

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO NUEVA ESPARTA  
ESCUELA DE CIENCIAS APLICADAS DEL MAR  
DEPARTAMENTO DE ACUACULTURA



**VARIACIÓN TEMPORAL DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y  
BACTERIOLÓGICOS DE LA LAGUNA EL MORRO, MUNICIPIO  
MARIÑO, ISLA DE MARGARITA, DURANTE EL PERIODO MARZO 2011-  
MARZO 2012**

Presentado por:

**IRELIS MARGARITA LÓPEZ RODRÍGUEZ**

Trabajo de Grado presentado ante el Departamento de Acuicultura, como requisito  
parcial para optar el título de Licenciado en Biología Marina

Boca del Río, octubre de 2012

Aprobada en nombre de la Universidad

Por el siguiente Jurado Examinador:

---

Nombre: Juan López (Asesor)

---

Nombre: Eglée Gómez

---

Nombre: Edlín Guerra

Categoría de la Evaluación: APROBADO se recomienda su publicación

Fecha: 19 de octubre de 2012

## AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios haberme permitido llegar hasta aquí y por permitirme cumplir mi sueño de estudiar esta hermosa carrera. A mi familia por eventualmente apoyarme y entender que cada persona debe escoger su camino, especialmente a tía Celina, tía María, Chiche, Víctor José y Víctor Manuel por apoyarme y ayudarme tanto durante estos cinco años.

Gracias a todos los profesores que contribuyeron positivamente en mi formación académica: Salomé Rangel, José Morillo, Pablo Lacabana, Amalia Barceló, Edlin Guerra, Eglée Gómez, Carlos Lira, y Ernesto Ron, y muy especialmente a las profesoras Lorelys Valerio, Fabiola López y Yuraima García, se les agradece de todo corazón la ayuda y dirección que me han ofrecido desde los primeros semestres de la carrera.

Al Centro Regional de Investigaciones Ambientales (CRIA), especialmente a mis tutores Juan López y Pedro López por su ayuda. A Jean Carlos Marín, Alfredo Guilarte, Cumanés y Lourdes Ávila por su invaluable ayuda durante el análisis de las muestras.

A mi esposo Marcel Velásquez por ser mi apoyo, mi tutor a tiempo completo, mi mejor amigo y mi vida. Te amo.

A mi querida amiga Francelys Rodríguez por su compañía durante mis peores y mejores momentos. A mis compañeros y amigos de la UDO: Jogleilysmar Brito, Merving Gómez, Eulinen Marcano, Luis Guevara, Makcim Desisto y Atenas Guerrieri. Y finalmente, a los estudiantes de Botánica que compartieron conmigo mientras fui preparadora por recordarme constantemente lo hermosa que es esta carrera.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	iii
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE ANEXOS .....	x
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivo General: .....	4
Objetivos Específicos:.....	4
MATERIALES Y MÉTODOS .....	5
Área de Estudio:.....	5
Trabajo de Campo:.....	6
Trabajo de Laboratorio:.....	7
Sólidos totales y sólidos suspendidos totales:.....	7
Sólidos totales. ....	8
Aspectos bacteriológicos: .....	10
Análisis Estadístico: .....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	11
Variación Temporal de las Variables Hidrofísicas .....	11
Temperatura .....	11
Salinidad.....	13
Conductividad .....	17

Oxígeno disuelto .....	18
Materia en suspensión .....	20
Variación Temporal de las Variables Hidroquímicas .....	25
Nitrito .....	25
Nitrato .....	27
Amonio.....	28
Fosfato.....	30
Variación Temporal de los Aspectos Bacteriológicos .....	33
Coliformes totales .....	33
Coliformes fecales.....	35
CONCLUSIONES .....	38
RECOMENDACIONES .....	40
BIBLIOGRAFÍA .....	41
ANEXOS .....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación geográfica (UTM) de las estaciones de muestreo, en la laguna El Morro, isla de Margarita, durante el período marzo 2011-marzo 2012. ....	6
Tabla 2 Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de la temperatura (°C) medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de $P < 0,05$ indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza. ....	11
Tabla 3 Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de la salinidad en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de $P < 0,05$ indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza. ....	14
Tabla 4 Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales del pH medido en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de $P < 0,05$ indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza. ....	15
Tabla 5. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de la conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de $P < 0,05$ indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza. ....	17
Tabla 6. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de la concentraciones de oxígeno disuelto medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de $P < 0,05$ indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza. ....	19
Tabla 7. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de la sólidos disueltos totales (mg/l) medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de $P < 0,05$ indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza. ....	21
Tabla 8. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de los sólidos suspendidos totales (mg/l) medidas en la	

laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de $P < 0,05$ indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza. ....	22
Tabla 9. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de los sólidos totales (mg/l) medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de $P < 0,05$ indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza.....	23
Tabla 10. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de las concentraciones de nitrito (mg/l) medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de $P < 0,05$ indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza. ....	25
Tabla 11. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de las concentraciones de nitrato (mg/l) medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de $P < 0,05$ indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza. ....	27
Tabla 12. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de las concentraciones de amonio (mg/l) medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de $P < 0,05$ indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza. ....	28
Tabla 13. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de las concentraciones de fosfato (mg/l) medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de $P < 0,05$ indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza. ....	31
Tabla 14. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de los coliformes totales (UFC/100ml) medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de $P < 0,05$ indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza. ....	33
Tabla 15. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de los coliformes fecales (UFC/100ml) medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de $P < 0,05$ indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza. ....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de las estaciones de muestreo en la laguna El Morro, Isla de Margarita, Venezuela. (Modificado de Google Earth, 2011).....	5
Figura 2 Variación temporal de la temperatura media y su desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012). ....	12
Figura 3 Variación temporal de la salinidad media y su desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012). ....	14
Figura 4. Variación temporal del pH medio y su desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012). ....	16
Figura 5. Variación temporal de la conductividad media y desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012). ....	17
Figura 6. Variación temporal de la concentración media y su desviación estándar del oxígeno disuelto, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012). ....	19
Figura 7. Variación temporal de la concentración media de sólidos totales y su desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012). ....	21
Figura 8. Variación temporal de la concentración media de sólidos suspendidos totales y su desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012).....	23
Figura 9. Variación temporal de la concentración media de sólidos totales y su desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012). ....	24
Figura 10. Variación temporal de la concentración media de nitrito y su desviación estándar en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012). ....	26
Figura 11. Variación temporal de la concentración media de nitrato y su desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012). ....	28



Figura 12. Variación temporal de la concentración media de las concentraciones de amonio y su desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012).....	30
Figura 13. Variación temporal de la concentración media de fosfato y su desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012). .....	31
Figura 14. Variación temporal de la concentración media coliformes totales y su desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012). .....	34
Figura 15. Variación temporal de la concentración media y desviación estándar de los coliformes fecales en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012). .....	36

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Variabilidad temporal de la velocidad del viento (km/h) en la isla de Margarita, Venezuela, durante el periodo marzo 2011-marzo 2012*.....	56
Anexo 2. Variabilidad temporal de la precipitación (mm) en la isla de Margarita, Venezuela, durante el periodo marzo 2011-marzo 2012. ....	56
Anexo 3. Variabilidad temporal de la insolación (kWh/m <sup>2</sup> /día) en la isla de Margarita, Venezuela, durante el periodo marzo 2011-marzo 2012. ....	57
Anexo 4. Variabilidad temporal de la evaporación (mm) en la isla de Margarita, Venezuela, durante el periodo marzo 2011-marzo 2012. ....	57
Anexo 5. Valores mínimos y máximos, promedio general y desviación estándar (D.E) de las variables hidrofísicas, hidroquímicas y bacteriológicas obtenidas en la laguna El Morro y también variables meteorológicas (Estación Metereológica de la Fundación la Salle de Ciencias Naturales), durante el periodo marzo 2011-marzo 2012.....	58

## RESUMEN

La laguna costera “El Morro” se encuentra ubicada al sureste de la ciudad de Porlamar, entre los municipios Mariño y Maneiro. Constituye un importante reservorio natural, que sirve de hábitat permanente o periódico a muchas especies marinas de interés pesquero y económico. Dada la importancia turística y recreacional que laguna El Morro representa para la población de Porlamar, y a la falta de información relacionada con este cuerpo lacustre, se estableció evaluar los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de la laguna El Morro, Porlamar, Isla de Margarita. Para ello, se estableció como objetivo evaluar las variables hidrofísicas (temperatura, salinidad, pH, conductividad y oxígeno disuelto); hidroquímicas (sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, sólidos totales, nitrato, nitrato, amonio y fosfato) y bacteriológicas (coliformes totales y fecales). La toma de muestras se realizó mensualmente en ocho estaciones distribuidas dentro de la laguna durante el período marzo 2011-marzo 2012. Se observaron fluctuaciones de los valores en las variables hidrofísicas durante los diferentes meses de estudio (temperatura con 25,73°C en febrero 2012 y 33,24°C julio 2011; salinidad con 26,13 en noviembre 2011 y 37,37 en julio 2011; ph con 7,27 en enero 2012 y 9,34 en marzo 2011; conductividad con 39240,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$  noviembre 2011 y 55960,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en mayo 2011; y oxígeno disuelto con 3,00 mg/l en noviembre 2011 y 8,21 mg/l en octubre 2011), siendo los de oxígeno disuelto los únicos que no mostraron diferencias estadísticas significativas en los distintos meses del año. En los parámetros hidroquímicos, las concentraciones promedio de nitrato fueron de 0,0209 mg/l, del nitrato fue de 0,0513 mg/l, del amonio fue de 0,0321 mg/l y finalmente, el fosfato fue de 0,0273 mg/l; mostrando así comportamientos similares que pueden estar asociados a regulación por la actividad metabólica bacteriológica. Los análisis bacteriológicos indican que los valores de las concentraciones mensuales de coliformes totales y fecales presentaron diferencias estadísticamente significativas durante el estudio. Según el comportamiento observado cada una de las variables analizadas, se presume que estas pueden responder a dos tipos de factores como el ambiental (influencias de los vientos, precipitaciones y profundidad de la laguna) y el antropogénico (descarga de aguas residuales no tratadas). Se recomienda la adecuada replicación muestral a nivel espacial para estimar la relación entre la topografía de la laguna y el cuerpo de agua.

## INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, la contaminación de las zonas marino costeras en el Caribe ha aumentado significativamente, llegando a causar el deterioro de la calidad del agua de muchas playas (Siung-Chang, 1997). La principal fuente de contaminación en gran parte del mar Caribe lo constituyen las aguas residuales, las cuales se caracterizan por presentar exceso de nutrientes, bacterias patógenas y sólidos suspendidos resultantes de las actividades humanas (Sardinas *et al.*, 2006). Un estudio de la Organización Pan Americana de la Salud (PAHO) (Mood, 1977), determinó que sólo un 10% de las aguas negras generadas por países de Centro América e Islas del Caribe fueron tratadas correctamente. Mientras que, una encuesta a los países de la Comunidad del Caribe (CARICOM), mostró que sólo el 25% de las plantas de tratamiento estaban en buenas condiciones operativas (Vlugman, 1992; Siung-Chang, 1997).

Las lagunas costeras son consideradas depresiones costeras someras (<10m), con su eje principal paralelo a la costa, conectada al mar temporal o permanentemente por uno o más canales y separada de él por una barrera física (Kjerfve, 1994). Ocupan el 13% de la línea de costa a nivel mundial (Ramírez-Villarroel, 1996), y se caracterizan por presentar alta productividad, consecuencia de la relación cercana entre océano y continente, y por exportar nutrientes a las zonas costeras aledañas. También constituyen zonas de cría y alimentación permanente o periódica a especies marinas, muchas de las cuales son de interés económico, y generan grandes ingresos a las comunidades circundantes a través del turismo (Cervigón y Gómez, 1986; Ramírez-Villarroel, 1996; Palazón y Penoth, 1998).

Algunos autores coinciden en que las lagunas costeras han sido objeto de numerosos estudios (Rodríguez y Romero, 1981; Herrera-Silveira, 2006; Esteves *et al.*, 2008), y a pesar que existe conocimiento considerable sobre las consecuencias de

los impactos antropogénicos sobre la estructura y función de estos ambientes a nivel mundial, los casos documentados de iniciativas direccionadas hacia la protección y restauración se han efectuado casi exclusivamente en la costa del Mediterráneo (Lardicci *et al.*, 2001; Gikas *et al.*, 2006; Tsihrintzis *et al.*, 2007), con pocas excepciones para la zona costera tropical (Botero y Salzwedel, 1999; Esteves *et al.*, 2002; Barbosa *et al.*, 2004). El poco interés en la conservación de las lagunas costeras en algunas partes del mundo ha sido perjudicial para la biodiversidad de estos ecosistemas, trayendo como consecuencia la reducción de la capacidad de estos ambientes de proveer importantes aportes como zonas de cría de especies de interés comercial y lugares de recreación para la comunidad local y visitante (Macintosh, 1994; Esteves, 1998; Gönenç y Wolflin, 2005).

En Venezuela, después de la segunda guerra mundial, la población comenzó a concentrarse casi exclusivamente en la faja costera y a lo largo de los márgenes de los principales cuerpos de agua, como consecuencia de la profunda transformación de la economía venezolana a raíz de la producción petrolera y gasífera (Illarramendi, 2008). Esta movilización hacia las costas nacionales aunado al acelerado crecimiento de la población y al desarrollo industrial, ha traído como consecuencia la contaminación de las aguas costeras y humedales, lo cual ha resultado una fuente de eutrofización para el mar adyacente (Gómez, 1991; López, 2002).

El estado venezolano, consciente de los graves problemas ambientales que tienen lugar en los cuerpos lacustres a nivel nacional, cuya expresión física más obvia es el acarreo, transporte y deposición de sedimentos y material orgánico, ha dirigido desde hace cinco décadas programas de conservación y manejo de recursos naturales (Illarramendi, 2008). A partir de la década de los 70 se comienza a observar en el país un marcado interés, tanto del estado como de la sociedad civil, en lograr un desarrollo sustentable y una eficaz protección de los ecosistemas naturales (Montesinos, 1993). Dentro de la planificación la normativa venezolana incluye el Decreto N° 883, el cual define la calidad de un cuerpo de agua como “la caracterización física, química y

biológica de aguas naturales para determinar su composición y utilidad al hombre y demás seres vivos”. Es decir, para estipular la calidad de un cuerpo de agua particular se requiere de un complejo proceso de identificación de ciertos parámetros que clasifican al mismo según su utilidad (Salazar, 2007).

En la Isla de Margarita existen diez lagunas costeras de gran importancia histórica, ecológica y turística: laguna de Boca de Palo, La Acequia, La Restinga, Laguna de Raya, Punta de Piedras, Las Marites, Los Mártires, Boca Chica, Punta de Mangle y laguna El Morro, sin embargo, en las tres últimas no se han realizado estudios de sus parámetros hidrológicos y biológicos. En las lagunas donde se han realizado estos estudios los resultados obtenidos han demostrado que éstas se ven afectadas mayormente por compuestos de origen antropogénico (Cervigón y Gómez, 1986; Ramírez-Villarreal, 1996; Palazón y Penoth, 1994; 1998; Fontanive, 2007; Reyes y Serrano, 2009).

De de los trabajos realizados en el área de calidad de agua de las lagunas costeras de la Isla de Margarita, está la determinación de la contaminación bacteriológica de la laguna de las Marites según la presencia de coliformes totales y fecales realizado por Rodríguez (1981); la evaluación de las condiciones hidroquímicas de la laguna de Raya y laguna Boca de Palo (Palazón y Penoth, 1994; 1998); estudios sobre la hidrografía y estado trófico de la laguna de Punta de Piedras (Pereira, 2006); la caracterización físico-química y estado trófico del agua de la laguna de Los Mártires (Fontanive, 2007), y Reyes y Serrano (2009), analizaron la variación espacio-temporal de las comunidades plantónicas en la laguna de La Acequia.

La laguna El Morro es un cuerpo de agua que presenta una elevada importancia para las comunidades aledañas dado que, según López (2011), es fuente de pesquerías y recreación para las comunidades circundantes a ella. Los estudios de calidad del agua que han realizados hasta el momento en dicha laguna son escasos y

aportan poco la información que revelen el estado de las condiciones hidroquímicas, hidrofísicas o bacteriológicas que esta pueda presentar.

Dada la importancia que laguna El Morro representa para la población de Porlamar, y a la falta de información relacionada con este cuerpo lacustre, se establecieron los siguientes objetivos:

Objetivo General:

- Evaluar las variables físico-químicos y bacteriológicos de la laguna El Morro, Porlamar, Isla de Margarita, durante el período marzo 2011-febrero 2012.

Objetivos Específicos:

- Determinar las condiciones hidrofísicas (temperatura, salinidad, pH, conductividad y oxígeno disuelto) en el período marzo 2011-marzo 2012.
- Determinar los sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales y sólidos totales y las condiciones hidroquímicas (nitrito, nitrato, amonio y fosfato) en el período marzo 2011-marzo 2012.
- Determinar los aspectos bacteriológicos de las aguas de la laguna El Morro (Estado Nueva Esparta), a través de la cuantificación de coliformes totales y fecales.
- Cuantificar los cambios temporales de las variables hidrofísicas, hidroquímicas y bacteriológicas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de Estudio:

La laguna El Morro se encuentra ubicada al sureste de la ciudad de Porlamar, entre los municipios Mariño y Maneiro. Ocupa una superficie de 127 ha, que incluye a los cerros Caigüiré I y Caigüiré II, los cuales tienen un área de 3 y 2 ha respectivamente (Figura 1). En su extremo sur está bordeada por los cerros del Morro, por el norte limita con una serie de edificios, por el este con una barra arenosa que la separa del mar abierto y por el oeste tiene comunicación temporalmente con el mar a través de una estrecha boca (López, 2011).

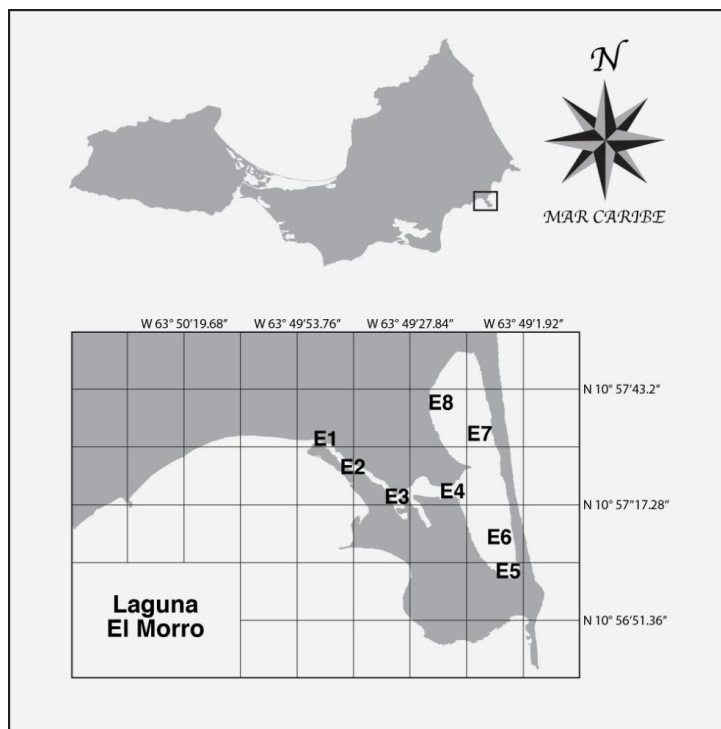


Figura 1 Ubicación de las estaciones de muestreo en la laguna El Morro, Isla de Margarita, Venezuela. (Modificado de Google Earth, 2011).



Este cuerpo lagunar está dividido en dos partes que tienen comunicación entre sí. La parte que desemboca en la bahía de Guaraguao conocida como laguna Negra, mientras que la parte más interna y extensa es la llamada laguna Blanca. Esta laguna fue declarada zona protectora en el Decreto N° 2.321 publicado en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 35.065, de fecha 07 de octubre de 1992.

Trabajo de Campo:

Debido a las características que presenta el mencionado cuerpo lagunar, fueron seleccionadas ocho estaciones de muestreo considerando las áreas susceptibles a las actividades antropogénicas. Se realizaron muestreos mensuales, desde marzo 2011 hasta marzo 2012, entre las 9:00 am y 1:00 pm. Las estaciones fueron ubicadas geográficamente mediante un GPS marca Garmin, modelo 1800, facilitado por el Centro Regional de Investigaciones Ambientales (Tabla 1).

Tabla 1 Ubicación geográfica (UTM) de las estaciones de muestreo, en la laguna El Morro, isla de Margarita, durante el período marzo 2011-marzo 2012.

Estación	Latitud Norte (UTM)	Latitud Oeste (UTM)
1	1211454	409394
2	1211303	409580
3	1211096	409844
4	1211155	410234
5	1210722	410553
6	1211126	410478
7	1211151	410353
8	1211728	410236

Durante los muestreos se realizaron mediciones *in situ* para cada estación de las variables hidrofísicas temperatura (°C), salinidad, pH, conductividad (μS/cm), oxígeno disuelto (mg/l), sólidos disueltos totales (TDS en mg/l), mediante una sonda

multiparamétrica portátil YSI 600R, acoplada a un capturador de datos YSI 650 DMS.

Las muestras de agua para los análisis de nutrientes se tomaron superficialmente utilizando envases de plástico de un litro de capacidad con tapa hermética, previamente lavada y curada. Las muestras para cuantificar coliformes totales y fecales (NMP/100 ml), se tomaron en envases de vidrio de 500 ml de capacidad previamente esterilizados en una autoclave. Las muestras fueron colocadas en un recipiente con hielo y trasladadas a los laboratorios de microbiología y calidad ambiental del Centro Regional de Investigaciones Ambientales (CRIA), una vez ahí se almacenaron a temperaturas entre los 0 y 4°C hasta su posterior análisis.

#### Trabajo de Laboratorio:

#### Sólidos totales y sólidos suspendidos totales:

Las determinaciones de sólidos totales y sólidos suspendidos totales se realizaron mediante la metodología establecida en las normas COVENIN 2534-1994.

Sólidos suspendidos totales. El análisis para la determinación de sólidos suspendidos totales, consiste en hacer pasar a través de un filtro Whatman GF/C de 0,45  $\mu\text{m}$ , un volumen de 100 ml de agua destilada y se lleva a la estufa entre 103 a 105 °C de temperatura durante 1 hora, para luego colocarlo en el desecador. Posteriormente se procede a pesarlo utilizando una balanza analítica hasta peso constante. Luego se filtran 200 ml de muestra problema a través del filtro previamente pesado, y se repite el mismo proceso (Astor, 1996).

La cantidad de sólidos suspendidos se determina mediante la ecuación:

$$\text{Sólidos suspendidos totales } \left( \frac{mg}{l} \right) = \frac{(A - B)}{Vol} \times 1000 \quad (1)$$

Donde:

A= peso del papel de filtro + muestra después de la evaporación (g)

B= peso del papel de filtro sin la muestra antes de la evaporación (g)

Vol= volumen de muestra filtrada (l)

Sólidos totales. Los valores de los sólidos totales se determinon mediante la sumatoria de los valores de sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales.

#### Variables hidroquímicas:

Las determinaciones de los nutrientes (nitrito, nitrato, amonio y fosfato) se realizaron siguiendo la metodología descrita según los métodos estándares de la American Public Health Association, American Water Works Association y Water Environment Federation (APHA-AWWA-WEF, 1998).

Nitrito. Esta prueba consistió en tomar un volumen de agua de 50 ml previamente filtrado por una membrana de 0,45  $\mu\text{m}$  de poro para eliminar los sólidos suspendidos. Seguidamente, fue trasladada a un tubo de ensayo y se le añadió unas gotas de HCl para ajustar el pH. Posteriormente se agregaron 2 ml de reactivo colorante (0,1 g N-1 Naftiletildiamina tatreacetato de sodio, 1 g de sulfaniloamida, 10 ml ácido fosfórico) y se esperó de 10 minutos a 2 horas hasta que desarrollará el cromóforo, luego fue leída su absorbancia a 543 nm mediante el uso de un espectrofotómetro frente a un blanco. La muestra desarrolló un color rosáceo producto de la reacción del ion del nitrito con la sulfanilamina produciendo un compuesto diazo, que se acopla con el diclororhidrato de N-(1-naftil)etilendiamina. Este análisis se realizó en lapsos no mayores a 24 horas luego del muestreo.

Nitrato. Para esta prueba se agregaron 25 ml de muestra previamente filtrada a través de una membrana de 0,45  $\mu\text{m}$  en una fiola de 125 ml, posteriormente se añadieron 75 ml de solución de cloruro de amonio-EDTA. Estos 100 ml se pasaron a través de una columna reductora de cadmio-cobre a un ritmo no mayor de 1 ml por minuto dado que el nitrato se reduce cuantitativamente a nitrito en presencia de cadmio (Cd) tratado con sulfato de cobre. Los primeros 25 ml se desecharon y solo los siguientes 50 ml fueron recolectados. Los 50 ml obtenidos se trasladaron a un tubo de ensayo, donde se les agregaron 2 ml de reactivo colorante (0,1 g N-1 Naftiletilendiamina tateacetato de sodio, 1 g de sulfaniloamida, 10 ml ácido fosfórico) y se leyó la absorbancia a 543 nm mediante el uso de un espectrofotómetro frente a un blanco.

Amonio. Se procedió a filtrar 25 ml de agua por una membrana de 0,45  $\mu\text{m}$  de poro, y se le añadió 1 ml de fenol, luego de 1 ml de nitroprusiato de sodio, 1 ml de solución oxidante (Citrato de sodio alcalino e hipoclorito de sodio), y se agitó para mezclar todos los compuestos, y luego fue sellada la abertura del tubo de ensayo con papel plástico (parafilm) con el fin de evitar la evaporación del fenol. Los tubos fueron colocados en un lugar oscuro a temperatura ambiente por una hora hasta que se desarrolló el cromóforo azulado y finalmente se midió la absorbancia con un espectrofotómetro a 640 nm contra un blanco.

Fosfato. Se tomaron 25 ml de muestra filtrada y se le añadieron unas gotas de fenoltaleína como indicador ácido-base. Posteriormente se le agregaron unas gotas de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  para desaparecer el color rojizo de las muestras que resultaron positivas. Seguido a esto, se le adicionaron 4 ml de reactivo compuesto (ácido sulfúrico, molibdato de amonio, potasio antimónico tartárico, ácido ascórbico), luego de 10 a 30 minutos fue leída la absorbancia en el espectrofotómetro frente a un patrón a 880 nm. Este procedimiento dependió de la formación de un complejo azul de fósforo-molibdeno para la determinación de fosfato.

### Aspectos bacteriológicos:

La determinación de coliformes totales y coliformes fecales se realizó mediante la técnica de tubos múltiples, usando como medio el caldo Lactosa Lauril-Sulfato Rojo Fenol (Merck), según lo descrito en el APHA-AWWA-WEF (1989).

### Análisis Estadístico:

Para la determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas en las variables hidrofísicas, hidroquímicas y bacteriológicas de la laguna El Morro se realizó la prueba de Levene, también llamada anovares (análisis de varianza de residuales). La hipótesis nula propuesta asume que los promedios de dispersión entre los meses son iguales (homogeneidad de varianzas), para la realización de esto se empleó el paquete estadístico Statgraphics Centurion versión 16.1.17.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variación Temporal de las Variables Hidrofísicas

#### Temperatura

El rango de valores fluctuó de 25,73°C en febrero 2012 a 33,24°C en julio 2011. La prueba de Levene indica que existen diferencias estadísticas significativas en la variabilidad mensual de la temperatura en la laguna el Morro. (Tabla 2). En la figura 2 se aprecia que las mayores variaciones de los datos obtenidos en cada una de las estaciones se evidenciaron en los meses de abril y agosto 2011. Además, el promedio máximo (32,24°C) se observó en el mes de julio 2011, y el menor (26,13°C) en el mes de febrero 2012.

Tabla 2 Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de la temperatura (°C) medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de  $P < 0,05$  indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza.

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l	Cuadrado Medio	<i>F</i>	<i>P</i>
Entre grupos	4,44	11	0,40	4,04	0,00
Intra grupos	8,39	84	0,10		
Total	12,84	95			

g.l= grados de libertad; *F*= valor del estadístico *F* de Fisher; *p*=probabilidad.

Los menores valores de temperatura fueron observados durante los primeros meses del año 2012 (figura 2), comportamiento que puede ser atribuido en mayor parte al efecto de los vientos que durante esas épocas del año alcanzan grandes

velocidades de hasta 46 km/h (Anexo 1) que contribuyen a la remoción de las capas superficiales de agua enfriando las mismas. Este factor juega un papel importante durante los primeros meses del año en las costas venezolanas, ya que durante ese período puede alcanzar velocidades superiores a 39 km/h que resultan significantes para iniciar el proceso de remoción de las aguas superficiales y traer como consecuencia la activación del fenómeno de surgencia (Cisneros y Barrientos, 2008), caracterizada por el afloramiento de masas de agua frías y cargadas de nutrientes producto de la acción de vientos fuertes y constantes (Cervigón y Gómez, 1986; Gómez, 1991; Rodríguez, 1995), causando así, que los cuerpos de agua afectados se caractericen por ser fértiles durante el tiempo de afectación (Griffiths y Simpson, 1972).

Debido a que los patrones temporales observados en los cuerpos de agua costeros están directamente relacionados con los cambios de la temperatura y la dinámica del mar adyacente (Palazón y Penoth, 1998), se puede inferir que el ingreso de agua fría al cuerpo lagunar pueda contribuir con el efecto observado en los valores de temperatura en la laguna El Morro, como por ejemplo, durante los primeros meses del año 2012. Sin embargo, hasta el momento no se ha demostrado si en realidad existe una relación directa entre la ocurrencia de estos factores en el mar adyacente y la variación de la dinámica del cuerpo lagunar.

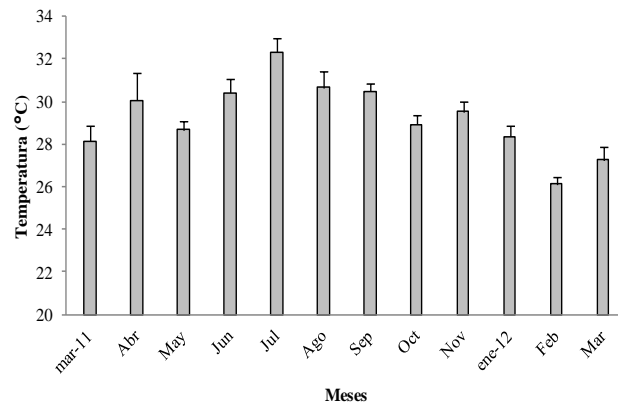


Figura 2 Variación temporal de la temperatura media y su desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012).

La laguna El Morro presenta el comportamiento similar a la mayoría de las lagunas costeras del nororiente del país que se ven influenciadas por el fenómeno de surgencia (Gamboa *et al.*, 1971; Garmendia, 1992; Palazón, 2000) y de la isla de Margarita (Bonilla y Okuda, 1971; Bonilla, 1974; Voltolina y Voltolina, 1976, 1978; Palazón y Penoth, 1994, 1998; Palazón *et al.*, 1996). Los cuerpos de agua afectados por el proceso de surgencia presentan dos épocas marcadas durante el año, una entre junio y noviembre caracterizada por presentar valores altos, y otra época entre diciembre y marzo con valores bajos, ambas separadas por un período de transición, tal como lo observado la laguna El Morro durante el período de estudio (Cervigón y Gómez, 1986; Gómez, 1991; Palazón *et al.*, 1996, Palazón y Penoth, 1998; Palazón, 2000).

### Salinidad

El rango de valores fluctuó de 26,13 en noviembre 2011 a 37,37 en julio 2011. La prueba de Levene indica que existen diferencias estadísticas significativas en la variabilidad mensual de la salinidad en la laguna el Morro (Tabla 3). Por otra parte, en la figura 3 se aprecia que las mayores variaciones de los datos obtenidos en cada una de las estaciones se evidenciaron en los meses de octubre, noviembre 2011 y febrero 2012. Mientras que el promedio máximo (36,75) se presentó en el mes de mayo 2011, y el menor (30,26) en el mes de febrero 2012.

La variación temporal de la salinidad en la laguna El Morro mostró un comportamiento similar al que ha sido observado en otras lagunas costeras de la isla de Margarita (laguna de Punta de Piedras y Las Marites), donde las mayores concentraciones de salinidad fueron durante los meses de poca lluvia (época de sequía) y las menores concentraciones de salinidad fueron durante los meses con mucha precipitación (época lluviosa) (Pereira, 2006; Fontanive, 2007). Esto podría ayudar a explicar la relación observada entre las variaciones en los datos de salinidad



durante el presente estudio (Figura 3) y los datos de las precipitaciones mensuales (Anexo 2). Por otra parte, se podría decir que, otro factor que pudo influir en la variación de la salinidad es la insolación (Anexo 3), ya que cuando se realiza una comparación entre la fluctuación de los valores de ambas variables durante los meses de muestreo se puede observar que al aumentar la insolación aumenta la salinidad. Según Thurman (1997) esto se puede observar en verano cuando la evaporación alcanza valores máximos, disminuyendo el volumen de la laguna costera, aumentando del ingreso de agua de mar hacia la laguna.

Tabla 3 Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de la salinidad en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de  $P < 0,05$  indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza.

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l	Cuadrado Medio	$F$	$p$
Entre grupos	23,84	11	2,17	5,43	0,00
Intra grupos	33,56	84	0,40		
Total	57,40	95			

g.l= grados de libertad;  $F$ = valor del estadístico  $F$  de Fisher;  $p$ =probabilidad.

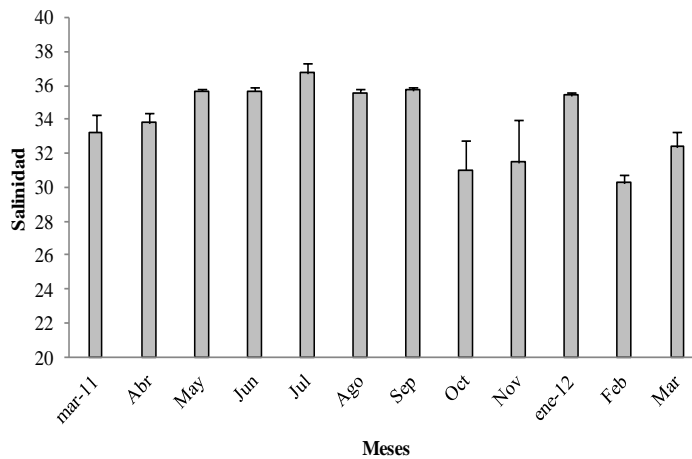


Figura 3 Variación temporal de la salinidad media y su desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012).

Por otra parte, se observó que el gradiente interno de salinidad de la laguna El Morro difiere con la condición hipersalina comúnmente observada en lagunas costeras semicerradas, ya que estas por lo general presentan concentraciones de salinidad similares en las zonas que interactúan con el mar adyacente y un incremento en la parte interna del cuerpo lagunar (Voltolina y Voltolina, 1974; Cervigón y Gómez, 1986). Por lo que se puede pensar de la existencia de un ingreso constante de agua dulce bien sea por factores ambientales (precipitación) o antropogénicos (escorrentías o descargas de aguas de origen domésticos).

### pH

El rango de valores fluctuó de 7,27 en enero 2012 a 9,34 en marzo 2011. La prueba de Levene indica que existen diferencias estadísticas significativas en la variabilidad mensual del pH en la laguna el Morro (Tabla 4). Por otra parte, en la figura 4 se observa que la mayor variación se estimó en el mes de marzo 2012, mientras que el promedio máximo (8,83) se presentó en el mes de marzo 2011, y el menor (7,73) en el mes de enero 2012.

Tabla 4 Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales del pH medido en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de  $P < 0,05$  indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza.

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l	Cuadrado Medio	$F$	$p$
Entre grupos	8,03	11	7,73	5,85	0,00
Intra grupos	11,96	84	1,32		
Total	195,99	95			

g.l= grados de libertad;  $F$ = valor del estadístico  $F$  de Fisher;  $p$ =probabilidad.

La fluctuación anual del pH en la laguna El Morro (Figura 4) presentó valores

superiores al rango sugerido (6,50 a 8,50) para las aguas Tipo 4 en el Decreto 883 de la Presidencia de la República (Gaceta Oficial, 1995). Con respecto a esto, Middelboe y Hansen (2007) sugieren que en los cuerpos de agua costeros los valores de pH entre 9 y 10 indican la presencia de floraciones fitoplanctónicas.

Los valores de pH obtenidos durante los meses de muestreo fueron de naturaleza básica, lo cual puede deberse a la existencia de una alta tasa conversión de CO<sub>2</sub> en materia orgánica durante el proceso de fotosíntesis, causando así, la disociación del bicarbonato (Arredondo y Ponce, 1999); o a la remineralización por efecto de los vientos y las corrientes, como puede suceder en ambientes como los de la mencionada laguna costera que se caracteriza por tener poca profundidad (Branco y Rocha, 1980; Margalef, 1983; Branco, 1984). Adicionalmente, Parsons *et al.* (1984) señala que el estudio del pH debe considerar al componente biológico, como por ejemplo, la actividad fotosintética del fitoplancton, la vegetación acuática sumergida y hélofita; además del componente geológico como el contenido de carbonatos y bicarbonatos.

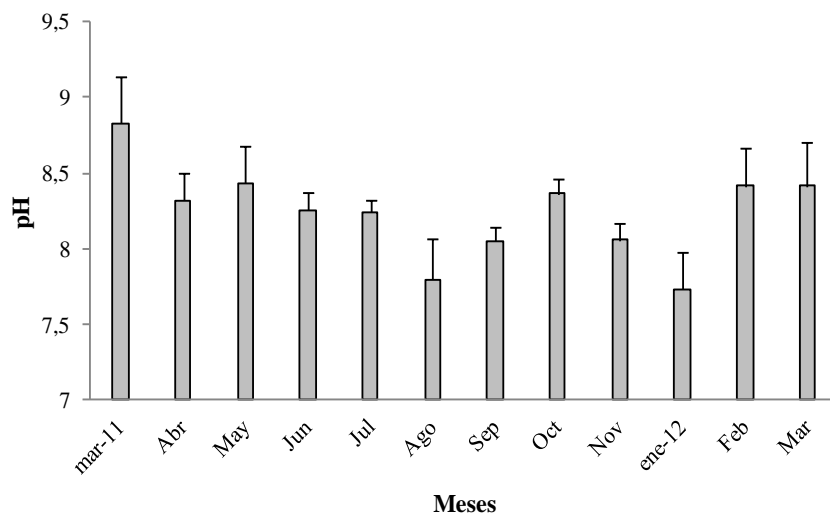


Figura 4. Variación temporal del pH medio y su desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012).

## Conductividad

El rango de valores fluctuó de 39240,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en noviembre 2011 a 55960,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en mayo 2011. La prueba de Levene indica que existen diferencias estadísticas significativas en la variabilidad mensual de la conductividad en la laguna el Morro (Tabla 5). En la figura 5 se aprecia que las mayores variaciones se estimaron en los meses de octubre y noviembre 2011. Además, el promedio máximo de 54492,50  $\mu\text{S}/\text{cm}$  se presentó en el mes de julio 2011, y el menor de 46752  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el mes de febrero 2012.

Tabla 5. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de la conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de  $P < 0,05$  indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza.

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l	Cuadrado Medio	$F$	$p$
Entre grupos	5,55E7	11	5,05E6	4,78	0,00
Intra grupos	8,87E7	84	1,06E6		
Total	1,44E8	95			

g.l= grados de libertad;  $F$ = valor del estadístico  $F$  de Fisher;  $p$ =probabilidad.

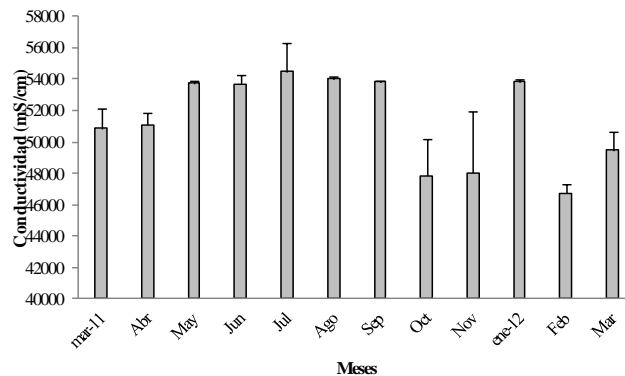


Figura 5. Variación temporal de la conductividad media y desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012).

La variación temporal de la conductividad mostró un comportamiento parecido al presentado por la salinidad (Figura 3) y sólidos disueltos totales (Figura 7), lo cual es típico que ocurra, ya que ambos tienen una relación directamente proporcional, es decir, que mientras mayor sean los valores de conductividad, mayor serán los valores de salinidad y sólidos suspendidos totales (Siosemarde *et al.*, 2010). Además, la evaporación (Anexo 4) tiene un efecto en las variaciones de los valores de conductividad, dado que en las masas oceánicas, y especialmente en los trópicos, la evaporación y la baja precipitación afectan de manera directamente proporcional; así como también, la poca profundidad, y la naturaleza del agua que ingresa a la laguna costera (Meitz, 1999; Chagas y Suzuki, 2005).

### Oxígeno disuelto

El rango de concentración de oxígeno disuelto fluctuó de 3,00 mg/l en noviembre 2011 a 8,21 mg/l en octubre 2011. La prueba de Levene indica que no existen diferencias estadísticas significativas en la variabilidad mensual de las concentraciones de oxígeno disuelto en la laguna el Morro (Tabla 6). Además, en la figura 6 se aprecia que el promedio máximo (7,06 mg/l) se presentó en el mes de octubre 2011, y el menor (3,9524 mg/l) en el mes de noviembre 2011.

Los valores de oxígeno disuelto detectados en el presente estudio fueron superiores a los mencionados por Cervigón y Gómez (1986) para las lagunas costeras del Estado Nueva Esparta, estos autores afirman que estas lagunas suelen presentar concentraciones de oxígeno disuelto entre 2,93 y 3,48 mg/l y rara vez superan los 6 mg/l, como consecuencia del carácter reductor de los sedimentos y la alta demanda química y biológica. Los altos valores de esta variable en la laguna El Morro sugieren que el aporte de los procesos involucrados en la oxigenación de la columna de agua como la actividad fotosintética, procesos de mezcla por efecto de los vientos y las corrientes son superiores a las pérdidas ocasionadas por la respiración y oxidación de

la materia orgánica (Margalef, 1980; Herrera, 1995; Fontanive, 2007). Adicionalmente, la cantidad de oxígeno en la columna de agua también se ve afectada por la radiación solar, y por ende, de la variación de la temperatura atmosférica sobre la columna de agua (Volvolina y Volvolina, 1976).

Tabla 6. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de la concentraciones de oxígeno disuelto medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de  $P < 0,05$  indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza.

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l	Cuadrado Medio	$F$	$p$
Entre grupos	2,41	11	0,22	1,58	0,12
Intra grupos	11,69	84	0,14		
Total	14,10	95			

g.l= grados de libertad;  $F$ = valor del estadístico  $F$  de Fisher;  $p$ =probabilidad.

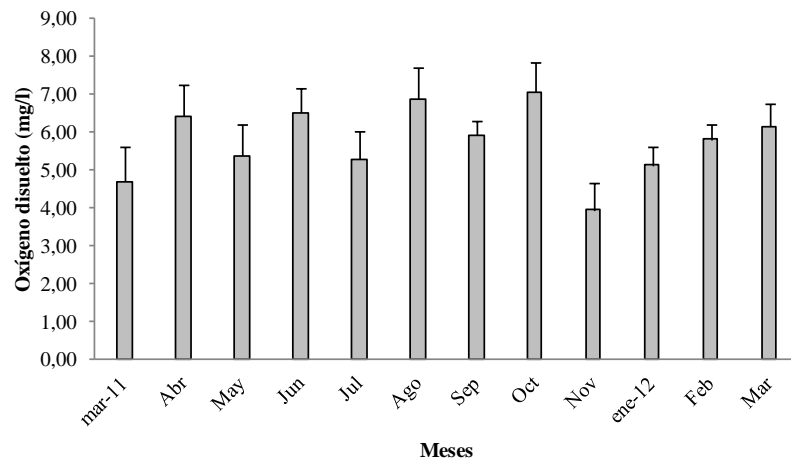


Figura 6. Variación temporal de la concentración media y su desviación estándar del oxígeno disuelto, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012).

Durante la realización del presente estudio la variación de las concentraciones

de oxígeno mostraron una fluctuación periódica, la cual posiblemente sea resultado de la interacción típica de los diferentes procesos mencionados anteriormente, sin embargo, para el mes de noviembre 2011 se observó un descenso considerable en la concentración de oxígeno, situación que coincide con la aparición de dos eventos: la disminución de la salinidad (Figura 3), lo cual Beadle (1931) explica se da como resultado del requerimiento metabólico de los organismos marinos necesario para contrarrestar el ingreso de agua al interior del cuerpo; y a la presencia de coliformes totales (Figura 14). Según esto, Clark (2001) explica que el aumento de la densidad bacteriana requiere del consumo de oxígeno, el cual luego de que este cae debajo del nivel de saturación del agua, requiere de un lapso en el cual pueda ocurrir el ingreso de oxígeno desde la atmósfera mediante el proceso de difusión hasta alcanzar la concentración previa al incidente desestabilizador.

### Materia en suspensión

Sólidos disueltos totales (SDT). El rango de valores fue de 28230,0 mg/l en octubre 2011 a 40980,0 mg/l en julio 2011. La prueba de Levene indica que existen diferencias estadísticas significativas en la variabilidad mensual de los sólidos disueltos totales en la laguna el Morro (Tabla 7). Por otra parte, en la figura 7 se aprecia que las mayores variaciones de los datos obtenidos, en cada una de las estaciones, se evidenciaron en los meses de noviembre y octubre 2011 y febrero de 2012. Además, el promedio máximo de 39538,80 mg/l se presentó en el mes de julio 2011, y el menor de 30343,80 mg/l en el mes de febrero 2012. La variación temporal de esta variable está directamente relacionada a la salinidad (Figura 3) y la conductividad (Figura 5), por lo tanto, existe una relación inversa con la precipitación (Anexo 2), es decir, se observan mayores valores en los meses iniciales de muestreo (marzo a julio 2011) y menores valores en los meses cercanos a la finalización del estudio (agosto a marzo 2012).

En la laguna El Morro la variación temporal de los sólidos suspendidos totales podría estar influenciada por la evaporación (Anexo 4), según esto, Meitz (1999), explica que el agua al evaporarse deja sólidos que incrementan la concentración de sólidos disueltos totales, incluyendo al carbonato de calcio, y en el caso del agua de mar, la variación temporal también se ve afectada de manera directamente proporcional por la conductividad (Figura 5) (Siosemarde *et al.*, 2010). La relación entre conductividad y SDT es una función del tipo de aniones y cationes disueltos en el agua, y no se presenta de manera lineal dado que la conductividad de las especies iónicas es variable (Thirumalini y Kurian, 2009).

Tabla 7. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de la sólidos disueltos totales (mg/l) medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de  $P < 0,05$  indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza.

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l	Cuadrado Medio	$F$	$p$
Entre grupos	1,62E7	11	1,47E6	5,24	0,00
Intra grupos	2,36E7	84	280851,00		
Total	3,98E7	95			

g.l.= grados de libertad;  $F$ = valor del estadístico  $F$  de Fisher;  $p$ =probabilidad.

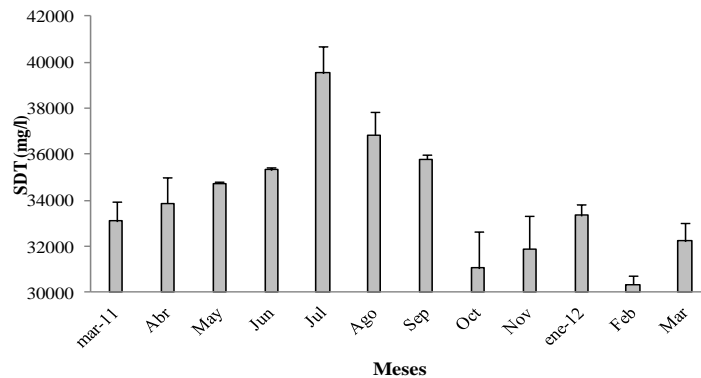


Figura 7. Variación temporal de la concentración media de sólidos totales y su



desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012).

Sólidos suspendidos totales (SST). El rango de valores fluctuó de 29,6 mg/l en abril 2011 a 187,0 mg/l en marzo 2012. La prueba de Levene indica que existen diferencias estadísticas significativas en la variabilidad mensual de los sólidos suspendidos totales en la laguna El Morro (Tabla 8). Adicionalmente, se aprecia que el promedio mayor de 137,67 mg/l se presentó en el mes de marzo 2012, el cual a su vez presentó la mayor variabilidad entre datos; y el menor de 47,15 mg/l en el mes de abril 2011.

Tabla 8. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de los sólidos suspendidos totales (mg/l) medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de  $P < 0,05$  indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza.

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l	Cuadrado Medio	$F$	$p$
Entre grupos	7951,07	11	722,82	6,80	0,00
Intra grupos	8923,63	84	106,23		
Total	16874,70	95			

g.l= grados de libertad;  $F$ = valor del estadístico  $F$  de Fisher;  $p$ =probabilidad.

Los altos valores de sólidos suspendidos totales se deben principalmente a la presencia de grandes cantidades de materia orgánica presente en la columna de agua, la cual es común en los ambientes lagunares, debido a la existencia de altas concentraciones de nutrientes que favorecen el proceso fotosintético, así como también la poca profundidad de la laguna que beneficia la resuspensión de los sedimentos por efecto del viento. Según Palazón y Penoth (1994), las lagunas costeras de la isla de Margarita poseen aguas turbias porque generalmente son de baja profundidad y la acción del viento ocasiona la resuspensión del sedimento.

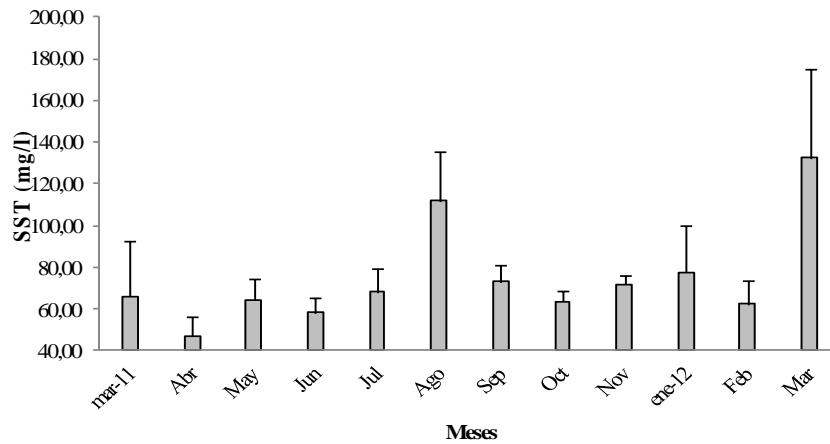


Figura 8. Variación temporal de la concentración media de sólidos suspendidos totales y su desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012).

Sólidos totales (ST). El rango de concentración de sólidos totales durante el presente estudio varió de 28290,00 mg/l en octubre 2011 a 41055,00 mg/l en julio 2011. La prueba de Levene indica que existen diferencias estadísticas significativas en la variabilidad mensual de los sólidos totales en la laguna el Morro (Tabla 9). Por otra parte, en la figura 9 se aprecia que en el mes de octubre 2011 ocurrieron las mayores variaciones de los datos obtenidos en cada una de las estaciones. El promedio máximo de 39606,90 mg/l se presentó en el mes de julio 2011, y el menor de 30406,30 mg/l en febrero 2012.

Tabla 9. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de los sólidos totales (mg/l) medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de  $P < 0,05$  indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza.

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l	Cuadrado Medio	F	p
Entre grupos	7,88E9	11	7,16E8	2413,96	0,00
Intra grupos	2,49E7	84	296609,00		

Total	7,90E9	95
-------	--------	----

g.l= grados de libertad;  $F$ = valor del estadístico  $F$  de Fisher;  $p$ =probabilidad.

Las lagunas costeras de poca profundidad como la laguna El Morro, suelen presentar valores elevados de sólidos totales en sus aguas como resultado de la acción de diferentes factores como la resuspensión del sedimento por la acción del viento (Konstantinos *et al.*, 2001). Según Pereira (2006), durante la época de lluvia es común observar altas concentraciones de sólidos totales en el cuerpo de agua como consecuencia de las escorrentías cargadas de material orgánico. Asimismo, dado que este cuerpo de agua se encuentra en una ciudad turística, se puede apreciar la presencia de valores máximos de sólidos suspendidos en los meses de temporada alta (julio, agosto y septiembre) (Fig. 8), esto puede deberse a la existencia de aportes de aguas residuales o escorrentías provenientes de los sistemas de aguas residuales que descargan en la laguna y que poseen alta concentración de material particulado (Nixon, 1995).

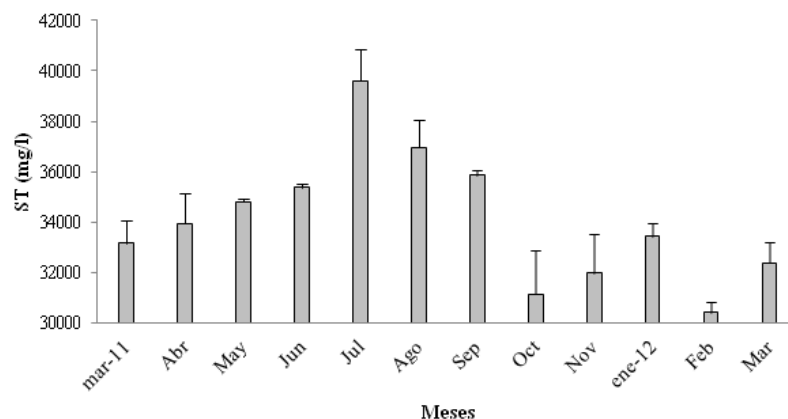


Figura 9. Variación temporal de la concentración media de sólidos totales y su desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012).

## Variación Temporal de las Variables Hidroquímicas

### Nitrito

El rango de valores fluctuó de 0,00 mg/l (marzo, abril, junio, julio, septiembre, octubre de 2011; enero y febrero 2012) a 0,228 mg/l en noviembre 2011. La prueba de Levene indica que existen diferencias estadísticas significativas en la variabilidad mensual en las concentraciones de nitrito de la laguna el Morro (Tabla 10). En la figura 10 se aprecia que la mayor variación se estimó en el mes de noviembre, además de presentar el promedio máximo de 0,1243 mg/l, mientras que la menor (0,00 mg/l) se observó en los meses de septiembre y octubre 2011.

Tabla 10. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de las concentraciones de nitrito (mg/l) medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de  $P < 0,05$  indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza.

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l	Cuadrado Medio	$F$	$p$
Entre grupos	0,03	11	0,00	11,35	0,00
Intra grupos	0,02	84	0,00		
Total	0,04	95			

g.l= grados de libertad;  $F$ = valor del estadístico  $F$  de Fisher;  $p$ =probabilidad.

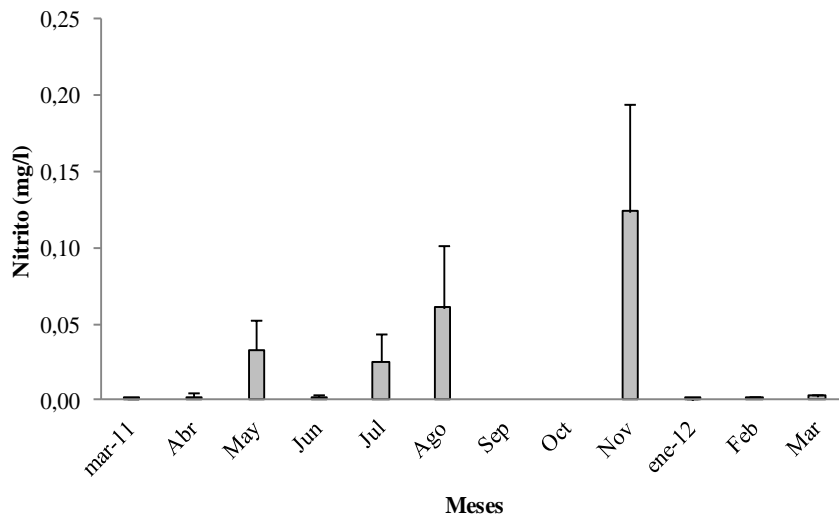


Figura 10. Variación temporal de la concentración media de nitrito y su desviación estándar en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012).

El enriquecimiento de nutrientes en los ecosistemas marinos por lo general resulta en alteraciones significativas de los ciclos biogeoquímicos, tanto en espacio como en tiempo (Smith *et al.*, 2006). La biogeoquímica del nitrógeno en aguas costeras ha sido explorada en diferentes estudios como los realizados por Carpenter *et al.* (1998), Rabalais (2002) y Gardner *et al.* (2006). Según Howarth y Marino (2006) esto se debe a que gran parte de la comunidad científica sostiene que el nitrógeno es la causa principal de eutrofización en muchos de estos ambientes. Las concentraciones de nitrógeno inorgánico en las lagunas costeras someras son reguladas por el metabolismo interno del ecosistema, como por ejemplo, los procesos ocurridos en la interface agua-sedimento (López-Hernández *et al.*, 1985).

La concentración promedio de nitrito fue inferior a la de los otros compuestos nitrogenados (Tabla 10) debido a que esta especie química es un elemento transitorio en el ciclo del nitrógeno, y por lo tanto, es rápidamente oxidado a nitrato en condiciones aeróbicas (Parsons *et al.*, 1984; Galavotti, 2004). En la laguna El Morro no se observó un patrón estacional establecido para las concentraciones de este

compuesto durante el período de muestreo, según esto, Orr (1926) explica que el análisis suele arrojar errores debido a su naturaleza inestable y al efecto de factores ambientales como la actividad bacteriana, luz ultravioleta, fitoplancton, escorrentías y lluvias.

### Nitrato

El rango de valores fluctuó de 0,00 mg/l en junio 2011 a 0,36 mg/l en abril 2011. La prueba de Levene indica que existen diferencias estadísticas significativas en la variabilidad mensual del nitrato en la laguna el Morro (Tabla 11). Además, en la figura 11 se aprecia que la mayor variación se estimó en el mes de abril 2011. Mientras que el promedio máximo de 0,136 mg/l se presentó en el mes de mayo 2011, y en el mes de junio 2011 fueron indetectables.

Como era de esperarse, en el presente estudio la concentración de nitrito fue inferior a la de nitrato, referente a esto Palazón *et al.* (1996) afirman que este último es el compuesto nitrogenado más estable y, por lo tanto, suele ser abundante en los cuerpos de agua. Según Kelso *et al.*, (1997) la degradación u oxidación del nitrógeno inorgánico en el ambiente se realiza gracias a la intervención bacteriana, en donde el nitrato es resultado del metabolismo de dichos organismos, y por lo tanto, es la especie inorgánica nitrogenada menos tóxica presente en los cuerpos de agua (Fraga, 1972).

Tabla 11. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de las concentraciones de nitrato (mg/l) medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de  $P < 0,05$  indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza.

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l	Cuadrado Medio	<i>F</i>	<i>P</i>
--------	-------------------	-----	----------------	----------	----------

Entre grupos	135334,00	11	12303,10	11646627,75	0,00
Intra grupos	0,09	84	0,00		
Total	135334,00	95			

g.l= grados de libertad;  $F$ = valor del estadístico  $F$  de Fisher;  $p$ =probabilidad.

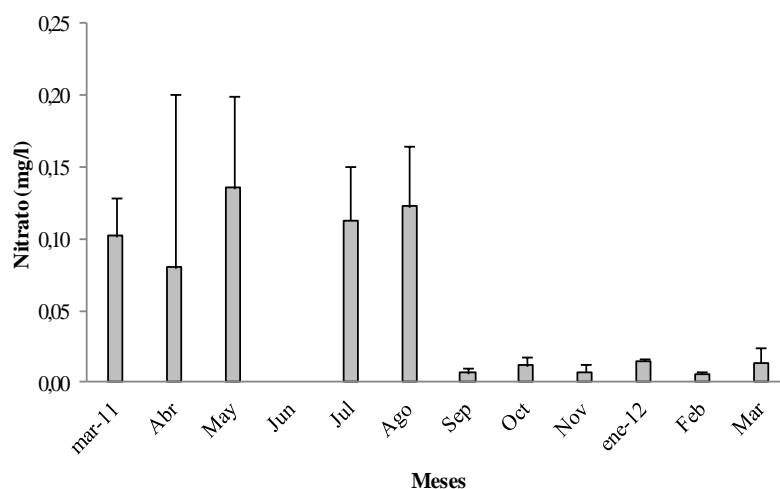


Figura 11. Variación temporal de la concentración media de nitrato y su desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012).

### Amonio

El rango de concentración de amonio varió de 0,00 mg/l (marzo y abril 2011) a 0,02 mg/l en agosto 2011. La prueba de Levene indica que no existen diferencias estadísticas significativas en la variabilidad mensual del amonio en la laguna el Morro (Tabla 12). Además, en la figura 12 se aprecia que la mayor variación entre las estaciones se estimó en el mes de agosto 2011. Mientras que el promedio máximo de 0,0644 mg/l se presentó en el mes de agosto 2011, y el menor de 0,0065 mg/l en el mes de septiembre 2011.

Tabla 12. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de las concentraciones de amonio (mg/l) medidas en la

laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de  $P < 0,05$  indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza.

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l	Cuadrado Medio	$F$	$p$
Entre grupos	0,01	11	0,001	1,85	0,06
Intra grupos	0,03	84	0,00		
Total	0,03	95			

g.l= grados de libertad;  $F$ = valor del estadístico  $F$  de Fisher;  $p$ =probabilidad.

En las lagunas costeras las concentraciones de amonio suelen estar influenciadas por la presencia de alta actividad heterotrófica, como por ejemplo, la excreción de aves, peces y animales con desarrollo directo (Canfield, 1993); o por la acumulación y descomposición de materia orgánica (Palazón y Penoth, 1998). Además, es el compuesto nitrogenado más usado por el fitoplancton dado que su metabolización requiere menos inversión energética, a diferencia del nitrito y del nitrato, y su presencia en el cuerpo de agua inhibe la absorción de este último (Fraga, 1972; Lomas y Glibert, 1999). La permanencia de esta especie química en la columna de agua es afectada por la intensidad de la luz, las especies fitoplanctónicas presentes y la temperatura del medio (Epley *et al.*, 1979, Lomas y Glibert, 1999).

El comportamiento de las concentraciones de las tres formas nitrogenadas estimadas en el presente estudio fue similar (Figuras 10, 11 y 12) dado que la proporción entre éstos en los sistemas marinos está regulada por la actividad metabólica microbiana (Jaffe, 2000), pero en el presente estudio no se observó un patrón temporal definido, esto debido a que en ambientes marinos sometidos a situaciones cambiantes, tanto meteorológicas como antropogénicas, generalmente es observado el aporte de nutrientes de manera constante (Brenner *et al.*, 1996).



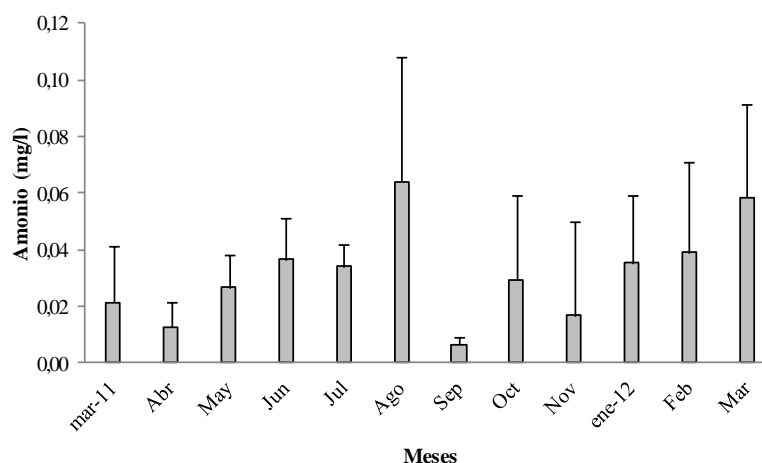


Figura 12. Variación temporal de la concentración media de las concentraciones de amonio y su desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012).

En la Laguna El Morro las concentraciones de nitrógeno se redujeron en la época de lluvias (Agosto-Septiembre) a pesar de la presencia de la descarga de nutrientes características de las escorrentías, canales fluviales y aguas servidas. Esto probablemente se deba a la alta tasa de asimilación asociada a la fotosíntesis de la comunidad fitoplanctónica (Chagas y Suzuki, 2005).

### Fosfato

El rango de valores de fosfato fluctuó de 0,00 mg/l (marzo a noviembre 2011) a 0,06 mg/l en junio 2011. La prueba de Levene indica que existen diferencias estadísticas significativas en la variabilidad mensual del fosfato en la laguna el Morro (Tabla 13). En la figura 13 se aprecia que la mayor variación y el promedio máximo de 0,1799 mg/l se presentaron en el mes de junio 2011, mientras que en mayo 2011 no se detectó la presencia de fosfato.

Tabla 13. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de las concentraciones de fosfato (mg/l) medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de  $P < 0,05$  indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza.

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l	Cuadrado Medio	$F$	$p$
Entre grupos	0,254348	11	0,0231226	15,32	0,00
Intra grupos	0,126771	84	0,00150918		
Total	0,38112	95			

g.l= grados de libertad;  $F$ = valor del estadístico  $F$  de Fisher;  $p$ =probabilidad.

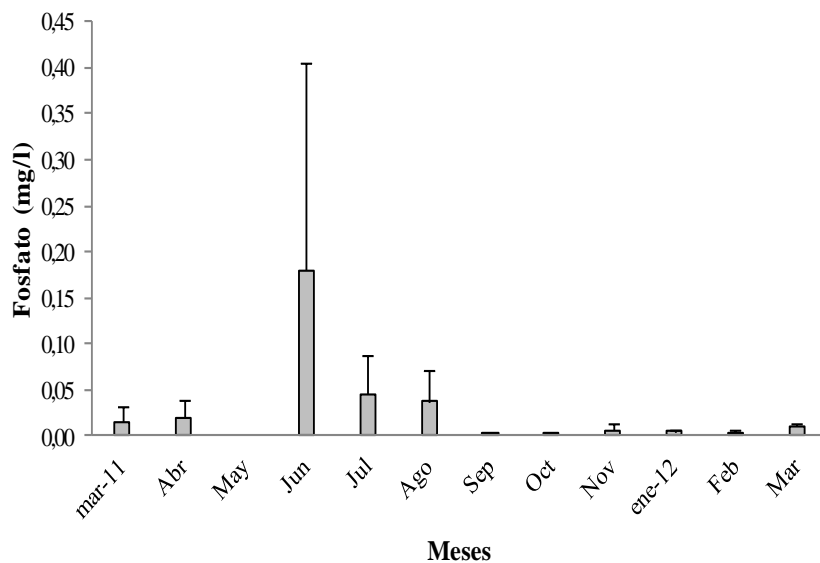


Figura 13. Variación temporal de la concentración media de fosfato y su desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012).

La variación temporal de las concentraciones de fosfato (Figura 13) en la laguna El Morro presentó dos épocas marcadas. La primera con los valores más altos, donde uno de los meses presento la mayor variación (junio 2011) de los valores de la concentración de fosfato registrada para cada una de las estaciones, posiblemente esto pudo deberse a los procesos de remineralización como resultado de la acción del

viento sobre el cuerpo de agua poco profundo (López-Hernández *et al.*, 1985), y la descomposición de la materia orgánica de origen vegetal (Nielsen y Anderson, 2003). Puede sumarse a esto el ingreso de compuestos y residuos de origen antropogénico, que constituyen la mayor fuente de fosfato en el medio acuático, un ejemplo de ellos son los detergentes, fertilizantes, y aguas residuales (Addy y Green, 1996; Carrión, 2009). Posteriormente, las concentraciones de fosfato se redujeron en la época de lluvias (agosto-noviembre) a pesar de que las descargas de nutrientes características de las escorrentías, canales fluviales y aguas servidas. Además, según Falcao y Vale (2003), las bajas concentraciones de fosfato en las lagunas costeras suelen deberse a que tanto el sedimento como los sólidos totales interactúan con este en la columna, logrando así que sea menos accesible para las comunidades fitoplanctónicas.

Según Carpenter (2001) la persistencia y difícil remoción del fosfato lo caracteriza una de las principales causas de eutrofización en las aguas salobres y dulces, causando así intensificación de las actividades biológicas y típicamente conlleva a cambios dramáticos en la composición y estructura de las tramas tróficas marinas (Smith, 1971; Alexander y Smith, 2006; Worm y Lotze, 2006). Por ejemplo, Schindler (1971), sugirió que las concentraciones de nitrógeno y fosfato limitan la presencia del carbono, y consecuentemente, la producción fitoplanctónica. Como resultado de las evidencias presentadas por los limnólogos, el control de las fuentes de fosfato se convirtió en la política principal de los países del primer mundo, reduciendo así la eutrofización (Edmondson, 1970; Ahlgren, 1978).

Las estrategias exitosas que ayudan a acelerar la recuperación del cuerpo de agua mediante la disminución y remoción de la carga de fosfato incluyen los procesos de aeración, dragado, cultivo de macroalgas, biomanipulación y otros (Cooke *et al.*, 1993), teniendo en cuenta que mientras más prolongada en el tiempo sea la alteración en el medio, más tiempo le tomará al sistema regresar a un estado de equilibrio (Northcote, 1972; Shearer *et al.*, 1987).

## Variación Temporal de los Aspectos Bacteriológicos

### Coliformes totales

El rango de valores fluctuó de 0,00 UFC/100ml (marzo, julio, agosto, septiembre y octubre 2011) a 2710,00 UFC/100ml en septiembre 2011. La prueba de Levene indica que existen diferencias estadísticas significativas en la variabilidad mensual de los coliformes totales en la laguna el Morro (Tabla 14). Por otra parte, en la figura 14 se aprecia que la mayor variación se estimó en el mes de septiembre 2011. Mientras que el promedio máximo de 1052 UFC/100ml, en el mes de noviembre 2011, y el menor en el mes de octubre donde no se presentaron coliformes totales.

Tabla 14. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de los coliformes totales (UFC/100ml) medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de  $P < 0,05$  indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza.

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l	Cuadrado Medio	$F$	$p$
Entre grupos	4,16479E6	11	378618,	2,71	0,00
Intra grupos	1,1723E7	84	139560,		
Total	1,58878E7	95			

g.l= grados de libertad;  $F$ = valor del estadístico  $F$  de Fisher;  $p$ =probabilidad.

En los cuerpos de agua, la estimación de las bacterias pertenecientes al grupo de los coliformes se ha utilizado a nivel mundial durante varias décadas para indicar su calidad bacteriológica (McFeters *et al.*, 1993; Fujioka, 1997; Toranzos y McFeters, 1997). En ese sentido, en Venezuela se han seguido las tendencias internacionales, estableciéndose los límites permitidos en diferentes leyes y decretos, tales como el Decreto 883 de la Presidencia de la República (Gaceta Oficial, 1995), el cual

establece el uso de los coliformes totales y fecales como indicadores bacteriológicos de contaminación en los cuerpos de agua. En el Capítulo II relativo a la clasificación de las aguas Tipo 4, o aquellas aguas destinadas a balnearios, deportes acuáticos, pesca deportiva, comercial y de subsistencia; y las aguas del Sub-tipo 4A, o aguas de contacto humano total; se indica que la concentración de coliformes totales deben ser menor a 1000 NMP/100ml, y como aguas para el contacto humano parcial, o aquellas del Sub-tipo 4B, donde los organismos coliformes totales deben ser menor a 5000 NMP/100ml. Según esto, la densidad de microorganismos encontrados en la laguna El Morro (Figura 14) sobrepasan los valores concertados en dicho documento, por lo tanto, sólo podrían recomendarse el uso en horas de marea alta dado que durante este fenómeno ocurre renovación del cuerpo debido a la incorporación de masas de agua provenientes del mar adyacente.

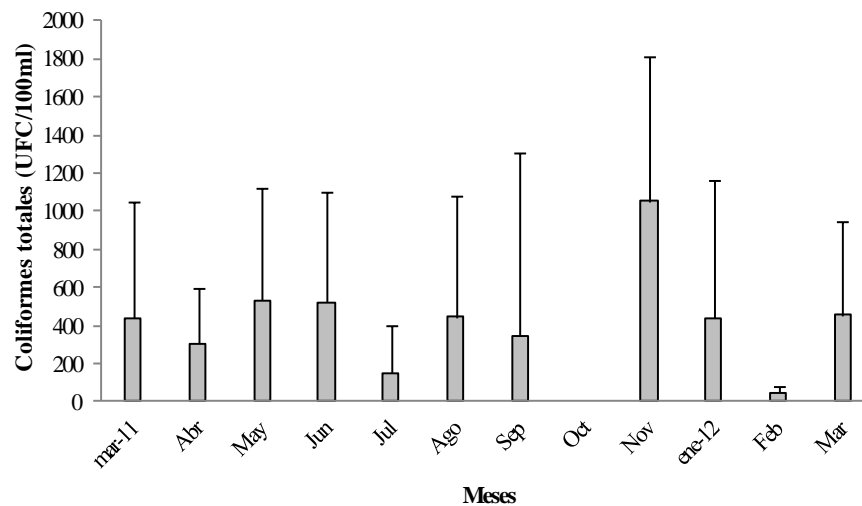


Figura 14. Variación temporal de la concentración media coliformes totales y su desviación estándar, en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012).

Según Zmirou (2003), la presencia de este grupo bacteriano representa poco riesgo a causar afectaciones digestivas agudas, sin embargo, no existe una concentración mínima en la que se pueda asegurar la ocurrencia de otras afecciones,

como por ejemplo, infecciones en zonas corporales como ojos, oídos, piel y vías respiratorias (Fleischer *et al.*, 1996; Pruss, 1998).

### Coliformes fecales

El rango de valores fluctuó de 0,00 UFC/100ml (marzo 2011 a enero 2012) a 1600 UFC/100ml en enero 2012. La prueba de Levene indica que existen diferencias estadísticas significativas en la variabilidad mensual de los coliformes fecales en la laguna el Morro (Tabla 15). En la figura 15 se aprecia que la mayor variación se estimó en el mes de enero 2012. Por otra parte, el promedio máximo (233 UFC/100ml) se presentó en el mes de marzo 2012, mientras que en marzo, octubre y noviembre 2011 no se detectó la presencia de coliformes fecales.

Tabla 15. Prueba de Levene para someter a prueba la hipótesis nula de no diferencia en las varianzas mensuales de los coliformes fecales (UFC/100ml) medidas en la laguna El Morro, durante el período marzo 2011- marzo 2012. Valores de  $P < 0,05$  indican medias estadísticamente distintas, a un 95% de confianza.

Fuente	Suma de Cuadrados	g.l	Cuadrado Medio	<i>F</i>	<i>p</i>
Entre grupos	882505,00	11	80227,7	4,62	0,00
Intra grupos	1,45776E6	84	17354,3		
Total	2,34027E6	95			

g.l= grados de libertad; *F*= valor del estadístico *F* de Fisher; *p*=probabilidad.

Además de los coliformes totales, los indicadores fecales son muy útiles para determinar la calidad del agua en términos microbiológicos, por lo tanto, los análisis rutinarios para determinar la calidad del agua usada recreacionalmente debe incluir la búsquedas de estos (Falcao *et al.*, 1993). Según Davies *et al.* (1995), en los ambientes marinos estas bacterias suelen disminuir gradualmente en número con respecto al

tiempo, incluso, más rápido que otras bacterias como los *Streptococcus faecalis*.

En el Decreto 883 de la Presidencia de la República (Gaceta Oficial, 1995), concerniente al Capítulo II relativo a la clasificación de las aguas Tipo 4 y las aguas del Sub-tipo 4A, se indica que la concentración de coliformes fecales debe ser menor a 200 NMP/100ml, y 1000 NMP/100ml para aquellas del Sub-tipo 4B. Basados en esto, las densidades de coliformes fecales encontradas en la laguna El Morro (Figura 15) sobrepasan a los valores convenidos en dicho documento, por cual la comunidad de la zona debería restringir el uso dichas aguas.

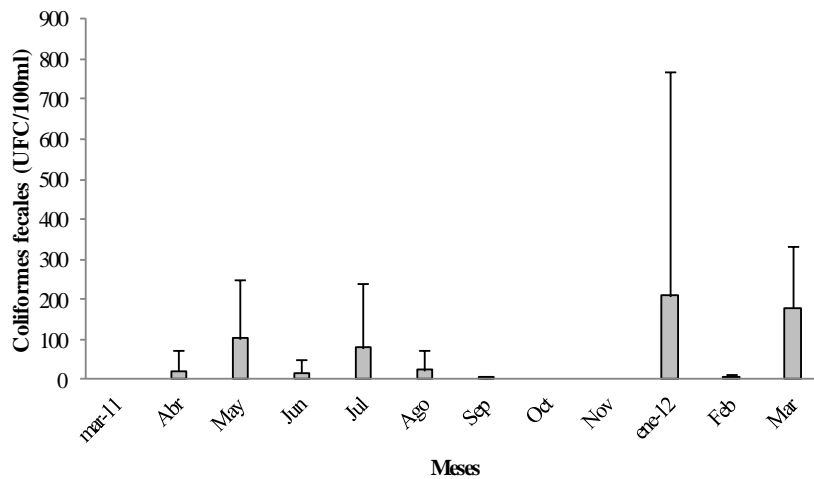


Figura 15. Variación temporal de la concentración media y desviación estándar de los coliformes fecales en las aguas superficiales de la laguna El Morro (marzo 2011-marzo 2012).

Según Lipp *et al.* (2001), los cambios en las condiciones climáticas influyen la calidad y la cantidad de las fuentes hídricas, que pueden en algunos casos llegar a afectar indirectamente la salud pública, dado que esos cambios dan a lugar a la alteración de la distribución, crecimiento y sobrevivencia de algunos microorganismos patógenos. En el caso de la laguna El Morro, la variación temporal no parece responder directamente a las condiciones climáticas, por lo que deben

existir otras variables influyendo las concentraciones de estos en la columna de agua. Muchos factores han sido propuestos como posibles reductores de las tasas de supervivencia de estos microorganismos en ambientes acuáticos, ejemplo de estos son la alta salinidad, la presencia de agentes tóxicos, depredación, parasitismo, bajas concentraciones de nutrientes y bajas temperaturas (Anexo 5) (Jones, 1964; Pike *et al.*, 1970; Enzinger y Cooper, 1976; Gauthier *et al.*, 1989; Crabill *et al.*, 1999).

Aparte de lo mencionado anteriormente, existe otro aspecto que afecta las condiciones naturales de este cuerpo de agua y es la presencia de una tubería que descarga aproximadamente 2,6 l/s durante 5 minutos cada tres horas, la cual encuentra conectada al drenaje de lluvia proveniente del hotel Margarita Internacional Resort y al hotel Lake Plaza. Además, existen aportes provenientes de las zonas residenciales El Remanso y La Caracola hacia el extremo Sur de la laguna (laguna Negra), y un canal de desagüe construido por HIDROCARIBE, el cual conduce un volumen de aproximadamente 165 m<sup>3</sup>, y sirve de aliviadero cuando existen fallas en el funcionamiento de la estación de bombeo de la Auyama ubicado a la altura de la avenida Bolívar.

El componente bacteriológico es particularmente sensible al aporte de aguas residuales, por lo tanto, se podría pensar que la condición de este en la laguna El Morro está directamente relacionada al vertido de aguas contaminadas (Coler y Litsky, 1977; Munn, 2004; Hernández y Ocanto, 2010). Según Iriarte (2003), los coliformes fecales en sí no son dañinos, a excepción de algunas estirpes de *Escherichia coli*, su presencia sólo estará indicando que un determinado cuerpo de agua recibe un impacto por excretas de animales de sangre caliente.



## CONCLUSIONES

- La salinidad mostró variación significativa durante el periodo de muestreo. Los valores superiores fueron obtenidos durante la estación seca y los menores en la lluviosa.
- La temperatura mostró diferencias significativas. La variación temporal de la temperatura fue similar al observado en las lagunas costeras del Nororiente del país y de la isla de Margarita, que son influenciadas por el fenómeno de surgencia.
- El pH mostró diferencias significativas durante el período de muestreo. En la laguna El Morro esta variable presentó valores alcalinos, debido a la acción de procesos químicos, como la remineralización, y a los bióticos como la actividad fitoplanctónica y la degradación de materia orgánica.
- La conductividad en la laguna El Morro presentó diferencias significativas. Esta variable exhibió valores comunes para los sistemas marinos, y su variación temporal estuvo relacionada con la salinidad y los sólidos disueltos totales.
- El oxígeno disuelto no mostró diferencias significativas durante el período de muestreo. Por lo que, el oxígeno mostro valores superiores a los reportados para otras lagunas costeras de la isla de Margarita, posiblemente debido a que en la laguna el Morro existe una elevada actividad fitoplanctónica, acentuados procesos de mezcla de la masa de agua por efecto de los vientos y las corrientes.
- Los valores de sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales y sólidos totales presentaron diferencias significativas entre los meses de muestreo. El

comportamiento temporal de estas variables está relacionado con ingreso de materia orgánica a la columna de agua posiblemente producto del aporte de aguas residuales y esorrentías.

- Los compuestos nitrogenados (nitrito, nitrato y amonio) presentaron diferencias significativas durante el presente estudio. La variación temporal de estas variables se vio afectada por el ingreso de material alóctono a la laguna como resultado de las actividades humanas llevadas a cabo en sus alrededores.
- El fosfato mostró diferencias significativas. Los valores de fosfato en la laguna El Morro fueron resultado de la acción del viento sobre el cuerpo de agua poco profundo, acentuado por los aportes de aguas residuales. La variación temporal observada fue irregular como consecuencia del ingreso de material de origen antropogénico.
- Los promedios de coliformes totales y fecales en la laguna El Morro fueron similares durante el período de muestreo. La presencia de estos organismos en la columna de agua puede ser indicativo de la descarga de aguas negras sin tratar dentro de la laguna El Morro, además, durante el presente estudio se apreciaron valores máximos que transgreden con la normativa nacional referente a la calidad del agua.

## RECOMENDACIONES

- Evaluar las variables hidroquímicas e hidrobiológicas con adecuada replicación espacial para que pueda ser posible el uso de herramientas estadísticas.
- Promover la elaboración y aprobación de un Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso de la laguna El Morro.
- Construir sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas adyacentes y circundantes de la laguna, evitando las descargas de desechos provenientes de las comunidades que no poseen esta clase de servicios.
- Establecer un programa de educación Ambiental, dirigida hacia las comunidades adyacentes a la laguna El Morro, con la finalidad de crear conciencia ambiental enfocada hacia la conservación este recurso natural.
- Evitar los asentamientos urbanos no planificados en las zonas adyacentes a la laguna con el fin de evitar que se incremente el ingreso de aguas residuales al cuerpo lagunar.
- Continuar con la realización de estudios similares como medida de seguimiento y control preventivos, mitigante y correctivos de los ilícitos ambientales que dentro y fuera de la laguna se presenten.

## BIBLIOGRAFÍA

- Addy, K. y Green, L. 1996. Phosphorous and lake aging. University of Rhode Island, College of Resource Development. Natural Resources Facts. Department of Natural Resource Science. Rhode Island, Estados Unidos de América. 162 pp.
- Ahlgren, I. 1978. Response of Lake Norrvikken to reduced nutrientloading. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*. 20: 846–850.
- Alexander, R.; y Smith, R. 2006. Trends in the nutrient enrichment of the United States rivers during the late 20th century and their relation to changes in probable stream trophic conditions. *Limnology and Oceanography*. 51: 639–654.
- Arredondo, J. y Ponce, J. 1999. Calidad de agua en acuicultura: Concepto y aplicaciones. Agt Editores. Ciudad de México, México. 296 pp.
- Astor Y. 1996. Manual de análisis de aguas para la Acuicultura y las ciencias del mar. Fundación la Salle de Ciencias Naturales. Colección Cuadernos Flasa. Serie Ciencia y Tecnología. 8: 1-89.
- American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation (APHA-AWWA-WEF). 1998. Standards Methods for the examination of water and wastewater. 20ma Ed. United Press Books. Baltimore, Estados Unidos de América. 950 pp.
- Barbosa, F.; Scarano, F.; Sabará, M. y Esteves, F. 2004. Brazilian Long Term Ecological Research: Ecosystem and Biodiversity of Brazilian Long Term Ecological Research. *Environmental Monitoring and Assessment*. 90 (1-3): 121-133.

- Beadle, L. 1931. The effect of salinity changes on the water content and respiration of marine invertebrates. *Journal of Experimental Biology*. 8 (3): 211-227.
- Bonilla, J. y Okuda, T. 1971. Condiciones hidrográficas del agua y características químicas de los sedimentos de la laguna de Las Marites (Margarita). *Boletín del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente*. 10 (1): 81-89.
- 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.
- Botero, L. y Salzwedel, H. 1999. Rehabilitation of the Ciénaga Grande de Santa Marta, a mangrove-estuarine system in the Caribbean coast of Colombia. *Ocean & Coastal Management*. 42 (2-4): 243-256.
- Brenner, F.; Steiner, R. y Mondok, J. 1996. Groundwater-surface water interaction in an agricultural watershed. *Journal of the Pennsylvania Academy of Sciences*. 70: 3-8.
- Branco, S. y Rocha, A. 1980. *Ecología: Educación ambiental*. Companhia Ambiental do Estado do São Paulo. Sao Paulo, Brazil. 206 pp.
- Branco, S. 1984. *Limnología sanitaria, estudio de la polución de aguas continentales*. Monografía n° 28 de la Serie de Biología. Departamento de Asuntos Científicos Organización de Estados Americanos. Washington, Estados Unidos de América. 115 pp.
- Canfield, D. 1993. Organic Matter Oxidation in Marine Sediments. En: Zepp, R. (Ed.) *The Role of Nonliving Organic Matter in the Earth's Carbon cycle: Interactions of C, N, P and S biogeochemical cycles*. John Wiley and Sons. Nueva York-Estados Unidos de América. 358 pp.

- Carrión, G. 2009. Interacción entre la estructura comunitaria del fitoplancton y la calidad del agua, de la zona marino-costera adyacente a la planta de tratamiento de aguas residuales, de Punta de Piedras, isla de Margarita, durante el periodo febrero-agosto 2008. Trabajo de Grado para optar al título de Licenciado en Biología Marina. Departamento de Acuicultura, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar. Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta. Boca del Río, Venezuela. 134 pp.
- Carpenter, S. 2001. Eutrophization of aquatic ecosystems: Bistability and soil phosphorus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 102 (29):10002-10005.
- Carpenter, S.; Caraco, N.; Correll, D.; Howarth, R.; Sharpley, A. y Smith, V. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*. 8: 559– 568.
- Cervigón, F. y Gómez, A. 1986. Las lagunas litorales de La isla de Margarita. Fundación Científica Los Roques. Caracas, Venezuela. 89 pp.
- Chagas, G. y Suzuki, M. 2005. Seasonal hydrochemical variation in a tropical coastal lagoon (Açu Lagoon, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*. 65 (4): 597-607.
- Cisneros, E. y Barrientos, Y. 2008. Fluctuaciones anuales de la temperatura, salinidad, pH y alcalinidad total en aguas superficiales de Isla Larga, estado Carabobo, Venezuela. *Revista de Investigación*. 32 (63): 153-172.
- Clark, R. 2001. *Marine pollution*. 5ta ed. Oxford University Press. Nueva York, Estados Unidos de América. 237 pp.
- Coler, R. y Litsky, W. 1977. Pollutants and Aquatic Ecosystems: Biological Aspects of Water Quality Problems. En: Miller, B. y Litsky, W. (Eds.) *Industrial Microbiology*. McGraw Hill Book Co., Inc. Nueva York, Estados Unidos de América: 355-383.

- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 1994. Requisitos Generales que Permiten Evaluar la Competencia Técnica de los Laboratorios de Calibración y Ensayo 2534 (ISO/IEC-25). Caracas, Venezuela. 23 pp.
- Cooke, G.; Welch, E.; Peterson, S. y Newroth, P. 1993. Restoration and management of lakes and reservoirs, 2nd ed. Lewis. Boca Ratón, Estados Unidos de América. 548 pp.
- Crabill, C.; Donald, R.; Snelling, J.; Foust, R. y Southam, G. 1999. The impact of sediment fecal coliform reservoirs on seasonal water quality in Oak Creek, Arizona. *Water Research*. 33: 2163-71.
- Davies, C.; Long, J. Donald, M. Ashbolt, N. 1995. Survival o fecal organisms in Marine and Freshwater Sediments. *Applied and Enviromental Microbiology*. 61 (5): 1888-1896.
- Edmondson, W. 1970. Phosphorus, nitrogen, and algae in LakeWashington after diversion of sewage. *Science*. 169: 690–691.
- Enzinger, E. y Cooper, R. 1976. Role of bacteria and protozoa in the removal of *Escherichia coli* from estuarine waters. *Applied Environmental Microbiology*. 31:758–763.
- Epley, R; Renger, E.; Harrison, W. y Cullen, J. 1979. Ammonian distribution in Southern California coastal waters and its role in the growth of phytoplakton. *Limnology and Oceanography*. 24 (3):495-509.
- Esteves, F.1998. Lagoa Imboassica: impactos antrópicos, propostas mitigadoras e sua importância para a pesquisa ecológica. En: Esteves, F. (Ed.). *Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)*. Nupem/Universidad Federal do Rio di Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil. 464-472.

- Esteves, F.; Scarano, F. y Furtado, ALS. 2002. Restingas e lagoas costeiras do norte fluminense. En Seeliger, U.; Cordazzo, C. y Barbosa, F. (Eds.). Os sites e o Programa Brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração. Belo Horizonte, Brazil. Universidade Federal de Minas Gerais. Rio de Janeiro, Brazil: 83-100.
- Esteves, F.; Caliman, A.; Santangelo, J.; Guariento, R.; Farjalla, V. y Bozelli, R. 2008. Neotropical coastal lagoons: an appraisal of their biodiversity, functioning, threats and conservation management. *Brazilian Journal of Biology*. 68 (4): 967-981.
- Falcao, M. y Vale, C. 2003. Dinámica de nutrientes en una laguna costera (Ría Formosa, Portugal): La importancia del intercambio de agua laguna-mar en la productividad biológica. *Ciencias Marinas*. 29 (3): 425-433.
- Falcao, D.; Fujimura-Leite, C.; Silva-Simoes, M.; Mendes-Giannini, M. y Valentini, S. 1993. Microbiological quality of recreational waters in Araraquara, SP, Brazil. *Science of the Total Environment*. 128: 37-49.
- Fleischer, J.; Kay, D.; Salmon, R. 1999. Marine waters contaminated with domestic sewage: nonenteric illnesses associated with bather exposure in the United Kingdom. *American Journal of Public Health*. 86: 1228-34.
- Fontanive, P. 2007. Caracterización físico-química y estado trófico del agua de la laguna de Los Mártires, Juan Griego, isla de Margarita, durante el periodo Enero-Diciembre de 2006. Trabajo de grado para optar al título Licenciado en Biología Marina. Departamento de Acuicultura. Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar. Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta. Boca del Río, Venezuela. 75 pp.
- Fraga, F. 1972. El agua marina: En: Hermano Ginés y Margalef, R. (Eds.) *Ecología Marina*. Fundación La Salle. Editorial Dossat. Caracas, Venezuela. 67-99 pp.



- Fujioka, R. 1997. Indicators of marine recreational water quality. En: Hurst, C.; Knudsen, G.; McInerney, M.; Stetzenbach, L. y Walter, M. (Eds.) Manual of Environmental Microbiology. ASM Press. Washington DC, Estados Unidos de América. pp. 176-183.
- Gaceta Oficial Extraordinaria de la República Bolivariana de Venezuela N°5.021. 1995. Decreto N° 883. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Caracas, Venezuela. 32 pp.
- Gamboa, B.; García, A.; Benítez, J. y Okuda, T. 1971. Estudio de las condiciones hidrográficas y químicas en el agua de la laguna de Tacarigua. Boletín del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente. 10 (2): 55-72.
- Galavotti, H. 2004. Spatial profiles of sediment denitrification at the ground water-surface interface in Cobb Mill Creek in the Eastern Shore of Virginia. A Thesis presented to the graduate faculty of the University of Virginia in candidacy for the degree of Master of Science. Universidad de Virginia. Virginia, Estados Unidos de América. 100 pp.
- Gardner, W.; McCarthy, M.; Sobolev, D.; Sell, D. y Brock, D. 2006. Nitrogen fixation and dissimilatory nitrate reduction to ammonium (DNRA) support nitrogen dynamics in Texas estuaries. *Limnology and Oceanography*. 51: 558-568.
- Garmendia, M. 1992. Distribución y evolución espacio-temporal de elementos nutritivos y materia orgánica presente en aguas de la laguna de Píritu. Trabajo de grado para optar al título de Magíster Scientiarum en Ciencias Marinas, mención Oceanografía Química. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. 162 pp.
- Gauthier, M.; Munro, P. y Breittmayer, V. 1989. Influence of prior growth conditions on low

- nutrient response of *Escherichia coli* in seawater. *Canadian Journal of Microbiology*. 35:379–383.
- Gikas, G.; Yiannakopoulou, T. y Tsihrintzis, V. 2006. Water quality trends in a coastal lagoon impacted by non-point source pollution after implementation of protective measures. *Hydrobiologia*. 563: 385-406.
- Gómez, A. 1991. Interacciones entre un estuario negativo (laguna de la Restinga, isla de Margarita) y el Mar Caribe adyacente. *Boletín del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente*. 30 (1-2): 47-55.
- Google Earth (Versión 5.1.3533.1731) [Software]. Mountain View, CA: Google Inc. 2009. Disponible en <http://www.google.com/intl/es/earth/download/ge/agree.html>
- Gönenç, I. y Wolflin, J. 2005. Coastal lagoons: ecosystem processes and modeling for sustainable use and development. CRC Press. Boca Ratón, Estados Unidos de América. 500 pp.
- Griffiths, R. y Simpson, J. 1972. Afloramiento y otras características oceanográficas de las aguas costeras del noreste de Venezuela. Serie Recursos y Explotación Pesquera N°2. MAC/PNUD/FAO. Caracas, Venezuela. 72 pp.
- Middelboe, A. y Hansen, P. 2007. High pH in shallow-water macroalgal habitats. *Marine Ecology Progress Series*. 338: 107-117.
- Hernández, D. y Ocanto, J. 2010. Caracterización físico-química, bacteriológica, pigmentos fotosintéticos y sedimentología de la laguna El Hato, sector La Isleta, isla de Margarita, Estado Nueva Esparta, durante el periodo enero-diciembre de 2009. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Licenciados en Acuicultura. Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Departamento de Acuicultura. Boca del Rio. 156 pp.

- Herrera, J. 1995. Seasonal patterns and behavior of nutrient in a tropical coastal lagoon with groundwater discharges. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*. 22: 45-57.
- Herrera-Silveira, J. 2006. Lagunas costeras de Yucatán (SE, México): Investigación, diagnóstico y manejo. *Ecotrópicos*. 19(2): 94-108.
- Howarth, R. y Marino, R. 2006. Nitrogen as the limiting nutrient for eutrophication in coastal marine ecosystems: Evolving views over three decades. *Limnology and Oceanography*. 51: 364-376.
- Illarramendi, M. 2008. Calidad del agua en la cuenca del río Guare. Trabajo de Grado presentado a la Universidad Simón Bolívar como requisito parcial para optar al grado de Magíster en Desarrollo y Ambiente. Decanato de Estudios de Postgrado. 87 pp.
- Iriarte, M. 2003. Contaminación cloacal en la laguna de Punta de Piedras, municipio Tubores, isla de Margarita, Venezuela. Informe Técnico EDIMAR. 49 pp.
- Jaffe, D. 2000. The nitrogen cycle. En: Jacobsen, M.; Charlson, R.; Rohde, H. y Orinas, G. (Eds.) *Earth system science*. Academic Press. San Diego, Estados Unidos de América. Pp. 322-242.
- Jones, G. 1964. Effect of chelating agents on the growth of *Escherichia coli* in seawater. *Journal of Bacteriology*. 87:484-499.
- Kelso, B.; Smith, R.; Laughlin, R. y Lennox, D. 1997. Dissimilatory Nitrate Reduction in Anaerobic Sediments Leading to River Nitrite Reduction in Anaerobic Sediments Leading to River Nitrite Accumulation. *Applied and Environmental Microbiology*. 63 (12): 4675-4685.

- Kjerfve, B. 1994. Coastal Lagoon Processes. Elsevier. Nueva York, Estados Unidos de América. 577 pp.
- Konstantinos, K.; Artemis, N. y Reizopoulou. S. 2001. Temporal variations of nutrients chlorophyll a and particulate matter in three coastal lagoons of Amurakikos Gulf (Ionian sea, Greece). *Marine Ecology*. 22 (3):201-213.
- Lardicci, C.; Como, S.; Corti, S. y Rossi, F. 2001. Changes and recover of macrozoobenthic communities after restoration measures of the Orbetello Lagoon (Tyrrhenian coast, Italy). *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems*. 11 (4): 281-287.
- Lipp, E.; Kurz, R.; Vincent, R.; Rodriguez-Palacios, C., Farrah, S. y Rose, J. 2001. The effects of seasonal variability and weather on microbial fecal pollution and enteric pathogens in a subtropical estuary. *Estuaries*. 24: 266-76.
- Lomas, M. y Gilbetr, P. 1999. Interactions between  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  uptake and assimilation: Comparison of diatoms and dinoflagellates at several growth temperatures. *Marine Biology*. 133:541-551.
- López, J. 2002. Caracterización bacteriológica y físico-química de la zona marino costera de la Playa Moreno, Municipio Maneiro, Estado Nueva Esparta, durante el periodo agosto-octubre del 2000. Trabajo de grado para optar al título Licenciado en Biología Marina. Departamento de Acuicultura. Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar. Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta, Boca del Río, Venezuela. 122 pp.
- López, J. 2011. Gestión ambiental para el saneamiento de la laguna costera “El Morro”, Municipio Mariño, isla de Margarita. Periodo Marzo 2011-Febrero 2012. [Documento en línea]. Disponible en: [http://cria.info.ve/?page\\_id=291](http://cria.info.ve/?page_id=291). [Consulta: 15-12-11]

- López-Hernandez, D.; Rodríguez, J. y Duarte, N. 1985. Parámetros que controlan los niveles de fósforo en aguas y sedimentos en una laguna costera (laguna de Tacarigua). Boletín del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente. 24 (1-2): 225-236.
- Macintosh, D. 1994. Aquaculture in coastal lagoons. En: Kjerfve, B. (Ed.). Coastal Lagoon Processes. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier. Elsevier Oceanography Series. 60: 401-442.
- Margalef, R. 1980. Ecología. 2da ed. Ediciones Omega. Barcelona, España. 1951 pp.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Ediciones Omega. Barcelona, España. 1010 pp.
- McFeters, G.; Barry, J. y Howington, J. 1993. Distribution of enteric bacteria in Antarctic seawater surrounding a sewage outfall. Water Research. 27: 645-650.
- Meitz, A. 1999. Water Treatment for Cooling Towers. Heating, Piping & Air Conditioning. 71 (1):125-134.
- Montesinos, M. 1993. El enfoque por problemas de los programas de conservación y manejo de cuencas hidrográficas caso: la experiencia venezolana. En Seminario-Taller Interamericano de la OEA/DDRMA/CIDIAT. Manejo integrado de cuencas hidrográficas internacionales. Mérida, Venezuela. 173-183.
- Mood, E. 1977. Beach pollution in the Caribbean. Environmental health assessment and suggest health strategy. Proceedings of a Conference/Workshop on Environmental Health Strategy. Pan American Health Organization. Grenada. 70 pp.
- Munn, C. 2004. Marine Microbiology: ecology and applications. Bermuda Institute Of Science Scientific Publisher. Nueva York, Estados Unidos de América. 35 pp.

- Nielsen, T. y Anderson, F. 2003. Phosphorus dynamics during decomposition of mangrove (*Rhizophora mangle*) leaves in sediments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 293: 73-88.
- Nixon, S. 1995. Coastal Marine Eutrophication: A definition, Social Causes, and Future Concerns. *Ophelia*. 41: 199-219.
- Northcote, T. 1972. Some effects of mysid introduction and nutrient enrichment on a large oligotrophic lake and its salmonids. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*. 18: 1096–1106.
- Orr, A. 1926. The nitrite content of sea water. *Journal of the Marine Biological Association*. 12 (1): 55-61.
- Palazón, J. y Penoth, E. 1994. Condiciones hidroquímicas de la laguna de Raya, isla de Margarita, Venezuela, durante el periodo comprendido entre febrero de 1986 y febrero de 1987. *Boletín del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente*. 33(1-2): 5-17.
- Palazón, J; Hernández, G.; Hernandez, J. y Penoth, E. 1996. Condiciones hidroquímicas de la laguna de Las Marites, isla de Margarita, Venezuela. Abril 1989-mayo 1990. *Boletín del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente*. 35 (1-2): 113-125.
- Palazón, J. y Penoth, E. 1998. Condiciones hidroquímicas de las aguas superficiales de la laguna Boca de Palo, isla de Margarita, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente*. 37 (1-2): 3-15.
- Palazón, J. 2000. Condiciones hidroquímicas del Saco de la isla de Coche, Venezuela, mayo 1989-mayo 1990. *Boletín del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente*.

39 (1-2): 55-65.

Parsons, T.; Takahashi, M. y Hargrove, B. 1984. *Biological oceanographic processes*. 3er ed. Pergamon Press. Londres, Reino Unido. 330 pp.

Pereira, C. 2006. Condiciones hidrográficas y estado trófico de la laguna de Punta de Piedras, isla de Margarita (febrero 2005-2006). Trabajo de Grado para optar al título de Licenciado en Biología Marina. Departamento de Acuicultura, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar. Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta. Boca del Río, Venezuela. 80 pp.

Pike, E.; Gameson, A. y Gould, D. 1970. Mortality of coliform bacteria in seawater samples in the dark. *Revue Internationale d'Océanographie Médicale*. 18/19: 97–107.

Pruss, A. 1998. A review of epidemiological studies from exposure to recreational water. *International Journal of Epidemiology*. 27:1-9.

Rabalais, N. 2002. Nitrogen in aquatic ecosystem. *Ambio*. 31: 102-112.

Ramírez-Villaruel, P. 1996. *Lagunas costeras venezolanas*. Centro Regional de Investigaciones Ambientales (CRIA), Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta. Porlamar, Venezuela. 275 pp.

Reyes, N. y Serrano, R. 2009. Variación espacial y temporal de las comunidades planctónicas en la planta de tratamiento laguna de La Acequia y zona costera adyacente a Boca del Río, isla de Margarita, Estado Nueva Esparta, durante el periodo febrero-julio 2008. Trabajo de grado para optar al título Licenciado en Biología Marina. Departamento de Acuicultura. Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar. Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta. Boca del Río, Venezuela. 223 pp.

- Rodríguez, A. 1995. Fitoplancton de la Bahía de Mochima, Estado Sucre: Abundancia y biomasa en el canal central. Trabajo de grado para optar al título de Licenciado en Biología, Mención Biología Marina. Departamento de Biología. Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente. Núcleo Sucre. Cumaná, Venezuela. 95 pp.
- Rodríguez, N. 1981. Determinación de contaminación bacteriológica, en base a coliformes totales y fecales en la laguna de Las Marites. Trabajo de grado para optar al título de Técnico Superior Universitario en Acuicultura. Fundación La Salle. Punta de Piedras, Estado Nueva Esparta, Venezuela. 35 pp.
- Rodríguez, H. y Romero, J. 1981. Niveles de contaminación bacteriana en dos sistemas fluvio-lagunares asociados a laguna de Términos. Instituto Científico del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autonomía de Campeche. Campeche, México. 8 (1): 63-68.
- Salazar, J. 2007. Diseño de un prototipo de sistema para la medición de parámetros relacionados con la calidad del agua. Informe Final de Cursos en Cooperación Técnica y Desarrollo Social Presentado ante la Ilustre Universidad Simón Bolívar como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico. Decanato de Estudios Profesionales. 86 pp.
- Sardinas, O.; Chiroles, S.; Fernández, M.; Hernández, J. y Pérez, A. 2006. Evolución físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba). Higiene y Sanidad Ambiental. 6:202-206.
- Schindler, D. 1971. Carbon, nitrogen, phosphorus and the eutrophication of freshwater lakes. *Journal of Phycology*. 7: 321–329.
- Shearer, J.; Fee, E.; Debruyne, E. y Declercq, E. 1987. Phytoplankton primary production and



- light attenuation responses to the experimental acidification of a small Canadian Shield lake. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 44: 83–90.
- Siosemarde, M.; Kave, F.; Sedghi y Ghaderi, S. 2010. Determine of Constant Coefficients to Relate Total Dissolved Solids to Electrical Conductivity. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 46: 258-260.
- Siung-Chang, A. 1997. A review of marine pollution issues in the Caribbean. *Environmental Geochemistry and Health* 19: 45-55.
- Smith, V. 1983. Low nitrogen to phosphorus ratios favors dominance by blue-green algae in lake phytoplankton. *Science* 221: 669–670.
- Smith, V. 2006. Responses of estuarine and coastal marine phytoplankton to nitrogen and phosphorous enrichment. *Limnology and Oceanography*. 51: 377-384.
- Smith, V.; Joye, S. y Howarth, R. 2006. Eutrophication of freshwater and marine ecosystems. *Limnology and Oceanography*. 51 (1-2): 351-355.
- Thirumalini, S y Joseph, K. 2009. Correlation between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids in Natural Waters. *Malaysian Journal of Science*. 28 (1): 55-61.
- Thurman, H. 1997. *Introductory oceanography*. 8va. Ed. Prentice Hall. Nueva Jersey, Estados Unidos de America. 544 pp.
- Toranzos, G. y McFeters; G. 1997. Detection of indicator microorganisms in environmental freshwater and drinking waters. En: Hurst, C.; Knudsen, G.; McInerney, M.; Stetzenbach, L. y Walter, M. (Eds.) *Manual of Environmental Microbiology*. ASM Press. Washington DC, Estados Unidos de América: 184-194.

- Tsihrintzis, V.; Sylaios, GK.; Sidiropoulou, M. y Koutrakis, E. 2007. Hydrodynamic modeling and management alternatives in a Mediterranean, fishery exploited, coastal lagoon. *Aquaculture Engineering*. 36 (3):310-324.
- Voltolina, A. y Voltolina, D. 1974. Observaciones hidrológicas en la laguna de La Restinga I. Abril-diciembre 1968. *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*. 34 (97): 59-72.
- Voltolina, A. y Voltolina, D. 1976. Observaciones hidrográficas de la laguna de Punta de Piedras, isla de Margarita: septiembre 1965-diciembre 1966. *Memorias de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*. 36 (104): 127-154.
- Voltolina, A. y Voltolina, D. 1978. Observaciones hidrográficas de la laguna de la Restinga, isla de Margarita: enero 1969-abril 1970. *Memorias de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*. 38 (109): 119-137.
- Vlugman, A. 1992. Assessment of operational Status of Wastewater Treatment Plants in the Caribbean. Caribbean Institute of Environmental Health/Pan American Health Organization. 57 pp.
- Worm, B. y Lotze, H. 2006. Eutrophication, grazing, and algal blooms on rocky shores. *Limnology and Oceanography*. 51: 567-579.
- Zmirou, D. 2003. Risks Associated with the Microbiological Quality of Bodies of Fresh and Marine Water Used for Recreational Purposes: Summary Estimates Based on Published Epidemiological Studies. *Archives of Environmental Health*. 58 (11): 703-711.

## ANEXOS

Anexo 1. Variabilidad temporal de la velocidad del viento (km/h) en la isla de Margarita, Venezuela, durante el periodo marzo 2011-marzo 2012\*.

Fuente: Estación Meteorológica de la Fundación la Salle de Ciencias Naturales.

<b>Mes</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Marzo 2011	45,00	8,91	28,00	64,00
Abril 2011	46,87	8,55	29,00	62,00
Enero 2012	44,31	9,93	19,00	62,00
Febrero 2012	45,07	6,43	32,00	59,00
Marzo 2012	47,87	5,87	36,00	65,00
Total	46,02	7,81	19,00	65,00

\*Datos incompletos por fallas técnicas de la estación

Anexo 2. Variabilidad temporal de la precipitación (mm) en la isla de Margarita, Venezuela, durante el periodo marzo 2011-marzo 2012.

Fuente: Estación Meteorológica de la Fundación la Salle de Ciencias Naturales.

<b>Mes</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Marzo 2011	3,91	6,38	0,30	19,10
Abril 2011	6,10	5,51	0,50	14,00
Mayo 2011	4,73	5,23	1,10	12,30
Junio 2011	1,50	0,92	0,30	2,30
Julio 2011	0,70	0,14	0,60	0,80
Agosto 2011	12,28	8,51	2,50	19,50
Septiembre 2011	13,15	10,83	3,30	31,30
Octubre 2011	10,41	11,11	1,60	28,40
Noviembre 2011	12,92	22,98	0,10	76,00
Enero 2012	6,23	6,61	0,20	20,40
Febrero 2012	2,58	2,37	0,10	6,20
Marzo 2012	3,63	6,67	0,50	17,20
Total	7,01	10,85	0,10	76,00

Anexo 3. Variabilidad temporal de la insolación (kWh/m<sup>2</sup>/día) en la isla de Margarita, Venezuela, durante el periodo marzo 2011-marzo 2012.

Fuente: Estación Meteorológica de la Fundación la Salle de Ciencias Naturales.

<b>Mes</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Marzo 2011	6,97	3,39	0,00	11,00
Abril 2011	7,62	2,87	1,30	11,40
Mayo 2011	7,53	3,10	0,60	11,50
Junio 2011	8,73	2,16	4,30	11,70
Julio 2011	8,97	2,18	3,30	11,60
Agosto 2011	8,78	1,67	2,80	10,60
Septiembre 2011	7,89	2,00	3,80	10,50
Octubre 2011	7,78	2,08	1,60	9,800
Noviembre 2011	7,95	1,73	3,20	10,00
Enero 2012	6,89	2,42	2,10	9,80
Febrero 2012	8,01	1,80	3,00	10,10
Marzo 2012	5,97	2,43	0,20	9,20
Total	7,76	2,48	0,00	11,70

Anexo 4. Variabilidad temporal de la evaporación (mm) en la isla de Margarita, Venezuela, durante el periodo marzo 2011-marzo 2012.

Fuente: Estación Meteorológica de la Fundación la Salle de Ciencias Naturales.

<b>Mes</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Marzo 2011	6,79	2,92	2,60	12,40
Abril 2011	8,59	2,34	4,40	12,30
Mayo 2011	8,60	2,57	4,30	13,10
Junio 2011	9,03	1,91	5,20	11,90
Julio 2011	9,74	1,34	5,70	11,70
Agosto 2011	9,41	2,30	3,70	12,70
Septiembre 2011	9,12	2,12	3,60	12,80
Octubre 2011	8,38	3,00	0,80	12,20
Noviembre 2011	6,77	2,24	0,00	10,10
Enero 2012	6,98	1,81	3,30	9,80
Febrero 2012	8,05	2,23	0,50	10,90
Marzo 2012	8,98	2,24	3,60	12,70
Total	8,37	2,46	0,00	13,10

Anexo 5. Valores mínimos y máximos, promedio general y desviación estándar (D.E) de las variables hidrofísicas, hidroquímicas y bacteriológicas obtenidas en la laguna El Morro y también variables meteorológicas (Estación Meteorológica de la Fundación la Salle de Ciencias Naturales), durante el periodo marzo 2011-marzo 2012.

	Mínimo	Máximo	Promedio $\pm$ D.E
Temperatura ( $^{\circ}$ C)	25,73	33,24	29,26 $\pm$ 1,72
Salinidad	26,13	37,37	33,90 $\pm$ 2,33
pH	7,27	9,34	8,23 $\pm$ 0,36
Conductividad ( $\mu$ S/cm)	39240,0	55960,00	51435,20 $\pm$ 3115,35
Oxígeno disuelto (mg/l)	3,00	8,21	5,76 $\pm$ 1,11
Sólidos disueltos totales (mg/l)	28230,00	58820,00	34183,40 $\pm$ 3669,14
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	29,60	200,00	74,45 $\pm$ 31,09
Sólidos totales (mg/l)	28290,0	58920,00	34258,90 $\pm$ 3670,26
Nitrito (mg/l)	0,00	0,23	0,02 $\pm$ 0,04
Nitrato (mg/l)	0,00	0,36	0,05 $\pm$ 0,66
Amonio (mg/l)	0,00	0,17	0,03 $\pm$ 0,03
Fosfato (mg/l)	0,00	0,60	0,03 $\pm$ 0,08
Coliformes totales (UFC/100ml)	0,00	2710,0	411,53 $\pm$ 607,15
Coliformes fecales (UFC/100ml)	0,00	1600,0	188,59 $\pm$ 188,82
Precipitación (mm)	0,00	76,00	1,52 $\pm$ 5,80
Evaporación (mm)	0,00	13,10	8,37 $\pm$ 2,46
Insolación (kWh/m <sup>2</sup> /día)	0,00	11,70	7,80 $\pm$ 2,48
Velocidad del viento (km/h)	19,00	65,00	46,02 $\pm$ 7,81

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

<b>TÍTULO</b>	Variación temporal de parámetros físico-químicos y bacteriológicos de la laguna El Morro, municipio Mariño, Isla de Margarita, durante el periodo marzo 2011-marzo 2012
<b>SUBTÍTULO</b>	

**AUTOR (ES):**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>CÓDIGO CULAC / E MAIL</b>
López Rodríguez Irelis Margarita	CVLAC: E MAIL: irelis.lopez@gmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

**PALÁBRAS O FRASES CLAVES:**

Variación mensual

Parámetros físico-químicos

Bacteriológicos

Laguna El Morro

Isla de Margarita

## METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
CIENCIAS DEL AGRO Y DEL MAR	Biología Marina

### RESUMEN (ABSTRACT):

La laguna costera “El Morro” se encuentra ubicada al sureste de la ciudad de Porlamar, entre los municipios Mariño y Maneiro. Constituye un importante reservorio natural, que sirve de hábitat permanente o periódico a muchas especies marinas de interés pesquero y económico. Dada la importancia turística y recreacional que laguna El Morro representa para la población de Porlamar, y a la falta de información relacionada con este cuerpo lacustre, se estableció evaluar los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de la laguna El Morro, Porlamar, Isla de Margarita. Para ello, se estableció como objetivo evaluar las variables hidrofísicas (temperatura, salinidad, pH, conductividad y oxígeno disuelto); hidroquímicas (sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, sólidos totales, nitrito, nitrato, amonio y fosfato) y bacteriológicas (coliformes totales y fecales). La toma de muestras se realizó mensualmente en ocho estaciones distribuidas dentro de la laguna durante el período marzo 2011-marzo 2012. Se observaron fluctuaciones de los valores en las variables hidrofísicas durante los diferentes meses de estudio (temperatura con 25,73°C en febrero 2012 y 33,24°C julio 2011; salinidad con 26,13 en noviembre 2011 y 37,37 en julio 2011; ph con 7,27 en enero 2012 y 9,34 en marzo 2011; conductividad con 39240,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$  noviembre 2011 y 55960,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en mayo 2011; y oxígeno disuelto con 3,00 mg/l en noviembre 2011 y 8,21 mg/l en octubre 2011), siendo los de oxígeno disuelto los únicos que no mostraron diferencias estadísticas significativas en los distintos meses del año. En los parámetros hidroquímicos, las concentraciones promedio de nitrito fueron de 0,0209 mg/l, del nitrato fue de 0,0513 mg/l, del amonio fue de 0,0321 mg/l y finalmente, el fosfato fue de 0,0273 mg/l; mostrando así comportamientos similares que pueden estar asociados a regulación por la actividad metabólica bacteriológica. Los análisis bacteriológicos indican que los valores de las concentraciones mensuales de coliformes totales y fecales presentaron diferencias estadísticamente significativas durante el estudio. Según el comportamiento observado cada una de las variables analizadas, se presume que estas pueden responder a dos tipos de factores como el ambiental (influencias de los vientos, precipitaciones y profundidad de la laguna) y el antropogénico (descarga de aguas residuales no tratadas). Se recomienda la adecuada replicación muestral a nivel espacial para estimar la relación entre la topografía de la laguna y el cuerpo de agua.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**CONTRIBUIDORES:**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL</b>				
López Caraballo Juan Ygnacio	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL	juanlopez358@hotmail.com			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

**FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:**

2012	10	02
AÑO	MES	DÍA

**LENGUAJE. SPA**



**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS_Irelis_M_López_R	.docx
TESIS_Irelis_M_López_R	.pdf

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I J K  
L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z. 0 1  
2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

TEMPORAL: \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

**TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Licenciado en Biología Marina

**NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Licenciatura

**ÁREA DE ESTUDIO:**

Biología Marina

**INSTITUCIÓN:**

Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

**JUAN A. BOLAÑOS CURVELO**  
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/marija

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**DERECHOS**

**Artículo 41 del reglamento de trabajo de pregrado (Vigente a partir del II semestre 2009, Según comunicado CU-034-2009). *“Los Trabajos de Grado son Propiedad exclusiva de la Universidad y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará en Consejo Universitario”***

**AUTOR**

**AUTOR**

**AUTOR**

**TUTOR**

**JURADO**

**JURADO**

**POR LA SUBCOMISION DE TESIS**