

VARIACIÓN ESPACIO TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS Y CLOROFILA *a* DEL HUMEDAL EL HATO, LAGUNA DE LAS MARITES ISLA DE MARGARITA, NUEVA ESPARTA, VENEZUELA, DURANTE 2015

ANAIS DÍAZ^{1*}, ARISTIDES MÁRQUEZ¹, HELENA HERNÁNDEZ¹ & JULIO RODRÍGUEZ²

¹*Instituto Oceanográfico de Venezuela, Departamento de Oceanografía, Universidad de Oriente, Venezuela. *anaisd1990@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-1283-5182>*

Aristd@gmail.com. <http://orcid.org/0000-0003-1426-5264>

Hernandezlna@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-8664-8494>

²*Centro Regional de Investigaciones Ambientales, Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta. juliorod58@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0001-6378-236x>*

RESUMEN: El humedal El Hato, es un biotopo dulceacuícola sometido al régimen de sequía y lluvia, ubicado en el estado Nueva Esparta, Venezuela. Utilizando metodología clásica para el estudio de sistemas acuáticos, se evaluó la variación espacio temporal de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de este ecosistema. Los resultados del Test de Kruskal-Wallis, mostraron diferencias estadísticas significativas mensuales para la mayoría de los parámetros ($p < 0,05$), excepto para la temperatura, las concentraciones de oxígeno disuelto y utilización aparente de oxígeno, a nivel espacial. Para los estratos de profundidad, se observó el mismo comportamiento con excepción en la clorofila *a*. Mediante el análisis de correlación de Spearman, se estableció una asociación positiva entre la temperatura con el oxígeno disuelto y fosfato, así como entre silicato y nitrito con fosfato. El cuerpo de agua presentó concentraciones de oxígeno y utilización de oxígeno aparente que reflejan procesos de fotosíntesis asociados a la presencia de nutrientes.

Palabras clave: Variación, fisicoquímica, agua, humedal El Hato, Venezuela.

ABSTRAC: The Hato wetland is a freshwater biotope subject to the drought and rain regime, located in the state of Nueva Esparta, Venezuela. Using the classical methodology for the study of aquatic systems, the temporal space variation of the physicochemical and biological parameters of this ecosystem was evaluated. The results of the Kruskal-Wallis Test showed statistically significant monthly differences for most of all parameters ($P < 0.05$), except for temperature and dissolved oxygen concentrations and apparent oxygen utilization at the spatial level. For the depth strata the same behavior was discovered, with the exception of chlorophyll *a*. Through Spearman's consequence analysis, a positive association between temperature with dissolved oxygen and phosphate, as well as between silicate and nitrite with phosphate is confirmed. The body of water presented oxygen concentrations and apparent oxygen use that reflects photosynthesis processes associated with the presence of nutrients.

Key words: Variation, physicochemical, El Hato wetland, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

Los humedales son ecosistemas cuyos suelos están permanente o periódicamente inundados, en ambientes de agua dulce como en aquellos que presentan cierto grado de salinidad, se incluyen tanto los humedales naturales, como las extensas marismas, los pantanos y las turberas, así como aquellos humedales antrópicos que fueron diseñados por el ser humano y que de forma artificial retienen agua, tanto permanente como temporalmente, adecuándose a las condiciones ambientales (FDEZ 2022). Además controlan los procesos biológicos y geoquímicos, según el grado de saturación del agua, el clima y la disponibilidad de nutrientes (ENRÍQUEZ & CREMONA 2017). Así mismo, son ecosistemas sensibles a cambios en la calidad del agua y comunidades biológicas por cambios en el uso del suelo (SCHILLER *et al.* 2007).

Por tanto, los humedales desempeñan un papel crucial en el equilibrio ambiental y la biodiversidad. Actúan como filtros naturales, depurando el agua al retener sedimentos y nutrientes, lo que beneficia

tanto a las especies acuáticas como a las terrestres. Además, son hábitats de reproducción y refugio para una gran diversidad de fauna, incluyendo especies endémicas y migratorias. Estos ecosistemas también juegan un papel importante en la regulación del ciclo del agua, almacenando precipitaciones y liberándolas lentamente, reduciendo así el impacto de inundaciones y sequías.

Generalmente se reconocen varias clases de humedales: los marinos que son humedales costeros, incluyendo costas rocosas y arrecifes de coral; estuarinos, como deltas, marismas de marea y manglares; lacustres que incluyen lagos, lagunas y ribereños, que son humedales asociados a ríos y arroyos. También incluyen, palustres, como lodazales o ciénagas, marismas, pantanos, estanques para acuicultura y ganadería, tierras irrigadas, canales de drenaje, arrozales, canteras, pozos de minería, áreas de tratamiento de aguas negras, represas hídricas, entre otros, que por la flora y fauna que sustentan, merecen ser considerados como humedales (OCAL 2021).

Debido a su carácter mega diverso, Venezuela cuenta con una amplia variedad de ecosistemas y ambientes naturales, entre ellos destacan los humedales, que suman 158 en todo el país (MARIÑA 2020), dentro de los cuales se encuentra el Monumento Natural laguna de Las Marites, constituida por un sistema lagunar y/o humedales, dentro de las cuales se encuentra el humedal El Hato (PLAN DE ORDENAMIENTO Y REGLAMENTO DE USO DEL MONUMENTO NATURAL LAGUNA DE LAS MARITES 1993).

El humedal El Hato, está localizado en el Monumento Natural Laguna de Las Marites, específicamente, en la región sur-oriental de la Isla de Margarita, Municipio García, Isla de Margarita, Estado Nueva Esparta, Venezuela. Geomorfológicamente, es un ponor dulceacuícola con un perímetro de 3.153 m que se comporta como una cubeta que colecta las aguas de escorrentía superficial a través de dos canales principales de descarga, originados por escurrimiento superficial laminar y difuso, localizados en surcos, y está conformada por unidades de paisajes de origen kárstico (MARCANO *et al.* 2014).

En el humedal el Hato se han realizado investigaciones dentro de las que destacan las de HERNÁNDEZ & OCANTO (2010) quienes caracterizaron los parámetros físico-químicos, bacteriológica, pigmentos fotosintéticos y sedimentológicas, igualmente las de BERNAL (2010), quien estudió la taxonomía de las microalgas, por otra parte la composición y estructura de la vegetación fue investigada por MARCANO *et al.* (2014). El presente trabajo se realizó con el propósito de evaluar la variación espacial y temporal de los parámetros fisicoquímicos y biológicos (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, utilización aparente de oxígeno, nitratos, nitritos, amonio, fosfatos, silicatos y clorofila *a*) en el humedal El Hato y para conocer su calidad ambiental y la asociación o interrelación entre los parámetros físicos, químicos y biológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras

Se efectuaron salidas mensuales durante doce (12) meses en el 2015, y se fijaron cinco (5) estaciones utilizando GPS marca Garmin (Fig.1). En cada estación, se tomaron muestras de agua para los análisis fisicoquímicos y biológicos en dos estratos de profundidad, una a 10 cm de la superficie, y a 20 cm del fondo aproximadamente. La temperatura (°C), el oxígeno disuelto (OD) y la salinidad, se midieron *in situ* utilizando una sonda multiparamétrica YSI, modelo 600R, acoplada a un capturador de datos YSI 650 DMS.

Se recolectaron cinco litros (5l) de agua en cada estrato utilizando envases plásticos lavados previamente con HCl al 10%, para determinar la concentración de los nutrientes, nitratos (NO_3^-), nitritos (NO_2^-), amonio (NH_4^+), fosfatos (PO_4^{3-}), silicatos (Si(OH)_4) así como el parámetro biológico, clorofila *a* (Chl-*a*). Todas las muestras fueron conservadas y preservadas en una cava con hielo y trasladadas al laboratorio de Calidad Ambiental del Centro Regional de Investigaciones Ambientales (CRIA), para finalmente ser analizadas.

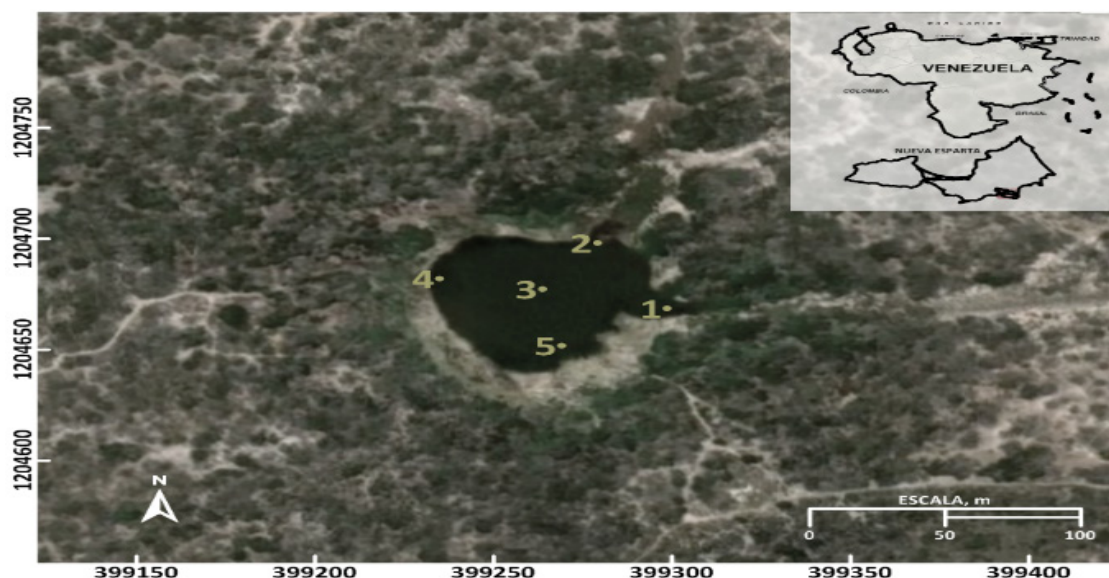


Fig. 1. Ubicación relativa del humedal el Hato, Isla de Margarita, estado Nueva Esparta, Venezuela y las estaciones de muestreo.

Análisis de Laboratorio

Nitratos

Se aplicó el método modificado por GRASSHOFF (1964), optimizado por STRICKLAND & PARSON (1972). Se tomó 25 ml de la muestra previamente filtrada a través de una membrana de $0,45\mu\text{m}$, y se colocaron en una fiola de 125 ml, se añadió 75 ml de solución de EDTA. Luego se pasó 100 ml de la solución por una columna reductora de cobre-cadmio a un ritmo no mayor de 10 ml por minuto. Los primeros 25 ml fueron desechados, luego se tomaron los 50 ml siguientes y se vertieron a un tubo de ensayo desechándose los otros 25 ml. El NO_3^- se redujo casi cuantitativamente a NO_2^- en presencia de cadmio (Cd) comercial en gránulos tratado con CuSO_4 y como relleno de una columna de vidrio. Se midió absorbancia a 543 nm mediante el uso de espectrofotómetro. El método empleado permitió detectar el parámetro con una precisión de $\pm 0,01 \mu\text{mol/l}$.

Nitritos

Se usó el método descrito por BENDSCHNEIDER & ROBINSON (1952). La muestra de agua fue filtrada con una membrana de $0,45 \mu\text{m}$, para eliminar los sólidos suspendidos; se tomó una alícuota de 25 ml, se agregó en un tubo de ensayo con unas gotas de HCl para el ajuste del pH, se le añadió 1ml de reactivo colorante (0,1 g N-1 naftiletildiamina tetra-aceato de sodio, 1g sulfanilamida, 10 ml de ácido fosfórico) y se esperó entre 10 min a 2 horas hasta el desarrollo de un color rosáceo producto de la reacción del ion del NO_2^- que reaccionó con la sulfanilamida y produjo un compuesto diazo, que se acopló con diclorhidrato de N-1naftiletildiamina. Precisión del método fue de $\pm 0,01 \mu\text{mol/l}$.

Amonio

Se empleó el método de KOROLEFF (1969). Este método describió la totalidad del nitrógeno amoniacal ($\text{N-NH}_3^+ \text{N-NH}_4$). El amoníaco formó un monocloroamina con el hipoclorito en medio ligeramente básico, éste reaccionó con el fenol en presencia de un exceso de hipoclorito que formó el azul de indofenol que absorbió a 640 nm. Se tomaron 25 ml de la muestra previamente filtrada a través de una membrana de $0,45 \mu\text{m}$, y se le añadió 1 ml de fenol, 1 ml de nitroprusiato de sodio, 2,5 ml de solución oxidante (citrato alcalino e hipoclorito de sodio comercial al 5%). Se cubrió la boca del tubo de ensayo con envoplast para evitar la evaporación del fenol y luego se guardó en la oscuridad a temperatura ambiente por una hora y finalmente se midió la absorbancia del complejo fenólico de color azul a 640nm. La precisión del método fue de $\pm 0,01 \mu\text{mol/l}$.

Fosfatos

Se utilizó el método de MURPHY & RILEY (1962). Se tomaron 25 ml de la muestra previamente filtrada a través de una membrana de 0,45 µm, y se le añadió 4 ml de reactivo combinado (ácido sulfúrico, molibdato de amonio, potasio de antimonio tartárico, ácido ascórbico). Luego al transcurrir un tiempo de 10-30 min, cuando la muestra formó un complejo azul de fósforo-molibdeno, se procedió a medir la absorbancia en un espectrofotómetro a 885 nm. La precisión del método fue de ± 0,01 µmol/l.

Silicatos

Se determinaron por el método de MULLIN & RILEY (1955), adaptado por STRICKLAND & PARSON (1972). Se tomaron 25 ml de la muestra previamente filtrada a través de una membrana de 0,45 µm, se le agregaron 2 ml de solución molibdato de amonio, se mezcló, al menos seis veces, y se dejó reposar durante cinco minutos. Luego, se añadió 2 ml de solución ácido oxálico, se repitió el mezclado vigorosamente y se dejó reposar por 15 min para medir en un espectrofotómetro a una absorbancia de 410 nm. El método permitió una precisión de ± 0,01 µmol/l.

La determinación de los nutrientes se realizó a partir de la pendiente generada por las curvas de calibración hechas con un estándar certificado. Se realizaron blancos de reactivos en las mismas condiciones aplicadas a las muestras.

Clorofila a (Chl-a)

Para la determinación se utilizó el método de LORENZEN (1966). Se filtró 1l de agua a través de un filtro de fibra de vidrio en el cual quedaron retenidos los organismos del fitoplancton. Se le adicionó 2 gotas de carbonato de magnesio (MgCO₃) al filtro para posteriormente almacenarlo en el refrigerador a -20°C. Luego se le agregó 3 ml de acetona al 90%, dejándolo 24 horas en la oscuridad, se centrifugó y ajustó el volumen para así medir la absorbancia a 665 y 750 nm. Seguidamente se agregaron dos gotas de HCl, nuevamente se midió la absorbancia a 665 y 750 nm en un espectrofotómetro. Finalmente se realizaron los cálculos con la formula planteado por STRICKLAND & PARSONS (1972).

Utilización aparente de oxígeno (UAO)

Para determinar la utilización aparente de oxígeno (UAO) se utilizó la siguiente expresión descrita en REDFIELD (1942), UNESCO (1986) y MÁRQUEZ 2005.

$$UAO = \text{Exp}\left(-135,29996 + \frac{157228,8}{t+273,15} - \frac{66371490}{(t+273,15)^2} + \frac{12436780000}{(t+273,15)^3} - \frac{862106100000}{(t+273,15)^4} - \left(S * 0,020573 - \frac{12,142}{(t+273,15)} + \frac{2363,1}{(t+273,15)^2} - [O_2]\right)\right)$$

Dónde:

t = temperatura (° C);

S = salinidad (psu)

O₂= concentración de oxígeno disuelto (µmol/l)

Análisis estadísticos

Las muestras fueron agrupadas en factores, como estaciones, estratos de profundidad y meses. Se reportaron los valores de los estadísticos, máximos, mínimos y promedios, durante el 2015. Se verificó en primer lugar la normalidad de los datos mediante los Tests de Shapiro-Wilk y de Kolmogorov-Smirnov. Además se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis para probar la existencia de varianzas a nivel temporal y espacial, así mismo, la correlación de Spearman para conocer el grado de asociación entre las variables y determinar las posibles dependencias de las variables (CÉSPEDES 2017).

Todos los análisis estadísticos fueron realizados utilizando los paquetes STATGRAPHICS Centurión 16.103 y XLStat-Pro-v 7.5.2 acoplado al Microsoft Excel 2010, además del SPSS Software/ IBM versión.

RESULTADOS

La temperatura en el humedal El Hato varió temporalmente desde 31,12 hasta 27,39 °C, con un promedio de 29,24 °C.

Los mínimos valores de temperatura, se observaron en enero y febrero, con valores desde 27,39 y 27,63°C respectivamente, mientras que los máximos fueron de 31,12°C para agosto y 30,33°C en noviembre (Fig. 2A). Espacialmente, oscilaron desde 29,87 hasta 28,76 °C, ubicándose los mínimos en la estación 3 (28,76 °C) y en la estación 2 (28,72 °C), mientras que los máximos se apreciaron en las estaciones 5 y 4, con 29,82 y 29,61 °C, respectivamente (Fig. 2B). A nivel de profundidad la máxima temperatura se observó en la superficie, con 29,70 °C y la mínima en el fondo, con 28,77 °C (Fig. 2C). El análisis estadístico indicó variaciones significativas a nivel de meses, estaciones y profundidad (TABLA 1).

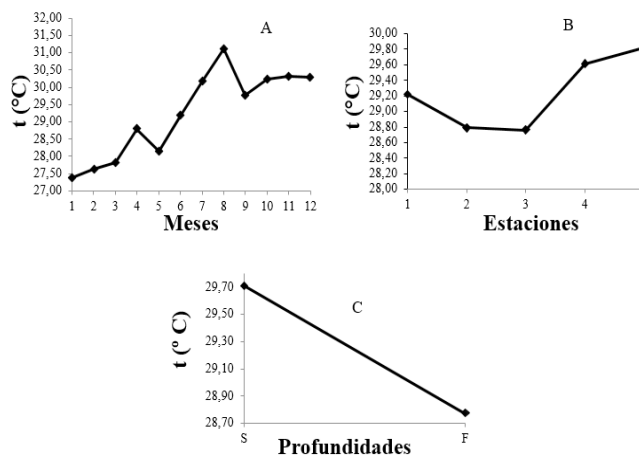


Fig. 2. Variación de la temperatura entre meses (A), estaciones (B) y profundidad (C), en el humedal El Hato durante el 2015.

TABLA 1. Valores del Tes de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$) obtenido para los parámetros fisicoquímicos y biológicos del humedal El Hato.

	Meses		Estaciones		Profundidad	
	Estadística Kruskal-Wallis	Sig	Estadística Kruskal-Wallis	Sig	Estadística Kruskal-Wallis	Sig
t	1,93e-12	*	0,03	*	0,001	*
S	0,00	*	0,99	NS	0,96	NS
OD	0,24e-4	*	0,39 e-3	*	0,00	*
UAO	0,10e-4	*	0,42e-3	*	0,60e-3	*
NO ₃ ⁻	4,17e-11	*	0,77	NS	0,66	NS
NO ₂ ⁻	0,00	*	0,68	NS	0,27	NS
NH ₄ ⁺	3,12e-10	*	0,56	NS	0,48	NS
PO ₄ ³⁻	0,00	*	0,38	NS	0,71	NS
Si(OH) ₄	1,70e-12	*	0,80	NS	0,42	NS
Chl-a	0,410e-4	*	0,22	NS	0,01	*

* =Significativo (sig); NS: no significativo

La salinidad mostró una variación temporal desde 0,27 hasta 0,04 psu, con un promedio de 0,11 psu. Marzo y abril presentaron los valores más bajos, con 0,04 y 0,05 psu respectivamente, mientras que los máximos se observaron en octubre (0,27 psu) y diciembre (0,17psu; Fig. 3A). Espacialmente no presentó variación significativa, con valores similares de $p > 0,11$ (Fig. 3B); el mismo comportamiento se observó en los estratos de profundidad (Fig. 3C). Por tanto, estadísticamente los valores variaron significativamente solo a nivel temporal (TABLA 1).

Las concentraciones de oxígeno disuelto variaron temporalmente desde 320,54 hasta 177,6 $\mu\text{mol/l}$, con un promedio de 254,46 $\mu\text{mol/l}$. En la Fig. 4A, se observaron valores mínimos de 167,62 $\mu\text{mol/l}$ para enero y 185,16 $\mu\text{mol/l}$ en noviembre, entretanto los máximos fueron de 299,36 $\mu\text{mol/l}$ en octubre y 320,54 $\mu\text{mol/l}$ en agosto. Espacialmente, el oxígeno disuelto osciló desde 298,14 hasta 214,27 $\mu\text{mol/l}$, siendo los valores más bajos en las estaciones 3 (224,56 $\mu\text{mol/l}$) y 2 (214,27 $\mu\text{mol/l}$), mientras que los máximos se apreciaron en la estación 5 con 298,14 $\mu\text{mol/l}$ y en la estación 4 con 288,75 $\mu\text{mol/l}$ (Fig. 4B). En cuanto a la profundidad, fluctuaron desde la concentración máxima de 280,26 $\mu\text{mol/l}$ en la superficie hasta la mínima de 228,67 $\mu\text{mol/l}$, en el fondo (Fig. 4C). Los análisis estadísticos revelaron diferencias significativas entre los meses, estaciones y las profundidades (TABLA 1).

El comportamiento de la utilización aparente de oxígeno en el humedal El Hato fue opuesto al observado para el oxígeno disuelto, con una variación temporal desde -87,87 hasta 70,47 $\mu\text{mol/l}$ y un promedio de 14,15 $\mu\text{mol/l}$. Se registraron frecuentemente anomalías negativas, especialmente en agosto (-87,87 $\mu\text{mol/l}$) y octubre (-63,47 $\mu\text{mol/l}$), mientras que las anomalías positivas se presentaron en enero y noviembre, con 70,47 y 50,77 $\mu\text{mol/l}$, respectivamente (Fig. 5A). Entre las estaciones, las concentraciones variaron desde -60,22 hasta 27,92 $\mu\text{mol/l}$, con anomalías más negativas de -60,22 $\mu\text{mol/l}$, en la estación 5 y de -50,00 $\mu\text{mol/l}$ en la estación 4; así mismo, se apreció las anomalías más positivas en las estaciones 2 y 3, con valores de 27,92 y 17,74 $\mu\text{mol/l}$, respectivamente (Fig. 5B). A nivel de profundidad, los valores oscilaron desde -41,87 $\mu\text{mol/l}$ en la superficie hasta 13,58 $\mu\text{mol/l}$ en el fondo (Fig. 5C). El análisis estadístico mostró diferencias significativas temporalmente, a nivel de estaciones y de profundidad (TABLA 1).

Las concentraciones de nitratos a nivel temporal fluctuaron desde 2,45 hasta 0,09 $\mu\text{mol/l}$ y con promedio de 0,60 $\mu\text{mol/l}$. Los mínimos valores fueron observados en los meses de mayo (0,22 $\mu\text{mol/l}$) y noviembre (0,09 $\mu\text{mol/l}$), mientras que las máximas fueron determinadas en abril, con 2,45 $\mu\text{mol/l}$ y febrero con 0,99 $\mu\text{mol/l}$ (Fig. 6A). Espacialmente se determinaron concentraciones desde 0,71 hasta 0,51 $\mu\text{mol/l}$, se observaron las mínimas en las estaciones 3 y 4, con valores de 0,50 y 0,51 $\mu\text{mol/l}$ respectivamente, mientras que las máximas fueron de 0,71 $\mu\text{mol/l}$ en la estación 2 y 0,59 $\mu\text{mol/l}$ en la estación 1 (Fig. 6B). Respecto a la profundidad, se observó la máxima en la superficie con 0,60 $\mu\text{mol/l}$ y la menor en el fondo la mínima con 0,59 $\mu\text{mol/l}$, (Fig. 6C), aunque esta variación fue mínima. Se determinaron solo variaciones estadísticas significativas a nivel temporal (TABLA 1).

La distribución temporal del nitrito se caracterizó, por presentar un rango desde 1,01 hasta 7,76 $\mu\text{mol/l}$ y promedio de 3,01 $\mu\text{mol/l}$. Las concentraciones más bajas se registraron en abril (1,01 $\mu\text{mol/l}$) y mayo (1,18 $\mu\text{mol/l}$), y las más altas en julio (5,79 $\mu\text{mol/l}$) y diciembre (7,76 $\mu\text{mol/l}$) (Fig. 7A). Espacialmente, las concentraciones variaron desde 2,70 hasta 3,25 $\mu\text{mol/l}$; las estaciones 4 y 5 presentaron los valores mínimos (2,85 y 2,70 $\mu\text{mol/l}$, respectivamente), y las estaciones 1 y 2 los máximos (3,25 y 3,20 $\mu\text{mol/l}$, respectivamente) (Fig. 7B). A nivel de profundidad, la superficie mostró la máxima concentración (3,21 $\mu\text{mol/l}$) y el fondo la mínima (2,81 $\mu\text{mol/l}$; Fig. 7C). Estadísticamente solo se apreciaron variaciones significativas a nivel temporal (TABLA 1).

Las concentraciones de amonio, variaron a nivel temporal, desde 44,02 hasta 1,18 $\mu\text{mol/l}$, con un promedio de 13,70 $\mu\text{mol/l}$. Los valores mínimos se registraron en marzo (3,17 $\mu\text{mol/l}$) y mayo (1,18 $\mu\text{mol/l}$), mientras que los valores máximos se observaron en enero (44,02 $\mu\text{mol/l}$) y febrero (25,22 $\mu\text{mol/l}$) (Fig. 8A). Espacialmente, las concentraciones variaron desde 16,50 hasta 11,04 $\mu\text{mol/l}$, con los valores mínimos en las estaciones 4 y 5, con 12,20 y 11,10 $\mu\text{mol/l}$ respectivamente, y los valores máximos en las estaciones 1 y 2, con 14,54 y 16,45 $\mu\text{mol/l}$ respectivamente (Fig. 8B). En los estratos, se observó una concentración máxima de 16,47 $\mu\text{mol/l}$ para la superficie y una mínima de 10,93 $\mu\text{mol/l}$ en el fondo (Fig. 8C). Se observaron variaciones significativas solo temporalmente (TABLA 1).

Las concentraciones mensuales de fosfato fluctuaron desde 2,74 hasta 0,16 $\mu\text{mol/l}$, con un promedio de 1,02 $\mu\text{mol/l}$. Los valores mínimos se registraron en enero y mayo, con 0,17 y 0,16 $\mu\text{mol/l}$ respectivamente, mientras que los valores máximos se observaron en julio y noviembre, con 2,74 y 2,24

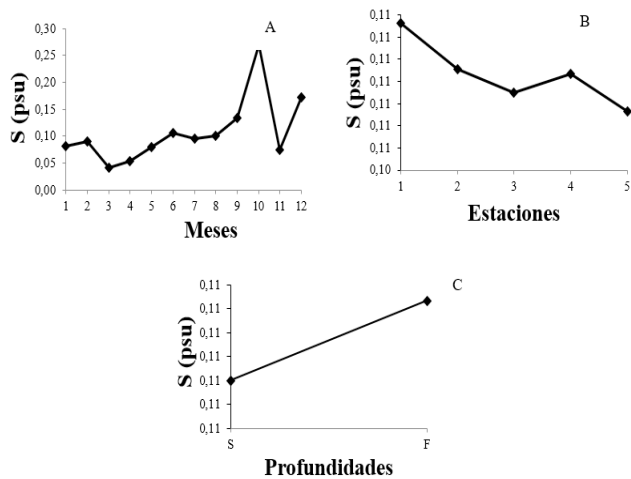


Fig. 3. Variación de la salinidad entre meses (A), estaciones (B) y profundidad (C), en el humedal El Hato durante el 2015.

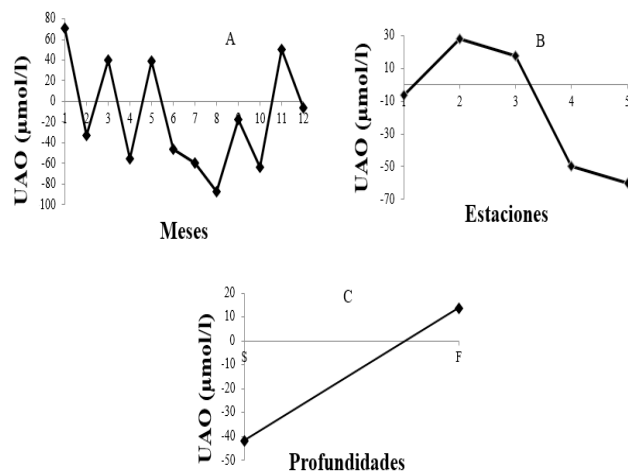


Fig. 4. Variación del oxígeno disuelto (OD) entre meses (A), estaciones (B) y profundidad (C), en el humedal El Hato durante el 2015.

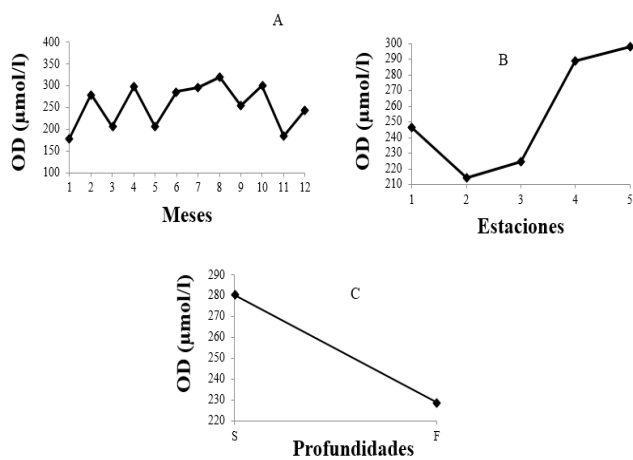


Fig. 5. Variación de la utilización aparente de oxígeno UAO entre meses (A), estaciones (B) y profundidad (C), en el humedal El Hato durante el 2015.

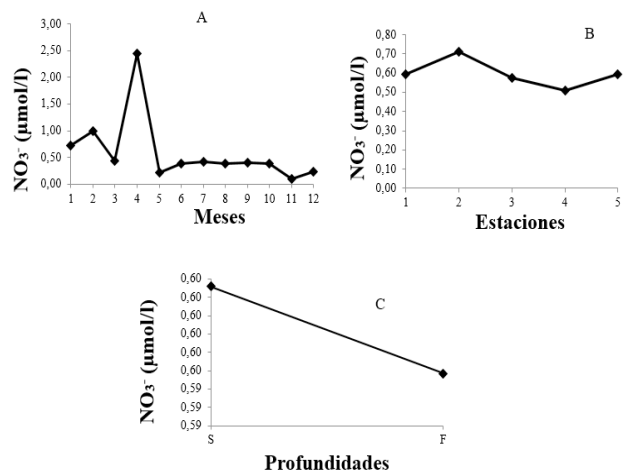


Fig. 6. Variación de la concentración de NO₃⁻ entre meses (A), estaciones (B) y profundidad (C), en el humedal El Hato durante el 2015.

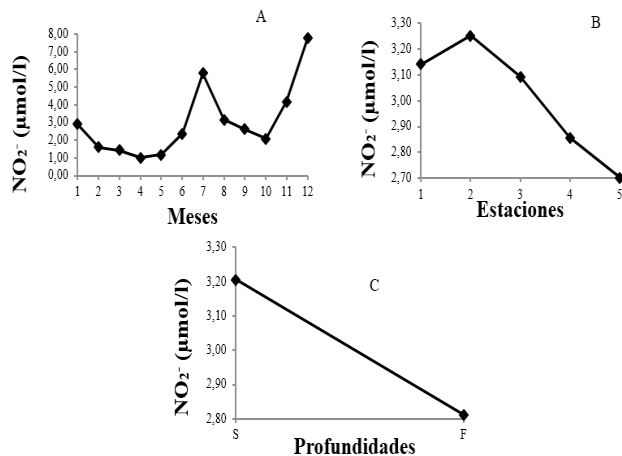


Fig. 7. Variación de la concentración de NO₂⁻ entre meses (A), estaciones (B) y profundidad (C), en el humedal El Hato durante el 2015.

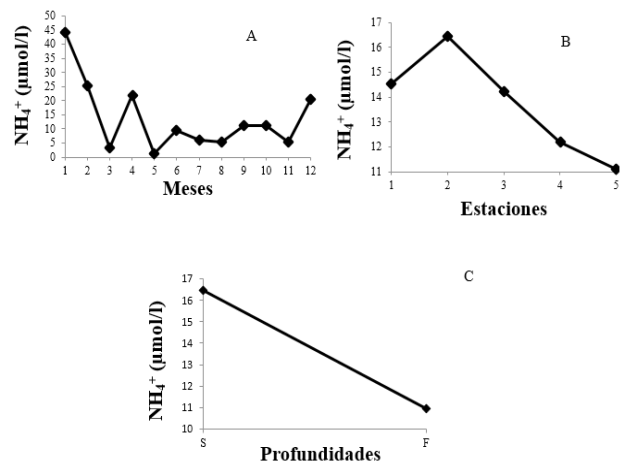


Fig. 8. Variación de la concentración de NH₄⁺ entre meses (A), estaciones (B) y profundidad (C), en el humedal El Hato durante el 2015.

$\mu\text{mol/l}$, respectivamente (Fig. 9A). Entre las estaciones, las concentraciones oscilaron desde 1,25 hasta 0,75 $\mu\text{mol/l}$, con los valores mínimos detectados de 0,75 $\mu\text{mol/l}$ en la estación 4 y de 0,81 $\mu\text{mol/l}$ en la estación 5; los valores máximos fueron de 1,23 $\mu\text{mol/l}$ en la estación 1 y 1,25 $\mu\text{mol/l}$ en la estación 2 (Fig. 9B). A nivel de profundidad, se registró la concentración máxima de 1,14 $\mu\text{mol/l}$ en la superficie y la mínima de 0,90 $\mu\text{mol/l}$ en el fondo (Fig. 9C). Estadísticamente, las variaciones fueron solo temporalmente significativas (TABLA 1).

En relación a las concentraciones de silicato fluctuaron temporalmente desde 4,56 hasta 0,25 $\mu\text{mol/l}$, con un promedio de 1,09 $\mu\text{mol/l}$. Los valores mínimos se registraron en mayo y junio, con 0,36 y 0,25 $\mu\text{mol/l}$, respectivamente, mientras que los máximos se observaron en noviembre y diciembre, con 2,28 y 4,56 $\mu\text{mol/l}$, respectivamente (Fig. 10A). En cuanto a las estaciones, las concentraciones variaron desde 1,17 hasta 0,99 $\mu\text{mol/l}$, con los valores mínimos de 1,04 $\mu\text{mol/l}$ en la estación 1 y 0,99 $\mu\text{mol/l}$ en la estación 2, en tanto, los valores máximos fueron de 1,17 $\mu\text{mol/l}$ en la estación 3 y 1,15 $\mu\text{mol/l}$ en la estación 5 (Fig. 10B). A nivel de estratos, se registró un valor máximo de 1,12 $\mu\text{mol/l}$ en la superficie y un mínimo de 1,06 $\mu\text{mol/l}$ en el fondo (Fig. 10C). El análisis estadístico mostró solo variación significativa temporalmente (TABLA 1).

Las concentraciones de la clorofila *a*, temporalmente oscilaron desde 0,25 hasta 0,03 mg/m^3 , con un promedio de 0,15 mg/m^3 . Los valores mínimos se registraron en febrero y abril, con 0,06 mg/m^3 y 0,03 mg/m^3 respectivamente, mientras que los valores máximos se observaron en noviembre y diciembre, con 0,24 mg/m^3 y 0,25 mg/m^3 respectivamente (Fig. 11A). Espacialmente, se observaron concentraciones desde 0,19 hasta 0,12 mg/m^3 , con valores mínimos en las estaciones 3 y 4, con 0,13 mg/m^3 y 0,12 mg/m^3 respectivamente, y valores máximos en las estaciones 1 (0,19 mg/m^3) y 2 (0,18 mg/m^3) (Fig. 11B). En cuanto a las concentraciones a nivel de profundidad, se registró un valor máximo de 0,17 mg/m^3 , en la superficie y un valor mínimo de 0,12 mg/m^3 en el fondo (Fig. 11C). Estadísticamente, los valores solo mostraron variaciones temporales y verticales (TABLA 1).

Análisis estadístico

En la correlación de Spearman (ρ) se observaron coeficientes con asociación positiva importante ($\rho=0,51-0,75$) para la temperatura con las concentraciones de oxígeno disuelto, fosfato con silicato, nitrito con fosfato, silicato con fosfato. Además de una correlación negativa fuerte entre el oxígeno disuelto y la utilización aparente de oxígeno ($\rho=-0,76-0,96$) (TABLA 2).

En el ACP (Fig.12), los dos primeros componentes explicaron el 54,91 % de la variabilidad total de los datos, el primer componente con el 32,26 % y el segundo con el 22,65%. Se observa que en el primer componente, el nitrito, silicato, fosfato y clorofila *a*, temperatura y oxígeno disuelto están asociados de manera positiva, esto es indicativo de que estos nutrientes contribuyen a la productividad del ecosistema,

TABLA 2. Correlación de Spearman entre los valores promedios mensuales de las variables físicas químicas y biológicas determinadas en el agua del humedal El Hato.

	t	S	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Chl-a	OD	OUA	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	Si(OH) ₄
t	1,000									
S	0,482	1,000								
NO ₂ ⁻	0,484	0,440	1,000							
NO ₃ ⁻	-0,388	-0,247	-0,346	1,000						
Chl-a	0,405	0,373	0,467	-0,359	1,000					
OD	0,547	0,263	-0,001	0,070	0,036	1,000				
OUA	-0,612	-0,291	-0,045	-0,041	-0,071	-0,995	1,000			
NH ₄ ⁺	-0,116	0,195	0,110	0,263	-0,115	-0,033	0,037	1,000		
PO ₄ ³⁻	0,567	0,460	0,676	-0,287	0,420	0,185	-0,226	-0,026	1,000	
Si(OH) ₄	0,541	0,400	0,558	-0,292	0,282	0,049	-0,090	0,049	0,585	1,000

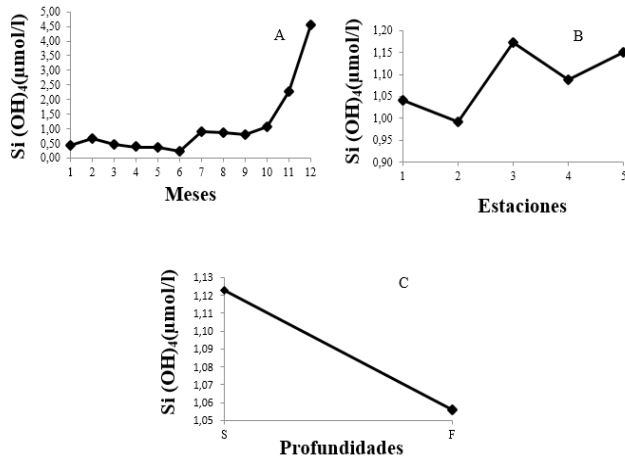


Fig. 9. Variación de las concentraciones de PO₄³⁻ entre meses (A), estaciones (B) y profundidad (C), en el humedal El Hato durante el 2015.

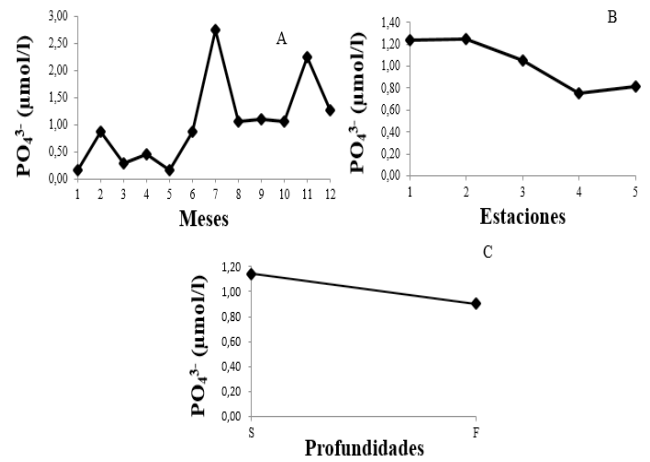


Fig. 10. Variación de las concentraciones de Si(OH)₄ entre meses (A), estaciones (B) y profundidad (C), en el humedal El Hato durante el 2015.

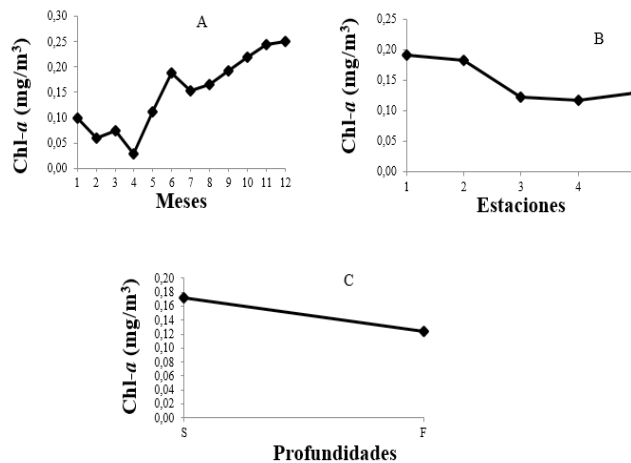


Fig. 11. Variación de la Chl-*a* entre meses (A), estaciones (B) y profundidad (C), en el humedal El Hato durante el 2015.

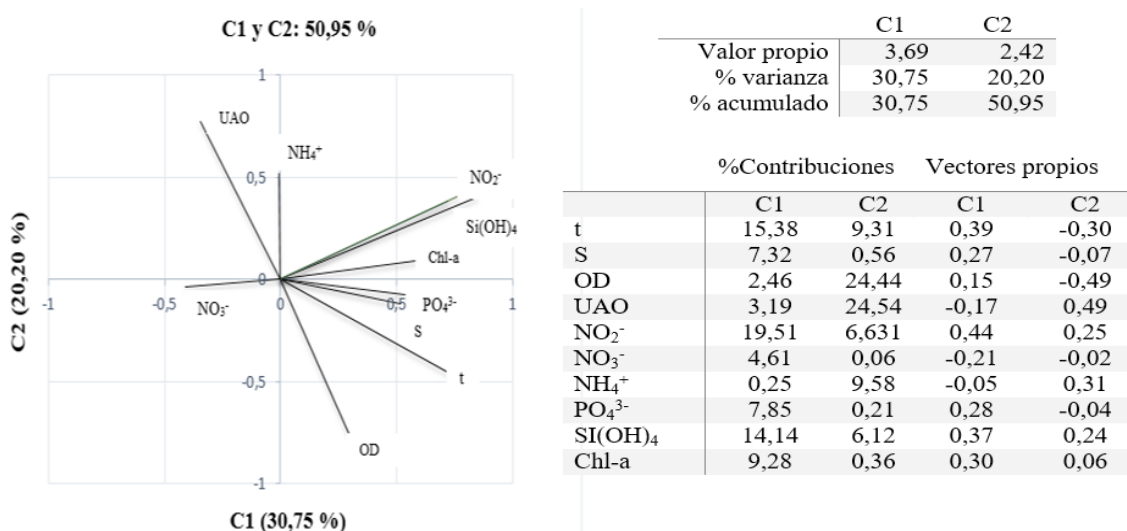


Fig. 12. Análisis de componentes principales (ACP) de los parámetros físicos químicos y biológicos estudiados en las aguas del humedal El Hato, durante el 2015.

ya que los nutrientes están siendo utilizados para el desarrollo de los organismos vegetales, los cuales a su vez, contribuyen a la producción de oxígeno disuelto. La temperatura y el oxígeno disuelto aparecen en el mismo componente, indicativo de que la solubilidad del oxígeno en el agua depende de la temperatura. Esto se confirma con la asociación positiva en la correlación de Spearman aplicada (TABLA 2). El oxígeno disuelto aparece de manera ortogonal inversa con la utilización aparente de oxígeno y el amonio (primer producto de la oxidación de la materia orgánica), esto es indicativo del proceso de degradación de materia orgánica, lo cual se confirma con la relación inversa entre nitrato y amonio en el segundo componente, además de la correlación observada en la TABLA 2. En este caso el oxígeno es agotado en la reducción de la materia orgánica y del nitrato para producir amonio, el cual posteriormente es oxidado a nitritos. Además se observa en la Fig. 12, la relación positiva de la clorofila *a* y el fosfato, en el componente 1, eso es debido a que el fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento del fitoplancton, que contiene clorofila *a* y realiza la fotosíntesis.

DISCUSIÓN

En el humedal El Hato los parámetros físico químicos y biológicos determinados en sus aguas durante el 2015 experimentaron variaciones temporales significativas, tal como lo evidenciaron las pruebas estadísticas (ANOVA). Esta situación fue diferente desde el punto de vista espacial, ya que no se determinaron variaciones a excepción de la temperatura, oxígeno disuelto y utilización aparente de oxígeno. Mientras que a nivel de profundidad solo se determinaron variaciones significativas en la temperatura, oxígeno disuelto, utilización aparente de oxígeno y clorofila *a* (TABLA 1).

La temperatura presentó valores mínimos en enero y febrero, coincidiendo con los meses de mayor precipitación, y los valores máximos en agosto y diciembre, siendo agosto el mes más seco en la localidad del humedal El Hato (Fig. 2A). Estos resultados son similares a los reportados por BERNAL (2012), quien reportó un promedio anual de temperatura de 29 °C en el humedal El hato, con valores más bajos en enero y más altos en agosto, y concluyó que influyó la variación estacional de las precipitaciones y la radiación solar, que afectaron al balance térmico del agua. Esto concuerda con lo reportado por CASTRO (2020), quien señala que los humedales tienen una alta incidencia de radiación solar, lo que influye en su temperatura y en su deterioro. La temperatura también varió por estaciones y profundidad, reflejando la influencia de las condiciones climáticas y la hidrodinámica del ecosistema.

En investigaciones previas se ha observado que el humedal El Hato ha sido afectado por fluctuaciones térmicas, correspondientes a los rasgos típicos del clima de la isla de Margarita (MARCANO *et al.* 2014), con un patrón estacional de dos épocas bien definidas: una cálida entre junio y noviembre, y otra fría lluviosa entre diciembre y marzo, separados por dos períodos de transición (PALAZÓN 2000), los cuales han sido definidos y descritos para las lagunas costeras de la zona nororiental de Venezuela (GAMBOA *et al.* 1971; GARMENDIA 1992; GÓMEZ & CHANUT 1993) y de la isla de Margarita (VOLTOLINA & VOLTOLINA 1976, 1978; PALAZÓN & PENOTH 1994, 1998; PALAZÓN *et al.* 1996; PEREIRA *et al.* 2019). Estas observaciones corroboran la variación temporal de la temperatura en el humedal El Hato para el 2015.

Los intervalos de temperatura a nivel temporal en el humedal El Hato fueron similares a los estimados por HERNÁNDEZ & OCANTO (2010), en el mismo cuerpo de agua, BONILLA & OKUDA (1971) y PALAZÓN *et al.* (1996) en la Laguna de las Marites; CASTILLO (2003) en la Laguna de la Restinga y PALAZÓN & PENOTH (1994, 1998) en Laguna de Raya y Boca de Palo. El máximo fue detectado en agosto como en la mayoría de estos estudios.

Se observó una variación de temperatura entre las estaciones, debido a que las zonas más internas son ligeramente más cálidas. Esto se debe a la absorción de calor por la materia en suspensión, a la menor profundidad y a una mayor evaporación hacia el interior del humedal (GARMENDIA 1992). Este fenómeno también se ha reportado para otras lagunas costeras del sur de la Isla de Margarita, según varios estudios previos (BONILLA & OKUDA 1971; BONILLA 1974; VOLTOLINA & VOLTOLINA 1976, 1978; CERVIGÓN & GÓMEZ 1986; CABRERA & PENOTH 1988; GÓMEZ 1991; PALAZÓN & PENOTH 1994, 1998; PALAZÓN *et al.* 1996).

Los valores de salinidades fueron similares a los obtenidos por HERNÁNDEZ & OCANTO (2010), quienes concluyeron que el humedal El Hato es un cuerpo de agua dulceacuícola por sus bajas concentraciones de salinidad, lo cual se atribuyó a que no tiene incidencia de aguas marinas.

La profundidad del humedal El Hato varió por las escorrentías producidas a causa de las lluvias, aunque se cree que también puede tener conexión eventual con aguas subterráneas, siendo esta una hipótesis no comprobada (PLAN DE ORDENAMIENTO & REGLAMENTO DE USO DEL MONUMENTO NATURAL LAGUNA DE LAS MARITES 1993; MARCANO *et al.* 2014). Durante el período de intensa sequía (septiembre-octubre), ha presentado una profundidad promedio de 1,80 m, mientras que en los meses de máximas precipitaciones (noviembre-enero) ha alcanzado una profundidad de hasta 4 m (RODRÍGUEZ *et al.* 2008; BERNAL 2012). Al respecto, ALMANZA *et al.* (1984) señalan que los humedales son considerados cuerpos de agua someros cuando son poco profundos, con profundidades medias <5m. Esta variación en la profundidad en el humedal El Hato, tiene influencia en la evaporación, en la temperatura y en la química del agua.

La composición de los iones que determinan la salinidad en lagunas dulceacuícolas es muy variable y van asociados generalmente a la evaporación en zonas endorreicas, por eso para valores reducidos de mineralización total, los iones carbonato (CO_3^{2-}) y el calcio (Ca^{2+}) constituyen la fracción dominante y a medida que se incrementa la salinidad van cobrando importancia el resto de los iones, cloruros, sulfatos y magnesio (EUGSTER & HARDIE 1978).

Por otra parte, la concentración de oxígeno disuelto determina las condiciones aeróbicas y anaeróbicas en un sistema, y la estabilidad del material orgánico presente en dicho sistema. Sus valores dependen de la incidencia de los rayos solares y de las características físicas preponderantes en los ecosistemas (HERNÁNDEZ & OCANTO 2010). Las concentraciones mínimas de oxígeno disuelto se encontraron en enero y noviembre, mientras que las máximas en agosto y octubre (Fig. 4A). Esto debido a que en los meses más cálidos se produce una mayor evaporación del agua y una menor solubilidad del oxígeno, lo que reduce las concentraciones disponibles. Por el contrario, en los meses más fríos se produce una mayor mezcla del agua y una mayor solubilidad del oxígeno, lo que aumenta las concentraciones disponibles (VALLESTER *et al.* 2019). Espacialmente se obtuvieron concentraciones desde 298,14 hasta 214,27 $\mu\text{mol/l}$, con mínimas encontradas en las estaciones 2 y 3, mientras que las máximas en las estaciones 4 y 5. Esto podría ser resultado, de que las estaciones 2 y 3 se encuentran más cerca de la entrada del humedal, donde el agua podría estar más contaminada por las aguas de escorrentías provenientes de las adyacencias del humedal. Por el contrario, las estaciones 4 y 5 se observaron más lejos de la entrada del humedal, donde el agua podría estar más depurada por el efecto de la vegetación y la biopelícula que se forma en el lecho del humedal (BERNAL 2012).

La concentración de oxígeno fue menor en el fondo y mayor en la superficie. Esto fue a causa de la mayor exposición al aire y a la luz solar en la superficie, que facilita la difusión del oxígeno. Por el contrario, en el fondo la exposición al aire y a la luz solar es menor, lo que restringe la difusión y la producción de oxígeno por fotosíntesis (HENRÍQUEZ 2016). Además, en el fondo se produce un mayor consumo de oxígeno por la materia orgánica en el agua y por los procesos de resuspensión del sedimento.

Las concentraciones del oxígeno disuelto son comparables a las estimadas por HERNÁNDEZ & OCANTO (2010), en el humedal El Hato. Temporalmente, la tendencia fue similar a la señalada por PEREIRA *et al.* (2019), pero contraria al patrón observado por VOLTOLINA & VOLTOLINA (1976) en la Laguna de la Restinga, Isla de Margarita, los cuales mencionaron que las máximas concentraciones correspondían a los meses más cálidos y mínimos en los meses fríos.

WEIHAUPT (1984) indicó que las actividades biológicas son un factor importante en las variaciones de la concentración y distribución del oxígeno disuelto y del CO_2 en el agua, ya que, si el fitoplancton es abundante, el CO_2 es frecuentemente consumido, mientras que el oxígeno es añadido gracias a los procesos fotosintéticos. Por tanto, las bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el humedal El Hato, se

relacionaron con la degradación de materia orgánica y las más altas al proceso de fotosíntesis, tal como lo reflejan los valores de la utilización aparente de oxígeno. HERNÁNDEZ & OCANTO (2010) indicaron que en el humedal El Hato ocurre fotosíntesis oxigénica, que utiliza el agua como donador de electrones y libera oxígeno como producto, mecanismo que es realizado por las plantas verdes, las algas y las cianobacterias.

A diferencia de las concentraciones de oxígeno disuelto, utilización aparente de oxígeno (UAO) es un parámetro que permite deducir la respiración y los procesos de remineralización de materia orgánica en los cuerpos de agua. Las concentraciones negativas de UAO se atribuyen a la fotosíntesis, mientras que las concentraciones positivas se atribuyen a la oxidación biológica de la materia orgánica o remineralización (MÁRQUEZ 2015).

En el humedal El Hato, se observaron con frecuencia anomalías negativas en la UAO, lo que indicó actividad fotosintética a nivel temporal (Fig. 5A). Esto también se observó en la mayoría de las estaciones (Fig. 5B). Este resultado es diferente al reportado por PÉREZ (2017), quien encontró que la UAO era positiva en la mayoría de las estaciones. Esto sugiere que en el humedal El Hato, los procesos de fotosíntesis dominan los procesos de consumo de oxígeno, lo que conduce a una mayor concentración de oxígeno disuelto.

El ACP mostró la asociación inversa entre utilización aparente de oxígeno y la temperatura, lo cual es de esperarse ya que a mayor temperatura, menor concentración de oxígeno lo cual afecta a la utilización aparente de oxígeno. Esto se debe a que el oxígeno disuelto es menos soluble en el agua caliente que en el agua fría, lo que limita la cantidad de oxígeno disponible para los procesos de oxidación. De igual manera la temperatura también afecta la velocidad de las reacciones químicas y biológicas que consumen oxígeno, de modo que a mayor temperatura, mayor consumo de oxígeno. Esta asociación inversa se aprecia en el concepto de utilización aparente de oxígeno (UAO), el cual fue introducido en la Oceanografía por REDFIELD (1942), definido como la diferencia entre el oxígeno disuelto medido en una muestra de agua y el calculado tomando en consideración la temperatura, la salinidad del agua y su equilibrio con la atmósfera ($UAO = O_2 \text{ Saturado} - O_2 \text{ medido}$; UNESCO 1986).

Utilización aparente de oxígeno se ha determinado en otros ecosistemas diferentes al humedal El Hato, tal es el caso de las aguas de la depresión oriental de la Cuenca de Cariaco, donde se registraron valores de 50 $\mu\text{mol/l}$ durante los eventos de surgencia (MÁRQUEZ 2005). Por otro lado, STEINBERG *et al.* (2001) reportaron para otros lugares, como la serie BATS, estudio de la serie de tiempo en Bermudas (Atlántica), anomalías del oxígeno entre 0 y 60 $\mu\text{mol/l}$ y valores de -10 y -30 $\mu\text{mol/l}$, algunos de los cuales coincidieron con los observados en el humedal El Hato, reflejando la presencia de procesos fotosintéticos.

La Figura 12 muestra que utilización aparente de oxígeno (UAO) y el nitrato están relacionados, ya que ambos dependen de la actividad biológica de las bacterias y las plantas. En otras aguas, como las intermedias del Pacífico, KELLER *et al.* (2002) encontraron que las disminuciones observadas en los valores de la UAO y el nitrato son influenciadas por dos mecanismos: cambios en los flujos de remineralización provocados por variaciones en la bomba biológica y en las tasas de ventilación de las aguas.

Las concentraciones bajas encontradas de nitrato respecto a los demás nutrientes analizados, están relacionadas con la producción de biomasa o materia orgánica, puesto que los nitratos son consumidos desde la superficie por la actividad biológica cuando los períodos de disponibilidad de luz son altas como en verano y en invierno cuando los intercambios verticales físicos dominan (TAKAHASHI *et al.* 1993; LOUANCHI & NAJJAR 2000). Además, es importante mencionar que la cobertura de plantas en el humedal El Hato posiblemente influyó en las concentraciones reales de este parámetro, puesto que la cobertura de la vegetación acuática sumergida (carófitas y helófitas) pueden enmascarar las verdaderas concentraciones de nitrato, nitrito y fosfato, disueltos en el agua, al consumirlo para su crecimiento (RODRIGO *et al.* 2005).

Cabe resaltar que las concentraciones promedias de los nitratos en el humedal El Hato fueron inferiores a las determinadas en la Laguna de la Restinga, Isla de Margarita por VOLTOLINA & VOLTOLINA

(1976) y para otras lagunas de la misma isla (PALAZÓN & PENOTH 1994, 1998; PALAZÓN *et al.* 1996; CASTILLO 2003).

El humedal El Hato, es un cuerpo de agua que se ha caracterizado por poseer alta actividad fotosintética, tal como lo señala BERNAL (2010), quien identificó diferentes especies de microalgas; mientras que RODRÍGUEZ *et al.* (2008) reportó dos especies de carófitos. Por otra parte, el humedal El Hato ha sido caracterizado por poseer dos canales de entrada de agua pluvial y de escorrentía, que posiblemente influyó en aportes de nutrientes para las coberturas de plantas helófitas sumergidas y emergentes que contribuyeron a la retención de material sedimentario, atribuido al proceso de lavado del sustrato.

La relación negativa del nitrato con el nitrito y amonio, es originada porque el nitrito es termodinámicamente inestable y se oxida rápido en presencia de oxígeno y es un ion intermediario entre amonio y nitrato, por tanto, parte de las concentraciones de nitrato en el humedal El Hato es resultado de la reducción del nitrato o bien de la oxidación de amonio (PALAZÓN & PENOTH 1994). OKUDA *et al.* (1978) señalaron que las altas concentraciones de nitrito se pueden observar antes del incremento del nitrato, es decir, durante el proceso de nitrificación y después de la disminución del nitrógeno (proceso de desnitrificación).

Las concentraciones de amonio fueron más bajas en marzo y mayo, y más altas en enero y febrero. Las estaciones 1 y 2 presentaron las menores concentraciones de amonio, mientras que el estrato superficial registró el valor máximo. El amonio fue la forma más abundante de nitrógeno durante el período de estudio, lo cual concuerda con lo reportado en otras lagunas de la zona nororiental de Venezuela, como la de Punta de Piedra y Tacarigua (GAMBOA *et al.* 1971), la Restinga (CABRERA & PENOTH 1988; CASTILLO 2003), Las Marites (PALAZÓN *et al.* 1996; LÓPEZ-MONROY *et al.* 2017), Laguna de Raya (PALAZÓN & PENOTH 1994) y Boca de Palo (PALAZÓN & PENOTH 1998). Al respecto, PALAZÓN & PENOTH (1998) afirman que el amonio parece estar más influenciado por fenómenos locales como la acumulación, descomposición de la materia orgánica, la excreción de peces, aves, organismos planctónicos y aporte de aguas de origen antrópicas.

Según ARCOS *et al.* (1993) y CANFIELD (1993), las altas concentraciones de amonio se deben a las actividades heterotróficas, como la degradación de la materia orgánica, que se relaciona con la abundante vegetación acuática. Además, también influye la escasa circulación de aguas en los meses de sequía, lo cual favorece la amonificación en la columna de agua en lagos, pantanos y ríos con poca profundidad; tal situación también han sido indicadas en HERNÁNDEZ & OCANTO (2010), en el humedal El Hato.

Las tres formas más importantes de nitrógeno utilizadas por las algas son: amonio, nitrito y nitrato. Estos compuestos se producen en esta secuencia por la creciente acción bacteriana sobre las sustancias orgánicas nitrogenadas, además su distribución y relaciones respectivas de estas tres formas de nitrógeno en el agua dependen de la actividad en el ecosistema y son un buen indicador de sus características, debido a que un gran aporte de nitrito y de amonio indican continua adición de materia orgánica (HERNÁNDEZ & OCANTO 2010).

En cuanto al fósforo, este es considerado un macronutriente esencial que, en aguas no impactadas es fácilmente utilizado por las plantas y convertido a las estructuras celulares por acción fotosintética (HOLMES 1996). Este elemento es uno de los principales nutrientes a considerarse en el control del grado de eutrofización de un ecosistema acuático, ya que influye directamente en el crecimiento de las algas y por tanto puede afectar la productividad primaria en el agua (IQBAL *et al.* 2006), naturalmente se encuentra como ortofosfatos, fosfatos condensados y fosfatos enlazados orgánicamente.

En el caso del humedal El Hato, las concentraciones de fosfato registró los mayores valores en los meses de temperaturas moderadamente altas, como fue en julio (Fig. 9A), coincidiendo con lo reportado por HERNÁNDEZ & OCANTO (2010) para el mismo humedal, los cuales indican que en julio, probablemente por el aumento de la temperatura y la disminución del nivel del agua, se favorece la liberación de fosfato

desde los sedimentos. Por otra parte, REYNOLDS & DAVIES (2001) señalan que el reciclaje interno del fósforo es más rápido en aguas someras y menos en sedimentos profundos y ventilados.

CONTRERAS *et al.* (2005) indicaron para la laguna costera La Mancha, en el golfo de México, una retención de fosfato en el sedimento, cuando la misma estaba aislada del mar, debido a que el fosfato precipita con las sales de calcio y con la adsorción a óxidos de hierro y aluminio. Además, el sedimento era capaz de recibir aportes de fosfato desde las cuencas hidrográficas o desde la descomposición de la materia orgánica. Estos procesos pueden afectar la disponibilidad de fosfato para el fitoplancton y la productividad primaria de la laguna. PAZ & RODRÍGUEZ (2016) reportaron el mismo comportamiento en los ríos Morón y Patanemo del Estado Carabobo, en Venezuela,

La investigación en el humedal El Hato destaca la relación directa entre los niveles de fosfato y la concentración de clorofila *a*, lo que subraya la importancia del fósforo como un nutriente esencial para el crecimiento del fitoplancton fotosintético. Esta correlación es un indicador de la salud ecológica del humedal, ya que un fitoplancton en excelentes condiciones es fundamental para la cadena alimentaria acuática y la claridad del agua. Por otro lado, el estudio realizado por UMAÑA *et al.* (2015) en el humedal Nacional Térraba-Sierpe en Costa Rica presentó un escenario diferente. Aquí, la clorofila *a* mostró niveles generalmente bajos, sin correlación significativa con las concentraciones de fósforo. Este hallazgo sugiere que la disponibilidad de fósforo no es el único factor que influye en la producción de fitoplancton, y que otros factores ambientales, como la luz solar, la temperatura del agua y la presencia de otros nutrientes, pueden jugar roles más determinantes en su desarrollo.

Es importante considerar que la dinámica de los nutrientes y su impacto en los ecosistemas acuáticos pueden ser altamente variable y dependiente del ecosistema. Factores como la estacionalidad, las prácticas de uso del suelo en las cuencas hidrográficas y las interacciones biológicas dentro del humedal pueden influir significativamente en la disponibilidad de nutrientes y, por ende, en la productividad primaria del fitoplancton.

El estudio de CONTRERAS *et al.* (1996) sobre las lagunas costeras de México revela que incluso con bajas concentraciones de amonio (4,28 $\mu\text{mol/l}$) y fosfato (1,93 $\mu\text{mol/l}$), la productividad primaria se mantuvo en niveles adecuados. Esto sugiere que la eficiencia en el uso de nutrientes por parte del fitoplancton puede ser alta en ciertos ecosistemas, permitiendo la proliferación de la vida acuática incluso en condiciones de nutrientes limitados.

En el caso del humedal El Hato, los valores de nutrientes encontrados son comparables a los de las lagunas estudiadas por CONTRERAS *et al.* (1996), lo que podría indicar una situación similar en términos de productividad primaria. Sin embargo, es importante considerar que cada ecosistema tiene características únicas que pueden influir en cómo los nutrientes afectan la productividad. Factores como la temperatura, la salinidad, la presencia de especies competidoras y depredadoras, y las interacciones entre especies pueden alterar la disponibilidad y el uso de estos nutrientes.

DEBORDE *et al.* (2007), señalaron que los cambios de fosfatos en aguas someras son explicados por su rápido tiempo de renovación y la alta reactividad del fósforo con la materia orgánica y los sedimentos suspendidos. LERMAN & VER (2002), argumentaron que existe evidencia que solo aproximadamente 45% de nitrógeno y 30% del fósforo utilizado en la agricultura, son aprovechados por las cosechas y el resto es almacenado en el suelo y posteriormente incorporándose a los cuerpos de aguas adyacentes.

Otro de los nutrientes importantes en la productividad primaria son los compuestos de silicio, ya que los mismos juegan un papel crucial en el balance global del ciclo del carbono; tienen la capacidad de afectar a las concentraciones de CO_2 atmosférico en una variedad de escalas de tiempo, debido a la conexión que tiene la sílice biogénica y el carbono orgánico. La mayor parte del silicio disuelto se presenta bajo la forma de ácido orto-silícico $\text{Si}(\text{OH})_4$ débilmente hidrolizado al pH del agua (LIBES 2000).

En el humedal El Hato, se observaron mayores concentraciones de silicatos en los últimos meses del año, coincidiendo con la época de lluvias en la zona. Esto concuerda con lo reportado por HERNÁNDEZ & OCANTO (2010), quienes encontraron el mayor promedio de silicatos en diciembre, posiblemente debido al aporte de agua superficial y a la erosión de las rocas silíceas presentes en el relieve que circundan al humedal. Las concentraciones de silicatos se asocian positivamente en el humedal El Hato con clorofila *a*, sugiriendo que estos compuestos son un factor importante para el crecimiento del fitoplancton en el humedal El Hato, y que su disponibilidad depende de las condiciones hidrográficas del medio adyacente y de los aportes terrestres. BERNAL (2012) en humedal El Hato, determinó que los silicatos mostraron una distribución espacial homogénea en toda la laguna además de la correlación positiva con la clorofila *a*, situación similar a la apreciada en esta investigación.

Los valores en las concentraciones de silicatos detectados posiblemente son originados también de la meteorización de arcillas y feldespatos presentes en la zona, que pudieron ser transportados al humedal El Hato por las aguas de escorrentías y los vientos. Esto se apoya en lo señalado por HERNÁNDEZ & OCANTO (2010), al mencionar que el sedimento en el humedal El Hato es principalmente de origen orgánico, formado por restos de plantas acuáticas, algas y microorganismos, pero también hay sedimento de origen inorgánico, como arena, limo y arcilla, que provienen de la erosión de las rocas circundantes.

Por otro lado, BIDDLE *et al.* (2002) sugirieron que la regeneración de los silicatos a partir de la disolución de la sílice biogénica en la interfase agua-sedimento puede ser eficiente, especialmente en aguas someras donde la temperatura y la abundancia bacteriana son altas y pueden acelerar la tasa de disolución; esto podría explicar la asociación significativa de este parámetro con la temperatura (Fig. 12).

Los resultados obtenidos de clorofila *a* fueron similares a los obtenidos por HERNÁNDEZ & OCANTO (2010) en el humedal El Hato, quienes reportaron valores que oscilaron desde no detectables hasta 0,88 mg/m³ y concluyeron que las concentraciones más elevadas, espacialmente, se debieron a la influencia de los canales de entrada de agua hacia el humedal, donde existía una mayor retención y aporte de materia orgánica por las plantas acuáticas, las cuales contribuyeron al suministro de nutrientes y al incremento de las comunidades del fitoplancton, lo cual se reflejó en las concentraciones de pigmentos fotosintéticos.

En el humedal El Hato, se encontraron concentraciones máximas de clorofila *a* en noviembre y diciembre, con una variación significativa entre los meses (Fig. 11A). Estos resultados son similares a los reportados por PEREIRA *et al.* (2019) para la laguna de Punta de Piedras, en la isla de Margarita, Venezuela, donde se observaron diferencias mensuales y valores máximos en septiembre y noviembre.

BERNAL (2010) reportó la presencia de *Chlorophytas*, *Euglenophytas* y Cianobacterias en el humedal El Hato, siendo estas últimas las que determinaron la concentración de clorofila *a* en el agua. Esto se debe a que el humedal El Hato es un cuerpo de agua con escasa circulación y renovación del agua durante la época de pocas precipitaciones, lo que favorece el crecimiento de estas plantas acuáticas.

AROCENA & MAZZEO (1994) mencionaron que la distribución de los hidrófitos también depende de las características fisicoquímicas del agua y del sedimento. En el mismo sentido, BOTERO *et al.* (2020) señalaron que variables como el nitrógeno, el fósforo, la temperatura del agua, el pH y la alcalinidad son algunas de las que mayor influencia tiene en el crecimiento de los hidrófitos.

GARZÓN (1990), indica que la incidencia de aguas pluviales cargadas de material orgánico contribuye al suministro de nutrientes e incremento de las comunidades del fitoplancton, reflejándose en las concentraciones de pigmentos fotosintéticos.

CONCLUSIONES

El estudio evaluó los parámetros fisicoquímicos y la clorofila *a* del humedal El Hato en dos épocas del año. Se encontró que el ecosistema tiene una alta estabilidad térmica y de oxígeno, y que la productividad primaria está determinada por la oferta de nutrientes, que varía según el clima.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento al Centro Regional de Investigaciones Ambientales (CRIA), de la Universidad de Oriente (UDO), Nueva Esparta, a su Director Julio Rodríguez, por el suministro de los datos para este trabajo, el cual forma parte de la tesis de Maestría desarrollada por la Magister Anaís Díaz, denominada: Evaluación espacio-temporal del sistema carbónico en el humedal El Hato, Isla de Margarita, Edo. Nueva Esparta, Venezuela. También al Departamento de Oceanografía del Instituto Oceanográfico de Venezuela por todo el apoyo en la realización de esta investigación.

REFERENCIAS

- ALMANZA, V., R. FIGUEROA, O. PARRA, X. FERNÁNDEZ, C. BAEZA, J. YÁÑEZ & R. URRUTIA 1984. Bases limnológicas para la gestión de los lagos urbanos de Concepción, Chile. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 44(2):313-326.
- ARCOS, D., L. FURED, F. CARRASCO, F. NÚÑEZ & F. VARGAS 1993. Eutroficación del ambiente marino de Chile central: efectos inducidos por la evaluación de residuos industriales líquidos. *Investig. Mar. Valparaíso.* 21:51-74.
- AROCENA, R. & N. MAZZEO. 1994. Micrófitos acuáticos de un arroyo urbano en Uruguay: su relación con la calidad del agua. *Rev. Bio. Trop.* 42(3):723-728.
- BENDSCHNEIDER, K. & R. ROBINSON 1952. A new spectrophometric determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.* 11:87-96.
- BERNAL, J. 2010. *Taxonomía de microalgas en la laguna El hato, Municipio García Estado Nueva Esparta.* Trab. Asc. Prof. Asistente, Universidad de Oriente, Sucre, Venezuela, 29 pp.
- BERNAL, J. 2012. Microalgas en la Laguna El Hato, estado Nueva Esparta, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 35(1): 91-105.
- BIDLE, KD., M. MANGANELLI & F. AZAM. 2002. Regulation of oceanic silicon and carbon preservation by temperature control on bacteria. *Science.* 298: 1980-1984.
- BONILLA, J. 1974. Notas sobre las condiciones hidrográficas de la Laguna de la Restinga (Isla de Margarita), estado Nueva Esparta, Venezuela. *Laguna* 34: 3-8.
- BONILLA, J. & T. OKUDA. 1971. Condiciones hidrográficas del agua y características químicas de los sedimentos de la Laguna Las Maritas (Margarita). *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 10(1): 81-91.
- BOTERO, C., Y. CONTOYA, N. AGUIRRE, F. VÉLEZ & E. HERNÁNDEZ. 2020. Vegetación acuática y semiacuática en tres ríos altoandinos y su relación con la fisicoquímica del agua. *Politéc.* (16): 31:138-150.
- CABRERA, T. & E. PENOTH. 1988. Estudio de las condiciones físico- químicas de la Laguna de la Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. *Saber* 2: 23-37.
- CANFIEL, D. 1993. *Organic matter oxidation in marine sediments.* En: *The role of nonliving organic matter in the earth's carbon cycle: interactions of c, n, p, and s biogeochemical cycles.* Ed. Zepp Richard. John Wiley and Sons Ed. New York, United States. 358 pp.
- CASTILLO, R. 2003. *Estructura comunitaria del fitoplancton de la Laguna de la Restinga y su relación con las condiciones hidrográficas durante el periodo de surgencia costera (noviembre 2001 hasta mayo, 2002).* Trab. Grad. Lic. en Biología Marina, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 77 pp.
- CASTRO, M. 2020 Humedal: características, relieve, flora, clima, fauna, ejemplos. Página educativa Lifeder. Disponible en: <https://www.lifeder.com/humedal/> (Revisado junio 2019).

- CERVIGÓN, F. & A. GÓMEZ. 1986. *Las lagunas litorales de la Isla de Margarita*. Centro de Investigaciones. Universidad de Oriente. Editorial Arte. Caracas, Venezuela. 88 pp.
- CÉSPEDES, N. 2017. *Estadística Inferencial*. Fundación Universitaria del Área Andina en Bogotá, D.C. 114 pp.
- CONTRERAS, E., O. CASTAÑEDA, R. TORRES-ALVARADO & F. GUTIÉRREZ. 1996. Nutrientes en 39 lagunas costeras mexicanas. *Rev. Biol. Trop.* 44(2): 417-425.
- CONTRERAS, F., N. RIVERA & R. SEGURA 2005. Nutrientes y productividad primaria fitoplanctónica en una laguna costera tropical intermitente (La Mancha, Ver.) del Golfo de México. *Hidrobiológica*, 15(3): 299-310.
- DEBORDE J., P. ANSCHUTZ, G. CHAILLOU, H. ETCHEBER, M. COMMARIEU, P. LECROART & G. ABRIL. 2007. The dynamics of phosphorus in turbid estuarine systems: example of the Gironde estuary (France). *Limn. and Oceanog.* 52: 862-872.
- ENRÍQUEZ, A. & M. CREMONA 2017. Humedales patagónicos como reservorios de carbono. Una función poco reconocida en un mundo cambiante. *Presencia*, Serie Divulgación, 67 (3): 10-14.
- EUGSTER, H. & L. HARDIE. 1978. *Saline lakes*. En: Physics and chemistry of lakes. Ed. Lerman, A. Springer – Verlag., Atlanta, USA 237 – 293
- FDEZ, L. 2022. Humedales: qué son, tipos y características. Web de ecología y medio ambiente. Disponible en <https://www.ecologiaverde.com> (Revisada enero 2022).
- GAMBOA, B., A. GARCÍA, J. BENÍTEZ & T. OKUDA 1971. Estudio de las condiciones hidrográficas y químicas en el agua de la Laguna de Tacarigua. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 10(2): 55-72.
- GARMENDIA, M. 1992. *Distribución y evolución espaciotemporal de elementos nutritivos y materia orgánica presente en aguas de la Laguna de Píritu*. Trab. Grad. Magíster en Ciencias Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 162 pp.
- GARZÓN, Z. 1990. *Caracterización saprotrófica de los lagos cráter de la región de los llanos puebla*. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Iztacala, México. 102 pp.
- GÓMEZ, A. & J. CHANUT. 1993. Hidrografía, producción y abundancia planctónica al sur de la Isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 32(1&2): 27-44.
- GÓMEZ, A. 1991. Interacción entre un estuario negativo (Laguna de la Restinga, Isla de Margarita) y el Mar Caribe adyacente. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 30(1&2): 47-55.
- Grasshoff, K. 1964. Zur bestimmung von nitrat in meer-und trinkasser. *Kieler Meeresforsch.* 20 (1):5-11.
- HENRÍQUEZ, N. 2016. *Evaluación de oxígeno disuelto, puesta en marcha y operación de humedal Aldea S.O.S Bulnes*. Trab. Grad. Ing. civil, Universidad del Bío-Bío, Ciudad, Chile, 40 pp.
- HERNÁNDEZ, D. & J. OCANTO 2010. *Caracterización fisicoquímica, bacteriológica, pigmentos fotosintéticos y sedimentológicas de la laguna el Hato sector La Isleta, Isla de Margarita, estado Nueva Esparta*. Trab. Grad. Lic. Acuicultura, Universidad de Oriente, Boca de Río, Venezuela, 178pp.
- HOLMES, S. 1996. *South African water quality guidelines*. Department of water affairs and forestry. First edition aquatic ecosystems, Republic of South Africa. 7:162.
- IQBAL, M., E. BROWN & M. CLAYTON. 2006. Distribution of phosphorus in a biologically restricted lake in Iowa, USA. *Jour. Hydro.* 326: 349 -366.
- KELLER K, R. SLATER, M. BENDER. & R. KEY. 2002. Possible biological or physical explanations for decadal

- scale trends in North Pacific nutrient concentration and oxygen utilization. *Deep Sea Res., Part II.* (49) 325-362.
- KOROLEFF, F. 1969. Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. *Ices, C.M 1969/c: Hydr. Cumm.*3: 10-230.
- LERMAN, A. & L. VER. 2002. Nitrogen and phosphorus controls of the carbon. *J. Conf.* (2): 5:638.
- LIBES, S. 2000. *A introduction to marine biogeochemistry*. Second edition. Ap (ed). New York, USA, 760 pp.
- LÓPEZ-MONROY, F., L. TROCCOLI-GHINAGLIA, E. POBLETE & L. VALERIO-GONZÁLEZ. 2017. Dinámica de los nutrientes en una laguna costera tropical hipersalina (Las Marites, Isla de Margarita, Venezuela). *Rev. Bio Ciencias.* 4(6):1-16.
- LORENZEN, C. J. 1966. A method for the continuous measurement of in vivo chlorophyll concentration. *Deep-sea Res.* 13: 223-227.
- LOUANCHI, F. & R. NAJJAR. 2000. A global monthly climatology of phosphate, nitrate and Silicate in upper ocean spring- summer production and shallow remineralization. *Glob. Biogeochem. Cycles.* 14: 957-977.
- MARCANO, A., R. RODRÍGUEZ & D. LÓPEZ 2014. Composición y estructura de la vegetación en un humedal dulceacuícola del monumento natural laguna de las Marites, Estado Nueva Esparta, Venezuela. *Cienc.* 22(2):90-103.
- MARIÑA, E. 2020. Instituto de zoología y ecología tropical de la facultad de ciencias, universidad central de Venezuela, Distrito Capital, Venezuela. Disponible en <https://ucvnoticias.blog/2020/02/04/venezuela-tiene-el-mayor-porcentaje-de-humedales-a-nivel-mundial/> (revisada noviembre del 2022).
- MÁRQUEZ, A. 2005. *Fluctuaciones temporales del perfil hidroquímico de la Cuenca de Cariaco (período enero 2002-septiembre 2003)*. Trab. Grad. Magíster en Ciencias Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 99 pp.
- MÁRQUEZ, A. 2015. *Dinámica de nutrientes y del sistema carbónico en la depresión oriental de la cuenca de cariaco, Venezuela*. Trab. Grad. Magíster en Ciencias Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 213 pp.
- Mullin, J. & J. Riley (1995). The spectrophotometric determination of silicate-silicon in natural waters with special reference to sea water. *Analytica Chimica Acta*, 12, 162-170.
- MURPHY, J. & J. RILEY 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta.* 12:162-170.
- OFICINA CIENTÍFICA DE ASESORAMIENTO LEGISLATIVO (OCAL) 2021. Informe técnico: Los humedales y sus servicios ecosistémicos. Oficina Científica de Asesoramiento Legislativo, Argentina. Disponible en https://www4.hcdn.gob.ar/archivos/observatorio-ocal/informes/Informe_humedales.pdf. (revisada diciembre 2021).
- OKUDA, T., A. GARCÍA, B. GAMBOA & E. FERNÁNDEZ 1978. Variación estacional del fósforo y nitrógeno inorgánicos en el Golfo de Cariaco Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 17(1 y 2): 789-104.
- PALAZÓN, J. 2000. Condiciones Hidroquímicas del Saco de la Isla de Coche, Venezuela (mayo 1989 – mayo 1990). *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 39(1 & 2): 55 - 65.

- PALAZÓN, J. & E. PENOTH 1994. Condiciones hidroquímicas de la Laguna de Raya, Isla de Margarita, Venezuela, durante el periodo comprendido entre febrero de 1986 y febrero de 1987. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 33(1 & 2): 5-17.
- PALAZÓN, J. & E. PENOTH 1998. Condiciones hidroquímicas de las aguas superficiales de la Laguna Boca de Palo, Isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 37(1 & 2): 3 - 15.
- PALAZÓN, J., G. HERNÁNDEZ, J. HERNÁNDEZ & E. PENOTH 1996. Condiciones Hidroquímicas de Las Marites, Isla de Margarita, Venezuela (abril 1989 mayo 1990). *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela.* 35(1&2): 113 - 125.
- PAZ, E. & C. RODRÍGUEZ 2016. Determinación del índice de calidad del agua (ICA), de los ríos Morón y Patanemo del estado Carabobo, en Venezuela. *Ingeniería Uc.* (23)2:204-215.
- PEREIRA C., F. LÓPEZ, K. SALAZAR & I. COLMENÁREZ. 2019. Condiciones hidrográficas de la laguna de Punta de Piedras, isla de Margarita, *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 58(2): 03-13.
- PÉREZ, I. 2017. *Dinámica del carbono inorgánico y grado de saturación del CaCO₃ en el estuario del río Guadalete*. Trab. Grad. en Ciencias del mar, Universidad de Cádiz, Ciudad, España. 30 pp.
- PLAN DE ORDENAMIENTO Y REGLAMENTO DE USO DEL MONUMENTO NATURAL LAGUNA DE LAS MARITES. Decreto 2.339 del 05 de Junio de 1992. Gaceta Oficial N° 4.548 E del 26 de Marzo del 1993.
- REDFIELD, A. 1942. The processes determining the concentration of oxygen, phosphate and other organic derivate within the depths of the Atlantic Ocean. *Paper Phys. Oceanog. Met., Mass. Inst. Tech. and Woods Hole Oceanog. Inst.* 9(2):1-22.
- REYNOLDS, C. & P. DAVIES. 2001. Sources and bioavailability of phosphorous fractions in freshwaters: a British perspective. *Biol. Rev.* 76:27-64.
- RODRIGO, M., C. CABALLERO, C. ROJO. & M. ÁLVAREZ 2005. Capacidad de retención del nitrógeno por el macrófito chara hispida procedente de una Laguna de Rudiera. Ministerio de Educación y Ciencia (España). Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/17537?mode=full> (Revisada diciembre 2022).
- RODRÍGUEZ, J., D. LÓPEZ, A. MÁRCANO, J. LÓPEZ, A. AGUILARTE & J. BARRETO 2008. Composición macroflorística de La laguna El hato en el Monumento natural laguna de las Marites. VIII Congreso Científico de la Universidad de Oriente. Isla de Margarita, Venezuela.
- SCHILLER DV., E. MARTÍ, J. RIERA & F. SABATER 2007. Effects of nutrients and light on periphyton biomass and nitrogen uptake in Mediterranean streams with contrasting land uses. *Freshw biol.* 52(5): 891-906.
- STEINBERG, D., C. CARLSON, N. BATES, R. JOHNSON, A. MICHAELS & A. KNAP. 2001. Overview of the US JGOFS Bermuda Atlantic Time series Study (BATS): a decade-scale look at ocean biology and biogeochemistry. *Deep-Sea- Res II.* (48):1405-1447.
- STRICKLAND, J. & T. PARSON. 1972. *A practical Handbook of Seawaters Analysis*, 2Ed. Bull. Fish. Res. Board., Canada. 167 pp.
- TAKAHASHI, T., J. OLAFSSON, J. GODDARD, D. CHAPMAN & S. SUTHERLAND 1993. Seasonal Variations of CO₂ and nutrients in the high latitudes surface oceans: a comparative Study. *Glob. Geochem. Cycl.* 7:843-878.
- UMAÑA G., J. ACUÑA, J. GARCÍA, G. AGÜERO, J. ZÚÑIGA, E. GÓMEZ & J. PICADO 2015. Productividad primaria en el Humedal Nacional Térraba-Sierpe, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 63 (1): 9-28.

- UNESCO, 1986. Progress on Oceanographic Tables and Standards 1983–1986. Work and recommendations of the UNESCO/SCOR/ICES/IAPSO Joint Panel. *UNESCO Technical Papers in Marine Science*, 50: 59 pp.
- VALLESTER, E., J. BATISTA, C. CARREÑO, C. GAITÁN & N. NÚÑEZ 2019. Importancia del nivel de oxígeno en la eficiencia de un humedal artificial con flujo subsuperficial vertical ascendente. *Rev. Tecnol. Marcha*, 32(1), 3-14. DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v32i1.4128>
- VOLTOLINA, A. & P. VOLTOLINA. 1976. Observaciones hidrobiológicas de la Laguna de Punta de Piedras, Isla de Margarita: septiembre 1965- diciembre 1966. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*. 36(104): 127 - 154.
- VOLTOLINA, A. & P. VOLTOLINA. 1978. Observaciones hidrológicas de la Laguna de la Restinga, Isla de Margarita: enero 1969- abril 1970. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle* 38(109): 119-137.
- WEIHAUPT, J.1984. *Exploración de los océanos: introducción a la oceanografía*. Editorial continental. México D.F. México, 640 pp.

RECIBIDO: OCTUBRE 2023.

ACEPTADO: MARZO 2024.