

MORFOMETRÍA, HIDRODINÁMICA Y FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA DE LA LAGUNA DE CHAUTENGO, GUERRERO, MÉXICO.

MORPHOMETRIC, HYDRODYNAMIC AND PHYSICAL-CHEMISTRY WATER LAGOON CHAUTENGO, GUERRERO, MEXICO.

Rendón-Dircio JA¹, Ponce-Palafox JT², Rojas-Herrera A¹, Arredondo-Figueroa JL³, De La Lanza G⁴, Flores Verdugo F⁵.

¹Unidad Académica de Ecología Marina, Área de Investigación Oceanográfica, Recursos Costeros. Gran Vía Tropical 20. Fraccionamiento Las Playas. C. P. 39390, Acapulco, Guerrero, México.

²Centro Nayarita de Innovación y Desarrollo Tecnológico A.C. Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera. Posgrado CBAP. Universidad Autónoma de Nayarit. Cd. de la Cultura Amado Nervo s/n. Edificio COMPLEX Aula 3.12., C.P. 63155, Tepic, Nayarit. México.

³Universidad Autónoma de Aguascalientes, Posta Zootécnica Jesús María, C.P. 20900, Aguascalientes, Aguascalientes. México.

⁴Instituto de Biología, U.N.A.M. Circuito exterior s/n, Ciudad Universitaria, Copilco, Coyoacán. A.P. 70-233, C.P. 04510, México, Distrito Federal.

⁵Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Unidad Mazatlán. Av. Joel Montes Camarena s/n, Apartado Postal 811, C.P. 82040, Mazatlán, Sinaloa. México.

Recibido: 13 de junio de 2011.

Aceptado: 8 de agosto de 2011.

Resumen

Se realizó un estudio del comportamiento de las variables morfométricas, batimétricas, hidrodinámicas y físico-químicas de la Laguna de Chautengo, Guerrero, a partir de fotografías aéreas y trabajo de campo con muestreos bimensuales de variables morfométricas, hidrodinámicas y físico-químicas del agua. Los resultados indicaron que la laguna presentó marcadas variaciones anuales en su morfometría y batimetría. El área máxima estimada fue de 29.6 km². La barra de la laguna es recta y está colonizada en un 36.8 % por comunidades de manglar, tiene una longitud de 10 km y una anchura media de 0.52 km. Las tres islas que presenta la laguna se ubican cerca de la desembocadura y tienen un área de 83,000, 3,680 y 61,440 m² respectivamente. La variación vertical de la columna de agua fluctuó entre 6 y 12 cm diarios, presentándose el máximo nivel a las 18:00 y 0:00 h y el mínimo a las 6:00 h. Las corrientes presentaron un valor promedio de velocidad de 1.97 m/min. La temperatura

media anual fue de 29.8 °C, con una variación entre la superficie y el fondo de 0.23 °C; la salinidad varió de 0.7 a 38 ‰; el oxígeno disuelto se registró en promedio en 4.71 mg/L, existiendo una diferencia del 8.7 % entre la superficie. La laguna presenta características de un cuerpo de agua somero y tropical en un proceso avanzado de evolución, pero con condiciones adecuadas para el desarrollo de la fauna y flora acuática. Este estudio servirá de base para el diseño de un plan de manejo sostenible de las pesquerías y acuicultura de la Laguna de Chautengo.

Palabras clave: Batimetría, morfometría, hidrodinámica, físicoquímicos, Laguna de Chautengo, Guerrero, México.

Abstract

A study of morphometric, batimetric, hydrodynamic and physicochemical parame-

Autor Corresponsal:

Ponce Palafox JT. Centro Nayarita de Innovación y Desarrollo Tecnológico A.C. Unidad Académica de la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera. Posgrado CBAP. Universidad Autónoma de Nayarit. Cd. de la Cultura Amado Nervo s/n. Edificio COMPLEX Aula 3.12. C.P. 63155. Tepic, Nayarit. México. Tel. (311) 211 8800 Ext. 8785 Correo Electrónico: jesus.ponce@usa.net

ters in Chautengo Lagoon was carried out, using air photography and fieldwork. Data was taken on a two-month basis. The results indicated that this lagoon presented salient annual variations in its morphometry and bathymetry. The largest estimated area was 29.6 km². The lagoon barrier has a straight shape and it is colonized in a 36.8 % by mangrove community, with a total length of 10 km and an average width of 0.52 km. There are three islands in the lagoon. They are located near the mouth of the lagoon and have an area of 83,000, 3,680 and 61,440m² respectively. The vertical variation of the column of water fluctuated between 6 and 12 cm daily, showing a maximum level at 18:00 and 0:00 h and a minimum at 6:00 h. The streams showed an average velocity of 1.97 m/min. The annual average temperature was of 29.8 °C, with a variation between surface and bottom of 0.23 °C; salinity fluctuated between 0.7 and 38 ‰; dissolved oxygen keep an average of 4.71 mg/L, presenting a difference of 8.7 % between surface and bottom. The lagoon presented characteristics of a tropical and shadow body of water, with a high degree of evolution, but exhibited adequate conditions for the development of aquatic flora and fauna. The study provided a basis for the designing of a sustainable management plan for fisheries and aquaculture in Chautengo lagoon.

Key words: Bathymetry, morphometry, hydrodynamics, physicochemical, Chautengo lagoon, Guerrero, Mexico.

Introducción

Las lagunas costeras son cuerpos de agua formados en depresiones en la zona costera, ubicados por debajo del nivel medio de las mareas más altas, que mantiene una comunicación efímera o permanente con el mar y están separadas del mismo por algún tipo de barrera (Lankford, 1974). Por esta condición, estos ecosistemas acuáticos presentan una estrecha dinámica entre su morfología y su funcionalidad, con una amplia variación espacial y temporal en sus parámetros batimétricos, morfométricos, hidrodinámicos e hidrogeoquímicos, y mantie-

nen una considerable diversidad biológica (Yáñez, 1981). Dentro de las lagunas presentes en la zona costera del Pacífico mexicano, existen algunas de ellas que debido a sus procesos geológicos y geomorfológicos se encuentran en un alto grado de evolución, ya que el vaso de la laguna se colmata de sedimentos y terrígenos aportados por la dinámica del mar y por las aguas dulces que escurren en su cuenca de captación (Escofet, 2004). Por estos procesos incesantes y permanentes, estas lagunas presentan una escasa profundidad y mantienen una rápida tasa de renovación de nutrientes (Nixon, 1981; Nixon, 1982), resultando en una alta productividad primaria (Knoppers, 1994; Contreras y Warner, 2004) y una elevada producción pesquera (Yáñez *et al.*, 1994).

La costa del estado de Guerrero ubicada en el Pacífico Sur de México, cuenta con una extensión de 22,700 ha de lagunas costeras, entre las que se encuentra la Laguna de Chautengo, que corresponde a uno de los más importantes ecosistemas lagunares debido a su elevada productividad. Esta laguna es somera y se encuentra en un avanzado proceso de evolución geológico, y ha sido poco estudiada. Entre los escasos trabajos que se han realizado en esta laguna se encuentran los de Mandelli y Vázquez-Botello (1976), Martínez (1978), Porfirio (1996), Bulit y Díaz-Ávalos (2009).

La producción pesquera en la laguna se centra básicamente en la pesquería de ocho especies entre las cuales se encuentra principalmente el camarón de castilla (*Litopenaeus vannamei*) con un 15.86 %, la lisa (*Mugil curema*) con 14.63 %, el cuatete (*Galeichthys caerulescens*) con 10.11 % y la malacapa (*Diapterus peruvianus*) con un 2.35 % de la captura total, de estas depende en gran medida la economía local. Se presenta en la laguna una tendencia a disminuir el número de especies que son capturadas ya que año con año predomina la captura de crustáceos sobre la captura de los peces lo que sugiere, que en la laguna se está llevando a cabo un proceso denominado "sobrepesca del ecosistema" (Pauly y Murphy, 1982). En cuanto a la acuicultura se encuentra una granja de camarón

de 200 ha denominada COIN que se localiza al Norte de la laguna y operó en los 80's. Actualmente se han reactivado sólo 20 ha operada por sociedades cooperativas de la localidad.

Actualmente la laguna se encuentra sometida a una fuerte presión debida principalmente a los efectos de deterioro propiciado por los asentamientos humanos, el desarrollo industrial y agrícola, los fenómenos meteorológicos, el mal manejo del ambiente, la sobrepesca y el turismo. Por esta razón, el presente trabajo pretende estudiar las variables morfométricas, batimétricas, hidrodinámicas y físico-químicas del agua de la Laguna de Chautengo, en el estado de Guerrero, México. Esto como marco de referencia para su utilización posterior en el manejo pesquero y acuícola del sistema lagunar-estuarino.

Material y métodos

Área de estudio

La Laguna de Chautengo también conocida como Néxpa, se localiza en la Costa Chica del estado de Guerrero, hacia el Sureste del Puerto de Acapulco entre los municipios de Florencio Villarreal (Cruz Gran-

de) y Cópala. Geográficamente se encuentra ubicada entre los 16° 35' 39" y 16° 38' 36" de latitud Norte y los 99° 08' 25" y 99° 02' 48" de longitud Oeste. La laguna se encuentra orientada longitudinalmente de Noroeste-Sureste dentro de la región hidrológica 20 y se sitúa en una llanura aluvial angosta, constituida por los depósitos fluviales depositados por los ríos Néxpa y Cópala (Figura 1).

Morfometría, batimetría y dinámica hidrológica

Para el análisis morfométrico, se determinaron las siguientes variables: superficie, línea de costa, longitud máxima efectiva, anchura promedio mínima y máxima y desarrollo litoral. Además, de la longitud total de la barra, así como su anchura correspondiente, durante el periodo comprendido entre 2007 a 2008. Las principales relaciones morfométricas se calcularon siguiendo los criterios establecidos por Torres y García (1995).

Para el cálculo de los parámetros morfométricos y los volúmenes de agua de la laguna, se utilizaron fotografías aéreas de la zona E14-C69, Línea 657 tomadas a una altitud de 10,300 pies con una escala de 1:20,000.

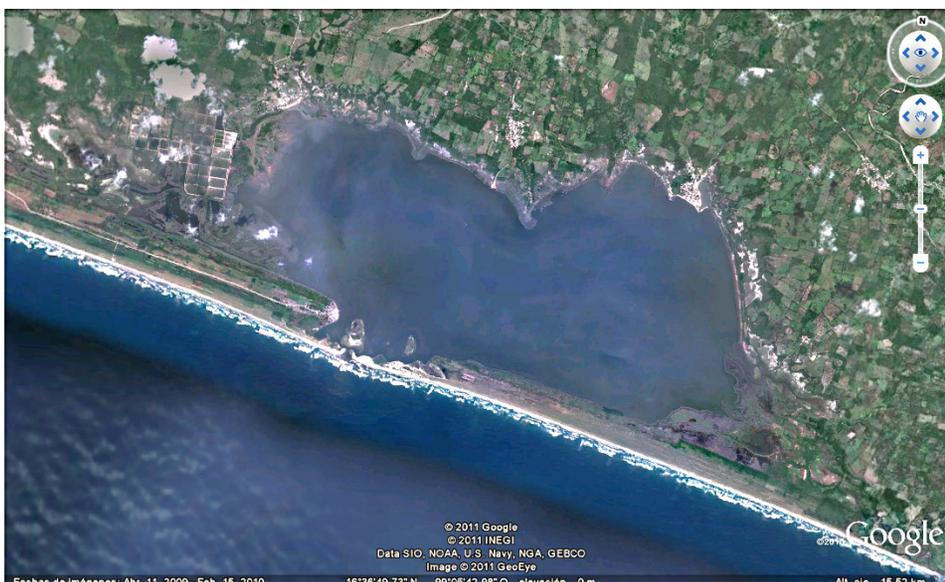


Figura 1. Laguna de Chautengo, Guerrero. México.

Además, se utilizó un geoposicionador satelital (GPS) para medir el polígono cada mes siguiendo la metodología descrita por Estrada (1988), Campos (1992), Torres y García (1995) y Aparicio (1997). La batimetría se determinó midiendo la profundidad con la ayuda de una regleta de madera graduado en centímetros cada mes. Para conocer la variación vertical y horizontal del nivel del agua de la laguna, se tomó en cuenta el nivel alcanzado por ésta, justo antes del cierre total de la barra; para ello, se fijaron puntos de referencia permanentes con respecto a los cuales se efectuaron las mediciones correspondientes en el transcurso del periodo de muestreo bimensual. El patrón de corrientes, se determinó por observación *in situ*, usando para ello un juego de crucetas sumergidas a 20 cm de profundidad para evitar la influencia del viento sobre éstas. La velocidad del viento se determinó con la ayuda de un anemómetro con un intervalo de resolución de 0.3 a 40 m/s, apoyándose además con los datos meteorológicos de los años de 1997 a 2008 proporcionados por el Observatorio Meteorológico 805 de la Comisión Nacional del Agua (CNA) de la ciudad de Acapulco, Guerrero. También, durante el periodo de 2007 a 2008 se registró el comportamiento de las mareas y la fluctuación del nivel del agua de la laguna cada dos meses, mientras la boca de comunicación entre la laguna y el mar se mantuvo abierta. Las fluctuaciones del nivel, se determinaron con la ayuda de un pedestal graduado en centímetros, fijado permanentemente con referencia en una de las orillas de la laguna.

Variables físico-químicas del agua

Los muestreos físico-químicos del agua se llevaron a cabo cada dos meses durante un ciclo anual comprendido del mes de marzo de 2007 a febrero de 2008, para lo cual se estableció una red de 17 estaciones, posicionadas con un GPS (Figura 2). La temperatura y la salinidad se determinaron *in situ*, con la ayuda de un salino-conductivímetro portátil digital YSI modelo L-01474-00, con un intervalo para la salinidad de 0 a 99 ‰ y una resolución de 0.1 ‰; la temperatura, con un termómetro de -5 a 55 °C; con una resolución de 0.1 °C. El oxígeno disuelto se midió con un oxímetro YSI modelo 51B, con un intervalo de 0 a 15 mg/L y una resolución de 0.2 mg/L; el porcentaje de saturación de oxígeno se calculó de acuerdo con el criterio expresado por De la Lanza (1998). El pH se determinó con un potenciómetro Hanna modelo L-05830-00, con un intervalo de 0.0 a 14.0 unidades y una resolución de 0.01 unidades de pH; mientras que la transparencia del agua se midió con un disco de Secchi. Los nutrientes se determinaron de acuerdo a las técnicas descritas por Strickland y Parsons (1972); para ello se procedió a congelar las muestras inmediatamente después de ser extraídas y posteriormente se transportaron al laboratorio para la determinación correspondiente. La información obtenida se procesó mediante el paquete estadístico SAS, del cual sólo se utilizaron los estadísticos descriptivos.

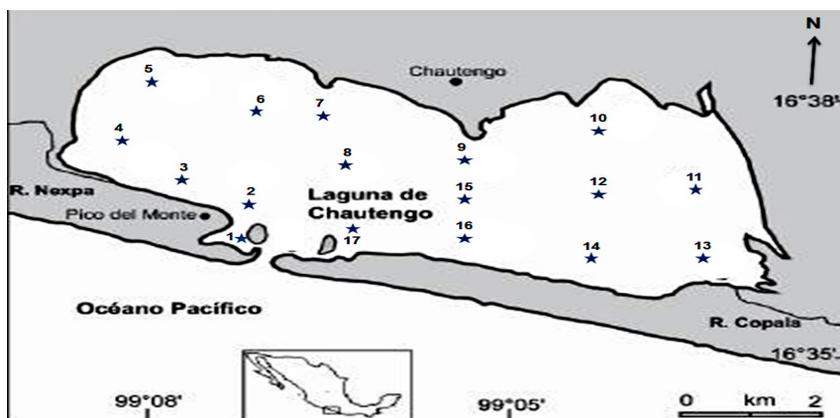


Figura 2. Características y ubicación de los 17 sitios de muestreo en la Laguna de Chautengo, Guerrero, México.

Resultados y Discusión

Morfometría y batimetría.

El área de la laguna presentó a lo largo de un año fluctuaciones marcadas, alcanzando sus máximos valores en marzo de 2007 (profundidad de 1.29 m y volumen de 22 719,850.0 m³) al momento del cierre de la boca, y el valor mínimo se presentó en el mes de noviembre del mismo año, tres meses después de la apertura de la boca (profundidad de 1.15 m y volumen de 17 455, 913.0 m³). El área máxima registrada en la isobata mayor de un metro fue de 10.73 km² y la mínima de 4.1 km². El área superficial calculada de la laguna fue de 29.6 km². En esta superficie no se consideró la parte ocupada por el cinturón de manglar y las zonas de inundación adyacentes; sin embargo, sumando éstas, la superficie se incrementa en 2.8 km², lo que da un total de 32.4 km². En este mismo sentido, la línea de costa o perímetro total aumenta de 31 a 34 km; la longitud máxima efectiva calculada fue de 9.38 km; la anchura promedio de 3.3 km; la anchura mínima de 2.5 km; la anchura extremo este de 4.4 km y la anchura extremo Oeste de 3.0 km.

El periodo de inundación debido a la época de lluvias se inició en el mes de marzo de 2007, alcanzando su máximo nivel en el mes de agosto y la apertura de la barra se realizó a principios del mes de septiembre de este mismo año.

Por esta razón, el volumen de agua de la laguna fluctuó periódicamente en forma cíclica. Se observó una diferencia en el volumen que se puede caracterizar con un periodo de llenado y otro de vaciado. En el mes de marzo de 2007, se estimó un volumen de 22.7 millones de m³. Después de abrirse la barra, con los datos registrados el día 18 de septiembre de 2007, se estimó un volumen que descendió en 1.65 % con respecto al calculado en el mes de marzo del mismo año. El descenso se mantuvo hasta alcanzar un mínimo de 17.4 millones de m³ en el mes de noviembre de ese mismo año, lo que correspondió a una profundidad media de 20 cm.

Las relaciones morfométricas registradas en el periodo de marzo 2007 a febrero de 2008 indicaron que la laguna presentó un desarrollo del volumen (Dv) de 1.76; un perfil del vaso del agua de 0.58 y una profundidad relativa de 0.47 %. La laguna presentó dos formas de variación vertical del nivel de agua: una atribuida al proceso de almacenaje del vaso de agua y otra al fenómeno de las mareas. En el primer caso, el nivel máximo alcanzado fue de 0.76 m por arriba del nivel tomado como referencia al inicio del estudio, dicho dato corresponde al registro hecho el dos de agosto de 2007, antes de la apertura de la barra. En el segundo caso, el registro se llevó a cabo después de la apertura de la barra, a partir del mes de septiembre al mes de noviembre del mismo año (Tabla 1). En este sentido, la fluctua-

Tabla 1.
Variación vertical promedio del nivel de la Laguna de Chautengo, registrada de marzo de 2007 a abril de 2008.

Parámetros	Valor
Profundidad media (m)	0.84
Intervalo de variación máxima (m)	0.95 a 2.0
Intervalo de variación mínima (m)	0.30 a 0.65
Nivel de fluctuación diario promedio (m)	0.08
Nivel máximo alcanzado (m)	0.76
Fecha de cierre de boca	Marzo de 2007
Fecha de apertura de boca	Agosto de 2007

El nivel de fluctuación diario promedio, se refiere al promedio del flujo de las mareas registradas durante el periodo en que se mantuvo la barra abierta.

ción diaria del nivel del agua varió en un intervalo de 6 a 12 centímetros con un promedio de 8.8 cm. Los niveles máximos se registraron entre las 18:00 a 0:00 horas, mientras que los mínimos a las 06:00

horas (Figura 3). Las mareas en la zona Sur son mixtas semidiurnas y presentan una altura promedio en verano (julio-agosto) de 0.63 m, mientras que en primavera la altura es de 0.96 m.

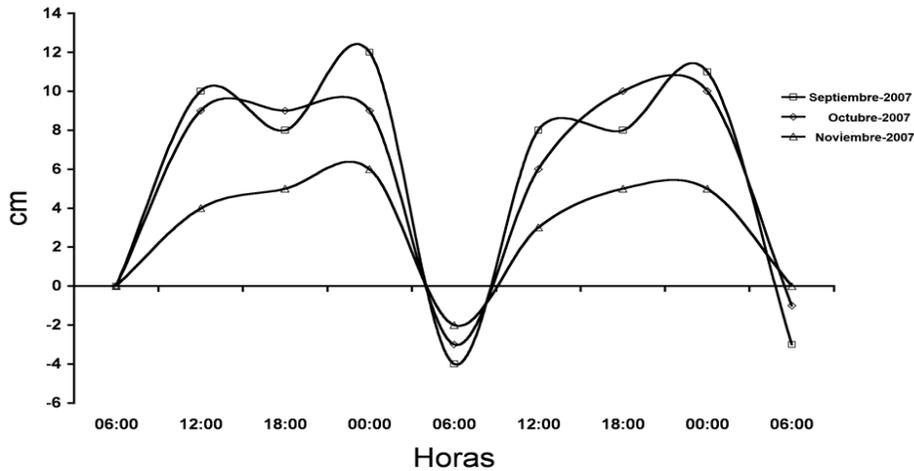


Figura 3. Fluctuación diaria del nivel del agua de la Laguna de Chautengo, Guerrero. México.

A lo largo de una distancia de 10 km en un eje Oeste-Este, las medidas de profundidad de la columna de agua, mostraron que la mayor profundidad se presentó durante el mes de septiembre de 2007 entre los kilómetros 5 y 6 de este eje y la menor en todos los meses del

año a 0.05 y 9.93 km, que corresponden a los extremos en todos los meses del año. El perfil de profundidad también muestra claramente un efecto de llenado y otro de vaciado de la laguna, siendo el primero en el mes de septiembre y el segundo en el mes de marzo (Figura 4).

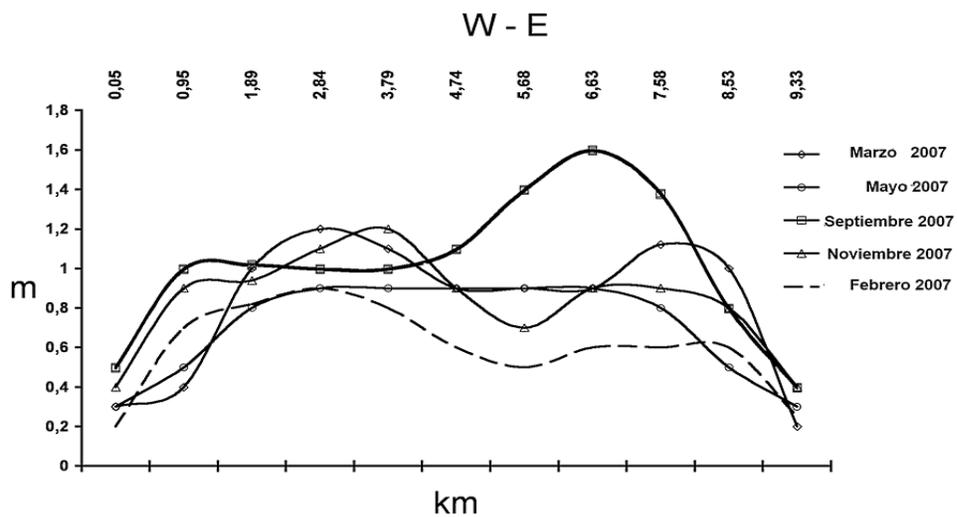


Figura 4. Fluctuación diaria del nivel de la profundidad de la Laguna de Chautengo, Guerrero. México.

La barrera que separa a la laguna del Océano Pacífico, se divide en los extremos Este y Oeste, ambos separados por la zona de apertura o canal de comunicación entre la laguna y el mar. La longitud total de la barra fue de 10 km, la anchura media de 0.52 km, la anchura extremo Este de 1.2 km, la anchura extremo Oeste de 820 m, la longitud de la zona de apertura de 480, la anchura media de la zona de apertura de 171.5 m, el intervalo de variación de la anchura de 123 a 220 m y la anchura máxima del canal de drenaje de 138 m. La barra es recta, consolidada y colonizada en un 36.8 % de su anchura (191.4 m en promedio) por una comunidad de manglar identificada de acuerdo a Agraz-Hernández *et al.*, (2006) representada por *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*, y de manera intermitentemente *Avicennia germinans* y en un área específica de 18,000 m² colonizada por *Rizophora mangle*.

Sobre esta barra y frente a la Isla Santiaguillo, se ubica la zona de apertura, que per-

mite la comunicación de la laguna con el mar. Esta zona presentó una longitud de 480 m y una anchura promedio de 171.5 m. La anchura creció en el mes de febrero hasta casi unirse con la isla disminuyó hasta 123 m, entre los meses de julio y agosto antes de abrirse. Al abrirse la boca de la barra, la anchura máxima del canal de drenaje registrado en el periodo de barra abierta fue de 138 m.

Los resultados de las magnitudes morfométricas de las tres islas (Figura 5) se presentan en la tabla 2. Los valores presentados en esta tabla, corresponden al frente de la vegetación que circundan a las islas, que evidencia la consolidación del suelo, es decir sin tomar en cuenta las zonas despejadas al bajar el nivel del agua en el mes de febrero. Estas islas se encuentran cubiertas en su totalidad por vegetación de mangle principalmente de las especies *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*.

Tabla 2.
Magnitudes morfométricas de las islas registradas durante el periodo de marzo de 2007 a febrero de 2008.

Magnitud/ Isla	Santiaguillo	Pichi	Tlacalama
Perímetro (m)	1,080	224	1,060
Longitud máxima (m)	400	60	420
Anchura media (m)	201	60	180
Área (m ²)	83,000	3,680	61,440



Figura 5. Las tres principales islas de la Laguna de Chautengo, Gro. México.

Hidrodinámica

Las corrientes de agua dentro de la laguna presentaron una velocidad promedio de 1.97 m/min, con una máxima observada de 7.0 m/min y un coeficiente de variación de 77.5 %; de acuerdo con los registros del periodo de marzo de 2007 a abril de 2008, en un 32.8 % la velocidad de las corrientes varió en un intervalo de 1.0 a 1.9 m/min, el 23.8 % varió en un intervalo de 0.26 a 0.99 m/min y en un 22 % la velocidad varió en un intervalo de 2.0 a 2.9 m/min. El resto de los datos registrados representa el 21.4 % con un intervalo que varió de 3.0 a 7.0 m/min.

Variables físico-químicas.

En la tabla 3, se presentan los resultados de las variables físico-químicas registradas en la Laguna de Chautengo. La temperatura promedio anual fue de 29.8 °C, con una máxima de 34.0 °C y una mínima de 24.0 °C. Se observó una variación entre la temperatura de superficie y fondo de 0.23 °C. La mayor temperatura se registró en los meses de marzo a noviembre, fluctuando en un intervalo de 27.5 a 34.0 °C. El aporte de agua dulce de manera continua, con su variación estacional y la suministrada por el mar a través de las mareas incluyendo el intercambio intersticial, determinaron las fluctuaciones de salinidad, la que fluctuó de 0.70 a 38.0 ‰. Se encontró un nivel máximo promedio de 31.0 ‰.

El oxígeno disuelto presentó en promedio 4.7 mg/L de oxígeno disuelto; en la superficie fue de 5.2 mg/L, mientras que en el fondo fue de 4.2 mg/L, presentando un coeficiente de variación de 28.0 %; la capa superficial fue más uniforme que el fondo, existiendo una diferencia de 8.7 % entre ambas. Durante el periodo de estudio, la concentración mínima fue de 0.7 y las máxima de 8.6 mg/L. En los meses de marzo a septiembre, la laguna presentó un mayor contenido de oxígeno disuelto. En febrero, la laguna presentó el menor contenido de oxígeno con una mayor heterogeneidad y un coeficiente de variabilidad de 42.9 %. El porcentaje de saturación del oxígeno se mantuvo en un intervalo de va-

riación de 12.2 a 151.1 %, con una media de 74.1 %. Los máximos promedios de saturación del oxígeno se registraron en los meses de marzo y abril con 92.9 y 82.0 %.

El pH presentó un promedio de 7.4 unidades, encontrándose niveles en un intervalo de 6.5 a 8.2 unidades. En la superficie el pH fue de 7.5 promedio, mientras que en el fondo la media fue de 7.2. El pH se distribuyó regularmente en toda la laguna así como en la superficie y el fondo. El coeficiente de variación del pH fue del 5.3 % por lo que la variación en el tiempo fue relativamente pequeña en un intervalo de 1.7 unidades. La capa superficial con respecto a la del fondo fue poco más uniforme, sólo con una diferencia de 0.4 %. La profundidad del disco de Secchi, indicó un valor medio de 0.48 cm, con una variación anual que fluctuó entre un mínimo de 0.10 cm a un máximo de 1.1 m, con un coeficiente de variación de 47.2 %.

En cuanto a los nutrientes se encontró que el contenido de amonio (N-NH_4^+) en la laguna fue de 12.5 mg/L en promedio. Las concentraciones variaron en un intervalo de 2 a 26 mg/L con un mínimo de 10.5 y un máximo de 17.7 mg/L. Las concentraciones más altas del amonio se registraron en los meses de septiembre y mayo con 22.1 mg/L y 20.5 mg/L respectivamente, alcanzando un mínimo en el mes de febrero, con 7.1 mg/L. La concentración de los nitritos en la laguna fue heterogénea, con una media de 0.7 mg/L, variando en un intervalo de 1.7 hasta ser indetectable. El coeficiente de variación obtenido fue del 63.28 %. En el transcurso del periodo de estudio, las concentraciones variaron con tendencia cíclica, incrementándose del mes de marzo al mes de septiembre, y disminuyendo de septiembre al mes de febrero. La laguna presentó un promedio de 1.3 mg/L en el contenido de ortofosfatos solubles (P-PO_4^{3-}), el valor mínimo registrado fue de 0.3 mg/L, mientras que el máximo fue de 2.9 mg/L. Los máximos se encontraron en el mes de septiembre con un descenso paulatino hasta un mínimo en el mes de febrero donde se encontró 0.5 mg/L; mostrando una estrecha relación con la dinámica de llenado y drenaje del cuerpo de agua en el transcurso del año.

Tabla 3.
Variables físico-químicas y nutrientes registrados en la Laguna de Chautengo, Gro. México

Estadísticos generales	Temperatura (°C)	Salinidad (‰)	OD (mg/L)	Saturación de OD (%)	Z _s (cm)	pH	N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	N-NO ₂ (mg/L)	P-PO ₄ ³⁻ (mg/L)
Media	29.8	20.6	4.7	74.1	0.5	7.4	12.5	0.8	1.3
Desviación estándar	2.1	12.2	1.3	24.4	0.2	0.4	6.4	0.5	0.8
Coefficiente de variación	7.0	59.4	28.1	0.3	47.2	5.3	51.0	63.3	57.9
Moda	30.0	30.0	5.0	70.8	0.3	7.5	9.0	1.0	1.0
Mínima promedio mensual	26.7	17.1	2.5	30.7	0.2	6.9	10.0	0.45	0.9
Máxima promedio mensual	32.7	31.0	7.0	100.0	0.7	8.1	17.7	0.9	1.3

La estacionalidad climática anual de la zona donde se ubica la Laguna de Chautengo, está marcada por dos épocas: la de lluvias y el estiaje. Esta situación genera cambios marcados en los parámetros morfométricos, batimétricos, hidrodinámicos y físicoquímicos del agua. De acuerdo con la información proporcionada por la SARH (1968), así como los resultados encontrados en el presente trabajo, la superficie de la laguna ha disminuido en los últimos 40 años (de 1968 a 2008) en un 17.8 %; su volumen en un 32.1 %; la profundidad en un 66.4 %. Esto indica que esta laguna actualmente corresponde a un cuerpo de agua somero y en proceso avanzado de asolvamiento, lo cual esta de acuerdo con lo registrado por Stuardo y Villarroel (1976), y Martínez (1978). Debido a este proceso natural, la dinámica de la apertura de la boca ha cambiado de manera drástica, como consecuencia del asolvamiento, lo que ha ocasionado una pérdida en la capacidad de almacenamiento del vaso lagunar, que a su vez evita que se genere suficiente fuerza hidrostática para el rompimiento de la barra. De continuar esta tendencia, en algunos años, la laguna quedará per-

manentemente aislada del mar, recibiendo exclusivamente agua dulce y cambiando su dinámica hidrológica y en consecuencia sus parámetros morfométricos y batimétricos.

Por otra parte, el patrón de circulación hidrológico interno de la laguna está determinado en principio por el efecto del viento, tal como lo señaló García (1981); además, de los flujos de agua aportados por los ríos Nèxpa y Cópala, y la influencia restringida de las mareas cuando la boca se encuentra abierta (Contreras y Zabalegui, 1991). La velocidad de las corrientes internas de la laguna es heterogénea, presentando una velocidad media anual de 1.9 m/min. Se observó que las velocidades máximas desarrolladas fueron de 6.9 a 7 m/min, cerca de la boca de la laguna con dirección al mar, especialmente durante el periodo en que se mantuvo la barra abierta, lo cual indica la clara influencia de las mareas y de la dinámica hidrológica interna que se presenta durante el periodo en que se encuentra abierta la boca.

Con respecto a las variables físico-químicas del agua de la laguna, la transparencia del agua se mantuvo en promedio en un

57% de la columna de agua, porcentaje similar a lo reportado por Built y Díaz-Avalos (2009) en este sistema. Sin embargo, esto mostró un incremento con respecto a los niveles registrados anteriormente por Mandelli y Vázquez-Botello (1976) en esta laguna; el comportamiento de este parámetro se encuentra relacionado con el aporte de sedimentos acarreados por los ríos tributarios, con los escurrimientos locales de las zonas altas ubicadas en el extremo Norte del vaso lagunar durante el periodo de lluvia, con la influencia de los vientos, las mareas y la circulación en general, además, de la poca profundidad del cuerpo de agua que favorece la resuspensión de sedimentos no consolidados del fondo. La máxima transparencia del agua al interior de la laguna, se alcanzó en los meses de marzo a abril que corresponde a la época de finales del estiaje y la mínima en el mes de septiembre, que corresponde al final de la época de lluvias y a la apertura de la boca. En los márgenes centrales de la barrera y junto a la boca, la transparencia del agua fue total.

Con respecto a la temperatura del agua Mandelli y Vázquez-Botello (1976), encontraron variaciones de temperaturas en un intervalo que van de 29.3 °C a 32.9 °C en el periodo de clausura de la boca; después de que se abre la boca la temperatura del agua descienden ligeramente de 31.8 °C a 28.6 °C, este comportamiento de la temperatura cuando se abre y cierra la boca está de acuerdo con lo encontrado por Built y Díaz-Avalos (2009). La distribución espacio-temporal de la temperatura del agua en la laguna está influenciada por diversos factores, tales como la acción de los vientos, el periodo de insolación, la circulación local, las variaciones de sus volúmenes de agua y los periodos de lluvias y de estío. No se observó una estratificación o discontinuidad térmica, ya que la diferencia entre los valores medios de temperatura de la superficie y el fondo de la columna de agua fue de tan solo 0.23 °C. Estos datos indican que la Laguna de Chautengo mantiene a lo largo del año valores altos de temperatura y la columna de agua se mantiene con una mezcla continua a lo largo del año, lo que favorece las condiciones para el desarrollo de la fauna y flora acuática.

La salinidad mostró un comportamiento heterogéneo en espacio y tiempo, que estuvo condicionada por la mezcla de agua de las descargas de agua dulce de los ríos Néxpa y Cópala y al flujo de mareas durante el periodo en que se mantuvo la barra abierta. Las mayores concentraciones de salinidad se ubicaron en el extremo occidental y en las inmediaciones de la boca e islas de la laguna, que fueron en general las más influenciadas por el mar durante el periodo en que se mantuvo la barra abierta. Así mismo, se registraron estratificaciones salinas parciales en las áreas de mayor profundidad de la laguna que se caracterizaron por presentar una escasa circulación de la columna de agua y donde los valores de salinidad fueron mayores por efecto de la evaporación, y en la boca donde se observaron cuñas de sal. En el mes de septiembre, el agua de la laguna fue preponderantemente oligohalina, cambiando de polihalina a eurihalina del mes de noviembre a marzo. En términos generales, la salinidad respondió de una manera directa a la dinámica propia de los eventos de clausura y apertura de la boca de comunicación con el mar, y a los aportes continuos de agua dulce de los ríos tributarios, especialmente en la época de lluvias.

El contenido de oxígeno disuelto en la columna de agua de la laguna presentó un comportamiento heterogéneo con un valor promedio de 4.7 mg/L; así mismo, se observó una diferencia pequeña entre la superficie y el fondo de 0.93 mg/L. Se registró una disminución en el contenido de oxígeno disuelto (menor de 3 mg/L) en el mes de febrero en el extremo Oriental de la laguna. El área occidental y la boca de la laguna, fueron las áreas con valores más altos de oxígeno disuelto principalmente esta última y su área adyacente, donde los niveles de OD variaron en un intervalo promedio de 4.8 a 5.8 mg/L. La saturación de oxígeno se encontró dentro de los límites considerados favorables (mayor del 70 %) para la supervivencia y crecimiento de los organismos acuáticos en ambientes naturales (De la Lanza, 1998).

El comportamiento espacio-temporal del pH fue relativamente uniforme y similar al reportado en estudios similares (Mandelli y Vázquez-Botello, 1976). Sus promedios fluctuaron entre 7.0 a 7.7 unidades. Los niveles más altos, se ubicaron principalmente en el área Oriental y en el margen Norte de la laguna.

El amonio, los nitritos y los ortofosfatos, presentaron una variación espacio-temporal heterogénea. Las concentraciones registradas fueron mayores que las determinadas por Mandelli y Vázquez-Botello (1976) y las máximas para nitritos y ortofosfatos, se registraron en septiembre y para el amonio en el mes de mayo. Con respecto a otros estudios realizados en esta laguna, los niveles registrados de amonio (NH_4^+) en el presente estudio se pueden considerar elevados (12.5 mg/L). Su distribución espacio temporal fue heterogénea y los niveles más altos se localizaron en áreas marginales con abundante vegetación y poca circulación. Los nitritos presentaron una distribución espacial uniforme en septiembre y heterogénea en marzo. En el caso de los ortofosfatos solubles (PO_4^{3-}) su distribución fue más uniforme con respecto al amonio y los nitritos. Los

niveles encontrados fueron más heterogéneos en febrero y uniformes en marzo.

Finalmente, se encontró que las características morfobatimétricas registradas en la Laguna de Chautengo, estuvieron influenciadas por los procesos continentales, marinos y el efecto de la actividad humana sobre este ecosistema mediante la pérdida de hábitats críticos y superficies vegetales principalmente manglares, los cuales han contribuido aceleradamente en sus cambios, no obstante a pesar de ello la laguna sigue manteniendo condiciones adecuadas para el desarrollo de la fauna y flora y mientras la laguna presente la apertura anual de la boca, conservará sus características lagunares propias, así como la relación de la diversidad de la biota y su funcionamiento (Danovaro y Pusceddu, 2007) disponibles para las pesquerías y acuicultura. En este sentido, para prolongar su nivel de vida medio, se hace necesario desasolver la laguna y abrir la boca de manera artificial, para mantener su carácter hidrológico, mantener su flora y fauna y conservar los niveles de producción pesquera.

Literatura citada

- Aparicio FJM. Fundamentos de hidrología de superficie. México, D. F.: Limusa, 1997. 303.
- Agraz-Hernández C, Noriega-Trejo R, López-Portillo J, Flores-Verdugo F, Jiménez-Zacarías J. Guía de campo. Identificación de los Manglares en México. Universidad Autónoma de Campeche 2006; 45.
- Bulit C, Díaz-Ávalos C. Patrones de diversidad de ciliados del plancton en la laguna de Chautengo, Guerrero, México. *Hidrobiológica* 2009; 19: 109-118.
- Campos DFA. Procesos del Ciclo Hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí 1992; 2a reimpresión. 876.
- Contreras-Espinosa F, Warner BG. Ecosystem characteristics and management considerations for coastal wetlands in Mexico. *Hidrobiológica* 2004; 511: 233-245.
- Contreras E, Zabalegui M. Hidrología, nutrientes y productividad primaria en la laguna La Joya Buenavista, Chiapas, México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México* 1991; 18: 207-215.
- Danovaro R, Pusceddu A. Biodiversity and ecosystem functioning in coastal lagoons: Does microbial diversity play any role? *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 2007; 75: 4-12.

- De la Lanza Espino G. Aspectos fisicoquímicos que determinan la calidad del agua. In: Martínez Córdova L.R. (Ed). *Ecología de los Sistemas Acuícolas*. AGT EDITOR, S.A. México 1998; 4-24.
- Escofet A. Marco operativo de macro y mesoescala para estudios de planeación de zona costera en el Pacífico Mexicano. In: ARRIAGA RIVERA E., VILLALOBOS, G., AZUZ ADEATH, I. and ROSADO MAY F. (Eds.). *El Manejo Costero en México*. Epomex, Cetys, UQroo and SEMARNAT. México. 2004: 223-233.
- Estrada EJM. Laboratorio de cartografía. México D.F: Trillas, 1988. 180.
- García C. Moluscos en un sistema lagunar tropical en el sur del Golfo de México (Laguna de Términos, Campeche). *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México* 1981; 5: 1-82.
- Knoppers B. Aquatic primary production in coastal lagoons. In: Kjerfve B. (Ed.). *Coastal lagoon processes*. Elsevier Oceanographic Series, Amsterdam 60, 1994: 243-286.
- Lankford RR. Descripción general de la zona costera de Guerrero y Michoacán (Informe de la etapa del programa uso de la zona costera de los Estados de Michoacán y Guerrero, México).
- Secretaría de Recursos Hidráulicos, Comisión del Río Balsas y Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ciencias del Mar y Limnología (Contrato de estudios No. OC-E-03-73). 1974.
- Mandelli EF, Vázquez-Botello A. Subprograma de Hidrología (Informe final de la 3a etapa del estudio sobre el uso de la zona costera de los Estados de Michoacán y Guerrero, México). Secretaría de Recursos Hidráulicos, Comisión del Río Balsas, y Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ciencias del Mar y Limnología (Contrato de estudios No. OC-E-03-74) 1976.
- Martínez AG. Distribución y variación estacional del zooplancton en cinco lagunas costeras del Edo. de Guerrero. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México* 1978; 5: 201-214.
- Nixon SW. Nutrient dynamics, primary production and fisheries yield of lagoons. *Oceanologica Acta* 1982; 4: 357-371.
- Nixon SW. Remineralization and nutrient cycling in coastal marine ecosystems. In: Neilson B.J. & L. E. Cronin (Eds.), *Estuaries and nutrients*. Humana Press, 1981, 111-138; Clifton, New Jersey.
- Pauly D & Murphy GI (eds). *Theory and management of tropical fisheries*. Proceedings of the ICLARM/CSIRO Workshop on the theory and management of tropical multispecies stocks, January 1981. In: ICLARM Conference proceedings, 1982. 9: 360.
- Porfirio MM. Contribución al conocimiento de la pesquería y algunos aspectos de la dinámica poblacional de la lisa blanca *Mugil curema* (Valenciennes 1836) en la Laguna de Chautengo Guerrero (Tesis de Licenciatura). Guerrero, México: Escuela Superior de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, 1996.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH). Boletín hidrológico número 18 1968; 78.

- Strickland JDH, Parsons TR. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canadá 1972; 311.
- Stuardo J, Villarroel M. Aspectos ecológicos y distribución de los moluscos en las lagunas costeras de Guerrero México. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México 1976; 3: 65-92.
- Torres RO, García JLC. Introducción al Manejo de Datos Limnológicos. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México D. F. 1995; 130.
- Vázquez AB. Variación de los parámetros hidrológicos en las épocas de sequía y lluvias (mayo y noviembre de 1974) en la laguna de Términos Campeche, México. Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México 1978; 5: 159-178.
- Yáñez AA. The occurrence, diversity, and abundance of fishes in two tropical coastal lagoons with ephemeral inlets on the pacific coast of Mexico. UNESCO Technical Papers of Marine Science 1981; 33: 233-260.
- Yáñez AA, Lara ALD, Pauly D. Coastal lagoons and fish habitats. In: Kjerfve B. (Ed.). Coastal lagoon processes. Elsevier Oceanographic Series, Amsterdam, 60 1994; 363-376.