

Revista de la Universidad del Zulia



Fundada en 1947
por el Dr. Jesús Enrique Lossada

Ciencias
Exactas,
Naturales y
de la Salud

70
ANIVERSARIO

Año 8 N° 21
Mayo - Agosto 2017
Tercera Época
Maracaibo - Venezuela

Evolución en la morfología de la laguna Las Peonías: 1979–2016

*Andreina Fernández * ** ****

*Julio César Marín **

*Ángel Corona ****

*Janett Flores ****

*Ivangellys González ****

*Renny Perozo ****

RESUMEN

La laguna Las Peonías es un ecosistema costero eutrófico perteneciente al Parque Metropolitano Las Peonías del estado Zulia (Venezuela). Su espejo de agua se conecta con el Lago de Maracaibo a través del caño Araguato y sirve de hábitat para un numeroso grupo de especies vegetales y animales. En ella se reciben descargas no controladas de aguas servidas provenientes de las cuencas de las cañadas Fénix e Iragorri, las cuales incluyen desechos tanto domésticos como industriales. En la actualidad no existen planes de recuperación y manejo de este ambiente, si bien se emplea frecuentemente con fines recreativos y turísticos. Debido a la inexistencia de parámetros morfológicos actualizados de la laguna, la presente investigación tuvo como objetivo describir la evolución en la morfología en la laguna Las Peonías, mediante mediciones de campo y datos históricos referenciales para el periodo 1979-2016. En este sentido,

*Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (DISA), Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia, apartado postal 526, Maracaibo 4011-A, Venezuela. , E-mail: andreina.fernandez@fing.luz.edu.ve

**Centro de Investigación del Agua (CIA), Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia.

***Departamento de Hidráulica, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia.

se empleó el programa computarizado AutoCAD, imágenes satelitales de Google Earth y mediciones in situ para generar un plano georeferenciado y poder realizar las estimaciones morfométricas actuales. Las variables determinadas con datos de campo fueron: área del complejo lagunar y del espejo de agua, profundidad media y máxima de la laguna y del caño Araguato, volumen y longitud máxima de la laguna. Al relacionar los datos actuales con los reportes históricos de la laguna, se evidencia que las profundidades han aumentado cerca de 50%, al igual que su área y volumen en un 34 y 47%, respectivamente. El caño Araguato exhibe un proceso de erosión en los últimos 37 años, con el aumento de su profundidad media hasta los 4,00 m. Las modificaciones metodológicas durante los procesos de medición de las variables entre 1979 y 2016, también han podido intervenir en las variaciones observadas. Los datos morfológicos recopilados pueden servir de referente para la estimación de balances hídricos de la cuenca, así como en el desarrollo de planes de recuperación y gestión de este cuerpo de agua.

PALABRAS CLAVE: batimetría; cuenca; Lago de Maracaibo; laguna costera; variación temporal.

Evolution of the morphology of Las Peonías lagoon: 1979–2016

ABSTRACT

Las Peonías lagoon is a eutrophic-coastal ecosystem belonging to the Las Peonías Metropolitan Park of Zulia state (Venezuela). The lagoon's water mirror is connected to Lake Maracaibo through the Araguato channel and serves as habitat for a large group of plant and animal species. It receives uncontrolled discharges of sewage from the basins of the Fénix and Iragorri glens, which include both domestic and industrial waste. At present, this environment does not have recovery and management plans, although it is frequently used for recreational and tourist purposes. Due to the lack of updated morphological parameters of the lagoon, the present research aimed to describe the temporary evolution in the morphology at the Las Peonías lagoon, by means of field measurements and historical reference data for the period 1979–2016. In this sense, the computerized program AutoCAD, satellite images from Google Earth

and in situ measures were used to generate a georeferenced map and be able to make the current morphometric estimates. The variables determined with field data were: lagoon complex and water mirror area, average and maximum depth of the lagoon and the Araguato channel, volume and maximum length of the lagoon. When relating the current data with the historical reports of the lagoon, it is evident that the depths have increased close to 50%, as well as its area and volume in 34 and 47%, respectively. The Araguato channel exhibits an erosion process in the last 37 years, with an increase in its average depth to 4.00 m. The methodological changes during the measuring process of variables between 1979 and 2016 have also been able to intervene in the observed variations. The morphological data collected can serve as a reference for the estimation of water balances in the basin, as well as in the development of recovery and management plans of this body of water.

KEYWORDS: bathymetry; basin; Lake Maracaibo; coastal lagoon; temporary variation.

Introducción

El inadecuado uso de los recursos naturales y el efecto de los procesos físico-geográficos y socio-económicos, alteran la organización de los diferentes elementos que conforman el medio ambiente y por ende la integridad de los ecosistemas acuáticos. En este contexto, las investigaciones enfocadas en la región litoral han despertado gran interés debido a la ocurrencia de cambios morfológicos asociados, tanto a causas naturales como al desarrollo de diversas actividades antrópicas. Diariamente las altas densidades humanas generan desequilibrios importantes y un significativo aumento de la explotación de las zonas litorales con fines recreativos, mineros y pesqueros, coartando el interés por la conservación del ambiente y de los recursos naturales en general (Rangel-Buitrago y Melfi, 2013; Peña-Cortés *et al*, 2014; Chávez *et al*, 2017).

De los ecosistemas acuáticos litorales, las lagunas costeras presentan características particulares, ya que se encuentran en esta zona de transición entre la tierra y el agua, manteniendo una comunicación permanente o temporal con el mar, además de estar conectadas o no a sistemas de agua dulce (Burke *et al*, 1988; de la Lanza *et al*, 2013; Cury *et al*, 2017). Dichos sistemas comprenden una gran variedad de formas y ambientes envolviendo un sin fin de organismos que determinan su ecología, tales como: aves residentes y migratorias, mamíferos terrestres y acuáticos, anfibios, reptiles, peces y muchos más, los cuales encuentran en este hábitat un sitio acogedor, cuya vegetación y fauna constituyen su fuente de alimentación y protección. Asimismo, sufren el efecto de las numerosas actividades humanas que se

desarrollan en sus adyacencias, ocasionando altos índices de contaminación ambiental, atentando contra la preservación, reproducción y sostenimiento de estos organismos que hacen vida en ellas (Delgado *et al*, 1992; Medina y Barboza, 2006; Cury *et al*, 2017).

En la cuenca del Lago de Maracaibo se ha identificado un conjunto de sistemas lagunares que requieren ser protegidos, conservados y manejados por la variedad de servicios ecológicos que prestan. Entre estas se encuentra la laguna Las Peonías; enmarcada dentro de la zona protectora del área metropolitana de Maracaibo (ICLAM, 1988), representando un componente vital para el área protegida Parque Metropolitano Las Peonías. No obstante, este ecosistema presenta una problemática ambiental creciente por las continuas invasiones y sobrepoblación en zonas cercanas al mismo, generando como consecuencias el enriquecimiento de sus aguas con nutrientes, así como la alteración general de sus condiciones tróficas (ICLAM, 2000). Actualmente, los aportes de agua que se identifican en su cuenca están representados por las cañadas Fénix e Iragorri, aguas de lluvia y mareas altas de la bahía El Tablazo a través del caño Araguato, considerándose este último un cauce esencial en el mantenimiento del sistema ecológico (Pernalet *et al*, 1979).

Entre los factores determinantes para el entendimiento de la dinámica ambiental, procesos ecológicos y regímenes hidráulicos de los cuerpos acuáticos, se encuentran los aportes de agua y morfología del sistema. La caracterización morfométrica de la cuenca debe ser el punto de partida de las investigaciones limnológicas y ambientales. A partir de esta se puede determinar la ubicación de las estaciones de recolección de manera metódica y adicionalmente generar una idea general sobre el funcionamiento del ecosistema, teniendo en cuenta las áreas de interfase agua-aire y agua-sedimento (Montoya-Moreno, 2005). En tal sentido, el conocimiento que se posee sobre la evolución geomorfológica de la laguna Las Peonías y del comportamiento de su vaso hidráulico es relativamente escaso, lo cual se considera indispensable para el desarrollo de planes de recuperación y preservación ambiental de la misma, permitiendo identificar factores actuales de su cuenca para el manejo y gestión del recurso hídrico, mejorando así el aprovechamiento ecológico y turístico.

Por lo anteriormente expuesto, esta investigación tuvo como objetivo general describir la evolución en la morfología en la laguna Las Peonías, mediante mediciones de campo y datos históricos referenciales para el periodo 1979-2016, con la finalidad de establecer las características físicas actuales de su cuenca; pudiendo servir de base en el establecimiento de la dinámica hidráulica y ecológica de este importante recurso acuático de la región zuliana.

1. Metodología

1.1. Área de estudio

La laguna Las Peonías está ubicada entre los municipios Mara y Maracaibo del estado Zulia (Venezuela), comprendida entre las coordenadas geográficas: $10^{\circ}44'13,85''$ y $10^{\circ}45'55,00''$ de latitud Norte y entre $71^{\circ}38'11,85''$ y $71^{\circ}41'06,56''$ de longitud Oeste. Tiene una superficie de 2.172 ha, de las cuales 612 ha corresponden al cuerpo de agua (figura 1). El área superficial es de aproximadamente 600 ha, con una profundidad media de 65 cm y una cuenca hidrográfica de 5.000 ha. El relieve es plano, con alturas que varían de 0 a 20 m, zonas anegadizas, orillas de playones, lagunas e islotes que están bajo constante acción de las aguas del lago (ICLAM, 1988; ICLAM, 2005; González *et al.*, 2012).



FIGURA 1. Imagen de laguna Las Peonías, estado Zulia, Venezuela.

Las Peonías es considerada una laguna eutrófica costera poco profunda (Acevedo y Cañas, 1980; ICLAM, 1988), situada en tierra firme y separada parcialmente de la bahía El Tablazo (Lago de Maracaibo) por una barrera litoral (figura 1), ofreciendo canales estrechos, principalmente el caño Araguato, que permiten su comunicación con el lago, de acuerdo a las variaciones de la marea y manteniendo un régimen fluctuante de salinidad y una alta productividad biológica (González, 2008).

1.2. Períodos de estudio

En la tabla 1 se detallan los períodos de estudio considerados en el presente trabajo para describir la evolución temporal en la morfología de la laguna, con base en datos de campo e históricos referenciales. Para la recolección de los datos actuales, se realizaron 18 visitas de campo, durante las cuales se registraron informaciones de la batimetría y levantamiento de las condiciones físicas. Estos datos se obtuvieron entre el 22-01-2014 y 16-03-2016.

TABLA 1. Períodos de estudio considerados para describir la evolución temporal en la morfología de la laguna Las Peonías: 1979-2016.

Periodo	Año de medición		Variables estudiadas	Referencia
I	1979	-	- Área del complejo lagunar	M.A.R.N.R. (1979)
II	1980	-	- Profundidad media en la laguna	Acevedo y Cañas (1980)
		-	- Profundidad media y máxima en caño Araguato	
III	1987	-	- Área de la laguna	ICLAM (1988)
		-	- Volumen de agua de la laguna	
		-	- Profundidad media y máxima en la laguna	
		-	- Profundidad media y máxima en caño Araguato	
IV	2006	-	- Profundidad media en la laguna	González (2008)
V	2015	-	- Área de la laguna	Corona (2016)
		-	- Área de la cuenca de la cañada Iragorri	
		-	- Área de la cuenca de la cañada Fénix	
		-	- Caudal de la cañada Fénix	
		-	- Caudal de la cañada Iragorri	
		-	- Longitud de la laguna	
VI	2014-2016	-	- Área del espejo de agua	Presente estudio
		-	- Área del complejo lagunar	
		-	- Volumen de la laguna y del caño Araguato	
		-	- Profundidad media y máxima en la laguna	
		-	- Profundidad media y máxima en caño Araguato	
		-	- Longitud y perímetro de la laguna	

1.3. Caracterización morfológica de la laguna

Se determinaron los diferentes elementos que abarcan la morfología de la laguna, específicamente los siguientes: profundidad media del cuerpo de agua, área del espejo de agua y del complejo lagunar, longitud máxima, perímetro y volumen. Para ello, se procedió de la siguiente manera:

- Mediciones de batimetría en campo: se obtuvieron las profundidades de distintos puntos de la laguna, además del perfil de profundidades en una sección transversal del caño Araguato. Al obtener todas las profundidades, se pudo registrar la profundidad máxima, tanto de la laguna como del caño, además de calcular la profundidad media.
- Perímetro, área del espejo de agua y longitud máxima: con el programa computarizado AutoCAD se dibujó el contorno de la laguna, mediante el uso de imágenes satelitales capturadas de Google Earth (Autodesk, 2006). Además, se colocaron las profundidades de cada punto de coordenada por medio de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS), obtenidas de la batimetría. Luego, se consiguió el perímetro y el área del espejo de agua, aplicando el comando *área*; así como la longitud, trazando una línea recta desde los 2 puntos más alejados de la laguna, con el comando *L* para línea, y finalmente *dist* para obtener la distancia (Álvarez, 2008).
- Estimación de volúmenes: se obtuvo mediante el producto del *área por la* profundidad media de la laguna y del caño Araguato, en concordancia con la metodología utilizada por ICLAM (1988), cuyos datos fueron obtenidos del programa computarizado AutoCAD a partir del plano batimétrico.

1.4. Levantamiento batimétrico

Para conocer las profundidades de la laguna se realizó una serie de mediciones en campo, donde primeramente se ubicó el ecosistema usando Google Earth, para obtener de allí imágenes de pantalla que sirvieran de fotografías. Dichas imágenes se llevaron a un programa de diseño asistido por computadora (AutoCAD), superponiéndose organizadamente para mantener la forma integral de la laguna (figura 2).

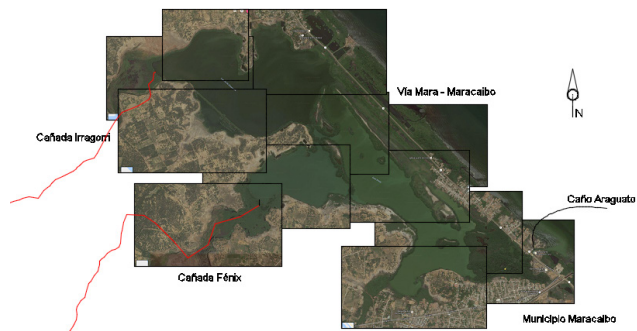


FIGURA 2. Imágenes satelitales superpuestas para componer el área de estudio: laguna Las Peonías, a partir de Google Earth.

Luego de obtener la imagen final con la superposición de las imágenes individuales, se empleó el programa AutoCAD para dibujar el contorno de la laguna, y de la misma manera el espejo de agua, además de la vialidad que pasa por encima de ella; conocida como puente de Puerto Caballo. De esta manera, se consideraron las coordenadas UTM 19 de cuatro puntos estáticos ubicados en el borde de este puente, situados con un GPS, con la finalidad de poder localizarlas en el plano elaborado en AutoCAD, para finalmente escalarlo y obtenerlo de forma georeferenciada, lográndose que todas las coordenadas tomadas dentro de la laguna correspondieran de manera real a dicho plano (figura 3).

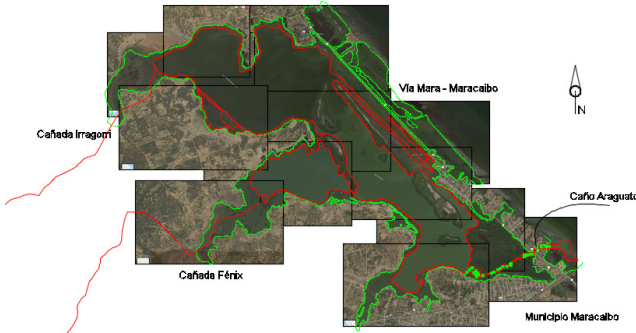


FIGURA 3. Imagen georeferenciada de la laguna Las Peonías, a partir del plano elaborado en el programa AutoCAD.

Posteriormente, se construyó en el plano una cuadrilla de 200 m de separación entre ejes (figura 4), con la intención de conocer y registrar las coordenadas de las intersecciones de dichos ejes, obteniéndose 266 puntos dentro de la laguna y 64 puntos a lo largo del caño Araguato. Cuando se obtenía poca precisión en la cuadrícula de ejes, particularmente en el segmento del caño Araguato, se aplicó un sistema de posicionamiento libre, según lo recomendado por Álvarez (2008).

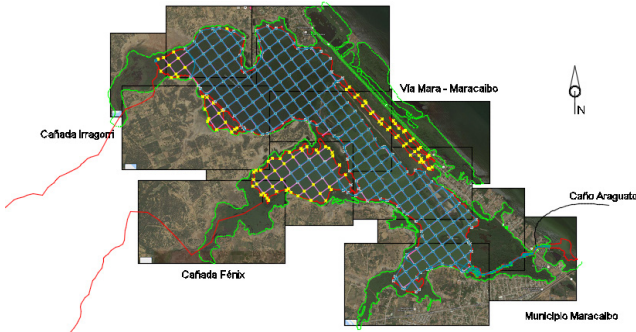


FIGURA 4. Cuadrilla para la ubicación de coordenadas UTM 19 en la laguna Las Peonías.

En las mediciones de campo, usando de referencia la cuadrícula la de la figura 4, se aplicó el método de columna blanca descrito por Bracho (2003) y González (2008), mediante desplazamientos en el espejo de agua sobre una lancha a motor. Las medidas de profundidad en cada punto o intersección de los ejes se hicieron con una columna graduada de 6 m, elaborada a partir de un tubo de PVC, para asegurar que tocara el fondo del sistema. Estas medidas fueron posteriormente incluidas en el plano digitalizado. Considerando que las mediciones de profundidades se realizaron en días diferentes, fue necesario relacionar dichas profundidades con un mismo nivel de marea, corrigiendo así el nivel de agua para asegurar que todas las profundidades obtenidas estuviesen estimadas para un mismo nivel de referencia.

1.5. Variación morfológica en la laguna

La variabilidad en la morfológica de la laguna Las Peonías estuvo determinada primeramente por el cálculo y obtención de los valores asociados a los parámetros físicos que definen esta variable, los cuales fueron: área, volumen, longitud máxima, así como los involucrados en el conocimiento de su vaso hidráulico, es decir, las profundidades a lo largo de toda su extensión. Finalmente, los cambios observados en el tiempo permitieron describir dicha variación (1979-2016), en función de las referencias bibliográficas consultadas (tabla 1).

2. Resultados y discusión

2.1. Caracterización morfológica actual de la laguna Las Peonías

2.1.1. Batimetría

De la medición de las profundidades en el área de la laguna Las Peonías, se obtuvo una profundidad media de $0,91 \pm 0,32$ m; la cual representa la altura media de este cuerpo de agua, desde el fondo hasta la superficie, sin considerar los sedimentos y tomando en cuenta los cambios de marea. Adicionalmente, en la estadística descriptiva se observó que la profundidad máxima fue de 1,60 m y la mínima de solo 15 cm (bordes de la laguna). Estos resultados son similares a los reportados por Herrera y Comín (2006) para ocho lagunas costeras someras de Yucatán (México), con profundidades entre 0,6 y 2,5 m.

En la figura 5 se presenta la laguna Las Peonías con la localización de algunas secciones transversales y longitudinales en su vaso hidráulico,

con la finalidad de mostrar su altura máxima en las diferentes ubicaciones. Cada una de estas secciones presentó profundidades máximas diferentes: primeramente en el corte realizado según el eje A-A (figura 6), se observó una altura máxima de 0,80 m; a diferencia del corte B-B (figura 7), cuya máxima altura fue de 0,90 m; siendo ambos cortes longitudinales (figura 5), lo cual aporta evidencias de la relativa heterogeneidad morfológica del fondo de este cuerpo de agua.

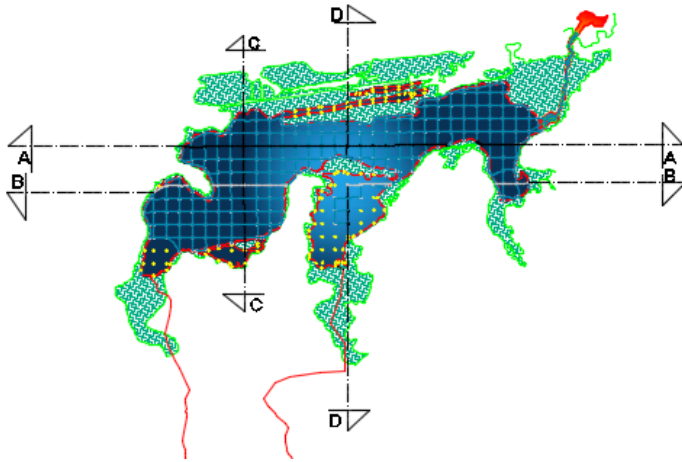


FIGURA 5. Secciones establecidas para los cortes transversales y longitudinales en la laguna Las Peonías. El color azul cuadrículado representa el espejo de agua de la laguna y el celeste texturizado la zona de manglar.

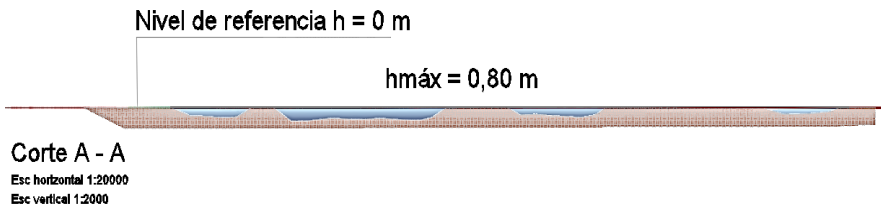


FIGURA 6. Corte longitudinal A-A en la laguna Las Peonías, señalado en la figura 5.

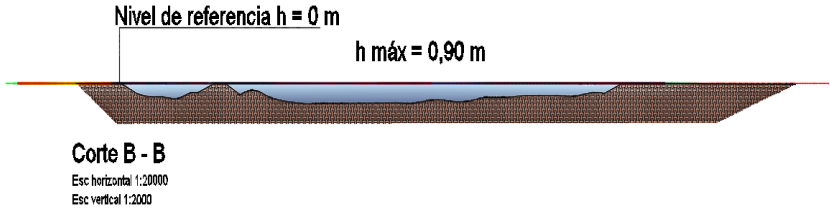


FIGURA 7. Corte longitudinal B-B en la laguna Las Peonías, señalado en la figura 5.

Por otra parte, al considerar los cortes transversales C-C (figura 8) y D-D (figura 9), las alturas máximas obtenidas fueron de 0,90 y 1,15 m, respectivamente, siendo esta última la mayor de las cuatro alturas máximas en los cortes establecidos.

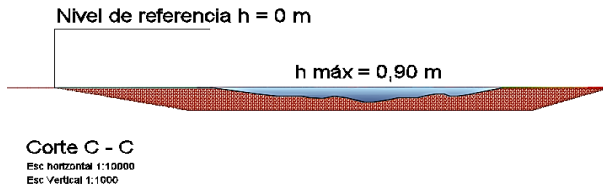


FIGURA 8. Corte transversal C-C en la laguna Las Peonías, señalado en la figura 5.

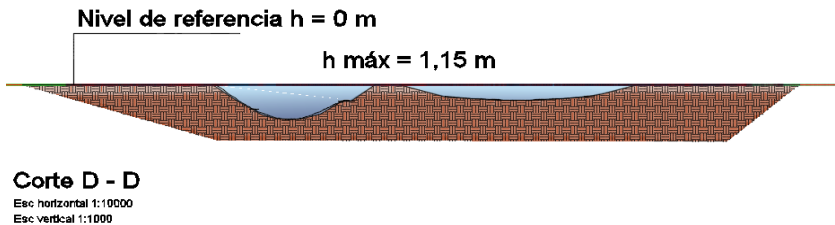


FIGURA 9. Corte transversal D-D en la laguna Las Peonías, señalado en la figura 5.

En el caño Araguato se encontraron las mayores profundidades para este ecosistema, ya que es el lugar donde se da el intercambio con el Lago de Maracaibo, resultando en una profundidad media de $1,92 \pm 0,79$ m; mientras que los valores mínimo y máximo se ubicaron en 0,90 y 4,00 m, respectivamente. Al respecto, en la figura 10 se presenta un corte longitudinal en el caño Araguato, el cual refleja su profundidad máxima.

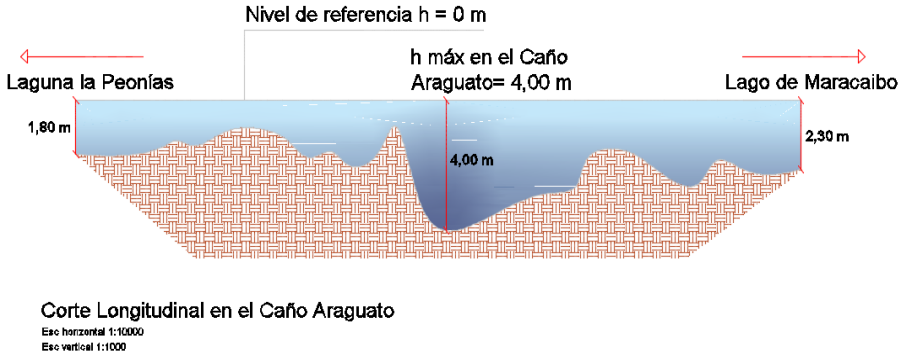


FIGURA 10. Corte longitudinal en el caño Araguato de la laguna Las Peonías.

La configuración del vaso hidráulico de la laguna, mediante la batimetría realizada, se detalla en la figura 11. Este plano en 3D muestra los puntos medidos efectivamente, pudiendo notarse las zonas donde las profundidades fueron mayores, particularmente hacia el centro de la misma y en el caño Araguato.

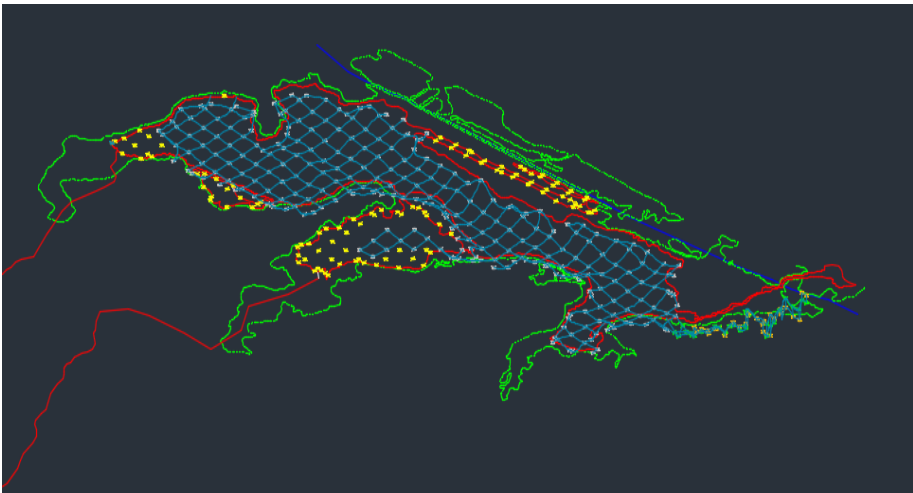


FIGURA 11. Plano batimétrico 3D de la laguna Las Peonías obtenido en AutoCAD, de acuerdo con las mediciones realizadas en el presente estudio. La línea verde define el complejo lagunar, la línea roja delimita el espejo de agua, el cuadrículado azul indica el fondo de la laguna que representa el vaso hidráulico.

2.1.2. Morfología

De acuerdo con las mediciones de campo realizadas, la laguna Las Peonías actualmente posee un área extensa de aproximadamente 844 ha (figura 12), de las cuales el 96% corresponden al área ocupada por el espejo de agua (figura 13), es decir, 811 ha aproximadamente. Dicha proporción es semejante a la encontrada por Rendón-Dircio *et al*, (2012) en la laguna costera de Chautengo, Guerrero (México), la cual fue de 91%.



FIGURA 12. Área total delimitada por la laguna Las Peonías, empleando el programa AutoCAD. El color gris-turquesa texturizado representa el área ocupada por los manglares y el blanco interno el espejo de agua de la laguna.



FIGURA 13. Área delimitada por el espejo de agua en la laguna Las Peonías, empleando el programa AutoCAD. El color azul representa el espejo de agua de la laguna y el rojo-amarillo el espejo de agua en el tramo del caño Araguato.

Los volúmenes de las masas de agua en la zona interna de la laguna (figura 12) y en el caño Araguato (figura 13), correspondieron a 5,90 y 0,28 Mm³; respectivamente. A partir de estos valores se evidencia la importante diferencia entre cada una de las secciones descritas, como resultado de la magnitud de las áreas con relación a la profundidad media. En el caso del caño Araguato, aunque su profundidad media sobrepasa el doble de la profundidad media de la laguna interna, la cantidad de agua que puede almacenar es mucho menor, como consecuencia del espacio físico que posee en comparación con el área de la laguna. Al relacionar dichas magnitudes, se observa que el volumen de la laguna interna representa un 96%, mientras que el caño es solo un 3% del volumen total del cuerpo de agua.

Otros de los factores físicos que se pudieron determinar en la laguna utilizando el programa AutoCAD fueron la longitud máxima o axial, la cual resultó de 8,7 Km; y la línea de costa o perímetro, que fue de 21,12 Km. En tal sentido, la longitud axial de esta laguna resulta comparable a la encontrada en la laguna costera de Chautengo (México) por Rendón-Dircio *et al* (2012), con un valor de 10 Km.

2.2. Evolución temporal en la morfológica de la laguna

En la tabla 2 se presenta la variabilidad temporal en la morfología de la laguna Las Peonías, considerando los períodos de estudio incluidos en el presente trabajo. Estos datos develan cambios evidentes de los valores reportados en los diferentes trabajos, con respecto a los encontrados en la actualidad. Variables como el área del complejo lagunar, profundidad media y máxima del caño Araguato, volumen y longitud máxima de la laguna, denotaron un aumento progresivo, mientras que la profundidad media y máxima en la laguna, redujeron sus dimensiones. Al respecto, Herrera y Comín (2006) en el caso de las lagunas costeras de Yucatán (México), indicaron una clara variabilidad intra-laguna, tanto espacial como temporal, debido a la conectividad y los controles mar-tierra/tierra-mar dados a través de los aportes de agua dulce y marina, de la magnitud de las descargas de los manantiales marinos, así como de la intensidad de las corrientes y amplitud de las mareas. Otro factor que ha podido determinar las diferencias morfológicas entre los diferentes periodos estudiados, corresponde a los métodos de estimación de las distintas variables físicas.

TABLA 2. Variabilidad temporal de la morfología en la laguna Las Peonías para el período 1979-2016.

	Variable I II 1979 1980	Período*				
		III 1987	IV 2006	V 2015	VI Presente estudio	
	Complejo lagunar (ha)	632			639	844
Área	Cuenca Iragorri (Km ²)				488,94	88,32
	Cuenca Fénix (Km ²)				149,83	42,89
	Media	Laguna	0,61	0,67	0,95	0,91
Profundidad (m)	Caño			1,15		1,60
	Media	Laguna	1,2	2,5		1,92
	Máxima	Caño	3	3,5		4,00
					4	5,90
	Volumen de la laguna (Mm ³)					5,90
	Longitud máxima de la laguna (Km)				8,4	8,70

*Los datos de los periodos corresponden a los presentados en la tabla 1.

Los factores físicos que determinan las características morfológicas de la laguna Las Peonías, varían por acciones naturales e intervención del hombre en su entorno. El área de la laguna fue uno de los elementos más notorio en su evolución (tabla 2), repostada inicialmente por el M.A.R.N.R. en 1979 con un valor de 632 ha y generando un aumento del 34% con relación al tamaño actual de 844 ha. Este incremento puede indicar de cierta manera los cambios desarrollados en el cuerpo de agua durante los últimos años, al ocupar una mayor extensión de los espacios que no eran considerados como parte de este complejo lagunar. Similarmente, en función de las variaciones históricas, se puede decir que el volumen de la laguna ha aumentado un 47% entre 1987 y 2016 (tabla 2).

Los resultados también muestran que las profundidades medias en la laguna Las Peonías han fluctuado en el tiempo (tabla 2): 0,61 m (Acevedo y Cañas, 1980); 0,67 m (ICLAM, 1988) y 0,95 m (González, 2008); asemejándose este último valor al obtenido en el presente trabajo: 0,91±0,32 m; lo cual representa una disminución de 4% en los últimos 9 años, tal vez como resultado del arrastre de sedimentos en el fondo del vaso por eventos naturales y/o al tráfico constante de embarcaciones de pesca en la zona. La aplicación de

una ecuación de corrección que vincula la marea del momento del día inicial de medición con cada uno de los días posteriores de trabajo batimétrico, también pudo influir en estos resultados.

Fornerón *et al* (2010) en su análisis morfométrico de la laguna Sauce Grande (Argentina), detallan que las profundidades encontradas variaron entre 0,6 y 1,8 m; mostrando de esta manera que es un cuerpo de agua somero, así como en el caso de la laguna Las Peonías, lo cual la hace más sensibles al enriquecimiento en nutrientes y más vulnerable durante los períodos extremadamente secos. No obstante, la escasa relación entre el volumen y la profundidad de la laguna (profundidad media), favorece su lavado y rejuvenecimiento en periodos húmedos (Quirós, 2004).

En el caño Araguato por su parte, la profundidad media aumentó un 39% en los últimos 29 años (tabla 2), mostrando posiblemente un proceso de erosión en el mismo (Álvarez, 2008). También se observaron cambios en las profundidades máximas registradas, tanto en el cuerpo de la laguna como en el caño Araguato, aumentando un 108% en la laguna entre 1979 y 1987, pero luego disminuyendo un 23% hasta el presente estudio; mientras que en el caño la profundidad máxima registrada fue de 3 m (Acevedo y Cañas, 1980), posteriormente de 3,5 m (ICLAM, 1988) y en la actualidad alcanzó la profundidad máxima de 4,00 m; lo que favorecería el acceso a las lanchas que ingresan desde el Lago de Maracaibo. Cambios temporales notables en ecosistemas litorales también han sido reportados en otros estudios, como en el caso de la península de La Guajira, Caribe colombiano (Rangel-Buitrago y Melfi, 2013), debido principalmente a tendencias erosivas en los últimos 25 años, resultantes de factores ligados a la intervención antrópica, tales como: modificación de cuencas, construcción inadecuada de obras de defensa y cambios drásticos en el uso del suelo.

Finalmente, todas las variaciones en la morfología de esta laguna develan la evolución de la dinámica del ecosistema en el tiempo, específicamente con respecto a los datos del presente estudio, aportando de este modo una actualización de la información física, especialmente de batimetría, la cual servirá de base para el desarrollo de investigaciones posteriores, entre los que se incluyen: balances hídricos y de nutrientes, planes de recuperación y gestión ambiental, entre otros.

Conclusiones

La descripción de las variables morfológicas en la laguna Las Peonías evidencia cambios notales, aumentando de manera general sus valores en el tiempo (área del complejo lagunar, profundidad media y máxima del caño Araguato, volumen y longitud máxima de la laguna), a excepción de la profundidad media y máxima en la laguna, las cuales han disminuido

aproximadamente 50% en los últimos 37 años, debido posiblemente a la dinámica natural de los sedimentos y a los procesos biológicos asociados.

Si bien el área y volumen de la laguna han aumentado en los últimos tiempos, es posible que resulte de una mayor extensión de los espacios que no eran considerados como parte del complejo lagunar. De igual forma, el caño Araguato muestra un proceso de erosión en los últimos años. Las distintas modificaciones metodológicas durante los procesos de medición de las variables entre 1979 y 2016, también han podido intervenir en las variaciones observadas.

A partir de las variables morfológicas y batimétricas recopiladas en el presente trabajo, fue posible construir una base de datos con información geográfica y batimétrica actual de la laguna, pudiendo servir de referente para la estimación de balances hídricos en su cuenca, así como en el desarrollo de planes de recuperación y gestión de este cuerpo de agua.

Referencias

- Acevedo, L., Cañas, H. (1980). Estudio del régimen hidráulico de la laguna Las Peonías. Trabajo Especial de Grado. Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia. Venezuela. 89 p.
- Álvarez, J. (2008). Variables hidrométricas. Material didáctico de técnicas experimentales en hidráulica. Universidade da Coruña, España. Fecha de consulta: 15-02-2016. Disponible en: ftp://ceres.udc.es/master_en_ingenieria_del_agua/master%20antiguo_antes%20del%202012/Primer_Curso/Tecnicas_Experimentales_en_Hidraulica/Hidrometria/Temas/Tema_2_v2008.pdf
- Autodesk. (2006). Manual de usuario AutoCAD. Estados Unidos de América. Fecha de consulta: 22-06-2016. Disponible en: <https://latinoamerica.autodesk.com>
- Bracho, N. (2003). Optimization of faecal coliform removal performance in three tertiary maturation ponds. Tesis de doctorado. Universidad de Surrey. Inglaterra. 260 p.
- Burke, D., Meyers, E., Tiner, R. (1988). Protecting nontidal wetlands. APA Planning Advisory Service Washington, D.C. 76 p.
- Chávez, V., Mendoza, E., Ramírez, E., Silva, R. (2017). Impact of inlet management on the resilience of a coastal lagoon: La Mancha, Veracruz, Mexico. En: Martínez, M., Taramelli, A., Silva, R. (eds.), *Coastal Resilience: Exploring the Many Challenges from Different Viewpoints. Journal of Coastal Research*. Número especial 77: 51-61.
- Corona, A. (2016). Modelo hidrogeográfico de la cuenca de la laguna Las Peonías. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia. Venezuela. 99 p.
- Cury, V., Franco, F., Fonseca, A., Fontes, M., Donnangelo, A. (2017). Space time evolution of the trophic state of a subtropical lagoon: Lagoa da Conceição, Florianópolis Island of Santa Catarina, Brazil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 22(10): 1-17.

- De la Lanza, G., Ortiz, M., Carbajal, J. (2013). Diferenciación hidrogeomorfológica de los ambientes costeros del Pacífico, del Golfo de México y del Mar Caribe. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 81: 33-50.
- Delgado L., Marín H. y Apitz A. (1992). *El Zulia, su espacio geográfico*. Academia Nacional de la Historia. Universidad del Zulia y Gobernación del Estado Zulia. Banco Maracaibo. Caracas, Venezuela. 62 p.
- Fornerón, C., Piccolo, M., Carbone, M. (2010). Análisis morfométrico de la laguna Sauce Grande. *Huellas*. 14:11-30.
- González, M., Aldana, G., Saules, L. (2012). Ciclos de marea y condiciones climáticas sobre la variación del nitrógeno en la laguna Las Peonías. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*. 46(2): 137-157.
- González, M. (2008). Dominio de la marea y del régimen climatológico sobre la variación de la concentración de nutrientes y sedimento en la laguna las peonías. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia. Venezuela. 121 p.
- Herrera, J., Comín, F. (2006). Lagunas costeras de Yucatán (SE, México): Investigación, diagnóstico y manejo. *Ecotrópicos*. 19(2): 94-108.
- ICLAM. (1988). Estudio sobre el comportamiento hidrodinámico de la laguna Las Peonías. Informe técnico. Instituto para la Conservación de la Cuenca Hidrográfica del Lago de Maracaibo (ICLAM). Maracaibo. 46 p.
- ICLAM. (2000). Problemática ambiental del parque Las Peonías. Informe técnico. Instituto para la Conservación de la Cuenca Hidrográfica del Lago de Maracaibo (ICLAM). Maracaibo. 7 p.
- ICLAM. (2005). Evaluación de la calidad de las aguas en caño Araguato, laguna Las Peonías y cañada Fénix, municipio Maracaibo, estado Zulia. Informe técnico IT-2005-02-005. Instituto para la Conservación de la Cuenca Hidrográfica del Lago de Maracaibo (ICLAM). Maracaibo. 12 p.
- M.A.R.N.R. Zona 5. Estudio preliminar del Parque “Las Peonías”. Informe Técnico. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (M.A.R.N.R.). Maracaibo.
- Medina, E., Barboza, F. (2006). Lagunas costeras del Lago de Maracaibo: distribución, estatus y perspectivas de conservación. *Ecotrópicos*. 19(2): 128-139.
- Montoya-Moreno, Y. (2005). Caracterización morfométrica básica de tres lagos someros en el municipio de El Carmen de Viboral (Antioquia), Colombia. *Actualidades Biológicas*. 27: 79-86.
- Peña-Cortés, F., Limpert, C., Andrade, E., Hauenstein, E., Tapia, J., Bertrán, C., Vargas-Chacoff, L. (2014). Dinámica geomorfológica de la costa de La Araucanía. *Revista de Geografía Norte Grande*. 58: 241-260.
- Pernalete, H., Chacín, O., Bracho, L., Rico, J. (1979). Estudio preliminar del contenido de nutrientes de la laguna Las Peonías. Trabajo Especial de Grado. Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia. Venezuela. 113 p.
- Quirós, R. (2004). Sobre la morfología de las lagunas pampeanas. Serie de documentos de trabajo del área de sistemas de producción acuática. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Documento Nro. 3. 16 p.

- Rangel-Buitrago, N., Melfi, G. (2013). Morfología, morfodinámica y evolución reciente en la península de la Guajira, Caribe colombiano. *Revista Ciencias e Ingeniería al Día*. 8(1): 7-24.
- Rendón-Dircio, J., Ponce-Palafox, J., Rojas-Herrera, A., Arredondo-Figueroa, J., de la Lanza, G., Flores-Verdugo, F. (2012). Morfometría, hidrodinámica y fisicoquímica del agua de laguna de Chautengo, Guerrero, México. *Revista Biociencias*. 1(4): 25-37.