gmail.com

35

Instrucciones a 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 estén 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 las 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.



Periférico Sur s/n, San Antonio. Ibarra – Ecuador

<https://bioecologicos.com/>

<https://www.facebook.com/BioecologicosEC/>

Email: bioecologicosec@gmail.com

Cel.: +593 99 5968529

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
- MIES – 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
 - Litoteca

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.catolicadeoriente](https://www.facebook.com/universidad.catolicadeoriente) [@uconiano](https://twitter.com/uconiano)



“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) 531 39 72 - **Email:** uco@uco.edu.co

