



Batimetría del Lago de Yojoa

Fredis Romero

*Departamento de Investigación Forestal y Ambiental, ESNACIFOR
e-mail: fredd_007@yahoo.com*

Nelson Mejía Pineda

*PBPR/ESNACIFOR
e-mail: nelsonmejia_pineda@yahoo.com*

RESUMEN

La subcuenca del Lago de Yojoa se encuentra localizada en los departamentos de Cortés, Comayagua y Santa Bárbara de Honduras, entre los 14°45'00" y 14°57'00" latitud norte y entre los 87°53'00" y 88°07'00" longitud oeste. El área de esta subcuenca se estimada en unas 44,138 ha, de las cuales aproximadamente 8,348 ha pertenecen al espejo de agua.

Para llevar a cabo la batimetría del Lago de Yojoa se utilizaron dos lanchas de motor fuera de borda para establecer 14 líneas distribuidas de este a oeste separadas a una distancia de aproximadamente 1,000 m; sobre cada línea, aproximadamente a cada 300 m, se hicieron mediciones de profundidad. Estableciéndose un total de 368 puntos, de los cuales 248 se midieron sobre el espejo de agua y 120 a lo largo de la orilla. Estas mediciones fueron realizadas entre los meses de febrero a mayo del 2007.

Posteriormente, utilizando el Programa Surfer 8.01 (Surface Mapping System) los datos fueron procesados para elaborar modelos tridimensionales y modelos de curvas a nivel del lecho del Lago de Yojoa. Asimismo, se estimó para el verano del 2007, el volumen de agua en 1.40 km³ y el área del espejo de agua en 8,475.80 ha, los cuales tienden a cambiar según la época del año y el uso del agua para la generación de energía hidroeléctrica. El relieve topográfico de los taludes del Lago de Yojoa es de aproximadamente 1.5:100 (-1.5 %) desde la orilla hasta un kilómetro aguas adentro, con un promedio de 14.63 m, para luego suavizarse uniformemente hasta alcanzar sus profundidades máximas a lo largo de toda su parte central, con profundidades que van desde los 22.00 hasta los 27.30 m.

Palabras Claves: limnología, procesos hidrogeológicos y biológicos.

ABSTRACT

Lake Yojoa's watershed is located in the departments of Cortes, Comayagua and Santa Barbara in Honduras, between 14°45'00" and 14°57'00" north latitude and between 87°53'00" and 88°07'00" west longitude. The area of the watershed is 44,138 ha, of which approximatel y 8,348 ha belong to the water surface.

To carry out Lake Yojoa's bathymetry, two off board motor boats were used to establish 14 lines distributed from east to west separated by a distance of approximately 1.000 m; on each line, approximately every 300 m, depth measurements were taken; establishing a total of 368 points, of which 248 were measured on the water surface and 120 along the edge. These measurements were carried out between February and May of 2007.

Subsequently, using Surfer 8.01 Software (Surface Mapping System) data was processed to elaborate three-dimensional and topographic models of Lake Yojoa's sub aquatic relief. Also, to the summer of 2007, the water volume was determined to be 1.40 km³ and the area of the water surface was 8,475.80 ha, which tend to vary according to the time of year and the utilization of water for the generation of hydroelectric power. The topographical relief of Lake Yojoa's slopes is approximately 1.5:100 (-1.5%) from the edge to approximately one kilometer towards the center of the lake, with an average of 14.63 m, to later smoothen out evenly reaching the maximum depths along the center, with depths that go from 22.00 to 27.30 m.

Key words: limnology, hydrogeological and biological process.

INTRODUCCIÓN

Para lograr el entendimiento de la mayoría de los procesos terrestres, es sumamente necesario tener un conocimiento muy detallado acerca del relieve topográfico. La forma del relieve terrestre se ve influenciada por el movimiento de las grandes placas tectónicas, así como por procesos como la erosión y la sedimentación (Sandwell y Smith, 1996).

En el planeta, el clima se ve influenciado por la topografía, desde las grandes masas continentales hasta las pequeñas montañas y valles. Los procesos hidrogeológicos y biológicos se ven influenciados también por la topografía; por lo cual, debería formar parte esencial de cualquier investigación en el campo ambiental (Sandwell y Smith, 1996; Lutgens y Tarbuck, 1998).

Es importante conocer y comprender los procesos que ocurren no solamente sobre el relieve superficial; sino también, sobre el relieve del fondo submarino y de los grandes cuerpos de agua. Procesos físicos como la erosión y la sedimentación, procesos químicos determinados por la disponibilidad de sustancias oxidantes o reductoras y procesos biológicos, como la fotosíntesis oxigénica a muy bajas intensidades luminosas, la fotosíntesis anoxigénica y la fijación autotrófica de carbono inorgánico por parte de bacterias que tienen lugar en estos ambientes (García y

Camacho, s.f.); procesos que influyen directa o indirectamente sobre la cadena alimenticia y el sistema acuático en general, así como en la economía y la calidad de vida de las poblaciones humanas que dependen de él para su subsistencia.

El conocimiento de las profundidades de un cuerpo de agua tiene una gran importancia para la seguridad de la navegación y los estudios científicos en general. La batimetría es el estudio que consiste en la obtención de valores y la representación de la profundidad de los cuerpos de agua; la información batimétrica puede utilizarse para diversos fines, como ser la instalación de estructuras, construcción de muelles, dragados, piscicultura, etc.

En el presente estudio se muestran los resultados de la batimetría del Lago de Yojoa ubicado en los departamentos de Cortés, Santa Bárbara y Comayagua, Honduras con la cual se logró representar el relieve del fondo del lago; asimismo, se obtuvieron datos sobre el área actual del espejo de agua, así como del volumen de agua presente. Esta es una información base que será útil para determinar el balance hídrico, el tiempo de residencia, grado de sedimentación, elasticidad, ecohidrogeología, entre otros; así como para el desarrollo de otras investigaciones terrestres relacionadas al manejo de la subcuenca del Lago de Yojoa.

BATIMETRÍA

La batimetría consiste en la medición de las profundidades de los océanos, mares y lagos. Según CENDHOC (2005), la batimetría es la técnica asociada a la obtención de valores de la profundidad de los cuerpos de agua, la cual puede ser de tipo marina, lacustre o fluvial.

Según Calderón (2002), mediante la batimetría se puede describir la profundidad del mar, la configuración del fondo marino, el tipo de las estructuras morfológicas del lecho marino y de los obstáculos navegacionales situados en el mismo. La información batimétrica incluye aspectos como ser profundidades, estructuras del fondo marino y obstrucciones subacuáticas.

La batimetría es el equivalente submarino de la altimetría. Existen varias técnicas para me-

dir y representar el fondo de los cuerpos de agua; una de las técnicas utilizadas consiste en el uso de segmentos de longitud conocida de cable o cuerda pesada descolgados por el lateral de un barco, lo cual requiere de mucho tiempo para la toma de datos. Otra técnica más reciente consiste en el uso de un sonar montado bajo la quilla o en el lateral de un buque, lanzando una onda de sonido hacia el fondo del cuerpo de agua. El lapso de tiempo que tarda el sonido en pasar a través del agua, rebotar en el fondo y volver, informa al equipo de la profundidad real (Wikipedia, 2007).

Con la información recabada, se elabora una carta batimétrica; mapa que representa la forma del fondo de un cuerpo de agua, usualmente por medio de líneas de profundidad llamadas isobatas (líneas que unen una misma profundidad); igualmente, la batimetría estudia la distribución de animales y vegetales marinos en sus zonas isobáticas.

Calderón (2002), afirma que la información batimétrica posee cuantiosas aplicaciones prácticas como ser la definición de áreas de crecimiento y hábitat de los elementos bióticos, definición de las áreas de distribución de los crustáceos, operaciones de dragado, estudios científicos, seguridad de la navegación marítima, análisis de la diversidad minero metalúrgica, la delimitación de los posibles peligros relacionados con el empleo de instrumentos de pesca y el trazado de cables y tuberías subacuáticas, entre otros.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de Estudio

La subcuenca del Lago de Yojoa se encuentra localizada en los departamentos de Cortés, Comayagua y Santa Bárbara de Honduras, entre los 14°45'00" y 14°57'00" latitud norte y entre los 87°53'00" y 88°07'00" longitud oeste (Figura 1).

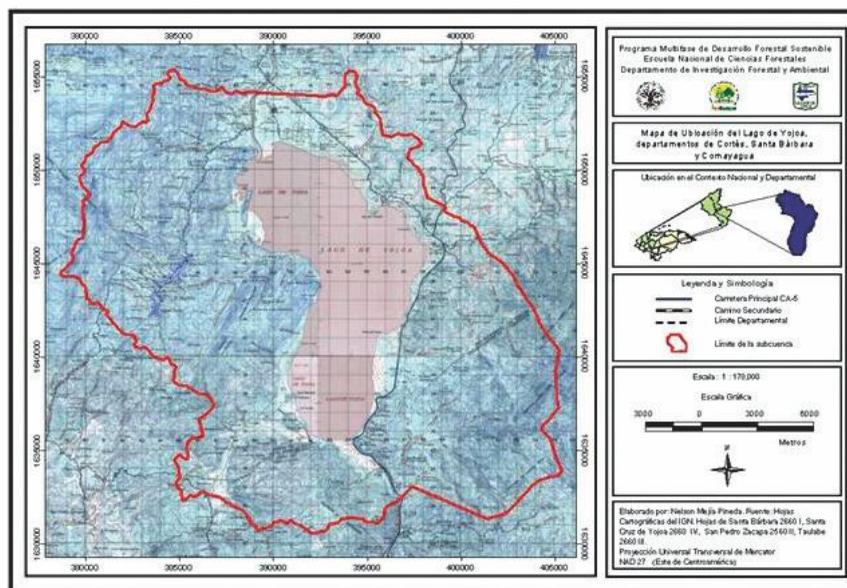


Figura 1. Ubicación geográfica de la subcuenca del Lago de Yojoa.

En subcuenca del Lago de Yojoa existen dos principales zonas de vida: el Bosque Muy Húmedo Subtropical y el Bosque Muy Húmedo Montano Bajo, presentándose altitudes que van desde los 2,744 msnm, en su punto más alto en la montaña de Santa Bárbara, hasta los 644 msnm en el espejo de agua.

La subcuenca tiene un área estimada de 44,138 ha, de las cuales aproximadamente 8,348 ha pertenecen al espejo de agua; las 35,790 ha restantes se ven distribuidas entre nueve municipios siendo estos: Las Vegas, Santa Cruz de Yojoa, Taulabé, San Pedro Zacapa, Santa Bárbara, Siguatepeque, Con-

cepción del Sur, San José de Comayagua y Meambar (MARENA-CATIE, 2003) (Figura 2). Alrededor de 90 mil personas viven en esta cuenca, en comunidades como Las Marías, El Novillo y Las Vegas. Cabe mencionar que la subcuenca pertenece a las regiones forestales de Comayagua y Nor-Occidente. La subcuenca tributaria del Lago de Yojoa esta integrada por un área central categorizada como “Zona Recreativa Natural”, la cual se halla flanqueada por áreas circundantes establecidas bajo la categoría de “Zona de Uso Múltiple” (AMUPROLAGO-MARENA, 2004).



Figura 2. Localización de municipios que rodean el Lago de Yojoa. Fuente: Análisis de Contexto Territorial. MARENA-CATIE (2003).

Con respecto a la hidrología del lago, la mayor parte del drenaje en esta subcuenca es por flujo laminar directamente al cuerpo de agua; no obstante, es importante mencionar, que aparte de los ríos Yure y Varsovia hay una serie de torrentes o quebradas intermitentes que también entran al lago (AMUPROLAGO-MARENA, 2004).

La subcuenca se caracteriza por tener un clima Tropical Monzón (Monroe, 1968; citado por AMUPROLAGO-MARENA, 2004), el cual manifiesta una época seca de enero a junio y una época lluviosa de junio a diciembre. El lado norte de la orilla del Lago de Yojoa con 3,235 mm es la zona con mayor precipitación

pluvial al año en Honduras (Zúniga, 1990); la temperatura promedio de la zona es de 23°C (AMUPROLAGO-MARENA, 2004).

En general la precipitación excede la evapotranspiración, excepto en febrero, marzo y abril cuando existe un déficit de precipitación; los vientos Alisios soplan de norte a sur, con un ciclo que aumenta por las tardes y disminuye por la mañana permitiendo una mezcla del lago durante la temporada de lluvia, un voltamiento anual (Vevey *et al.*, 1990; citado por AMUPROLAGO-MARENA, 2004). Sin embargo, cabe mencionar que la zona de vida en la cual se encuentra el Lago de Yojoa, Bosque Muy Húmedo Subtropical (Holdridge, 1987), es propia de lagos polimíticos, es decir, lagos que sobrellevan varios voltamientos o ciclos de oxigenación anual.

Según Simmons (1969), la subcuenca del Lago de Yojoa cuenta con diversas series de suelos (Figura 3): En el oeste y noreste de la subcuenca se encuentran suelos Yojoa los cuales tienen una profundidad de 50 cm, buen drenaje, pH de 5, textura franco limosa y pendientes mayores a 20%; igualmente, en el oeste de la subcuenca, en la parte alta, se encuentran suelos Chandala y Chimbo. Los suelos Chandala son suelos poco profundos, de buen drenaje, textura franco arenosa y pendientes mayores a 50%; los suelos Chimbo son suelos poco profundos, de buen drenaje, pH de 6 y con una pendiente promedio de 40%. En el norte se encuentran los suelos Urupa los cuales poseen un drenaje moderado, pH de 6, textura franco limosa y pendientes mayores a 30%. En el este se encuentran suelos Chimizales, los cuales son suelos profundos, de buen drenaje, pH de 6, textura franco limosa y una pendiente promedio de 50%. Finalmente, en el sureste de la subcuenca se encuentran suelos de la serie Naranjito, los cuales son suelos profundos, de buen drenaje, pH de 6, textura franco limosa y pendientes mayores a 50%.

Al este en las cercanías de la Montaña de Santa Bárbara y Poza Azul se encuentran depósitos de roca caliza y la topografía es cársica e irregular con varias depresiones de drenaje subterráneo. Otras formaciones geológicas importantes de la región son las formaciones volcánicas provenientes del terciario (rocas aldesitas, ignibritas y piroclásticas) las cuales

forman el Cerro Azul Meámbar al este del lago. Las formaciones volcánicas más recientes del cuaternario que se originaron de los volcanes al noroeste del lago (mezcla de cenizas y sedimentos de las mismas) y otras formaciones recientes del cuaternario com-

puestas de sedimentos aluviales y continentales que fueron depositados en las orillas del lago y en las desembocaduras de los ríos (DIGERENARE, 1978 y Vaux *et al*, 1993; citado por AMUPROLAGO-MARENA, 2004).

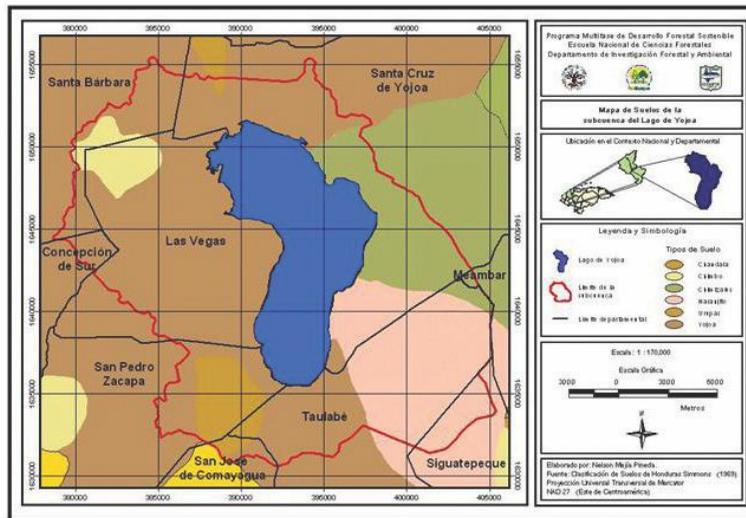


Figura 3. Tipos de suelo en la subcuenca del Lago de Yojoa

La subcuenca del Lago de Yojoa se ha subdividido en 12 microcuencas (Figura 4). Inicialmente se dividió en diez: La microcuenca de La Quebradona, Las Balas, Sabanetas, La Joya, Monte Verde, Las Conchas, La Pita, Horconcitos, El Novillo y El Cianuro; poste-

riormente se incluyeron las zonas de drenaje de la parte alta de los ríos Yure y Varsovia, ya que de aquí se le incorpora agua al lago a través de canales artificiales (MARENA-CATIE, 2003).

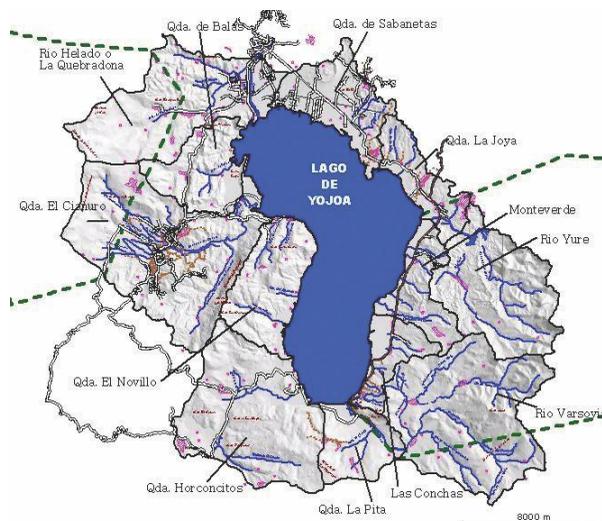


Figura 4. Ubicación de las microcuencas del Lago de Yojoa.

Fuente: Caracterización Físico Territorial de las microcuencas del Lago de Yojoa. MARENA-CATIE (2003).

Medición de la profundidad del lago

Para medir la profundidad del Lago de Yojoa, se hicieron mediciones sobre transectas ubicadas a lo largo de todo el espejo de agua utilizando dos lanchas de motor fuera de borda. Estas mediciones fueron realizadas durante las siguientes fechas: 1 de febrero, 29 de marzo, 5, 6, 14 y 20 de abril y finalmente el 12 de mayo del 2007. Cabe mencionar que estas mediciones fueron realizadas desde horas muy tempranas en la mañana dado que el oleaje del lago aumentaba notablemente en horas de la tarde lo cual a veces tendía a dificultar las actividades y podía comprometer la precisión de las mediciones.

Se establecieron un total de 14 líneas distribuidas de este a oeste separadas a una distancia de aproximadamente 1,000 m; sobre

cada línea, a cada 300 m aproximadamente, se hicieron las mediciones de profundidad del lago. En cada uno de estos puntos se midió la profundidad del lago (en metros) con el uso de una cinta métrica y un peso atado al extremo con el objetivo de que llegará al fondo del lago con la mayor precisión posible; asimismo se tomaron las coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) con el uso de un GPS submétrico. Las coordenadas y las profundidades de cada punto, así como sus observaciones respectivas, fueron registradas en formatos elaborados para cada línea. Además, se establecieron puntos de medición a lo largo de todo el perímetro del lago, directamente sobre la orilla actual; es decir, donde la profundidad equivale a 0 m.

Se establecieron un total de 368 puntos, de los cuales 248 se midieron sobre el espejo de agua y 120 a lo largo de la orilla (Figura 5).

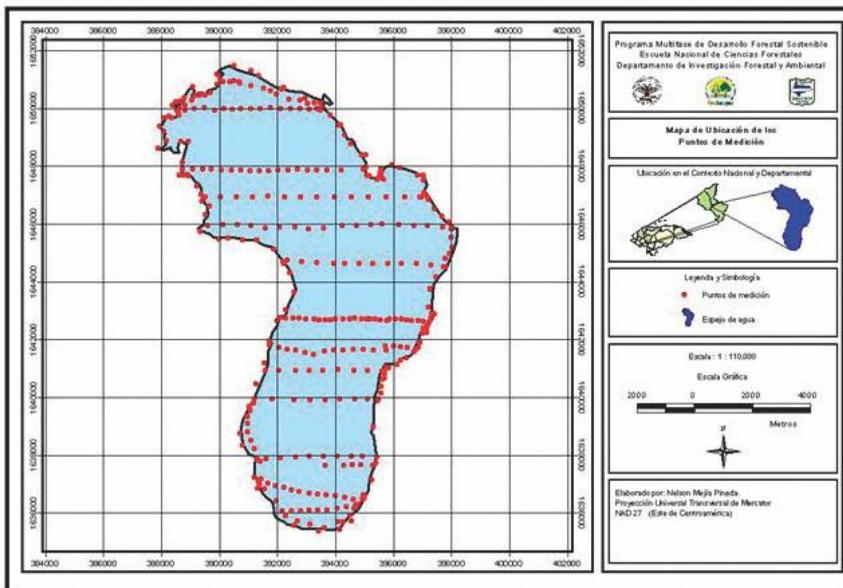


Figura 5. Ubicación de los puntos de medición.

Posteriormente, los datos fueron ingresados en el Programa Surfer 8.01 (Surface Mapping System) con el fin de elaborar modelos tridimensionales y modelos de curvas a nivel del lecho del Lago de Yojoa. Asimismo, utilizando la herramienta Grid/Volume del programa, se determinó el volumen de agua presente, así como el área actual del espejo de agua.

Además, se utilizó el Programa ArcGis 9.0 para crear modelos de elevación digital de la subcuenca del Lago de Yojoa, con el fin de tener una mejor representación de la topografía circundante al lago.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La batimetría del Lago de Yojoa permitió hacer una representación de la topografía subacuática del cuerpo de agua; información con la cual se pudo determinar el área del espejo y el volumen de agua que actualmente existe en el lago.

Modelos de Elevación

Haciendo uso del Programa ArcGis 9.0 se crearon modelos de elevación de la subcuenca del Lago de Yojoa (Figura 6); observándose una altitud máxima de 2,744 msnm en la Montaña del Cielo, perteneciente al municipio de Santa Bárbara en el Parque Nacional “La Montaña de Santa Bárbara” y una altitud mínima de 644 msnm al nivel del espejo de agua.

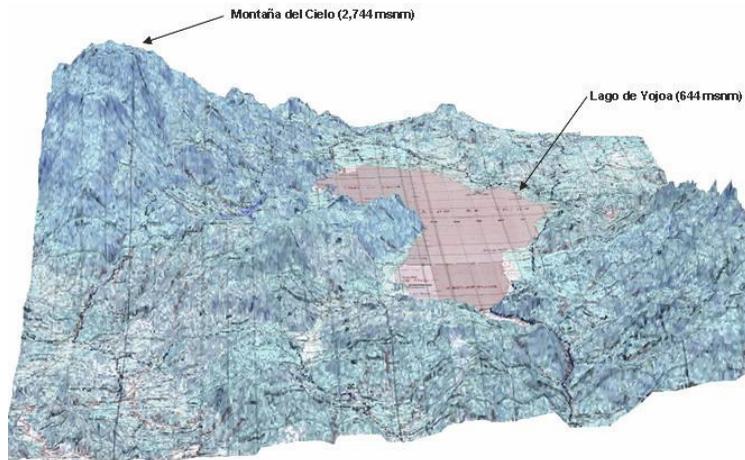


Figura 6. Modelo de elevación de la subcuenca del Lago de Yojoa.

En el siguiente modelo de elevación de una imagen de Google Earth (Image 2007

DigitalGlobe) se puede observar la cobertura del suelo dentro de la subcuenca (Figura 7).



Figura 7. Modelo de elevación mostrando la cobertura de la subcuenca del Lago de Yojoa.

Según MARENA-CATIE (2003), del área total de la subcuenca (sin incluir el espejo de agua), 28,317 ha corresponden a cobertura boscosa y arbustiva; 5,162 ha a agricultura; 1,051 ha a humedales; 890.8 ha a asentamientos humanos; 438 ha corresponden a suelo desnudo y 73.5 ha a cuerpos de agua como ser lagunas y canales.

Haciendo uso del Programa Surfer 8.01, se crearon modelos tridimensionales y de curvas a nivel de diversas secciones del Lago de Yojoa. En los modelos se puede observar la forma y profundidad máxima del lecho ó suelo del lago. En el modelo de curvas a nivel, se puede observar la forma del relieve topográfico del lago alcanzando una profundidad máxima de 27.3 m (representado por una X en la Figura 8), lo cual equivale a 616.7 msnm (Figura 9); la profundidad promedio del lago es de 14.63 m.

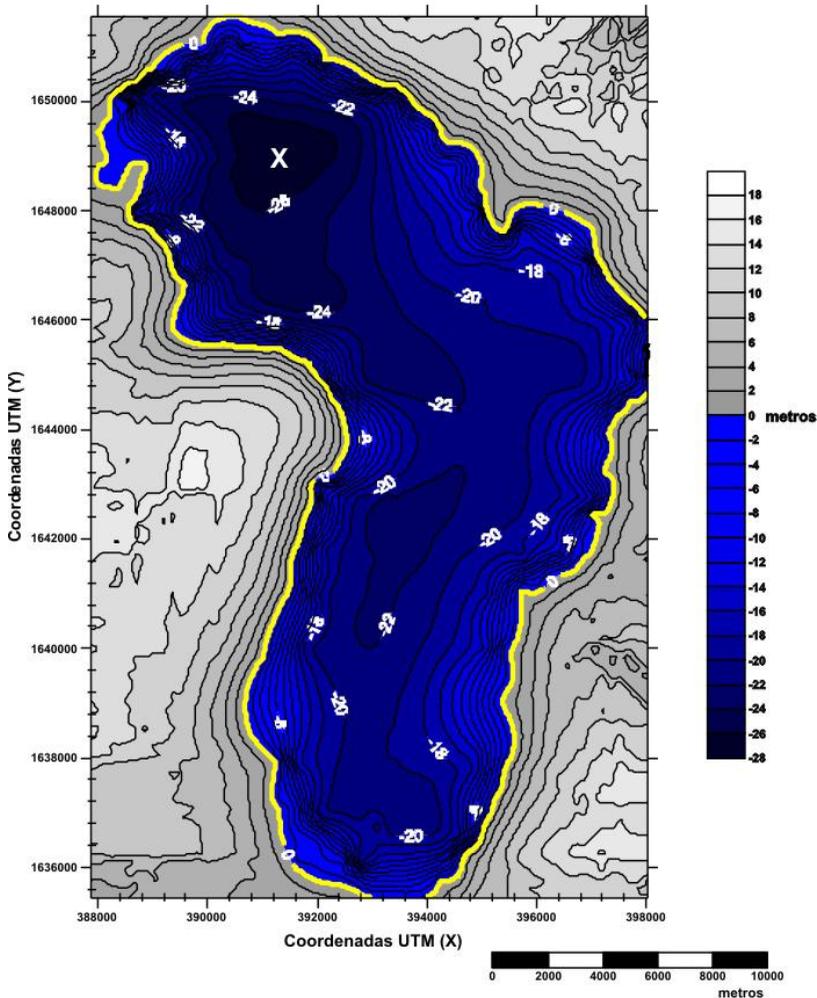


Figura 8. Modelo de curvas a nivel del Lago de Yojoa.

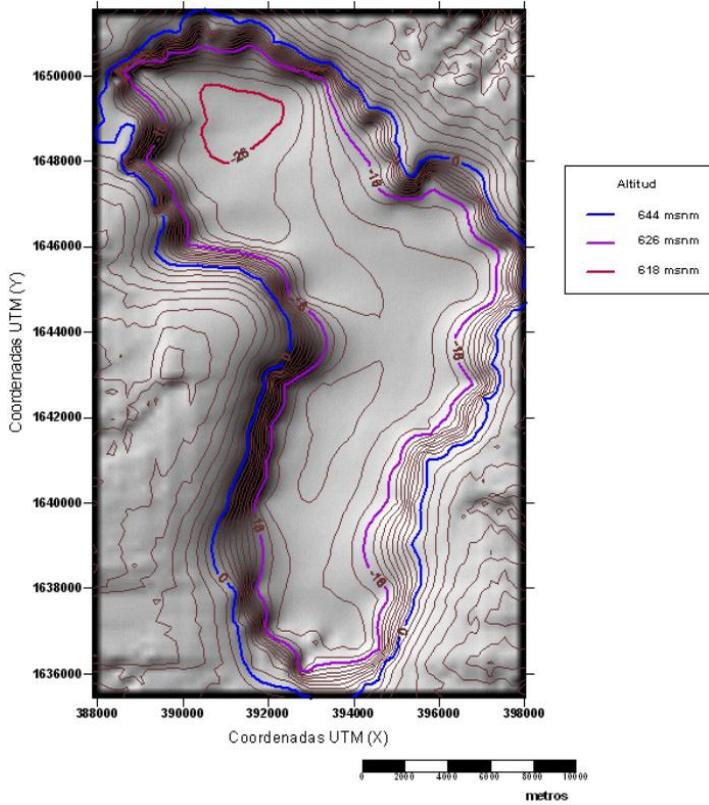


Figura 9. Modelo de curvas a nivel del Lago de Yojoa.

Se elaboraron modelos tridimensionales del Lago de Yojoa (Figura 9,10,11 y 12), en los cuales se puede observar que el Lago de Yojoa posee un lecho uniforme a lo largo de toda su extensión. Asimismo, se puede

apreciar que el lago alcanza su profundidad máxima a lo largo de toda la parte central, con profundidades que van desde los 22.00 hasta los 27.30 m.

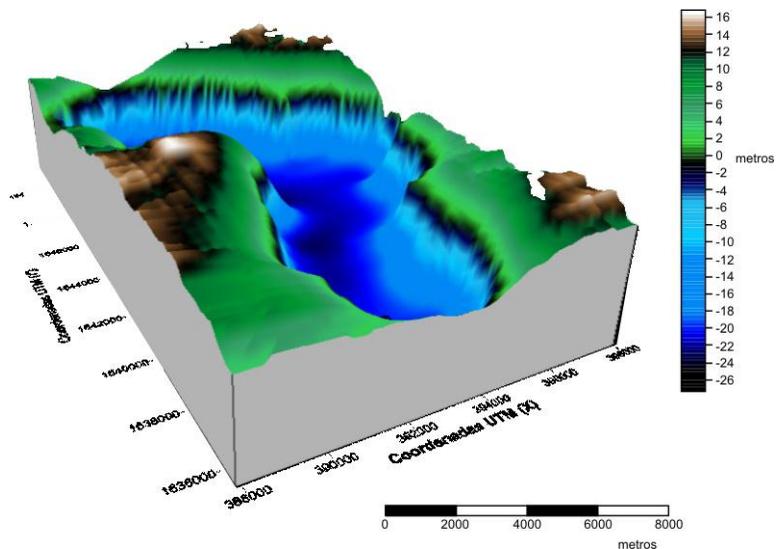


Figura 10. Modelo tridimensional I.

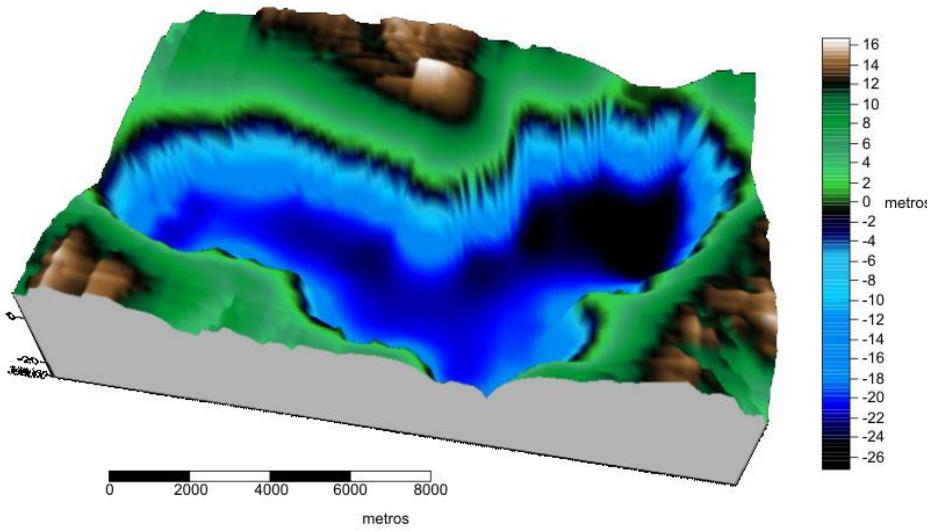


Figura 11. Modelo tridimensional II

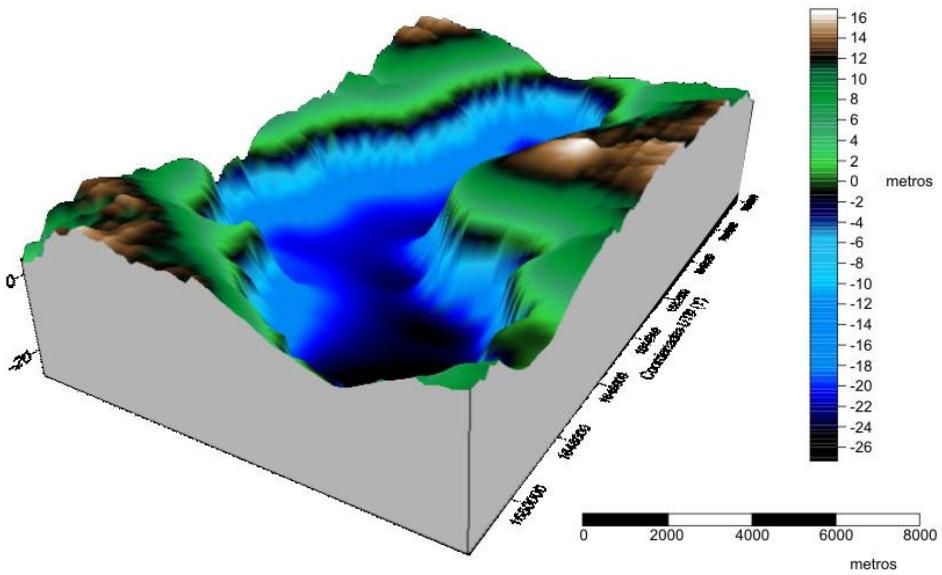


Figura 12. Modelo tridimensional III

Utilizando la herramienta Grid/Volume del programa Surfer 8.01, se determinó el área del espejo y el volumen de agua que actualmente existe en el lago. El área del espejo de agua equivale a 84,758,405 m², aproximadamente 8,475.8 ha, mientras que el volumen de agua equivale a 1,402,129,142 m³ aproximadamente 1.40 km³.

Como consecuencia de las constantes fluctuaciones de los niveles de agua del lago, el área del espejo ha sobrellevado cambios a lo largo de los últimos años (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cambios en el área del espejo de agua desde 1993.

Año	Área del espejo (ha)	Fecha	Fuente
1993	8,044.50	02/03	Romero (2001)
1998	8,029.25	17/04	Romero (2001)
2000	8,196.88	29/03	Romero (2001)(1)
2003	8,348.00		MARENA-CATIE (2003)
2007	8,475.80	12/05	ProBosque-ESNACIFOR (2006)

(1) Según Romero (2001), después del evento del huracán Mitch (noviembre, 1998) los cuerpos de agua natural, como el Lago de Yojoa, cambiaron menos sus áreas del espejo en comparación a los cuerpos de agua artificiales, como el del embalse de la represa hidroeléctrica Gral. Francisco Morazán "El cajón".

CONCLUSIONES

El lago de Yojoa posee un lecho estable y uniforme a lo largo de toda su extensión presentando una profundidad promedio de 14.63 m. La profundidad máxima registrada fue de 27.30 m, la cual se encuentra en la sección nor-oeste del lago.

El área del espejo de agua registrada en el Lago de Yojoa para el 5 de mayo del 2007 fue de 84,758,405 m², aproximadamente 8,475.8 ha y el volumen de agua registrado fue de 1,402,129,142 m³, aproximadamente 1.40 km³ (Equivalente a unas 560 mil piscinas olímpicas).

Los sistemas de información geográfica, así como los programas de mapeo de superficies, son hoy en día herramientas muy útiles para la determinación de relieves terrestres y subacuáticos que brindan los fundamentos científicos necesarios para la toma acertada de decisiones con respecto al manejo de los recursos naturales.

RECOMENDACIONES

Emplear la información recabada en el presente investigación como base para labores de manejo y restauración de subcuencas que presenten condiciones similares a las de la subcuenca del Lago de Yojoa. Asimismo, emplear la investigación como base para la planificación y ejecución de proyectos turísticos y de desarrollo social.

Igualmente, se recomienda utilizar el presente estudio como herramienta para el análisis y determinación de ciertos factores, como ser el grado de erosión dentro de la cuenca, así como la creciente deposición de materiales en el lecho del lago causada por la industria pesquera, minera y demás negocios y poblaciones aledañas.

BIBLIOGRAFÍA

AMUPROLAGO-MARENA. 2004. Plan de Protección Forestal 2004-2005. Asociación de Municipios para la Protección del Lago de Yojoa. Programa Multifase de Manejo de Recursos Naturales en Cuencas Prioritarias. 53 p.

CALDERÓN LAMOTTE, H. 2002. Un nuevo enfoque en el análisis y empleo de la información batimétrica aplicada a la cartografía marina. Tercer Congreso de Geomática.

CENDHOC. 2005. Fundamentos de la Batimetría. Centro Nacional de Datos Hidrográficos y Oceanográficos de Chile. Servicio Hidrográfico y Océano gráfico de la Armada (SHOA). Consultado 20 junio 2007. Disponible en <http://www.shoa.cl/cendhoc/hidro/>

GARCÍA GIL, L.J. Y CAMACHO, A. (s.f.). Anaerolimnología: pequeña guía para el muestreo en aguas microaeróbicas y anóxicas en lagos y embalses estratificados. Instituto de Ecología Acuática. Universidad de Girona. Campus de Montilivi. Girona. España. Departamento de Microbiología y Ecología e Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva. Universidad de Valencia. España.

HOLDRIDGE, L.R. 1987. Ecología Basada en las Zonas de Vida. Servicio Editorial IICA, San José, Costa Rica. 216 p.

LUTGENS, F. K. Y TARBUCK, E. J. 1998. The atmosphere. 7th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 434 p.

MARENA-CATIE. 2003. Análisis de Contexto Territorial de la subcuenca del Lago de Yojoa. Programa Multifase de Manejo de Recursos Naturales en Cuencas Prioritarias. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 52 p.

MARENA-CATIE. 2003. Caracterización Físico Territorial de las Microcuencas del Lago de Yojoa. Programa Multifase de Manejo de Recursos Naturales en Cuencas Prioritarias. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 104 p.

ROMERO, F. J. 2001. Environmental analysis and assessment of damage caused by Hurricane Mitch to forests in the central region of Honduras, using digital image processing, GIS techniques and field data. Tesis MSc. Technische Universität Dresden.

SANDWELL, D.T. Y SMITH W.H.F. 1996. Global Bathymetric Prediction for Ocean Modelling and Marine Geophysics. Consultado 3 julio 2007. Disponible en http://topex.ucsd.edu/marine_topo/text/topo.html

SIMMONS, C.S. 1969. Informe al Gobierno de Honduras sobre los Suelos de Honduras; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y Programa de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, PNUD/FAO; Roma, Italia.

WIKIPEDIA. 2007. Batimetría. Wikimedia Foundation Inc. Consultado 20 junio 2007. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Batimetr%C3%ADa>

ZUNIGA ANDRADE, E. 1990. Las modalidades de la lluvia en Honduras. Primera Edición. Editorial Guaymuras. Tegucigalpa, Honduras, Centroamérica. 141 p.