

## Composición y abundancia del Fitoplancton en relación con los gradientes salinos en ecosistemas hipersalinos

### Composition and abundance of Phytoplankton in relation to saline gradients in hypersaline ecosystems

#### Sara Gabriela Andrade Salazar

Bióloga, Universidad Estatal Península de Santa Elena  
Facultad de Ciencias del Mar, La Libertad – Santa Elena  
sgandrade.531@gmail.com  
ORCID: <http://orcid.org/0009-0003-0719-5672>

#### Eufredo Carlos Andrade Ruiz

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 A. Salavarría Palma

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

#### Ana E. Agreda

M.Sc, Aves y conservación/BirdLife en Ecuador  
aagreda@avesconservacion.org, Salinas – Santa Elena  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7240-2039>

#### Berenice Maricela Vera Palacios

Magister en Gerencia e Innovaciones Educativas  
Facultad Ciencias de la Educación, Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad – Santa Elena, [bvera@upse.edu.ec](mailto:bvera@upse.edu.ec)  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1372-0202>

## Artículo

Acta Oceanográfica del Pacífico

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Acta Oceanográfica del Pacífico  
DOI:<https://doi.org/10.54140/raop.v6i1.74>  
Recibido 19 de Febrero, 2024  
Aceptado 02 de junio, 2024  
Vol 6. No. 2 2024  
ISSN: 1390-129X  
ISSN: 2806-5522  
Pg. 38-56

## Resumen

Los entornos hipersalinos a nivel costero en los últimos años han sido objeto de estudios, por el gran aporte que genera a la alimentación de las aves alóctonas y autóctonas, más aún cuando están ligados a la variación de los gradientes salinos, donde el fitoplancton juega un papel fundamental en la cadena trófica de estos ecosistemas.

Se seleccionaron tres piscinas evaporadoras con diferentes gradientes salinos y en cada una se seleccionaron tres estaciones de muestreo; se tomaron muestras de agua (50 L) que fueron filtradas en una red de plancton de 55 micras y preservadas en formol. La identificación y conteo se realizó en una cámara de Sedgwick-Rafter (Standard methods 2005). Se observó que los tres evaporadores mostraron diferencias significativas en términos de abundancia (K-W = 0.006;  $p < 0.05$ ) y composición (ANOVA: 0.00;  $p < 0.05$ ). El evaporador 8 registró abundancia de  $3.59 \times 10^6$  cel/m<sup>3</sup>; incrementándose gradualmente en el evaporador 2 con una población significativa (K-W = 0.001;  $p < 0.05$ ), por otro lado, la densidad más alta la obtuvo el evaporador 12 representado principalmente por la especie *Spirulina subsalsa* (K-W = 0.001;  $p < 0.05$ ); determinándose que existen diferencias en composición y abundancia del fitoplancton en relación al gradiente salino.

**Palabras clave:** Humedales costeros, halófitos, diatomeas, dinoflagelados, halotolerantes, fitoplancton hipersalino.

### **Abstract**

Hypersaline environments at the coastal level in recent years have been the subject of studies, due to the great contribution it generates to the feeding of alien and native birds, even more so when they are linked to the variation of saline gradients, where phytoplankton plays an important role. fundamental role in the trophic chain of these ecosystems. Three evaporator pools with different saline gradients were selected and three sampling stations were selected in each one; Water samples (50 L) were taken, which were filtered through a 55-micron plankton net and preserved in formaldehyde. Identification and counting was done in a Sedgwick-Rafter chamber (Standard methods 2005). It was observed that the three evaporators showed significant differences in terms of abundance (K-W = 0.006;  $p < 0.05$ ) and composition (ANOVA: 0.00;  $p < 0.05$ ). Evaporator 8 registered an abundance of  $3.59 \times 10^6$  cells/m<sup>3</sup>; gradually increasing in evaporator 2 with a significant population (K-W = 0.001;  $p < 0.05$ ), on the other hand, the highest density was obtained by evaporator 12, represented mainly by the species *Spirulina subsalsa* (K-W = 0.001;  $p < 0.05$ ); determining that there are differences in composition and abundance of phytoplankton in relation to the saline gradient.

**Key words:** Coastal wetlands, halophytes, diatoms, dinoflagellates, halotolerants, hypersaline phytoplankton.

## Introducción

Los sistemas salinos a nivel costero han sido considerados humedales como parte de un ecosistema acuático, sujetos a cambios radicales en sus gradientes de salinidad debido a factores como la heliofanía, evaporación y viento (Acosta *et al.*, 1996; Oren, 2002); a su vez son fuentes de refugio de aves migratorias donde encuentran fuente de alimentación, lo que conlleva a formar una gran diversidad de especies que llegan en busca de alimento natural como fuente nutricional (C. Pedrós-Alió *et al.*, 2000). Los ecosistemas hipersalinos son hábitat de organismos halófitos que se distribuyen en conjunto con las comunidades bentónicas como planctónicas, creando un ambiente propicio para la producción de sal (Davis, 1993). Otorgando normalidad en la transferencia de materia y energía a través de la cadena trófica, generando un entorno equilibrado en los ciclos de los nutrientes dentro de un ecosistema salino (Davis, 2000). Cabe mencionar que los organismos halófitos heterótrofos como los artrópodos, moluscos, ostrácodos y peces se alimentan de todo el recurso natural como el fitoplancton (Reynolds, 2006) ya que el mismo juega un papel fundamental en el desarrollo de estos medios acuáticos (Koffi *et al.*, 2009).

La productividad primaria forma parte de ese intercambio entre la materia y energía entre la diversidad de especies, donde ocurre cambios constantes en la distribución poblacional dentro de un ecosistema, donde es necesario determinar las variables que ocasionan la sucesión poblacional de las poblaciones fitoplanctónicas (Méndez *et al.*, 2009).

La distribución y crecimiento poblacional se asocia a las variables ambientales que rigen cada ambiente salino, donde los factores físicos y químicos juegan un papel fundamental (Richardson &

Pedersen, 1998), los mismos que juntos a los factores biológicos aumentan la depredación (Elloumi *et al.*, 2009; Maar *et al.*, 2002), lo que ocasiona una competencia por alimento (Mallin & Paerl, 1994; Pinckney *et al.*, 1998), tomando en cuenta que el factor limitante en la distribución, composición y densidad poblacional del fitoplancton son los nutrientes dentro de aguas someras (López-Flores *et al.*, 2006; Ortega-Mayagoitia *et al.*, 2003).

La evaporación desempeña un papel fundamental en los ecosistemas salinos, al concentrar los componentes nutricionales y favorecer el incremento del fitoplancton y ciertas especies zooplanctónicas (Dolapsakis *et al.*, 2005; Oren, 2002; Wen & Zhi-hui, 1999). Esto convierte a estos ambientes en lugares propicios para la alimentación y anidación de aves migratorias y residentes (Ramírez *et al.*, 2011). Sin embargo, aún no se ha realizado un estudio exhaustivo que abarque todo el comportamiento del fitoplancton en los ecosistemas hipersalinos, lo que resulta en un desconocimiento de su ecología en estos sistemas costeros.

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la composición y abundancia del fitoplancton y su relación con los gradientes salinos.

## Metodología

### Área de Estudio

Las piscinas evaporadoras están dentro de las instalaciones de Ecuasal (Figura 1), ubicadas en la provincia de Santa Elena- Mar Bravo, a 2 km del cantón Salinas, en las coordenadas: 2°13'49.8" S y 80°57'48.1" O, con suelo arenoso rica en arcilla y sal, entretanto el clima del área de estudio es seco, cálido y con poca precipitación anual con un total de 487.79 Ha, donde solo el 334.03Ha son piscinas evaporadoras y 36.09Ha piscinas cristalizadoras (Rodríguez, 2011).

Las piscinas evaporadoras están conformadas por 14 piscinas, las mismas que tienen un promedio de 2 metros de profundidad con un desnivel de 25 cm en la superficie donde hay un sistema de circulación lenta pero continua como producto de bombeo periódicos de agua de mar, lo que permite que los diferentes evaporadores alcancen diferentes gradientes de salinidad desde 40 a 200 UPS debido a la influencia de los vientos y la heliofanía (Del Pezo, 2018).



**Figura 1.** Ubicación de los evaporadores en las piscinas de Ecuasal, provincia de Santa Elena, cantón Salinas. Fuente: (Google Earth, 2022).

### Recolección y procesamientos de las muestras.

Se eligieron tres piscinas evaporadoras de la empresa Ecuasal con diferentes gradientes de salinidad debido a las variadas características que presentan. La selección se basó en el orden de

ingreso de agua a las piscinas y su posición en el flujo de agua dentro del complejo de evaporadores. El evaporador 2, ubicado más cerca del mar y siendo el primero en recibir agua de mar, fue seleccionado por sus características más cercanas al entorno

marino. Posteriormente, se seleccionó el evaporador 8 debido a su salinidad media, y finalmente el evaporador 12, que presentaba la salinidad más alta dentro del complejo Ecuasal. Se

establecieron tres puntos de muestreo dentro de cada evaporador, considerando la accesibilidad a la zona de estudio y las compuertas de conexión entre evaporadores (Figura 2).



**Figura 2.** Ubicación de las estaciones de estudio en los evaporadores de las Piscinas de Ecuasal.

En cada estación, se tomaron las coordenadas (Tabla 1), se midió *in situ* la salinidad (ups), temperatura (°C),

potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto(mg/L) mediante una sonda multiparamétrica YSI HANNA HI9829.

**Tabla 1.** Coordenadas de las estaciones de los tres evaporadores.

	<b>1</b>	2° 15' 32.858" S	80° 56' 2.881" W
<b>2</b>	<b>2</b>	2° 15' 21.010" S	80° 55' 56.566" W
	<b>3</b>	2° 15' 39.901" S	80° 55' 54.924" W
	<b>1</b>	2° 14' 41.219" S	80° 56' 25.958" W
<b>8</b>	<b>2</b>	2° 14' 28.001" S	80° 56' 37.642" W
	<b>3</b>	2° 14' 39.636" S	80° 56' 24.528" W
	<b>1</b>	2° 14' 58.799" S	80° 56' 31.308" W
<b>12</b>	<b>2</b>	2° 15' 4.125" S	80° 56' 23.622" W
	<b>3</b>	2° 15' 8.331" S	80° 56' 26.634" W

En cada estación se procedió a la colecta de muestras de fitoplancton, filtrando 60 litros de agua con una red estándar cónica simple de plancton WP-2 con 30 cm de diámetro de boca de red y de 55 micras de poro. Para fijación de las muestras de plancton se aplicó 4 ml de formalina al 10% por cada 100 ml de agua, neutralizada previamente con bórax (Tetraborato de sodio) en frascos de polietileno de 500 ml, posteriormente fueron trasladadas al Laboratorio de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena e IPIAP para sus respectivos análisis.

Para el análisis cuali-cuantitativo, se llevó a cabo utilizando un microscopio óptico convencional marca Carl Zeiss Jena BM1000 y se contabilizó las células de fitoplancton por medio de la cámara de Sedgwick-Rafter Baird, R, & Bridgewater, L. (2017). Para la identificación taxonómica se utilizaron las siguientes referencias Novelo (2011), Tomas (1997), Pesantes (2014), Jiménez (2014), Díaz *et al.*, (2010), Cupp (1943), Alonso *et al.*, (2008).

**Análisis de datos.-** Después de verificar que los supuestos del análisis paramétrico de normalidad no se cumplían, se optó por emplear pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis para determinar posibles diferencias significativas en la abundancia en relación con los evaporadores y los meses de muestreo. Además, se llevó a cabo un análisis de varianza, junto con una prueba post hoc Dunn para este propósito, siguiendo la metodología descrita por Zar (2009). Para evaluar la relación entre el gradiente de salinidad y la estructura comunitaria, se realizó un análisis de correspondencia canónica (CCA), seguido de correlaciones de Spearman. Finalmente, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) con una prueba post hoc de Fisher para determinar posibles diferencias significativas en la relación de abundancia de los tres evaporadores con la salinidad. En todos los análisis estadísticos, se consideró un nivel de significancia de  $p = 0.05$ . Todos los análisis se realizaron utilizando el software Minitab y Past 4.

## Resultados

**Variables ambientales.** - La temperatura superficial del agua en las piscinas evaporadoras 2 (P.EVA-2) osciló entre 25.43-32.72°C con una media de 29.54°C, en el P.EVA-8 se registró valores de 27.09-33.84°C con un promedio de 30.72°C, mientras en la piscina evaporadora 12 la temperatura superficial del agua evidenció temperaturas entre 25.13-35.27°C y un promedio de 31.20°C.

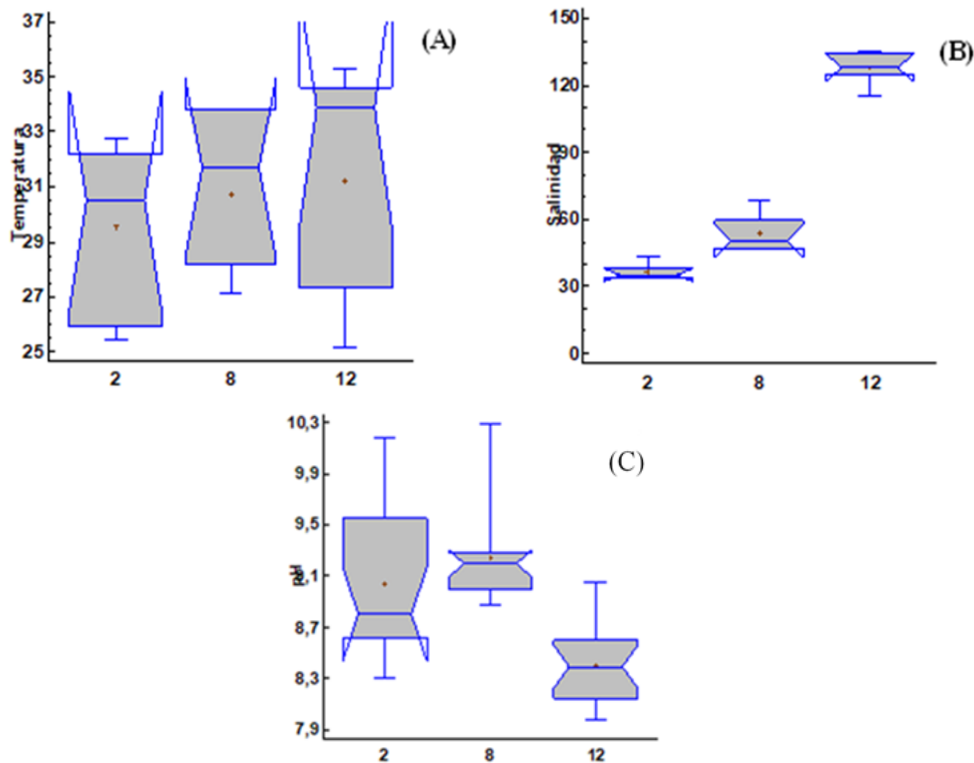
Se aplicó ANOVA de una vía, donde la razón  $F=0.381$  y el  $p= 0.05$ , y donde la hipótesis evalúa de que la desviación estándar de temperatura dentro de cada uno de las tres piscinas evaporadoras es la misma y aplicando el test de Kruskal Wallis se obtuvo un  $p=0.56567$ , demostrado que no existe diferencias estadísticamente significativas entre las medias de la temperatura (Figura 3A).

La salinidad obtuvo una media de 36.43ups en la piscina evaporadora 2, con valores mínimos de 33.56ups y un máximo de 42.86ups, seguido del P.EVA-8 con un rango entre 46.83-68.09ups y un promedio de 53.48, mientras en la piscina evaporadora 12 (P.EVA-12) se registró el valor mínimo de 115.67 y un máximo de 135.4ups con una media de 128.32ups. La razón F para la salinidad fue igual a  $F=376.52$ , puesto que el valor P de la prueba F es menor que 0.05 y un ( $KW=0.0002139$ ) se confirma que si hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de la salinidad (Figura 3B).

Los rangos de pH mostraron una variación notable entre los evaporadores. En el evaporador 2, los valores oscilaron entre 8.3 y 10.18, con un promedio de 9.04. En comparación, el evaporador 8 exhibió valores que fluctuaron entre 8.87 y 10.29, con una media de 9.25. Mientras tanto, en el evaporador 12, el pH varió entre 7.98 y 9.05, con un promedio de 8.39. El análisis de varianza (ANOVA) reveló una razón F de

17.92, con un valor p por debajo del nivel de significancia establecido ( $p < 0.05$ ), lo que indica diferencias significativas entre los niveles de evaporadores. Sin embargo, la

prueba de Kruskal-Wallis mostró un valor p de 0.0614011, sugiriendo evidencia de diferencias significativas entre las medianas de los grupos (Figura 3C).



**Figura 4.** Distribución de las variables abióticas en los evaporadores 2, 8 y 12 (A) Temperatura, (B) Salinidad, (C) Potencial de hidrógeno.

**Abundancia y composición.-** La abundancia más baja se observó en la piscina evaporadora 12 (P.EVA-12) con una media de  $821472 \text{ cel.}(m^3)^{-1}$ , en comparación con el evaporador 8 donde se obtuvo un promedio más alto de  $3593120 \text{ cel.}(m^3)^{-1}$  con una salinidad media de  $53.49 \pm 7.74$  UPS, a diferencia del evaporador 2 los datos de abundancia fueron más amplios y dispersos con una media de  $2207296 \text{ cel.}(m^3)^{-1}$  y una salinidad de  $38.23 \pm 5.77$  UPS (Figura. 4), por lo que se evidenció diferencia estadísticamente significativa (KW= 0.006;  $p < 0.05$ ).

clases: diatomeas, dinoflagelados, cianofitas, clorofitas. Para el grupo de las diatomeas de las piscinas evaporadoras 2, 8 y 12 registraron diferencias significativas con (ANOVA: 0.001;  $p < 0.05$ ) (Figura 5) mostrando al evaporador 2 con mayor abundancia porcentual de  $67.67 \pm 17.30$  % dominando la especie *Navicula sp.* con un promedio de 9.23 % ; seguido del evaporador 8 con un promedio de  $35.30 \pm 15.09$  % destacando la especie *Navicula sp.* con una media de 18.80 % y el evaporador 12 fue el más bajo con una media de  $6.56 \pm 5.56$  % prevaleciendo la *Navicula sp.* con una media de 2.94 %.

La composición fitoplanctónica de los tres evaporadores estuvo integrada por cinco

Los dinoflagelados, evidenciaron diferencias significativas (KW = 0.001;  $p > 0.05$ ) en los tres evaporadores, reportando el evaporador

8 con una media porcentual de  $36.13 \pm 10.63$  % resaltando a la especie *Heterocapsa sp.* como la más abundante con una media porcentual de 13.77 %, y el más bajo para el evaporador 12 con media de 0.46% despuntando la especie *Heterocapsa sp.* 0.45 %.

En el evaporador 12 las cianofitas, predominaron con una media de  $92.90 \pm 5.71$  % en donde *Spirulina subsalsa* fue la más abundante con un promedio de 47.13%, mientras los promedios bajos se observaron en el evaporador 8 con valores de  $26.18 \pm 7.44$  % destacando la especie *Spirulina subsalsa* con 7.91 %, sin embargo *Oscillatoria sp.* se registró en el evaporador 2 con una media de  $16.60 \pm 9.57$  % registrando diferencias significativas (ANOVA = 0.001;  $p < 0.05$ ); en el grupo de las clorofitas tuvo diferencias entre el evaporador 8 y 12 (KW = 0.01;  $p < 0.05$ ), resaltando que el de mayor porcentaje fue para el evaporador 8 con  $2.39 \pm 1.76$ % y el menor fue para el evaporador 12; por último, las menos representativas fueron las euglenofitas, únicamente presente en el evaporador 2 con

0.1 % del género trachelomonas.

En el grupo de las diatomeas se reporta que su correlación con la salinidad fue inversa (Spearman: -0.92) (Figura 6), sin embargo, algunos de los datos de abundancia no se encuentran cerca de la línea de regresión ajustada, de acuerdo con la interpretación de la gráfica.

En el caso de los dinoflagelados, la abundancia porcentual versus la salinidad, mostró una baja correlación (Spearman: -0.46) (Figura 7) y también se observa que los datos se alejan de la línea de ajuste, el grupo de las cianofitas, presentó una correlación positiva con la salinidad (Spearman: 0.89) (Figura 8); en este caso, la mayor abundancia de cianofitas fue para el evaporador 12.

La correlación que presentó las clorofitas con la salinidad, fue negativa (Spearman= 0.67) (Figura 9), detallándose que hubo dispersión en un rango de salinidad entre 46.8 y 68.1, estos rangos de salinidad pertenecen al evaporador 8. Cabe recalcar que el género *Dunaliella* fue encontrada en todos los monitoreos.



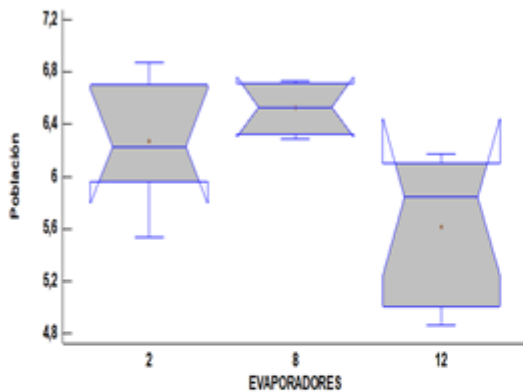


Figura 4. - Abundancia total de los tres evaporadores.

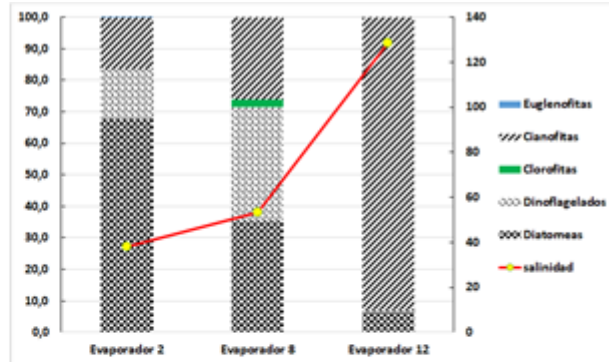


Figura 5. - Abundancia porcentual de la composición fitoplanctónica de los tres evaporadores con su salinidad.

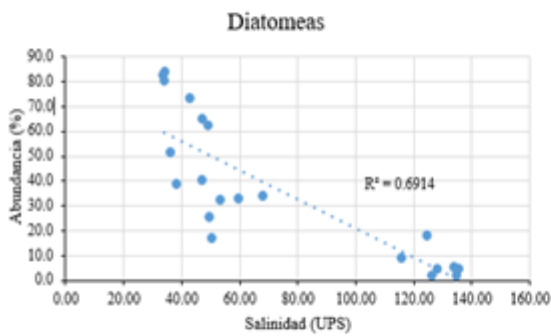


Figura 6. - Abundancia porcentual de las diatomeas versus salinidad.

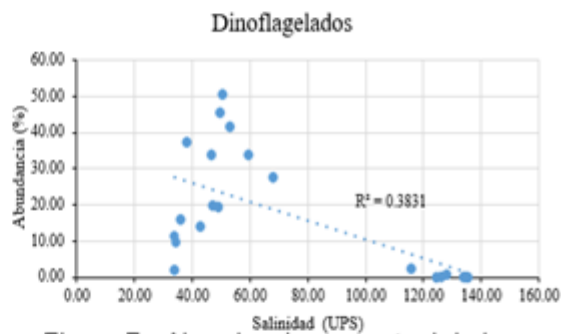


Figura 7. - Abundancia porcentual de las dinoflagelados versus salinidad.

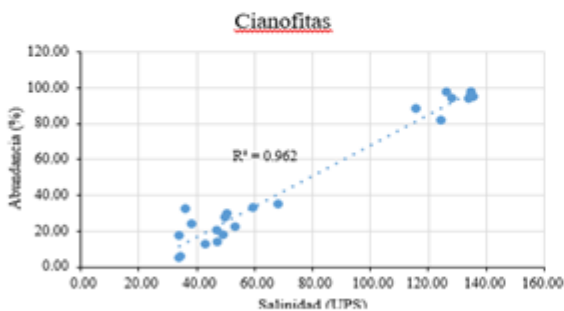


Figura 8. - Abundancia porcentual de las cianofitas versus salinidad.

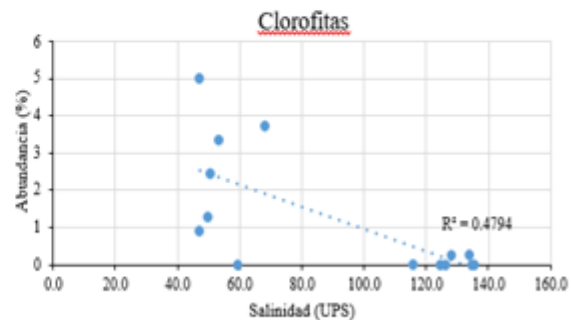


Figura 9. - Abundancia porcentual de las clorofitas versus salinidad.

Basado en los datos mencionados anteriormente y considerando la relación con la salinidad en los cinco grupos identificados, se registró en cada evaporador el porcentaje de abundancia total en relación con la composición fitoplanctónica.

En el evaporador 2, tuvo diferencias estadísticamente significativas ( $KW = 0.001$ ;  $p < 0.05$ ) (Figura 10), las diatomeas mostraron

el  $67.7 \pm 17.3$  %; para los dinoflagelados estuvo en  $15.6 \pm 11$  %; las cianofitas con  $16.6 \pm 9.6$  % y la euglenofita se presentó de manera imperceptible con una media de  $0.1 \pm 0.2$  %.

En el evaporador 2 (Figura 11), durante los meses de noviembre, diciembre y enero la abundancia de las diatomeas se incrementó, mientras que los dinoflagelados y cianofitas disminuyeron, y la salinidad bajaba hasta

llegar a 34 ups; a partir del mes de febrero con salinidad 34ups se observó un descenso en la abundancia de las diatomeas, y los dinoflagelados y cianofitas incrementaban su población hasta nivelarse las poblaciones en el mes de marzo con una salinidad de 38 ups, no presentaron diferencias significativas (ANOVA= 0.5;  $p > 0.05$ ); para el mes de abril se reportó salinidad de 36 ups, donde las cianofitas registraron alta abundancia con un porcentaje de  $32.3 \pm 20.5\%$ , mientras que los dinoflagelados bajó drásticamente los porcentajes de abundancia terminando para el mes de mayo en  $1.9 \pm 1.4 \%$  con salinidad de 34 ups, por el contrario las diatomeas reportaron  $80.5 \pm 15.16 \%$  evidenciando que los tres grupos de microalgas tuvieron diferencias significativas (ANOVA = 0.001;  $p < 0.05$ ).

El evaporador 8 durante los meses de muestreo, presentó diferencias estadísticamente significativas (ANOVA: 0.001;  $p < 0.05$ ) (Figura 12) registrando a las clorofitas con la menor abundancia porcentual ( $2.4 \pm 1.8 \%$ ), en contraste con las diatomeas, dinoflagelados y cianofitas, estos no demostraron grandes diferencias en su abundancia porcentual con medias de  $35.3 \pm 15.1 \%$ ,  $36.1 \pm 10.6 \%$  y  $26.2 \pm 7.4 \%$ , respectivamente.

La composición del evaporador 8 no mostró en el mes de diciembre cambios significativos (ANOVA = 0.99;  $p > 0.05$ ) (Figura 13); tuvo ausencia de euglenofitas, por lo tanto, las diatomeas, dinoflagelados, y cianofitas tuvieron medias de 33%, 34% y 33% respectivamente con salinidad de 60 ups; seguido del mes de enero con cambios significativos (ANOVA = 0.001;  $p < 0.05$ )

presentando niveles altos de abundancia porcentual para las diatomeas con  $65.1 \pm 10.5 \%$ , bajos porcentajes para los dinoflagelados  $19.8 \pm 17.8\%$  y cianofitas  $14.1 \pm 7.2\%$  en una salinidad de 47 ups, de acuerdo con los datos mostrados en el tiempo de monitoreo.

De acuerdo con el promedio de salinidad establecida en el evaporador 12, el grupo que más destacó fueron las cianofitas con  $92.90 \pm 5.71 \%$  predominando la especie *Spirulina subsalsa*. Las diferencias entre los grupos tuvieron diferencias significativas (KW,  $p < 0.05$ ) (Figura 14).

El grupo que más sobresalió en la abundancia porcentual (Figura 15) fueron las cianofitas con salinidad alta dentro de un rango de 111-135 ups; estas permanecieron casi constante durante el tiempo de muestreo, el mes más alto fue febrero con una media de  $98.01 \pm 2.02 \%$ , el grupo de las diatomeas con 1.92 % y el más bajo se presentó con una media de 0.06 %, observándose que la salinidad alta incide en las diatomeas, dinoflagelados y clorofitas.

El ANOSIM entre el fitoplancton y los factores abióticos mostraron diferencias significativas en el tiempo de estudio para los tres evaporadores en la abundancia fitoplanctónica (Bray-Curtis  $R = 0.74$ ;  $p = 0.001$ ) (Figura 16).

Determinando que la especie *Navicula* sp. del evaporador 8 y 2 presenta el 14.09 % de disimilitud entre todas las especies identificadas; para el evaporador 12 y 2, la especie *Spirulina subsalsa* tuvo 16.7 % de diferencia y el evaporador 8 y 12 la especie *Navicula* sp. mostró el 19.93 % de no tener similitud.

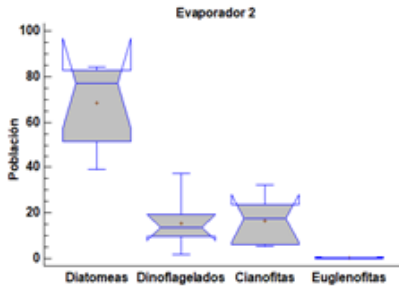


Figura 10.- Abundancia porcentual del evaporador 2.

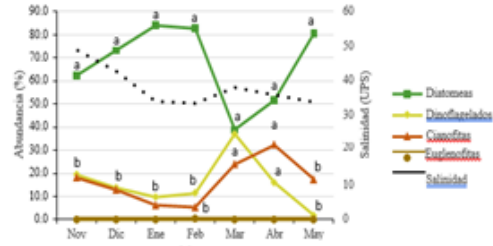


Figura 11.- Abundancia porcentual de los grupos fitoplanctónicos del evaporador 2 y la transición de la salinidad en los 7 meses.

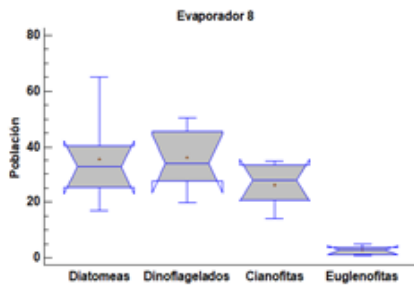


Figura 12.- Abundancia porcentual del evaporador 8.

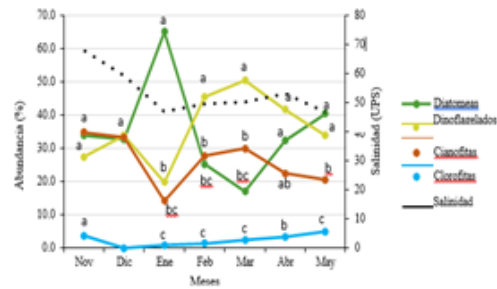


Figura 13.- Abundancia porcentual de los grupos fitoplanctónicos del evaporador 8 y la transición de la salinidad en los 7 meses.

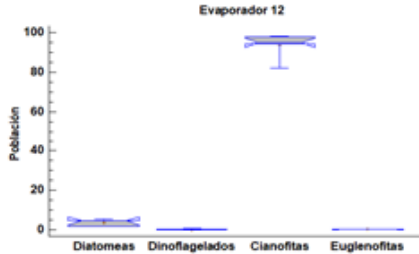


Figura 14.- Abundancia porcentual del evaporador 12.

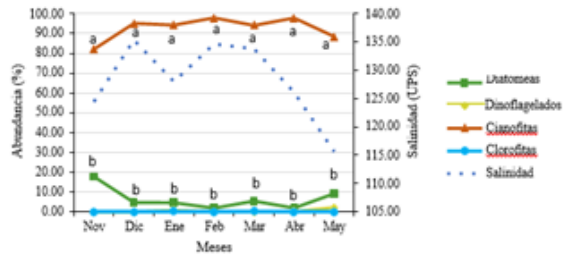


Figura 15.- Abundancia porcentual de los grupos fitoplanctónicos del evaporador 12 y la transición de la salinidad en los 7 meses.

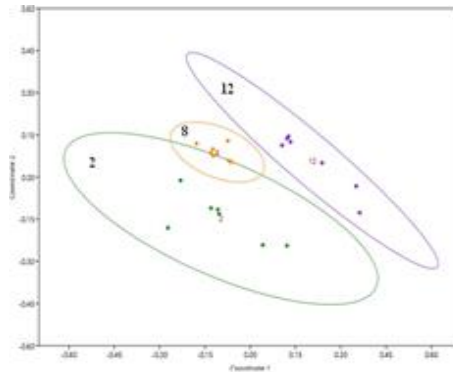


Figura 16.- Diagrama de nMDS de la estructura comunitaria del fitoplancton de los tres evaporadores.

De acuerdo a los análisis (ACC) durante el invierno las diatomeas experimentaron una disminución considerable en su abundancia desde los evaporadores 2 hasta el 12, con conteos de  $30478 \text{ cél.}(0.06\text{m}^3)^{-1}$ ,  $14429 \text{ cél.}(0.06\text{m}^3)^{-1}$  y  $3360 \text{ cél.}(0.06\text{m}^3)^{-1}$  respectivamente. Esta reducción significativa podría estar asociada con el notable incremento en la salinidad, que aumenta de 37.55 ups desde el evaporador 2 a al 12 con 126.21 ups. Las diatomeas proliferaron en condiciones de menor salinidad, lo que sugiere que este incremento es un factor crucial en su disminución. Además, los niveles crecientes de nitratos, que aumentan de 0.56 mg/L en el evaporador 2 hasta 0.98 mg/L en el 12, pueden también tener un impacto adverso en la abundancia de este grupo fitoplanctónico.

Mientras que los dinoflagelados mostraron un aumento notable en su densidad poblacional desde el evaporador 2 con  $11935 \text{ cél.}(0.06\text{m}^3)^{-1}$  hasta el evaporador 8, con  $32318 \text{ cél.}(0.06\text{m}^3)^{-1}$ , seguido de una drástica disminución en el evaporador 12, donde solo se contabilizan  $114 \text{ cél.}(0.06\text{m}^3)^{-1}$ . Este incremento inicial puede estar relacionado con un aumento moderado en la salinidad de 53.49 ups en evaporador 8 y en las concentraciones de nutrientes ( $\text{NO}_2$  y  $\text{NO}_3$ ). Sin embargo, en el evaporador 12, la salinidad extremadamente alta y los elevados niveles de nitratos parecen ser desfavorables, resultando en una disminución drástica de la población de dinoflagelados.

Cabe mencionar que las cianofitas presentaron un aumento dramático, especialmente en el evaporador 12, con una densidad de  $109404 \text{ cél.}(0.06\text{m}^3)^{-1}$ . Este incremento se asocia fuertemente con el aumento en la salinidad y los niveles de nutrientes. Las cianofitas prosperan en condiciones de alta concentración de nutrientes ( $\text{NO}_2$  y  $\text{NO}_3$ ), lo que se evidencia en las condiciones del evaporador 12, en comparación con los evaporadores 8 con  $23331 \text{ cél.}(0.06\text{m}^3)^{-1}$  y 2 con  $8054$

$\text{cél.}(0.06\text{m}^3)^{-1}$  respectivamente.

Las clorofitas aunque están ausente en el evaporador 2, emergen en el evaporador 8 con una densidad de  $4883 \text{ Cél.}(0.06\text{m}^3)^{-1}$  y disminuyen en el evaporador 12 a  $1563 \text{ cél.}(0.06\text{m}^3)^{-1}$ . Esto sugiere que las clorofitas son sensibles a niveles específicos de salinidad y nutrientes. La aparición en el evaporador 8 podría ser una respuesta a un entorno relativamente más favorable en términos de salinidad (53.49 ups) y nutrientes, mientras que la disminución en el evaporador 12 indicaría que condiciones extremas no son óptimas para ellas. Mientras las euglenofitas están presentes únicamente en el evaporador 2 con  $1625 \text{ cél.}(0.06\text{m}^3)^{-1}$  y desaparecen en entre los evaporadores 8 y 12. Este grupo parece preferir condiciones de menor salinidad y niveles de nutrientes más bajos. El aumento de salinidad y nutrientes entre los evaporadores 8 y 12 podría haber provocado su desaparición.

El comportamiento de los dinoflagelados, cianofitas, clorofitas y euglenofitas respecto a la temperatura, salinidad, nitritos, nitratos y fosfatos varía significativamente entre las estaciones de los evaporadores 2, 8, y 12, lo que reflejaría las diferentes adaptaciones y tolerancias de estos grupos fitoplanctónicos a las condiciones ambientales. Los dinoflagelados mostraron un incremento significativo entre los evaporadores 2 a 8, lo que sugiere que prosperan con un aumento moderado de la salinidad (de 37.55 ups a 53.49ups). Sin embargo, en el evaporador 12, su número cae abruptamente a  $114 \text{ cél.}(0.06\text{m}^3)^{-1}$ , coincidiendo con un aumento adicional de la salinidad a 126.21 ups y un incremento de nitratos de 0.56 mg/L a 0.98mg/L, lo que sugiere una tolerancia limitada a altas concentraciones de sal y nitratos (Figura 17).

Durante el verano el evaporador 2, se registró la mayor densidad de diatomeas, con  $31490 \text{ cél.}(0.06\text{m}^3)^{-1}$ . Esta alta densidad puede atribuirse a condiciones ambientales favorables, incluyendo una temperatura

---

moderada de 25.21°C, una salinidad de 34.34 ups y una conductividad de 56.07 mS/cm. Adicionalmente, el pH ligeramente alcalino de 8.6 es propicio para el crecimiento de diatomeas, ya que prefieren entornos ligeramente básicos. Los bajos niveles de nitrito (0.0050 mg/L), nitrato (0.454 mg/L) y fosforo R (0.082 mg/L) indican una concentración adecuada de nutrientes, favoreciendo el desarrollo de estas algas unicelulares.

En el evaporador 8, la densidad de diatomeas es significativamente menor, con 15134 cél.(0.06m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>. Este descenso puede estar relacionado con un aumento en la salinidad (46.24 ups) y una conductividad más baja (49.32 mS/cm), así como una ligera disminución en el pH (8.8). Aunque estas condiciones aún son adecuadas para las diatomeas, la variación en el pH podría afectar la competencia con otros organismos fitoplanctónicos, resultando en una densidad menor.

El evaporador 12 muestra la densidad más baja de diatomeas, con solo 1341 cél.(0.06m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>. Esto coincide con valores extremadamente altos de salinidad (85.38 psu) y conductividad (114.74 mS/cm), así como un pH de 8.3. Estas condiciones pueden ser desfavorables para el crecimiento de las diatomeas, que prefieren ambientes más neutros o ligeramente alcalinos y son sensibles a niveles muy altos de salinidad y conductividad. Respecto a los dinoflagelados, en el evaporador 2 se observa una densidad moderada de 3830 cél.(0.06m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>. Las condiciones ambientales, como una temperatura de 25.21°C, salinidad

de 34.34 ups y conductividad de 56.07 mS/cm, son relativamente moderadas y proporcionan un entorno adecuado para el crecimiento de dinoflagelados. El pH ligeramente alcalino de 8.6 también es favorable, ya que estas especies prefieren un rango de pH neutro a alcalino. Los bajos niveles de nitrito (0.005 mg/L), nitrato (0.454 mg/L) y fosfato (0.082 mg/L) sugieren una disponibilidad limitada de nutrientes, lo cual podría afectar la densidad poblacional de los dinoflagelados.

En el evaporador 8, se registró una densidad significativamente mayor de dinoflagelados, con 33035 cél.(0.06m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>. Este incremento podría estar relacionado con una salinidad más alta (46.24 ups) y un pH ligeramente más bajo (8.8). Aunque estas diferencias son sutiles, pueden tener un impacto significativo en la preferencia de hábitat y el crecimiento de los dinoflagelados. Los niveles ligeramente más altos de nitrito, nitrato y fosfato pueden indicar una mayor disponibilidad de nutrientes, promoviendo un mayor crecimiento poblacional de estos organismos.

Por último, en el evaporador 12 se observó una densidad muy baja de dinoflagelados, con solo 1565 cél.(0.06m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>. Esto puede estar relacionado con condiciones ambientales extremas, como una salinidad de 85.38 ups y una conductividad de 114.74 mS/cm, así como un pH de 8.3. Estas condiciones pueden ser menos favorables para el crecimiento y la reproducción de los dinoflagelados, resultando en una densidad poblacional menor (Gráfico 18).

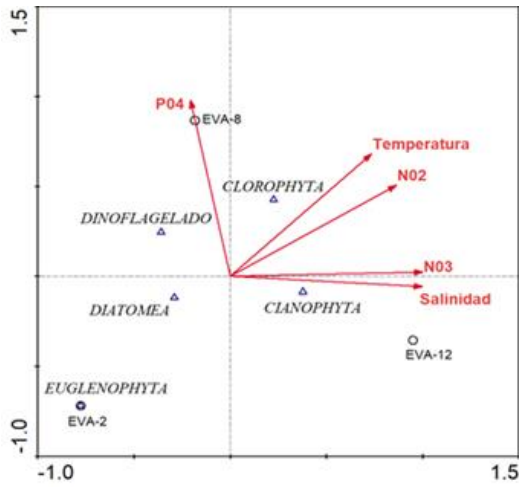


Figura 17. Proyección octogonal del análisis de correspondencia canónica de los 5 grupos fitoplanctónicos de los evaporadores y las variables fisico-químicas durante el invierno.

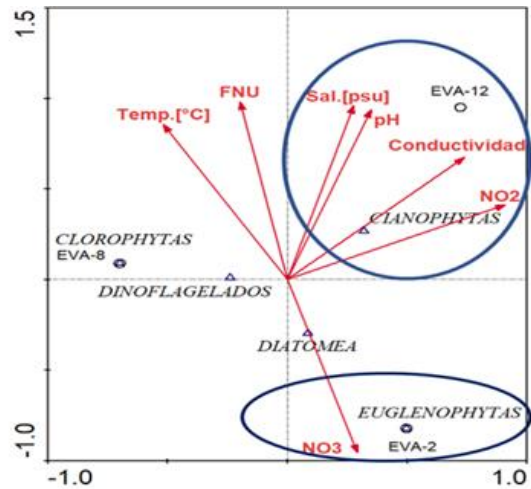


Figura 18. Proyección octogonal del análisis de correspondencia canónica de los 5 grupos fitoplanctónicos de los evaporadores y las variables fisico-químicas durante el verano.

La abundancia de poblaciones se ve significativamente influenciada por el gradiente salino y la temperatura, según Telesh *et al.*, 2013. Pedros-Alió (2000) demostró en estudios realizados en dos áreas hipersalinas españolas que un aumento en el gradiente de salinidad condujo a una disminución en la abundancia de organismos eucariotas y a un mayor desarrollo poblacional de células procariontas. Por otro lado, Abid *et al.* (2008) señalaron, en investigaciones realizadas en tres evaporadores en Túnez, que, durante el periodo de muestreo, el evaporador con mayor salinidad y temperatura presentó una mayor abundancia fitoplanctónica.

La presencia de diatomeas en salinidades más altas, como en el evaporador 12, exhibió una baja abundancia porcentual, influenciada por la salinidad, respaldada por Clavero *et al.*, (2000), quienes indicaron que la mayoría de las diatomeas carecen de un mecanismo osmótico para tolerar ambientes hipersalinos, y su crecimiento óptimo ocurre por debajo de las 75 ups. Contrariamente, las diatomeas en los evaporadores 2 y 8 presentaron una abundancia porcentual más elevada, tomando en cuenta que el evaporador 2 el agua que contiene es recién ingresada de los reservorios, sugiriendo que la salinidad no fue

tan determinante para la presencia de individuos en estos evaporadores; posiblemente otros factores como los nutrientes jugaron un papel crucial, como ciertos autores Ortega-Mayagoitia *et al.* (2003); López-Flores *et al.* (2006) describen que, en aguas someras, el principal factor son los nutrientes; por otro lado, Masmoudi *et al.* (2015) considera que en las salinas, el principal factor que determina la comunidad fitoplanctónica es la salinidad y luego el nitrógeno y fósforo; indicando que las diatomeas están más relacionadas con el fosfato ( $PO_4$ ) y nitrato ( $NO_3$ ); pero a medida que aumenta la salinidad, se reduce el número de diatomeas, quedando ciertas especies tolerantes a salinidades elevadas donde el rango máximo es de 205 ups, Bae *et al.* (2020)

Investigaciones en ambientes hipersalinos, según Abid *et al.*, (2008), han considerado que la abundancia de diatomeas no solo está condicionada por factores abióticos, sino también por la ubicación de cada evaporador. En este contexto, el constante bombeo de agua de mar hacia el estanque generó turbulencia, resultando en temperaturas cálidas, baja irradiación y suficiencia de nitrógeno.

En el presente trabajo se observó que los dinoflagelados mostraron una baja correlación con la salinidad, con valores registrados que oscilaron entre 37.55 ups y 126.21 ups. en contraste con las afirmaciones de Delgado et al., 2006, y Salinas Y., 2014, quienes indicaron que la salinidad no es la variable determinante para la presencia de este grupo. Algunos estudios sugieren que la tasa de crecimiento o la abundancia de los dinoflagelados pueden estar más vinculadas a altas temperaturas y la disponibilidad de nutrientes. Según el estudio realizado por Masmoudi et al. (2015), la presencia de dinoflagelados, se encuentran asociadas con altos de amonio ( $\text{NH}_4$ ) y fosfato ( $\text{PO}_4$ ); con respecto al evaporador 8, se encontró una fuerte relación con fosfatos en el invierno.

En cuanto a las cianofitas, se identificó una correlación positiva con la salinidad (126.21 ups) en el evaporador 12, atribuida a la adaptación de la mayoría de las cianobacterias a entornos hipersalinos, denominadas organismos halo tolerantes según Golubić, 2004, y Kerkar, 2004. Además, especies como la *Spirulina subsalsa* se desarrollan específicamente en salinidades que varían entre 90 y 249 ups, según Chatchawan et al., 2011.

La correlación moderada entre las clorofitas y la salinidad se registró en el evaporador 8, con valores que oscilan entre 46.8 y 68.1 ups. Es importante destacar la presencia constante del género *Dunaliella* en todos los monitoreos; este género está muy relacionada con el incremento del nitrato y aumento de salinidad; a pesar de eso, las clorofitas necesitan de nutrientes como fosfato y nitrógeno para su incremento, por otro lado, se puede destacar que son grupos de algas halotolerantes, Masmoudi et al. (2015). En estudios de cultivos de *Dunaliella*, se ha destacado la importancia de la temperatura, junto con la salinidad, en el crecimiento celular óptimo, con un rango de 26 °C y una salinidad de 35 ups, según Hamed et al., 2017. El aumento de la temperatura, la escasez de nitrógeno y la presencia de *Artemia* fueron factores que redujeron el crecimiento, lo que podría explicar la menor abundancia en el evaporador 12, donde la

temperatura media fue de 31.20 °C, como señala (Oren, 2014).

El género *Trachelomonas*, perteneciente a la clase Euglenophyceae, fue poco común y se encontró específicamente en el evaporador 2, donde se observaron salinidades más bajas. Grabowska & Wolowski, 2014, en sus estudios, señalaron que las poblaciones de *Trachelomonas* tienden a disminuir en condiciones de baja temperatura. En un estudio realizado por Garduño et al. (2011), en una microcuenca de México, los euglenoides son de climas cálidos y secos, donde la abundancia se encontró muy relacionada con los niveles de nitratos, aumentando las especies de *trachelomonas*.

En este estudio, se determinó que tanto la temperatura como la salinidad ejercen influencia en la abundancia poblacional de diatomeas y euglenofitas. Por otro lado, las clorofitas y los dinoflagelados fueron más frecuentes en salinidades más bajas. Al comparar con investigaciones realizadas en las lagunas intradunares de Valencia, cercanas al Mar Mediterráneo, se observó que, además de la salinidad, la temporalidad y la inundación de aguas provenientes de otros ecosistemas pueden propiciar la aparición de especies alóctonas, principalmente cianofitas (Soria & Ros, 1991). Andersson et al., (1994) indicaron que, cuando los nutrientes son adecuados, la temperatura y la intensidad de la luz son factores determinantes para el crecimiento de las diatomeas.

En estos entornos, se observó que el equilibrio del sistema biológico se mantiene cuando el evaporador con alta salinidad presenta cianobacterias que no generan mucílago y confieren colores oscuros a la salmuera. Contrariamente, Davis (2009) y Oren (2009) explican que un exceso de nutrientes puede desequilibrar los evaporadores, propiciando el desarrollo de la especie *Aphanothece halophytica*. Esto, a su vez, podría causar el desplazamiento de otros organismos como *Artemia sp.* ya que la producción de polisacáridos por parte de la cianobacteria aumenta la viscosidad de la

salmuera, resultando en la formación de cristales de sal blandos y de baja calidad.

## Conclusiones

Durante el período de investigación, se llevó a cabo la identificación de las especies presentes en los tres evaporadores en función de su nivel de salinidad.

Se observó que tanto la abundancia como la composición del fitoplancton en los tres evaporadores mostraron diferencias significativas en relación con el gradiente salino, concluyendo que la estructura y diversidad del fitoplancton varían de manera notable en cada uno de los evaporadores estudiados.

Se estableció que la salinidad es un factor influyente en los cambios observados en la estructura del fitoplancton. Sin embargo, se enfatizó que la salinidad no es el único factor determinante, ya que, en ciertos evaporadores, se identificó una correlación específica entre la salinidad y la prevalencia de especies, como fue el caso del evaporador 12 donde predominó la *Spirulina subsalsa*. sugiriendo que, a pesar de esta correlación, es crucial considerar otros parámetros ambientales, tales como la temperatura, los nutrientes y el pH, para comprender de manera integral el entorno que favorece a las especies presentes en los evaporadores.

## Agradecimientos

Mis sinceros agradecimientos al Gerente de ECUASAL, al técnico de AVES Y CONSERVACIÓN e Investigadores de la UPSE por su colaboración y apoyo en el proyecto " Fitoplancton y zooplancton con relación a gradiente salino de una planta productora de sal en Mar Bravo, Santa Elena". Por la disposición y permisos otorgados por la alta dirección fueron fundamentales para el éxito de la investigación en las piscinas evaporadoras de Mar Bravo, Santa Elena. Contribuyendo significativamente a la obtención de datos precisos. El presente estudio, financiado por Senplades a través de la Universidad Estatal

Península de Santa Elena, ha enriquecido el conocimiento adquirido sobre el fitoplancton y zooplancton, siendo una contribución valiosa para la comunidad científica.

Agradecimientos a los Directivos y personal del Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca (IPIAP), por la colaboración prestada.

## Referencias

- Abid, O., Sellami-Kamoun, A., Ayadi, H., Drira, Z., Bouain, A., & Aleya, L. (2008). Biochemical adaptation of phytoplankton to salinity and nutrient gradients in a coastal solar saltern, Tunisia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 80, 391-400. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.09.007>
- Alonso, R., Hernández, D., & Gárate, I. (2008). *Catálogo de microalgas de las lagunas costeras de Sinaloa* (Federico Páez Osuna). Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Andersson, A., Haecky, P., & Hagström, Å. (1994). Effect of temperature and light on the growth of micro- nano- and picoplankton: Impact on algal succession. *Marine Biology*, 120(4), 511-520. <https://doi.org/10.1007/BF00350071>
- Ayadi, H., Abib, O., Elloumi, J., Bouaïn, A., & Sime-Ngando, T. (2004). Structure of the phytoplankton communities in two lagoons of different salinity in the Sfax saltern (Tunisia). *Journal of Plankton Research*, 26(6), 669-679.
- Baird, R., & Bridgewater, L. (2017). Standard methods for the examination of water and wastewater. 23rd edition. Washington, D.C., American Public Health Association.
- Costa, D. F. da C., Rocha, R. de M., Lillebo, A., & Soares, A. M. V. M. (2014). Análise dos Serviços Ambientais prestados pelas Salinas Solares. *Boletim Gaúcho de Geografia*, 41(1), Article 1.



- <https://www.seer.ufrgs.br/bgg/article/view/42124>
- Cupp, E. E. (1943). Marine plankton diatoms of the west coast of North America. *Botany*, 4, 23-42. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(78\)90004-9](https://doi.org/10.1016/0304-3770(78)90004-9)
- Davis, J. S. (1978). Biological communities of a nutrient enriched salina. *Aquatic Botany*, 4, 23-42. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(78\)90004-9](https://doi.org/10.1016/0304-3770(78)90004-9)
- Davis, J. S. (1993). Biological management for problem solving and biological concepts for a new generation of solar saltworks. I, 611-616.
- Davis, J. S. (2000). Structure, function and management of the biological system for seasonal solar saltworks. II(3), 217-226. <https://doi.org/10.30955/gnj.000175>
- Davis, J. S. (2009). Management of biological systems for continuously—Operated solar saltworks. *Global NEST Journal*, 11(1), 73-78. <https://doi.org/10.30955/gnj.000175>
- Díaz, J., Perea, E., Dolores, M., & Moreira, J. (2010). Atlas de Microorganismos Planctónicos Presentes en los Humedales Andaluces. Red de Información Ambiental de Andalucía.
- Dolapsakis, N. P., Tafas, T., Abatzopoulos, T. J., Ziller, S., & Economou-Amilli, A. (2005). Abundance and growth response of microalgae at Megalon Embolon solar saltworks in northern Greece: An aquaculture prospect. *Journal of Applied Phycology*, 17(1), 39-49. <https://doi.org/10.1007/s10811-005-5553-0>
- Elloumi, J., Carrias, J.-F., Ayadi, H., Sime- Ngando, T., & Bouaïn, A. (2009). Communities structure of the planktonic halophiles in the solar saltern of Sfax, Tunisia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 81(1), 19-26. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.09.019>
- Golubić, S. (2004). Halophily and halotolerance in cyanophytes. *Origins of life*. <https://doi.org/10.1007/BF00928667>
- Grabowska, M., & Wolowski, K. (2014). Development of *Trachelomonas* species (Euglenophyta) during blooming of *Planktothrix agardhii* (Cyanoprokaryota). *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, 50, 49-57. <https://doi.org/10.1051/limn/2013070>
- Jimenez, R. (2014). Diatomeas y silicoflajelados del fitoplancton en el Golfo de Guayaquil. En Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada—Actas oceanográficas.: Vol. 19(1) (II, pp. 1-89). INOCAR.
- Kerker, S. (2004). Ecology of hypersaline microorganisms. <http://irgu.unigoa.ac.in/drs/handle/unigoa/1584>.
- López-Flores, R., Boix, D., Badosa, A., Brucet, S., & Quintana, X. (2006). Pigment composition and size distribution of phytoplankton in a confined Mediterranean salt marsh ecosystem. *Marine Biology*, 149, 1313-1324. <https://doi.org/10.1007/s00227-006-0273-9>
- Maar, M., Nielsen, T., Richardson, K., Christaki, U., Hansen, O., Zervoudaki, S., & Christou, E. (2002). Spatial and temporal variability of food web structure during the spring bloom in the Skagerrak. *Marine Ecology-progress Series MARECOL-PROGRSER*, 239, 11-29. <https://doi.org/10.3354/meps239011>.
- Madkour, F. F., & Gaballah, M. M. (2012). Phytoplankton assemblage of a solar saltern in Port Fouad, Egypt. *Oceanologia*, 54(4), 687-700. <https://doi.org/10.5697/oc.54-4.687>
- Madkour, F. F., & Gaballah, M. M. (2012). Phytoplankton assemblage of a solar saltern in Port Fouad, Egypt. *Oceanologia*, 54(4), 687-700. <https://doi.org/10.5697/oc.54-4.687>
- Mallin, M. A., & Paerl, H. W. (1994). Planktonic Trophic Transfer in an Estuary: Seasonal, Diel, and Community Structure Effects. *Ecology*, 75(8), 2168-2184. <https://doi.org/10.2307/1940875>

- Mendes, S., Fernández-Gómez, M. J., Resende, P., Pereira, M., GALINDO VILLARDÓN, M. P., & Azeiteiro, U. (2009). Spatio-temporal structure of diatom assemblages in a temperate estuary. A STATICO analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 84, 637-644. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2009.08.003>
- Oren, A. (Ed.). (2002). *Solar Salterns. En Halophilic Microorganisms and their Environments* (pp. 441-469). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/0-306-48053-0\\_16](https://doi.org/10.1007/0-306-48053-0_16)
- Oren, A. (2009). The microbiology of saltern crystallizer ponds and salt quality. *B*, 904-912.
- Oren, A. (2014). The ecology of *Dunaliella* in high-salt environments. *Journal of Biological Research-Thessaloniki*, 21(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s40709-014-0023>
- Ortega-Mayagoitia, E., Rojo, C., & Rodrigo, M. (2003). Controlling factors of phytoplankton assemblages in wetlands: An experimental approach. *Hydrobiologia*, 502, 177-186. <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000004280.74279.74>
- Pesantes, Flor. (2014). Dinoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. En Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada—Actas oceanográficas.: Vol. 19 (1) (II, pp. 91-207). INOCAR.
- Pinckney, J. L., Paerl, H. W., Harrington, M. B., & Howe, K. E. (1998). Annual cycles of phytoplankton community-structure and bloom dynamics in the
- Ramirez, F., Abdennadher, A., Sanpera, C., Jover, L., Wassenaar, L., & Hobson, K. (2011). Assessing waterbird habitat use in coastal evaporative systems using stable isotopes ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta\text{D}$ ) as environmental tracers. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 92, 217-222. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.12.035>
- Reynolds, C. S. (2006). *The Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press.
- Richardson, K., & Pedersen, F. B. (1998). Estimation of new production in the North Sea: Consequences for temporal and spatial variability of phytoplankton. *ICES Journal of Marine Science*, 55(4), 574-580. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1998.0402>
- Rodrigues, C. M., Bio, A., Amat, F., & Vieira, N. (2011). Artisanal salt production in Aveiro/Portugal—An ecofriendly process. *Saline Systems*, 7(1), 3. <https://doi.org/10.1186/1746-1448-7-3>
- Soria, J., & Ros, M. (1991). Relación entre el fitoplancton y la salinidad de las lagunas intradunares de la dehesa de la Albufera (Valencia). *Acta Botanica Malacitana*, 16, 43-50. <https://doi.org/10.24310/abm.v16i.9130>
- Telesh, I., Schubert, H., & Skarlato, S. (2013). Life in the salinity gradient: Discovering mechanisms behind a new biodiversity pattern. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 135, 317-327. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.10.013>
- Tomas, C. R. (1997). *Identifying Marine Phytoplankton*. Elsevier.
- Wen, Z., & Zhi-hui, H. (1999). Biological and ecological features of inland saline waters in North Hebei, China. *International Journal of Salt Lake Research*, 3(8), 267-285. <https://doi.org/10.1023/A:1009091216842>
- Zar, J. H. (2009). *Biostatistical Analysis* (Edición: 5). Pearson

