Bionatura
International Journal of Biotechnology and Life Sciences
ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

Cambios estacionales en los ensamblajes de zooplancton a través de gradientes extremos de salinidad-temperatura en ambientes hipersalinos

"Seasonal shifts in zooplankton assemblages across extreme salinity-temperature gradients in hypersaline environments"

Carlos Andrade. Biólogo. M.Sc, Magister en Ciencias en Manejo de Recursos Bioacuáticos y Ambiente, Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad – Santa Elena, ceandrade@upse.edu.ec, ORCID: http//orcid.org/0000-0001-8804-5956

María Herminia Cornejo-Rodríguez. Bióloga- PhD., Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad- Santa Elena, herminia2012@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8952-3710

Erika Salavarría Palma. Bióloga-Ph.D., Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad-Santa Elena, esalavarria@upse.edu.ec, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7104-4850

Richard Duque Marín. Biólogo- M.Sc., Magister en Ciencias. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad – Santa Elena, rduque@upse.edu.ec, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6084-1640

DOI: 10.70373/RB/2025.10.01.8

RESUMEN

El desconocimiento de los sistemas hipersalinos, condujo al estudio de los evaporadores, ya que representan ambientes extremos donde la salinidad y temperatura moldean las comunidades acuáticas. Este estudio caracterizó la respuesta del zooplancton a estos gradientes en tres evaporadores (EVA-2, EVA-8, EVA-12) con conexiones hidrológicas contrastantes, evaluando su variabilidad estacional y los factores ambientales clave.

Se recolectaron muestras de zooplancton filtrando 60 L de agua por estación de muestreo con red de 55 µm, el análisis poblacional se realizó cuali-cuantitativamente mediante método de Boltovskoy. Se midieron parámetros físico-químicos (temperatura, salinidad, pH y nutrientes) y se aplicó *ANOVA* de una vía y *Kruskal Wallis* para determinar diferencias estacionales ($p<0.05$). Durante el invierno el análisis de similitud (*ANOSIM*) mostró a nivel espacial que existen diferencias significativas ($R=0.73$; $p=0.0064$), con comunidades no homogéneas, el análisis de similitud porcentual *SIMPER* encontró disimilitud global de 67.83% a nivel espacial y temporal, donde la familia Corixidae (Hemíptera) (66.28% EVA-2 vs EVA-8), turbelarios (30.71% EVA-2 vs EVA-12). Mientras en verano el *ANOSIM* mostró diferencias moderadas ($R=0.67$; $p=0.0043$). El *SIMPER* evidenció 64.13%. Especies clave:

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

anfípodos (20.54% EVA-2 vs EVA-8), Artemia (21.21% EVA-8 vs EVA-12). El análisis de Correlación Canónica (*CCA*) reportó en el evaporador 2 de baja salinidad dos taxas representadas por anfípodos y copépodos calanoides, mientras en el evaporador 12 (hipersalinos) a las Artemias *sp*. y huevos de corixidae se asociaron positivamente con la salinidad (106.8 psu), temperaturas de 32.2°C, y fosfatos altos (6.2 mg/L). En verano fueron los ostrácodos y anfípodos que se asociaron con la salinidad moderada (70-80 psu), temperaturas bajas (25°C) y fosfatos intermedios (3.7-4.2mg/L), (Versión Past 4.13). El análisis de Escalamiento Multidimensional no Paramétrico (*nMDS*) en invierno registró un estrés bajo (0.047), confirmando distribución diferencial entre evaporadores vinculada a gradientes de salinidad (39.058 psu) y temperatura (29.6°C). Mientras en verano evidenció un estrés aceptable (0.12), con salinidad (55.29 psu) y temperatura (25.64°C).
Palabras clave: *ANOSIM*, *SIMPER*, *nMDS*, *ACC*, zooplancton hipersalino

SUMMARY

The lack of knowledge about hypersaline systems led to the study of evaporators, as they represent extreme environments where salinity and temperature shape aquatic communities. This study characterized the zooplankton response to these gradients in three evaporators (EVA-2, EVA-8, EVA-12) with contrasting hydrological connections, assessing their seasonal variability and key environmental factors.

Zooplankton samples were collected by filtering 60 L of water per sampling station using a 55 µm mesh net. Population analysis was performed qualitatively and quantitatively using Boltovskoy's method. Physicochemical parameters (temperature, salinity, pH) were measured, and one-way ANOVA and Kruskal-Wallis tests were applied to determine seasonal differences ($p<0.05$).

During winter, the similarity analysis (ANOSIM) showed significant spatial differences ($R=0.73$; $p=0.0064$), with non-homogeneous communities. The percentage similarity analysis (SIMPER) revealed a global dissimilarity of 67.83% spatially and temporally, where the family Corixidae (Hemiptera) (66.28% EVA-2 vs. EVA-8) and turbellarians (30.71% EVA-2 vs. EVA-12) were the main contributors. In summer, ANOSIM showed moderate differences ($R=0.67$; $p=0.0043$), and SIMPER indicated 64.13% dissimilarity. Key species included amphipods (20.54% EVA-2 vs. EVA-8) and Artemia *(21.21% EVA-8 vs. EVA-12).*

Canonical Correlation Analysis (CCA) reported that in the low-salinity evaporator (EVA-2), two taxa—amphipods and calanoid copepods—were dominant. In contrast, in the hypersaline evaporator (EVA-12), Artemia *sp. and Corixidae eggs were positively associated with high salinity (106.8 psu), temperatures of 32.2°C, and elevated phosphate levels (6.2 mg/L). In summer, ostracods and amphipods*

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

were associated with moderate salinity (70-80 psu), lower temperatures (25°C), and intermediate phosphate levels (3.7-4.2 mg/L) (Past v4.13).

Non-metric Multidimensional Scaling (nMDS) in winter showed low stress (0.047), confirming differential distribution among evaporators linked to salinity (39.058 psu) and temperature (29.6°C) gradients. In summer, nMDS indicated acceptable stress (0.12), with salinity (55.29 psu) and temperature (25.64°C) as key factors.

Keywords: ANOSIM, SIMPER, nMDS, CCA, hypersaline zooplankton

INTRODUCCIÓN

"Los ambientes hipersalinos, con salinidades que superan ampliamente las del agua de mar (≥50–300 g/L), representan ecosistemas extremos que albergan comunidades biológicas altamente especializadas" [17-25]. "Entre estos organismos, el zooplancton desempeña un papel crucial como intermediario en las redes tróficas, vinculando la producción microbiana y algal con niveles superiores como peces y aves acuáticas" [16-22]. "Sin embargo, la dinámica de estas comunidades está fuertemente influenciada por fluctuaciones en parámetros abióticos (salinidad, temperatura, oxígeno) y presiones antrópicas, lo que los convierte en modelos ideales para estudiar respuestas ecológicas a disturbios globales". [32-33]

El zooplancton en sistemas hipersalinos está dominado por taxa como *Artemia* spp. (Anostraca), rotíferos (e.g., *Brachionus plicatilis*), y copépodos (e.g., *Cletocamptus* spp.), organismos con notables adaptaciones fisiológicas (osmorregulación, quistes resistentes) para sobrevivir a estrés osmótico y variabilidad ambiental [6-11]. "Por ejemplo, *Artemia* produce quistes latentes que persisten en sedimentos durante décadas, emergiendo cuando las condiciones son favorables" [5]. "No obstante, estos mecanismos tienen límites; salinidades extremas (>200 g/L) suelen reducir la diversidad a unas pocas especies eurihalinas" [18].

"La variabilidad temporal del zooplancton en lagunas hipersalinas está ligada a ciclos estacionales de precipitación-evaporación, que modifican la salinidad y disponibilidad de nutrientes" [20]. En sistemas como Mar Chiquita (Argentina) o el Mar Muerto, se observan pulsos de abundancia zooplanctónica durante períodos de menor salinidad, seguido de efectos fluctuantes en la biota marina del lago, evidenciándose a nivel de los organismos dominantes en cada etapa de la misma, observándose alteraciones en la biodiversidad general y la complejidad de la red alimentaria, seguidos de colapsos poblacionales en fases de hiperconcentración[26]. Estas condiciones son experimentadas por muy pocos organismos macroplanctónicos equivalentes; por lo tanto, Artemia puede ser considerado un animal extremófilo modelo

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

que ofrece una suite única de adaptaciones espaciales, la heterogeneidad de hábitats (playas, fondos, canales, piscinas hipersalinas) genera micro refugios donde persisten comunidades diferenciadas. [15]

"El cambio climático amplifica la evaporación en regiones áridas, acelerando la hipersalinización y reduciendo la ventana de habitabilidad para el zooplancton" [21]. Estudios en el Mar de Aral evidencian desde la década de 1970 ha disminuido gradualmente las densidades poblacionales de zooplancton en general, dominando dos especies como *Moaina saina* y *Artemia parthenogenetica*, esta última que ha sido dominante desde el año 2000 en el plancton del Mar de Aral, constituyendo el 99 % de la población del zooplancton con el aumento de salinidad (>120 g/L). [23]. Paralelamente, en estudios realizados de comportamientos del zooplancton se pudo identificar una direccionalidad de la comunidad del zooplancton y las condiciones ambientales, exhibiendo un patrón espacial consistente con el corredor de viento predominante sobre un espejo de agua. [19]

"A pesar de su importancia ecológica, pocos trabajos que integran escalas temporales largas (décadas) con datos espaciales de alta resolución en sistemas hipersalinos". [28]

[12] encontraron en su estudio en un lago somero hipersalino en la provincia de La Pampa; la laguna de Ultracan en Argentina, presentó concentraciones medias de sólidos disueltos de 238,05 g/l y una abundancia media de *Artemia persimilis* de 90,9 ind/l. La laguna mostró una baja diversidad y elevadas concentraciones de nutrientes. La salinidad afectó la abundancia de la especie.

ÁREA DE ESTUDIO

Las piscinas evaporadoras de Ecuasal se encuentran en la provincia de Santa Elena, sector Mar Bravo, a 2 km del cantón Salinas, en coordenadas geográficas 2°13'49.8" S y 80°57'48.1" O (Figura 1). Esta zona presenta un suelo arenoso con alto contenido de arcilla y sales, así como un clima predominantemente seco. El complejo abarca un área total de 487.79 hectáreas (Ha), de las cuales 334.03 Ha corresponden a piscinas evaporadoras y 36.09 Ha a piscinas cristalizadoras. [27-4-3]

El sistema de piscinas evaporadoras consta de 14 unidades con una profundidad promedio de dos metros y un desnivel superficial de 25 cm. La circulación del agua es lenta pero continua, impulsada por bombeos periódicos de agua de mar. Este flujo, junto con la influencia de los vientos y la radiación solar (heliofanía), genera gradientes de salinidad que oscilan entre 40 y 200 psu (unidades prácticas de salinidad) en las distintas piscinas (Figura 1).

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

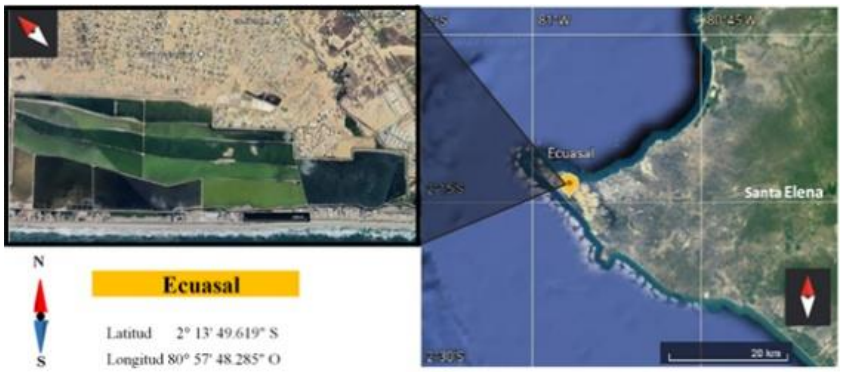

Figura. 1: Mapa del Ecuador y Ecuasal en la provincia de Santa Elena, cantón Salinas con sus coordenadas. Fuente: (*Google Earth*, 2025).

Para el estudio, se seleccionaron tres piscinas evaporadoras con gradientes de salinidad contrastantes, considerando su posición en el flujo hidrodinámico del complejo. El evaporador dos, ubicado en la zona de ingreso de agua marina, fue elegido por presentar condiciones más similares al ambiente costero. El evaporador ocho representó una salinidad intermedia, mientras que el evaporador 12 fue seleccionado por registrar los niveles más altos de salinidad en el sistema. En cada piscina se establecieron tres puntos de muestreo, determinados en función de la accesibilidad y la proximidad a las compuertas de interconexión (Figura 2).

Figura 2: Evaporadores 2, 8 y 12 en la planta de Ecuasal. Fuente: (Google Earth, 2025).

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de muestreo y metodología analítica

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

Selección de puntos de muestreo

En cada evaporador se establecieron tres estaciones de muestreo (Figura 3), seleccionadas según criterios de accesibilidad y representatividad espacial:

1. zona adyacente a la compuerta de interconexión entre evaporadores,
2. sector central perimetral del evaporador.
3. área periférica en la esquina del evaporador.

Protocolo de muestreo

Mensualmente se recolectaron muestras integradas de 180 L de agua por evaporador (60 L por estación), obtenidas superficialmente y filtradas mediante una rede cónica WP-2 de 335 µm de apertura de malla. Las muestras de zooplancton se preservaron inmediatamente en formalina al 4 % neutralizada con tetraborato de sodio.

Procesamiento de muestras biológicas

En casos de elevada densidad zooplanctónica por muestra, se realizó submuestreo. La identificación taxonómica se llevó a cabo utilizando claves de identificación estandarizadas [8-29-14], mientras que la cuantificación se efectuó mediante cámaras de Bogorov siguiendo metodologías cuali-cuantitativas.

Figura. 3: Tres estaciones por evaporador. Lugar de toma de muestras.
Fuente:(Google Earth, 2025).

Análisis fisicoquímicos

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

Los parámetros ambientales (temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto) se registraron *in situ* con una sonda multiparamétrica Hanna HI9829. Paralelamente, para la cuantificación de nutrientes (nitritos, nitratos y fosfatos) se recolectaron muestras de agua en envases de polietileno de 500 ml, las cuales se preservaron en frío (4 °C) hasta su análisis en laboratorio.

Análisis estadísticos

Para evaluar las variaciones temporales y espaciales en los parámetros analizados, se implementó un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis [9], considerando las estaciones de muestreo (evaporadores 2, 8 y 12) como variables independientes y los parámetros fisicoquímicos (temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto) y biológicos (densidad poblacional de zooplancton) como variables dependientes, con un umbral de significancia de $\alpha = 0.05$. [24]

Al identificar diferencias significativas, se aplicó una prueba post hoc de Kruskal-Wallis para establecer agrupaciones homogéneas [10]. La representación gráfica se realizó mediante diagramas de caja y bigotes (boxplot)**,** para representar visualmente los resultados conforme a las recomendaciones de [9], facilitando la interpretación visual de las distribuciones y patrones en los datos.

Adicionalmente, se utilizó análisis de similitud (*ANOSIM*), para comprobar la disimilitud temporal y espacial se aplicó (*SIMPER*), para comprobar la asociación de los diversos grupos con las variables físico-químicas se aplicó la correspondencia Canónica (*ACC*) y para comprobar la distribución diferencial entre evaporadores vinculadas a los gradientes salinos se utilizó el análisis de Escalamiento Multidimensional no Paramétrico (*nMDS*). Todos los análisis se ejecutaron en el software PAST 4.13**,** asegurando rigor metodológico y reproducibilidad.

RESULTADOS

El análisis de las temperaturas registradas en las estaciones Eva-2, Eva-8 y Eva-12 revela patrones estacionales claramente diferenciados, con variaciones significativas entre los meses de transición (noviembre y mayo), invierno (diciembre a abril) y verano (junio a octubre). Durante los meses invernales se observan las temperaturas más elevadas, siendo febrero el mes que registró los valores máximos absolutos en todas las estaciones: 34,72 °C en Eva-12 (17-feb-22), seguido de 33,81 °C en Eva-8 (17-feb-22) y 32,00 °C en Eva-2 (17-feb-22), confirmando este período como el más cálido del ciclo anual. Marzo también mostró temperaturas notablemente altas, particularmente en Eva-12 que alcanzó 36,34 °C (4-mar-22), el valor máximo registrado en toda la serie.

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

Los meses de transición presentaron comportamientos diferenciados: noviembre mostró un rango entre 23,30 °C y 28,77 °C, con Eva-8 registrando la mayor variación (23,69 °C a 28,77 °C), mientras que mayo actuó como puente hacia el verano, con temperaturas descendentes que oscilaron entre 26,24 °C y 28,56 °C, siendo Eva-12 la estación con valores ligeramente superiores. El verano se caracterizó por un enfriamiento progresivo, con los valores mínimos absolutos registrados en octubre: 22,03 °C en Eva-8 (28-sept-22), 22,26 °C en Eva-2 (25-oct-22) y 23,07 °C en Eva-12 (25-oct-22), marcando el final del ciclo con las temperaturas más bajas. Julio también destacó como mes frío, con mínimos de 23,18 °C en Eva-2 (14-jul-22) y 24,17 °C en Eva-8 (14-jul-22).

Al comparar las tres estaciones, Eva-12 consistentemente registró las temperaturas más altas durante el invierno (hasta 36,34 °C), seguida por Eva-8 y Eva-2, lo que sugiere posibles diferencias microclimáticas o de exposición entre los puntos de medición. Durante el verano, las diferencias entre estaciones fueron menos marcadas, aunque Eva-2 mantuvo tendencias ligeramente más frescas, particularmente en julio y octubre. Los meses de transición (mayo y noviembre) mostraron mayor uniformidad entre estaciones, con variaciones que no superaron los 2,5 °C en ningún caso.

Esta secuencia temporal evidencia un patrón estacional bien definido, con inviernos cálidos que contrastan con veranos moderados, y meses de transición que actúan como puntos de inflexión térmica. La presencia de valores extremos en marzo (36,34 °C) y octubre (22,03 °C) podría estar asociada a eventos climáticos puntuales o a características locales de cada estación, lo que ameritaría un análisis complementario de factores ambientales como radiación solar, humedad o cercanía a cuerpos de agua. La consistencia en los registros de febrero como el mes más cálido refuerza la influencia de la estacionalidad en el régimen térmico de la zona estudiada (Figura 4).

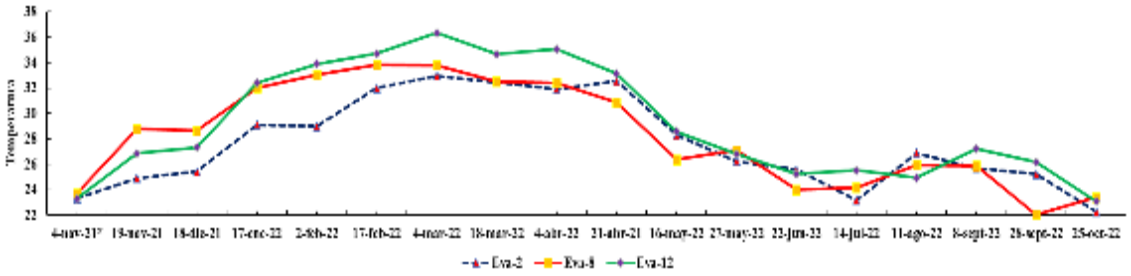

Figura 4. Distribución de la temperatura durante los 12 meses de muestreo entre los evaporadores (EVA-2, EVA-8 y EVA-12) entre invierno y verano.

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

La salinidad en las estaciones Eva-2, Eva-8 y Eva-12 revela patrones contrastantes entre estaciones y una marcada variabilidad estacional. Durante los meses invernales (diciembre-abril), Eva-2 y Eva-8 presentaron sus valores mínimos, destacando 34,09 psu en Eva-2 (17-ene-22) y 46,77 psu en Eva-8 (17-ene-22), mostrando una notable disminución respecto a los meses de transición. Sin embargo, Eva-12 exhibió un comportamiento atípico, registrando sus máximos absolutos en este período con 135.40 psu (18-dic-21) y 135,00 psu (18-mar-22), seguido de un abrupto descenso a 73,00 psu (17-ene-22), lo que sugiere fenómenos locales de evaporación intensa o aportes salinos puntuales en esta estación.

Los meses de transición mostraron comportamientos diferenciados: noviembre presentó valores extremadamente contrastantes entre estaciones, desde 48,77 psu en Eva-2 (19-nov-21) hasta 126,87 psu en Eva-12 (19-nov-21), evidenciando condiciones heterogéneas previas al invierno. Mayo actuó como período de transición con salinidades intermedias, donde Eva-12 registró 115.00 psu (16-may-22) y 128.13 psu (27-may-22), manteniendo su tendencia hipersalina, mientras Eva-2 y Eva-8 mostraron valores notablemente inferiores (33,92 psu y 48,82 psu respectivamente el 16-may-22).

El verano presentó una clara divergencia entre estaciones: Eva-12 experimentó un drástico descenso desde 116,10 psu (14-jul-22) hasta 70.00 psu (25-oct-22), aproximándose a los valores de las otras estaciones hacia octubre. Mientras tanto, Eva-8 mantuvo un rango estable entre 44,22 psu (14-jul-22) y 53,09 psu (28-sept-22), y Eva-2 fluctuó moderadamente entre 32,22 psu (14-jul-22) y 36.95 psu (8-sept-22), siendo consistentemente la estación con menores salinidades.

Los extremos absolutos resaltan esta disparidad: el máximo absoluto de 138,60 psu en Eva-12 (21-abr-21) contrasta radicalmente con el mínimo de 28,30 psu en Eva-2 (21-abr-21) registrado el mismo día, evidenciando condiciones micro ambientales extremadamente variables. Esta heterogeneidad espacial se mantuvo durante todo el ciclo, con Eva-12 operando como un sistema hipersalino (valores frecuentemente >100 psu), mientras Eva-2 representó el ambiente menos salino (valores generalmente <50 psu) y Eva-8 mostró condiciones intermedias.

Los datos sugieren que, mientras Eva-2 y Eva-8 responden a patrones estacionales convencionales con mínimos invernales, Eva-12 presenta una dinámica propia, posiblemente influenciada por factores locales como aislamiento hidrológico, evaporación intensa o aportes salinos subterráneos. La convergencia de salinidades en octubre (70,00 psu en Eva-12 vs 52,80 psu en Eva-8 y 36.56 psu en Eva-

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

2) podría indicar un proceso de homogenización al final del ciclo anual, aunque persisten diferencias sustanciales entre estaciones que reflejan la complejidad hidrológica del sistema estudiado (Figura 5).

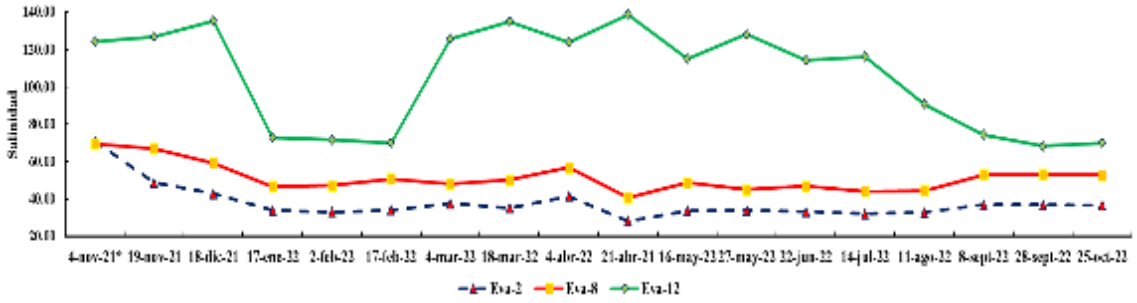

Figura 5. Distribución de la salinidad durante los 12 meses de muestreo entre los evaporadores (EVA-2, EVA-8 y EVA-12) entre invierno y verano.

El análisis del pH en las tres estaciones de monitoreo revela patrones diferenciados con variaciones estacionales marcadas. Durante los meses de transición, noviembre mostró valores contrastantes: Eva-8 registró un pH excepcionalmente alto de 9,75 (4-nov-21), mientras Eva-12 presentó el valor más bajo del período con 8,29 (19-nov-21), y Eva-2 mantuvo una estabilidad relativa en 8,61. En mayo, las estaciones mostraron una tendencia a la acidificación, particularmente Eva-12 que alcanzó su mínimo anual de 7,86 (16-may-22), mientras Eva-8 y Eva-2 presentaron valores de 8,74 y 8,53 respectivamente en la misma fecha.

El período invernal (diciembre-abril) exhibió la mayor variabilidad inter estacional: Eva-8 mantuvo condiciones alcalinas destacadas con máximos de 9,47 (18-dic-21) y 9.32 (2-feb-22), contrastando radicalmente con Eva-12 que registró sus valores más bajos en este período, alcanzando un mínimo absoluto de 7,96 (18-mar-22). Eva-2 mostró un comportamiento intermedio con un rango estable entre 8,32 (17-ene-22) y 9,18 (18-mar-22), siendo esta última medición el valor máximo registrado en esta estación durante todo el ciclo anual.

En la época de verano (mayo-octubre) presentó una gradual estabilización de los valores: Eva-12 mostró una notable recuperación alcalina desde su mínimo en mayo hasta alcanzar 8.90 (28-sept-22), mientras Eva-8 mantuvo su tendencia alcalina con valores entre 8,73 (22-jun-22) y 9,20 (11-ago-22), siendo este último el máximo registrado en verano. Eva-2 presentó la menor variación estacional, con un rango estrecho entre 8,47 (22-jun-22) y 8.86 (11-ago-22), mostrando así mayor resistencia a los cambios estacionales.

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

Los extremos absolutos del ciclo anual destacan la heterogeneidad del sistema: el valor máximo registrado fue 9,75 en Eva-8 (4-nov-21), mientras el mínimo absoluto correspondió a Eva-12 con 7,86 (16-may-22). Esta variación de casi 2 unidades de pH evidencia condiciones químicas radicalmente diferentes entre estaciones separadas geográficamente. La estación Eva-8 se caracterizó por mantener condiciones persistentemente alcalinas (pH > 8,5 en todas las mediciones), Eva-12 mostró la mayor amplitud de variación (7,86 – 8,90), mientras Eva-2 presentó el comportamiento más estable, con variaciones que no superaron 0,7 unidades durante todo el año.

Estos patrones sugieren que, mientras factores estacionales afectan el pH en todas las estaciones, las condiciones locales (como aportes de aguas subterráneas, actividad biológica o características geomorfológicas) juegan un papel determinante en las diferencias observadas entre estaciones. La notable recuperación alcalina de Eva-12 en septiembre-octubre, coincidente con el aumento de salinidad observado previamente, podría indicar procesos biogeoquímicos específicos en esta estación que merecerían investigaciones adicionales (Figura 6).

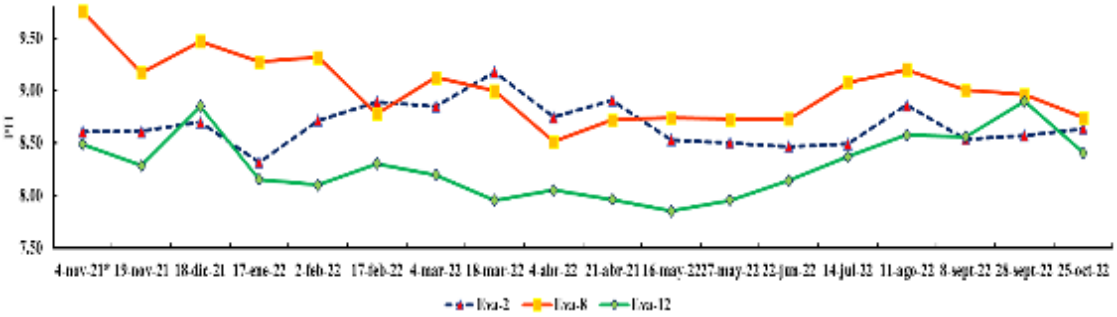

Figura 6. Distribución del pH durante los 12 meses de muestreo entre los evaporadores (EVA-2, EVA-8 y EVA-12) entre invierno y verano.

Aspectos bióticos

Densidad del zooplanctónica

En la estacionalidad del evaporador dos se aplicó ANOVA de una vía, obteniéndose una *razón F* de 16 con un *p=0,0008,* observándose diferencias significativas entre invierno y verano. Cabe mencionar que se aplicó la prueba de *KW p=0,038*. El análisis revela variaciones significativas en la abundancia de diversas especies entre las estaciones de invierno y verano. Durante el verano, se observó un aumento notable en la población de anfípodos, alcanzando 108,4 Ind.L^{-1}, mientras que en invierno registró 27,77 Ind.L^{-1}. En contraste, la Artemia experimenta una ligera disminución durante el verano, descendiendo a 6.49 Ind.L^{-1} desde los 6,66 Ind.L^{-1}que se registraron en invierno.

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

Los copépodos calanoides muestran un marcado incremento en su abundancia durante el verano, llegando a 75,49 Ind.L^{-1} frente a los 4,99 Ind.L^{-1}del invierno. Sin embargo, no se detectó copépodos ciclopoideos en el verano, mientras que durante el invierno se registró 8,33 Ind.L^{-1}, similarmente, los copépodos harpacticoideos, hydropsyche, isópodos, larvas de decápodos, tanaidáceos y nemátodos no están presentes durante el verano, aunque muestran poblaciones durante el invierno.

La familia corixidae, durante el verano, experimentó una disminución marcada en su abundancia, cayendo a 5 Ind.L^{-1} desde los 19,4 Ind.L^{-1} del invierno. Por otro lado, los huevos de corixidae aumentan considerablemente en verano, alcanzando 147 Ind.L^{-1} disminuyendo a 14,44 Ind.L^{-1} en invierno. Mientras los ostrácodos mostraron un aumento significativo durante el verano, con 147 Ind.L^{-1} comparado con los 9,99 Ind.L^{-1}en invierno. poliquetos, tanaidáceos y turbelarios están ausentes durante el invierno, pero muestran altas abundancias en el verano (Figura 7).

En el evaporador ocho durante el invierno, la abundancia de anfípodos es nula, mientras que en verano alcanza los 8 Ind.L^{-1}. En contraste, la Artemia presentó una abundancia de 6 Ind.L^{-1} en invierno y está ausente durante el verano.

Los copépodos calanoides muestran una alta abundancia en invierno, con 312,2 Ind.L^{-1}, que disminuye a 177,3 Ind.L^{-1} en verano. Los copépodos ciclopoideos tienen una abundancia de 60 Ind.L^{-1} en invierno y no están presentes durante el verano. Para los corixidae, la abundancia en invierno fue de 29,2 Ind.L^{-1} aumentando a 63 Ind.L^{-1}en verano. Los huevos de corixidae muestran una alta abundancia en invierno, con 118,2 Ind.L^{-1}, que disminuye a 37,5 Ind.L^{-1} en verano.

Los hydropsyche está ausente durante el invierno y muestra una baja abundancia de 1.5 Ind.L^{-1} en verano. Las larvas de pez tienen una abundancia de 0,71 Ind.L^{-1} en invierno y están ausentes durante el verano. Los ostrácodos muestran una baja abundancia en invierno, con 4 Ind.L^{-1}, que aumenta a 22,5 Ind.L^{-1} en verano. Los poliquetos tienen una baja abundancia de 0,28 Ind.L^{-1} en invierno y 5,25 Ind.L^{-1} en verano. Los turbelarios tienen una abundancia de 1,57 Ind.L^{-1} en invierno y 3 Ind.L^{-1} en verano (Figura 8).

En el evaporador 12 de más alta salinidad el grupo de los hydropsyche, registró una densidad poblacional de 197 Ind.L^{-1} en verano en comparación con 0 Ind.L^{-1} en invierno. Indicando que este grupo puede estar más activo o tener condiciones más favorables para su reproducción durante el verano.

Sin embargo, también hay especies que muestran densidades poblacionales más altas en invierno en comparación con el verano. Por ejemplo, corixidae tiene una densidad poblacional de 204 Ind.L^{-1} en invierno, mientras que en verano la densidad fue de 55,2 Ind.L^{-1}. Esto sugiere que esta especie puede estar mejor adaptada a las condiciones del invierno o puede tener estrategias reproductivas que se desencadenan durante esta estación (Figura 9).

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

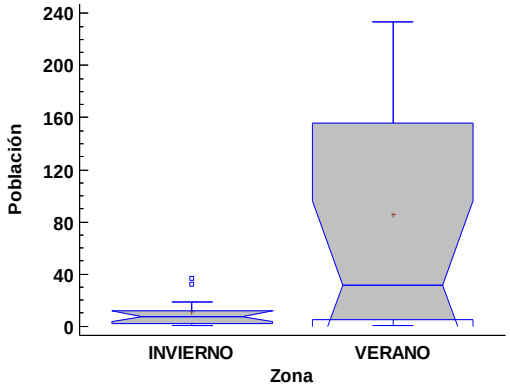

Figura 7.-Diferencias de distribución estacional del plancton en el Evaporador 2 entre invierno y verano.

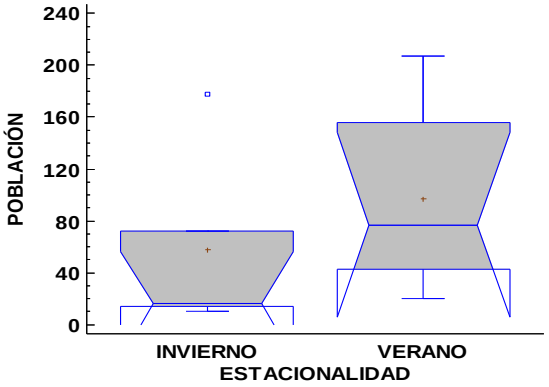

Figura 8.- Diferencias de distribución estacional del plancton en el Evaporador 8 entre invierno y verano.

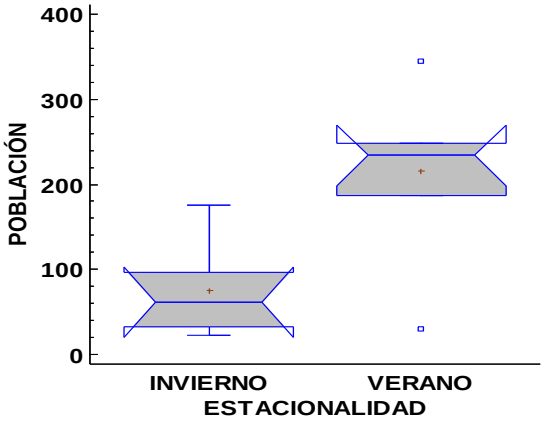

Figura 9.- Diferencias de distribución estacional del plancton en el Evaporador 12 entre invierno y verano.

Relación de las estructuras comunitarias entre los evaporadores 2, 8 y 12 durante el periodo de invierno

Durante el análisis de las comunidades de zooplancton en los evaporadores durante el invierno, se observó que el modelo de escalamiento multidimensional (*nMDS*) mostró un ajuste notable, con un bajo valor de estrés de 0,047. Este método reveló una distribución significativa entre los evaporadores 2, 8 y 12, el cual se caracterizó por una salinidad promedio de 39.058 psu y una temperatura de 29,6 °C. Es importante destacar que entre los tres evaporadores (2, 8 y 12), el evaporador 2 recibe agua directamente bombeada del mar. El análisis *nMDS* también reveló diferencias claras entre las poblaciones de zooplancton en los diferentes evaporadores, las cuales están vinculadas a los distintos gradientes de salinidad presentes en el complejo. Estas variaciones en la distribución y composición del zooplancton

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

sugieren una respuesta directa a las condiciones ambientales específicas de cada evaporador. Este hallazgo subraya la importancia de considerar tanto la salinidad como otros factores ambientales al estudiar las comunidades de zooplancton en ambientes acuáticos, especialmente en sistemas altamente dinámicos como los evaporadores (Figura 10).

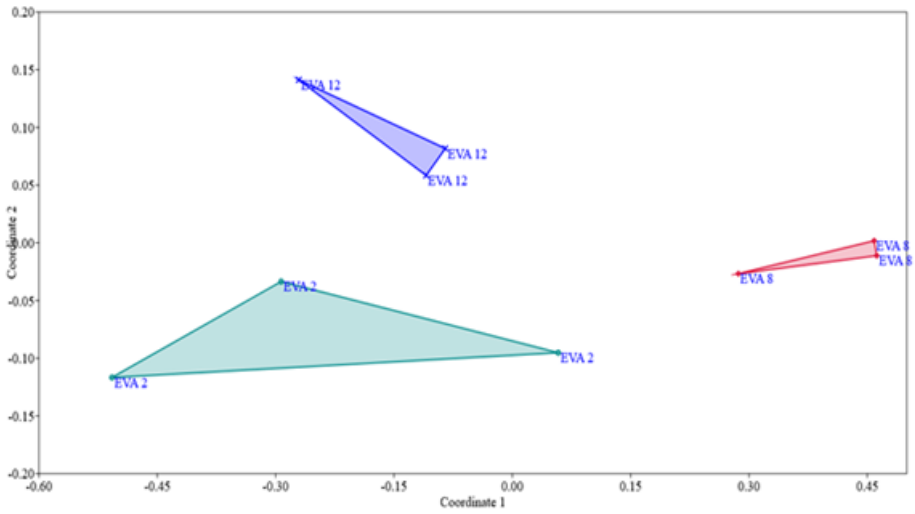

Figura 10. Ordenamiento *nMDS* de las densidades zooplanctónicas en los evaporadores 2, 8 y 12 durante el invierno y verano.

El análisis de similitud *ANOSIM*, realizado utilizando el índice de similaridad de Bray-Curtis, entre las comunidades zooplanctónicas en cada evaporador, ha arrojado resultados significativos que revelan la estructura y la variabilidad de estas comunidades en relación con los distintos ambientes acuáticos. El valor global de *R* obtenido fue de 0,73, indicando una distancia moderada entre las comunidades zooplanctónicas en los evaporadores.

La significancia estadística obtenida con un valor de *p=0,0064* refuerza aún más la conclusión de que existen diferencias significativas entre los evaporadores durante la época de invierno. Esto significa que las comunidades zooplanctónicas no son homogéneas entre los diferentes evaporadores, lo que sugiere que cada uno de ellos puede albergar condiciones ambientales únicas que afectan la composición y la estructura del zooplancton.

La aplicación de la técnica *SIMPER* ha permitido identificar los principales contribuyentes a la disimilitud entre las comunidades zooplanctónicas con una disimilitud global del 67,83% registradas entre los evaporadores 2, 8 y 12. En la comparación entre los evaporadores 2 y 8, se observa que los huevos de corixidos son el grupo dominante, contribuyendo significativamente con un 66.28 % a la disimilitud, seguidos de los turbelarios (11,84 %), poliquetos (9,45 %), ostrácodos (6 %), e isópodos (3,1

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

%). Otros grupos, como hydropsyche, nemátodos, larvas de decápoda y larvas de pez, también contribuyen en menor medida.

Por otro lado, al comparar los evaporadores 2 y 12, los turbelarios son el grupo más destacado, con un 30,71 % de contribución a la disimilitud, seguidos de los huevos de corixidos (23,05 %), poliquetos (18,14 %), ostrácodos (14,75 %) e isópodos (6,53 %). Nuevamente, otros grupos como hydropsyche, nemátodos, larvas de decápoda y larvas de pez también tienen una participación menor en la disimilitud.

Finalmente, al comparar los evaporadores 8 y 12, los huevos de corixidos continúan siendo el grupo principal, contribuyendo con un 65,48 % a la disimilitud, seguidos de los turbelarios (29,68 %) y ostrácodos (3,5 %). Poliquetos, larvas de pez, larva de decápoda y *Penillia avirrostris* tienen una contribución aún menor en esta comparación.

En el evaporador EVA-8, con una temperatura ligeramente más alta de 31,1°C y una salinidad de 54,3 psu, los organismos más abundantes fueron las Artemias, los huevos de corixidae y los copépodos calanoides. Estos organismos pueden estar beneficiándose de la salinidad más alta, mientras que la temperatura sigue siendo tolerable para su desarrollo. A pesar de un aumento en el nivel de oxígeno disuelto (1,0 mg/L), la presión salina podría estar afectando la diversidad de especies, como sugiere la ausencia de algunos organismos menos tolerantes. Los niveles de fosfato (3,7 mg/L) son similares a los del evaporador anterior.

En el evaporador EVA-12, con la temperatura más alta de 32,2 °C y una salinidad significativamente mayor de 106,8 psu, los organismos más abundantes fueron las Artemias, los corixidae y los turbelarios. Estos organismos parecen estar adaptados a condiciones extremas de salinidad y temperatura. A pesar de la baja concentración de oxígeno disuelto (0,6 mg/L), algunas especies han logrado mantener poblaciones significativas. Los niveles de fosfato son más altos (6,2 mg/L), lo que puede estar contribuyendo al aumento de la biomasa en este entorno extremo (Figura 11).

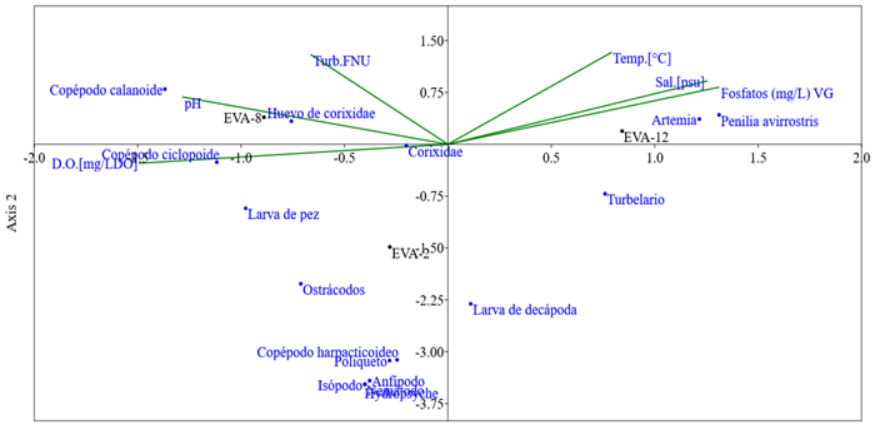

Figura 11. Análisis de correspondencia canónica (*ACC)* en los evaporadores 2, 8 y 12 durante el periodo de invierno.

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

Relación de las estructuras comunitarias entre los evaporadores 2, 8 y 12 durante el periodo de verano

Para el análisis de las comunidades de zooplancton en los evaporadores en verano, se utilizó el modelo de escalamiento multidimensional (*nMDS*) para comprender la distribución y la composición de estas comunidades. Los resultados revelaron un ajuste aceptable del modelo *nMDS*, con un bajo valor de estrés de 0,12; lo que sugiere que este método proporciona una representación fiel de la variabilidad entre los evaporadores. Además, se observó una distribución moderada entre los evaporadores 2, 8 y 12, con condiciones ambientales promedio de salinidad de 55,29 psu y temperatura de 25,64 °C. Es notable que el evaporador 2, de los tres considerados, recibe agua casi directamente del mar durante el proceso de bombeo, lo que podría influir en su composición zooplanctónica.

El análisis *nMDS* también identificó diferencias claras entre las poblaciones de zooplancton en los diferentes evaporadores, lo que sugiere una respuesta directa a los gradientes de salinidad presentes en el complejo. Estas variaciones en la distribución y composición del zooplancton resaltan la importancia de considerar tanto la salinidad como otros factores ambientales al estudiar estos organismos en entornos acuáticos extremos, estos hallazgos tienen implicaciones significativas para comprender el impacto de las actividades humanas, como el bombeo de agua marina, en la estructura y función de los ecosistemas acuáticos (Figura 12).

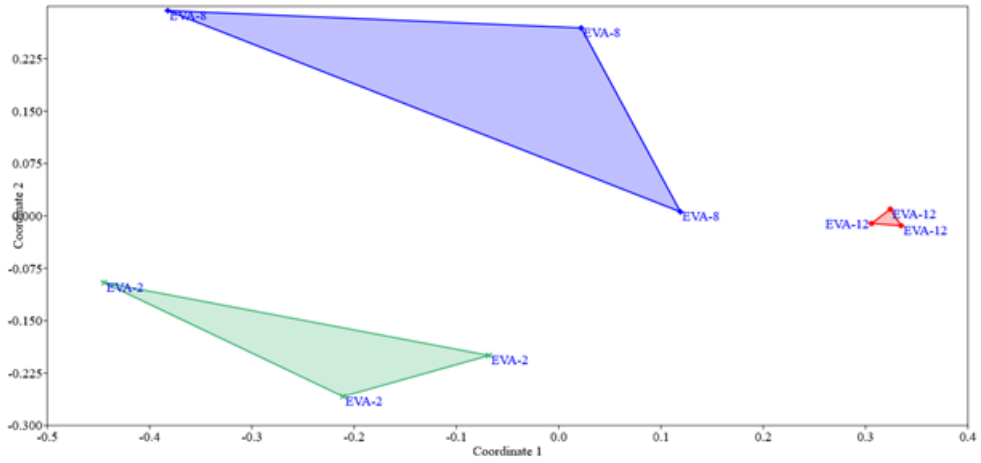

Figura 12.- Ordenamiento *nMDS* de las densidades zooplanctónicas en los evaporadores 2, 8 y 12 durante el verano.

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

El análisis de similitud *ANOSIM*, aplicado al estudio de las comunidades zooplanctónicas en los evaporadores, ha proporcionado una visión sobre la estructura y la variabilidad de estos ecosistemas acuáticos extremos. El valor global de *R* obtenido, situado en 0,67, indica una distancia moderada entre las comunidades zooplanctónicas en los diferentes evaporadores. Este resultado, de importancia sustancial, sugiere la presencia de similitudes y al mismo tiempo, diferencias significativas entre estas comunidades, las cuales pueden estar influenciadas por diversos factores ambientales como la salinidad y la temperatura.

La significancia estadística, destacada por un valor de $p = 0,0043$, refuerza aún más la conclusión de que existen diferencias significativas entre los evaporadores durante la época de verano. Este hallazgo resalta la no homogeneidad de las comunidades zooplanctónicas entre los diferentes evaporadores, lo que indica la presencia de condiciones ambientales únicas en cada uno de ellos. Estas condiciones pueden ejercer una influencia determinante en la composición y la estructura del zooplancton, lo cual subraya la importancia de considerar la diversidad de factores ambientales al analizar estos ecosistemas acuáticos.

El *ANOSIM* resalta la importancia de comprender las diferencias significativas entre las comunidades zooplanctónicas en los evaporadores durante el verano. Estos resultados no sólo proporcionan información crucial sobre la biodiversidad y la estructura de estos ecosistemas, sino que también enfatizan la necesidad de implementar estrategias de gestión y conservación adaptadas a las particularidades de cada evaporador para garantizar la salud y la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos.

El análisis de disimilitud de *SIMPER* mostró un promedio general de 64,13 %, en comparación entre los evaporadores 2 y 8 se registraron varias taxas representadas por anfípodos con 20,54 % de disimilitud, turbelarios con 14.38%, huevos de corixidos con 13,38 %, corixidae adultos con 11,76 %, poliquetos con 10,69 %,copépodos calanoides con 8.48% de disimilitud, ostrácodos con 7,5 %, hydropsyche (4,4 %), artemia (4,42 %), huevos de artemia (3,4 %) y en menores porcentajes se reportaron a oligoquetos, copépodos ciclopoides, tanaidaceos y larvas de gusanos con un promedio de 0,22 % respectivamente.

Entre los evaporadores 2 y 12 se registraron varios grupos, entre ellos se reporta a corixidae con 18.9 % de disimilitud, artemias (15,92 %), hydropsyche (13,88 %), anfípodos (11,12 %), huevos de corixidos (9,6 %), turbelarios (8,4 %), huevos de artemias (6,9%), poliquetos (6,1%), ostrácodos (3,9 %), copépodos calanoides (2,.8 %), dípteros (1,23 %), en menores porcentajes de disimilitud se registraron a isópodos, copépodos ciclopoides, oligoquetos, larvas de pez, taniaceos y larvas de gusanos con un promedio de 0,16 respectivamente.

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

Comparando la disimilitud entre los evaporadores 8 y 12 se puede mencionar que las artemias contribuyen con un 21,21 % de disimilitud, corixidos con 18,23 %, hydropsyche (17,83 %), huevos de corixidos con 14,51 %, huevos de artemias con 9,37%, copépodos calanoides con 7,1 %, ostrácodos 6,9 %, dípteros 1,7 %, turbelarios 1,1 % y en menores concentraciones se reportaron a isópodos, anfípodos, oligoquetos, poliquetos, copépodos ciclopoides, larvas de pez que junto reportaron 1,7 % de disimilitud.

El *ACC* durante el verano demostró que en el evaporador EVA-2, se observa una temperatura promedio de alrededor de 25 °C y una salinidad de aproximadamente 34 psu. Además, se registra la presencia de varios organismos, como anfípodos, Artemia, copépodos y corixidae, con densidades poblacionales que varían entre las diferentes muestras. Cabe mencionar que en este evaporador presenta una correlación inversa de algunos grupos representados por larvas de gusano, anfípodos, poliquetos, turbelarios, copépodos (calanoides como ciclopoides), ostrácodos y oligoquetos con las variables abióticas.

En el evaporador EVA-8, la temperatura promedio es similar a la del EVA-2, pero la salinidad es significativamente más alta, alrededor de 46 psu. Aquí, se observa una mayor diversidad de organismos, incluyendo larvas de pez, larvas de gusano y tanaidáceos, aunque las densidades poblacionales pueden variar considerablemente entre las muestras, presentando una correlación moderada para las variables abióticas.

Por otro lado, en el evaporador EVA-12, se observa una salinidad aún más alta, superando los 80 psu, y temperaturas que alcanzan los 25 °C en promedio. Aquí, se registran densidades poblacionales relativamente altas de organismos como ostrácodos, poliquetos y turbelarios, además de una mayor variabilidad en la presencia de otros organismos como larvas de pez y larvas de decápodos, cabe mencionar que en el análisis de *ACC* se registra una correlación fuerte para la salinidad, pH, oxígeno disuelto, temperatura y fosfatos (Figura 13).

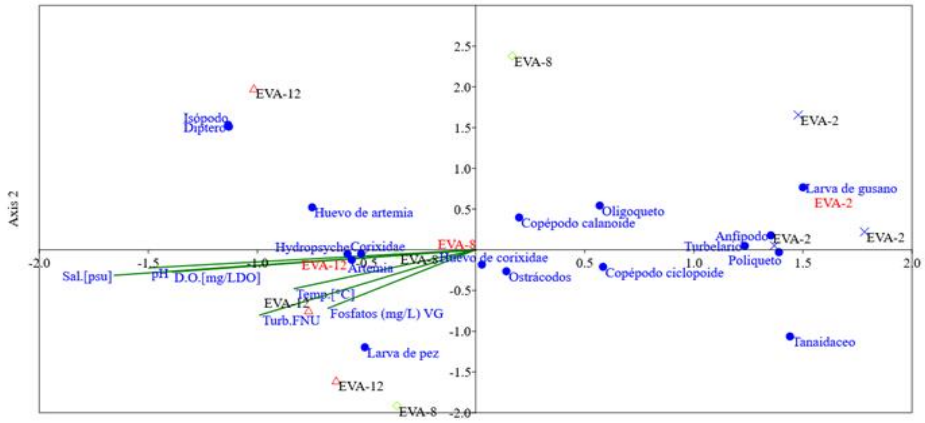

Figura 13.- Análisis de correspondencia canónica (*ACC*) en los evaporadores 2, 8 y 12 durante el periodo de verano.

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

CONCLUSIONES

El aumento de anfípodos en verano (108,4 vs. 27,77 Ind.L^{-1}) concuerda con estudios en lagunas alcalinas de Argentina, donde *Boeckella poopoensis* y *Daphnia menucoensis* exhiben picos estivales vinculados a temperaturas óptimas y disponibilidad de fitoplancton [13]. En contraste, la leve disminución de Artemia *spp*. En verano a 6,66 Ind.L^{-1}a 6,49 Ind.L^{-1} durante el invierno, difiere de reportes en lagunas salinas en chile, donde su abundancia suele maximizarse en verano debido a ciclos reproductivos cortos [15]. Esta discrepancia podría explicarse por competencia con anfípodos o estrés térmico local, sin embargo, la presencia de Artemia salina aumentó exponencialmente cuando la salinidad se incrementó en el evaporador ocho con 51,43 psu y en el evaporador 12 con 105,63 psu, concordando con estudios realizador por [2] donde menciona que a una salinidad superior a 80 g.L^{-1}- 90 g.L^{-1}, los nauplios y los adultos de Artemia salina aparecieron en abundancia en el plancton y el bento.

Los copépodos calanoides mostraron un incremento en verano con 75,49 vs. 4,99 Ind.$^{L^{-1}}$ que se registraron en invierno, en comparación con estudios realizados en lagos patagónicos fueron similares [30]. Sin embargo, la ausencia de ciclopoides y harpacticoideos en verano contrasta con su presencia invernal (8,33 Ind.L^{-1}), un patrón reportado en humedales bolivianos [31], donde estas especies toleran bajas temperaturas, pero son desplazadas por depredadores en verano. La reducción de corixidae adultos en verano a 5 Ind.L^{-1} vs. 19.4 Ind.L^{-1} en invierno, sin embargo, el incremento de sus huevos (147 Ind.L^{-1} vs. 14.44 Ind.L^{-1}) sugiere un ciclo reproductivo estacional, coincidente con estudios en Brasil. [7]

La ausencia de anfípodos en invierno en el evaporador 8 y su aparición en verano (8 Ind.L^{-1}) respalda la hipótesis de limitación térmica. El aumento en abundancia de Artemia (6 Ind.L^{-1} en invierno vs. 0 en verano) podría deberse a migración o mortalidad por hipersalinidad estival, fenómeno observado en marismas argentinas [30]. En el evaporador 12, la alta densidad de hydropsyche en verano (197 Ind.L^{-1}) distribuidas por su hipersalinidad de sus aguas sugiere adaptación a salinidades extremas, un hallazgo único no reportado en otros sistemas sudamericanos.

Los patrones poblacionales observados en los evaporadores de Ecuasal (evaporador 12 con salinidad promedio de 105,8 psu) donde la Artemia *sp*.es dominante, coinciden con lo registrado en un lago hipersalino ubicado en Irán que sustentan vida como el camarón de salmuera (*Artemia urmiana*) y otras

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

formas de vidas incluidas las algas, aves, reptiles, anfibios y mamíferos [1], donde la estacionalidad gobierna la estructura trófica.

Financiamiento: La investigación no contó con financiamiento externo.

Conflicto de intereses: No existen conflictos.

Referencias Bibliográficas

1. Asem A, Eimanifar A, Djamali M, De los Rios P, Wink M. Biodiversity of the Hypersaline Urmia Lake National Park (NW Iran). *Diversity*. [Internet].2014 [citado 2 abril 2025];6(1). P.102-132. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/272291665_Biodiversity_of_the_Hypersaline_Urmia_Lake_National_Park_NW_Iran /doi:10.3390/d6010102.
2. Anufriieva E, Kolesnikova E, Revkova T, Latushkin A, Shadrin N. Human-Induced Sharp Salinity Changes in the World's Largest Hypersaline Lagoon Bay Sivash (Crimea) and Their Effects on the Ecosystem. *Water*. [Internet].2022 [citado 1 abril 2025];14(3):403. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/358185333_Human-Induced_Sharp_Salinity_Changes_in_the_World's_Largest_Hypersaline_Lagoon_Bay_Sivash_Crimea_and_Their_Effects_on_the_Ecosystem / doi:10.3390/w14030403.
3. Andrade Salazar SG, Andrade Ruiz EC, Cornejo Rodríguez MH, Salavarría Palma EA, Agreda AE, Vera Palacios BM. Composición y abundancia del Fitoplancton en relación con los gradientes salinos en ecosistemas hipersalinos. *Rev Acta Oceanogr Pacífico*. [Internet].2024[citado 2 abril 2025];6(2). Disponible en: https://actaoceanografica.inocar.mil.ec/index.php/raop/article/view/80 /doi:10.54140/raop.v6i2.80.
4. Ágreda A. Plan de Conservación de las Piscinas Artificiales de Ecuasal y Estudio de Capacidad de Carga Turística. [Internet]. UNIGRAF; 2012. [citado 12 marzo 2025]; Disponible en: https://avesconservacion.org/wp-content/uploads/2021/11/5-LIBRO_PLan_de_Accin_WEB.pdf
5. Abatzopoulos TJ, Beardmore J, Clegg JS, Sorgeloos P, editors. Artemia: Basic and Applied Biology. [Internet].Dordrecht: Springer; 2013[citado 7 marzo 2025]. (Biology of Aquatic Organisms; vol 1). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/279184752_Artemia_Basic_and_Applied_Biology

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

6. Aladin NV, Potts WTW. Changes in the Aral Sea ecosystems during the period 1960–1990. *Hydrobiologia*.[Internet].1992 [citado 7 marzo 2025];237(1):67-79.Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/257799140_Changes_in_water_volume_of_the_Aral_Sea_after_1960 / doi:10.1007/BF00016032.
7. Barbosa JEL, Medeiros ESF, Brasil J, Cordeiro RDS, Crispim MCB, Silva GHD. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. *Acta Limnol Bras*.[Internet]2012[citado 2 abril 2025]; 24:103-118. Disponible en: https://www.scielo.br/j/alb/a/RvqVdFdmJTtK3YcBpVbRjrj/ doi:10.1590/S2179-975X2012005000030.
8. Boltovskoy D. *Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y Métodos de Trabajo con el Zooplancton Marino*. [Internet] Museo Argentino; 1981. [citado 12 marzo 2025]. Disponible en: https://bicyt.conicet.gov.ar/fichas/produccion/6075426 /https://es.scribd.com/document/699414683/Atlas-Zooplancton-Mar-Surocccidental-Inidep-Demetrio-Boltoskoy-1981-3
9. Boyer J, Fourqueran J, Jones R. Spatial characterization of water quality in Florida Bay and Whitewater Bay by multivariate analyses: zones of similar influence. [Internet]; *Estuaries*. 1997; [citado el 30 marzo 2025]; 20(4):743-758. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/226172721_Spatial_Characterization_of_Water_Quality_in_Florida_Bay_and_Whitewater_Bay_by_Multivariate_Analyses_Zones_of_Similar_Influence
10. Conover WJ. *Practical Nonparametric Statistics*. [Internet]. 2nd ed. John Wiley and Sons; 1980. [citado 31 marzo 2025]. Disponible en: https://faculty.ksu.edu.sa/sites/default/files/nonparametric_statistics_a_step-by-step_approach.pdf
11. Clegg JS. Embryos of *Artemia franciscana* survive four years of continuous anoxia: The case for complete metabolic rate depression. *J Exp Biol*. [Internet].1997[citado 7 marzo 2025];200(3):467-475. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/13905148_Embryos_of_Artemia_franciscana_survive_four_years_of_continuous_anoxia_The_case_for_complete_metabolic_rate_depression

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

12. Echaniz SA, Vignatti AM, Cabrera G. Caracterización limnología y dinámica del zooplancton de un lago somero hipersalino de la provincia de La Pampa: la laguna Utracán [Internet]. 2012.[citado 11 marzo 2025]; Disponible en: https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/518.
13. Echaniz SA, Vignatti AM. The zooplankton of the shallow lakes of the semi-arid region of southern South America. *Ann Limnol*. [Internet]. 2017 [citado 1 abril 2025]; 53:345-360. Disponible en: https://www.limnology-journal.org/articles/limn/full_html/2017/01/limn170025/limn170025.html /doi:10.1051/limn/2017017.
14. Gasca R, Suárez E. *Introducción al Estudio del Zooplancton Marino*. ECOSUR/CONACYT; 1996.
15. Gajardo GM, Beardmore JA. The brine shrimp *Artemia*: Adapted to critical life conditions. *Front Physiol*. [Internet]. 2012. [citado 10 marzo 2025]; p.3-185. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/228071932_The_Brine_Shrimp_Artemia_Adapted_to_Critical_Life_Conditions / doi:10.3389/fphys.2012.00185.
16. Green AJ, Sánchez MI. Spatial and temporal variation in the diet of marbled teal (*Marmaronetta angustirostris*) in the western Mediterranean. *Bird Study*. [Internet]. 2003.[citado 6 marzo 2025];50(2):153-160. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/233010748_Spatial_and_temporal_variation_in_the_diet_of_Marbled_Teal_Marmaronetta_angustirostris_in_the_western_Mediterranean_This_globally_threatened_species_is_less_dependent_on_invertebrates_and_more_depende
17. Hammer UT. Saline Lake Ecosystems of the World. Dordrecht: Dr W. Junk Publishers; 1986 [citado 6 marzo 2025] (Monographiae Biologicae; vol. 59). Disponible en: https://link.springer.com/book/9789061935353
18. Herbst DB. Gradients of salinity stress, environmental stability and water chemistry as a templet for defining habitat types and physiological strategies in inland salt waters. [Internet]. In: Melack JM, Jellison R, Herbst DB, editors. Saline Lakes. Dordrecht: Springer; 2001. [citado 9 marzo 2025]. p. (209-219). (Developments in Hydrobiology; vol. 162). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/225461339_Gradients_of_salinity_stress_environmental_stability_and_water_chemistry_as_a_templet_for_defining_habitat_types_and_physiological_strategies_in_inland_salt_waters /doi:10.1007/978-94-017-2934-5_19.

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

19. Horváth Z, Vad CF, Ptacnik R. Wind dispersal results in a gradient of dispersal limitation and environmental match among discrete aquatic habitats. *Ecography*. [Internet].2016[citado 11 marzo 2025];39(8):726-732. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/281289676_Wind_dispersal_results_in_a_gradient_of_dispersal_limitation_and_environmental_match_among_discrete_aquatic_habitats /doi:10.1111/ecog.01685.
20. Jellison R, Williams WD, Timms B, Alcocer J, Aladin NV. Salt lakes: values, threats and future. Aquatic Ecosystems. [Internet] 2008, septiembre; [citado 10 marzo 2025]:94-110. Disponble en: https://www.researchgate.net/publication/292323349_Salt_lakes_Values_threats_and_future / DOI: 10.1017/CBO9780511751790.010
21. Jeppesen E, Brucet S, Naselli-Flores L, et al. Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and salinity. *Hydrobiologia*. 2015;750(1):201-227. https://www.researchgate.net/publication/272886216_Ecological_impacts_of_global_warming_and_water_abstraction_on_lakes_and_reservoirs_due_to_changes_in_water_level_and_related_changes_in_salinity / doi:10.1007/s10750-014-2169-x.
22. Kjerfve B. Coastal lagoons. In: *Elsevier Oceanography Series*. Vol 60. Amsterdam: Elsevier; [Internet]1994. [citado 6 marzo 2025]. p. 1-8. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Bjoern-Kjerfve/publication/277683977_Chapter_1_Coastal_Lagoons/links/5ae2dd2eaca272fdaf8fc989/Chapter-1-Coastal-Lagoons.pdf
23. Mirabdullayev IM, Joldasova IM, Mustafaeva ZA, et al. Succession of the ecosystems of the Aral Sea during its transition from oligohaline to polyhaline water body. [Internet].*J Mar Syst*. 2004.[citado 11 marzo 2025];47(1-4):101-107. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/271996594_Succession_of_the_ecosystems_of_the_Aral_Sea_during_its_transition_from_oligohaline_to_polyhaline_water_body / DOI:10.1016/J.JMARSYS.2003.12.012
24. Montgomery DC. *Design and Analysis of Experiments*. [Internet].3rd ed. Wiley; 1997. [citado el 30 marzo, 2025]; Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Farshad-Fattahi/post/Need-the-procedure-for-critical-limit-

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

fixation/attachment/59d6459179197b80779a0aa7/AS%3A453901993418752%401485230076186/download/Douglas-C.-Montgomery-Design-and-Analysis-of-Experiments-Wiley-2012.pdf

25. Oren A. Halophilic Microbial communities and Their Environments. Curr Opin Biotechnol. Epub [Internet].2015 [citado 12 marzo 2025]. Jun; 33:119-24. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25727188/doi:10.1016/j.copbio.2015.02.005
26. Reati GJ, Florín M, Fernández GJ, Cáceres JO, Pizarro MJ, Contreras AM. The Laguna de Mar Chiquita (Córdoba, Argentina): [Internet]. A little known, secularly fluctuating, saline lake. *Int J Salt Lake Research.* [citado 10 marzo 2025];1996; 5:187-219. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/226135875_The_Laguna_de_Mar_Chiquita_Cordoba_Argentina_A_little_known_secularly_fluctuating_saline_lake / doi:10.1007/BF01997137.
27. Rodríguez CM, Bio A, Amat F, Vieira N. Artisanal salt production in Aveiro/Portugal An ecofriendly process. [Internet] *Saline Syst*. Aquat. Biosyst. 7, 3 (2011) [citado 12 marzo 2025]. Disponible en: https://aquaticbiosystems.biomedcentral.com/articles/10.1186/1746-1448-7-3 / https://doi.org/10.1186/1746-1448-7-3
28. Schagerl M, Burian A, Gruber-Dorninger M, Oduor SO, Kaggwa MN. Algal communities of Kenyan soda lakes with a special focus on *Arthrospira fusiformis*. *Fottea*. [Internet].2015[citado 11 marzo 2025];15(2):245-257. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/282817956_Algal_communities_of_Kenyan_soda_lakes_with_a_special_focus_on_Arthrospira_fusiformis / doi:10.5507/fot.2015.012.
29. Tregouboff G, Rose M. *Manual de Planctonologie Mediterranèenne*.[Internet] Centre Nacional de la Recherche Scientifique; 1957 [citado el 27 de marzo,2025]; Disponible en: https://archive.org/details/ManuelDePlanctonologieMditerranenneTomoII/Manuel%20de%20planctonologie%20m%C3%A9diterran%C3%A9enne%20Tomo%20II/page/n215/mode/2upp., 1-218p.
30. Vignatti AM, Echaniz SA, Cabrera GC, Mancini M, Salinas V. Dinámica estacional del zooplancton y su relación con los factores ambientales en el lago urbano Dalcar (Córdoba, Argentina). *Rev Mus Argent Cienc Nat*. [Internet].2018 [citado 2 abril 2025];20(2):297-309. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/330370141_Dinamica_estacional_del_zooplancton_y_su_relacion_con_los_factores_ambientales_en_el_lago_urbano_Dalcar_Cordoba_Argentina/citations / doi:10.22179/REVMACN.20.594.

ISSN 1390-9355
Vol. 10 No. 1 2025
https://revistabionatura.org/

31. Williams WD, Carrick TR, Bayly I, Green J, Herbst DB. Invertebrates in salt lakes of the Bolivian Altiplano. *Int J Salt Lake Res*. [Internet]. 1995 [citado 2 abril 2025];4(1):65-77. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/David-Herbst/publication/225826946_Invertebrates_in_salt_lakes_of_the_Bolivian_Altiplano/links/5511a0870cf268a4aae82d82/Invertebrates-in-salt-lakes-of-the-Bolivian-Altiplano.pdf / doi:10.1007/BF01992415.
32. Williams WD. Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes. *Hydrobiologia*.[Internet].1998;[citado 7 marzo 2025].381(1-3):191-201. Disponible en: https://link.springer.com/article/10.1023/A:1003287826503
33. Wurtsbaugh WA, Miller C, Null SE, et al. Decline of the world's saline lakes. *Nat Geosci*. [Internet]. 2017 [citado 7 marzo 2025];10(11):816-821. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/320578223_Decline_of_the_world's_saline_lakes / doi:10.1038/ngeo3052.
34. Zar JH. *Biostatistical Analysis*. [Internet].5th Edition. Prentice-Hall; 2010. [citado 7 de marzo 2025].P.255. Disponible en: https://bayesmath.com/wp-content/uploads/2021/05/Jerrold-H.-Zar-Biostatistical-Analysis-5th-Edition-Prentice-Hall-2009.pdf

| ***Received:*** *[12 enero 2025]* | ***Accepted:*** *[4 febrero 2025]* | ***Published:*** *[15 marzo 2025]* |

Citation: Andrade, C., Cornejo-Rodríguez, M., Salavarría-Palma, E., Duque-Marín, R. Cambios estacionales en los ensamblajes de zooplancton a través de gradientes extremos de salinidad-temperatura en ambientes hipersalinos 2025.Volumen 10, (No 1). DOI: 10.70373/RB/2025.10.01.8

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/)