

ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LA LAGUNA VICTORIA, PARQUE NACIONAL SIERRA NEVADA, MÉRIDA, VENEZUELA

Cabrera¹, María I., Bello², Carlos L., Atencio¹, María G.

Laboratorio de Modelos Ecológicos y Tramas Tróficas¹, Laboratorio de Limnología², Facultad de Ciencias. Universidad del Zulia. Maracaibo. Venezuela.

Recibido: 22-09-2005

RESUMEN. La morfometría de la cubeta de los cuerpos de agua continentales afecta sus características físicas, químicas y biológicas. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la morfometría de una laguna de alta montaña tropical, con el fin de relacionarla con los flujos de entrada y salida de agua de la laguna, así como con los tiempos de retención de agua y su estado trófico. El contorno de las isobatas describe una topografía simple. La profundidad relativa de 2,77 % sugiere una tendencia a la estabilidad de la columna de agua. La relación profundidad media : profundidad máxima, refleja que la forma de la cubeta se aproxima a una parábola elíptica. La tasa media de renovación del agua en época de sequía fue de 9,3 horas, mientras que en periodo de lluvias fue de 3,9 horas. El índice S/AV revela que los aportes de fósforo por escorrentía hacia la laguna son importantes. Las curvas hipsográficas área-profundidad de la laguna Victoria sugieren una tendencia a la eutrofia, lo cual es corroborado por las concentraciones de nitrógeno, fósforo y clorofila obtenidos. **Palabras Clave:** Morfometría, estado trófico, lagos tropicales de alta montaña, Andes, Venezuela.

MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE VICTORIA LAKE, SIERRA NEVADA NATIONAL PARK. MERIDA, VENEZUELA

ABSTRACT. The physical, chemical and biological characteristics of lakes and ponds are influence by its morphometry. The objective of the present work was to determine the morphometric parameters of a tropical high mountain lake in order to relate them with the input and the output of water from the lake, the water time retention and the lake trophic state. The depth contours indicates a simple topography. The relative depth 2,77 % suggests a trend to stability of the water column. The ratio mean depth to maximum depth shows that the basin form is like an elliptic sinusoid. The water mean rate of turnover in the dry season was 9,3 hours, while in the rainy season was 3,9 hours. S/AV index suggests a higher relative importance of runoff inputs of soluble phosphorous. The hypsographic curves of the Victoria Lake suggest a trend to eutrophy which is supported by obtained values of nitrogen, phosphorus and chlorophyll. **Key Words:** Morphometry, trophic state, tropical high mountain lakes, Andes, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

La forma y tamaño (morfometría) de la cubeta de los cuerpos de agua continentales (lagos, ríos, estuarios) afecta sus características físicas, químicas y biológicas³². En particular la forma de la cubeta de los lagos es muy variada y aporta información acerca de su origen, del movimiento de las aguas que subsiguientemente han modificado la cuenca, así como del acarreo de nutrientes alrededor de la cuenca de captación. En conjunto con la geología, el clima de la región, la ubicación geográfica, la vegetación, el uso de la tierra y la influencia antrópica, la morfometría permite inferir aspectos generales de la físico-química de las aguas^{4,8,31,33}, del balance hidrológico y de nutrientes así como del estado trófico de un cuerpo de agua^{10,23,24}, la distribución y abundancia de los organismos^{19,29}, heterogeneidad espacial^{8,19,32}, paleolimnología^{2,25}, variabilidad de hábitats^{6,7}, sedimentación, erosión y transporte de sedimentos (28), evaluación de impacto ecológico²⁸, diseño de muestreo adecuado^{26,34}, productividad primaria y secundaria^{3,6}, tiempo de vida del cuerpo de agua^{22,32}, cambio climático^{2,16}, etc.

El presente trabajo tuvo como objeto determinar la morfometría de la Laguna Victoria, con el fin de relacionarla con los flujos de entrada y salida de agua de la laguna, así como con los tiempos de retención de agua y el estado trófico. Esta laguna comenzó a secarse y casi desapareció en los años 50, según fotografías aéreas a escala 1:40.000, de cartografía nacional¹⁸, hasta que un dique construido posteriormente elevó nuevamente el nivel de agua.

Descripción del área de Estudio

La Laguna Victoria es una laguna de alta montaña, 8°45' - 8°50' Latitud Norte y 70°45' - 70°50' Longitud Oeste (Fig. 1), de origen glaciar, exorreica, ubicada a 3.250 msnm en el Parque Nacional Sierra Nevada (Mérida), perteneciente a la cuenca del río Santo Domingo de los Andes venezolanos. Se originó con el deshielo del glaciar Victoria al final de la última glaciación hace aproximadamente 10.000 años⁵. El clima de la cuenca se caracteriza por presentar un régimen pluviométrico unimodal, con un volumen medio anual de 900 - 1400 mm. La temperatura media anual es de 5 - 8 ° C. No hay deficiencia de agua en el suelo durante todo el año siendo cero el índice de aridez¹⁵. La vegetación es de páramo, constituida esencialmente por gramíneas, plantas en cojín y pequeños arbustos, dominando las rosetas de Espeletia. Con fines de reforestación, durante la década de 1970 las morrenas laterales de la laguna Victoria fueron cultivadas con Pinus, modificando el paisaje y desplazando a Espeletia. Las gramíneas dominan en la turbera situada en el borde superior de la laguna. A consecuencia de la escasa profundidad en el área de desembocadura del río con la laguna, esta zona ha sido colonizada por gramíneas y macrófitas, formándose bancos de arena, ya que los sedimentos finos transportados por el río quedan atrapados en sus raíces (obs. pers.).

MATERIALES Y METODOS

Para poder realizar el estudio morfométrico de la laguna se procedió al levantamiento batimétrico de la laguna.

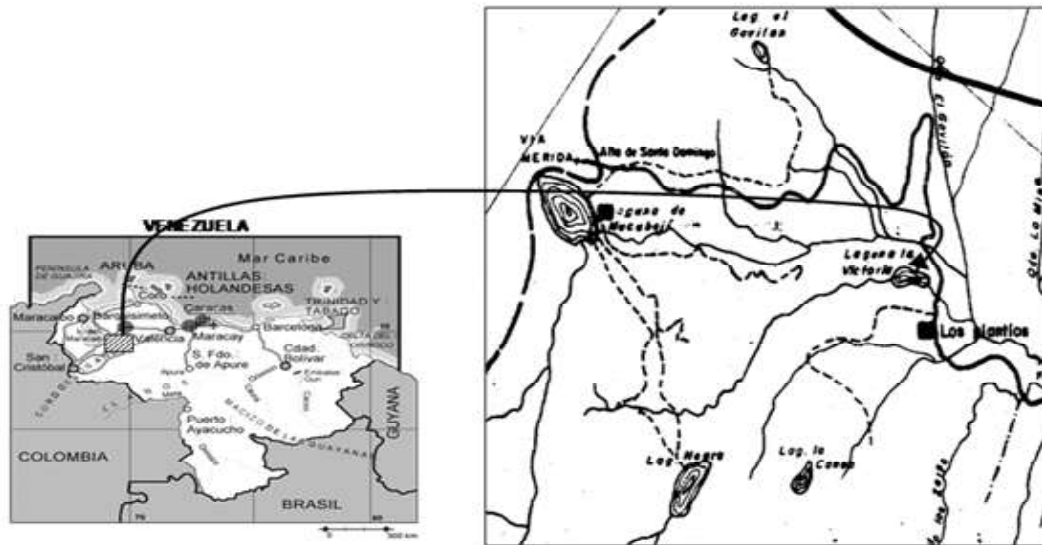


Figura 1. Ubicación geográfica de la Laguna Victoria.

Este fue realizado al final de la época de lluvia (4-11-1999), cuando la laguna se encontraba a su máxima capacidad, mediante el método descrito por Welch ²⁷. Este método consiste en realizar mediciones transversales de las profundidades de la laguna, a partir de la ubicación de una línea base, el uso de una brújula, puntos de referencia o palos clavados en los bordes de la laguna, y líneas paralelas que dividen la laguna en partes iguales. Las profundidades se determinaron con una cuerda plomada graduada en centímetros cada cinco metros en cada una de las transversas que a su vez se encontraban separadas por quince metros. Con los datos de profundidad se elaboró el mapa batimétrico. Para el cálculo de las áreas se utilizó el método del peso también descrito por Welch ²⁷. El área encerrada dentro de cada una de las isobatas fue determinada por el valor medio de tres pesadas de las áreas recortadas de papel milimetrado, utilizando una balanza Mettler Modelo M5A de 1 μg de precisión. El cálculo del volumen se realizó integrando los estratos entre isobatas, utilizando la fórmula

de Hutchinson ⁹. La profundidad media fue determinada dividiendo el valor del volumen total por el área de la superficie de la laguna, está última determinada con un planímetro. El desarrollo de la costa D_L , relaciona la longitud del perímetro de la laguna con la circunferencia de un círculo de igual área que la misma. Cuando este valor se aproxima a la unidad indica que la laguna tiene forma circular y sub-circular o elíptica cuando se acerca a un valor de 2. Mientras más se aparte de la unidad mayor es la zona litoral y más importante pasa a ser la comunidad litoral. El área de la cuenca fue estimada usando un mapa en escala de 1:10.000 y un planímetro.

A fin de poder realizar una estimación preliminar del balance hidrológico de la laguna se realizaron cuatro muestreos entre Mayo de 2001 y Septiembre de 2002, que incluyeron tanto meses de sequía como de lluvia. Para ello se realizaron mediciones del caudal del río tanto a la entrada de la laguna como a la salida con un corrientímetro de Ott, marca Seba Modelo M1. Con el objeto de relacionarlas con la morfometría de la laguna

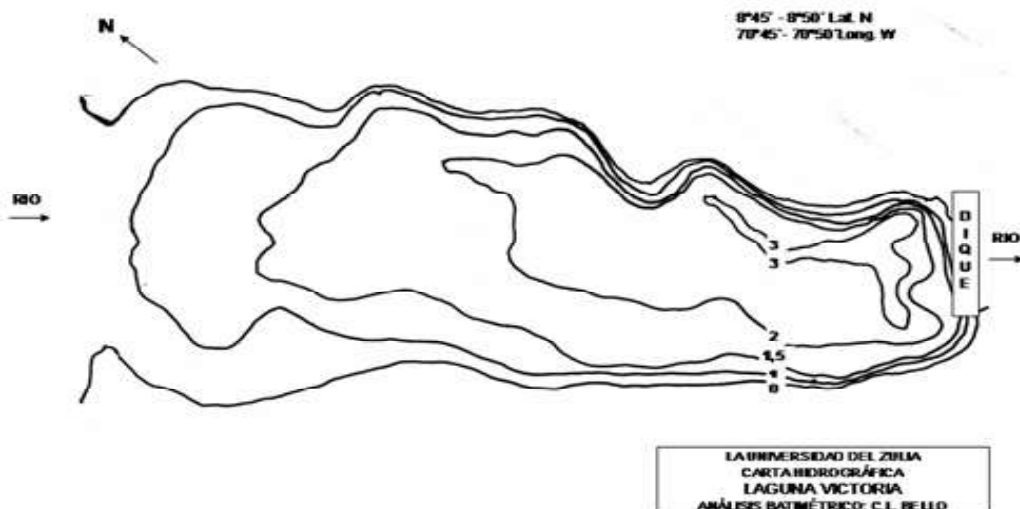


Figura 2. Mapa batimétrico de la Laguna Victoria.

se determinaron las diferentes formas de nitrógeno y fósforo, tanto en el río como en la columna de agua de la laguna. Para ello se tomaron muestras de agua que posteriormente fueron analizadas en el laboratorio empleando métodos colorimétricos estandarizados ¹. Para el fósforo reactivo soluble (ortofosfato) se utilizó el método colorimétrico del ácido ascórbico el cual consiste en añadir a la muestra molibdato amónico en un medio ácido. El fósforo total se determinó mediante espectrofotometría luego de una digestión con una solución de persulfato de potasio al 5% y H₂SO₄ 11N durante una hora a 150 °C en un bloque de calentamiento HACH modelo 45600 COD Reactor. Luego de ajustárseles el pH cercano a la neutralidad con una solución de NaOH 11N, las muestras se procesaron al igual que los ortofosfatos por el método del ácido ascórbico y sus concentraciones expresadas en mg/lit . Para la determinación de los nitratos y nitritos se usó el método de reducción por cadmio de Shinn. El nitrógeno amoniacal se determinó mediante un potenciómetro ORION Research, con un electrodo de referencia 900200 y electrodo selectivo # 95-12. El nitrógeno Kjeldahl se determinó mediante el método volumétrico en el cual las muestras fueron procesadas en un sistema de destilación/titulación TECATOR Kjeltac Auto Sampler System 1035 Analyzer, el cual expresaba directamente las concentraciones de las muestras en mg/L. Las muestras fueron previamente digeridas con un reactivo de digestión en un bloque múltiple digester TECATOR 20 gradualmente hasta alcanzar una temperatura de 350 °C. Su cuantificación incluyó el nitrógeno amoniacal y el nitrógeno orgánico.

También se determinó clorofila “a”, esta última usando como solvente el alcohol pues la extracción por alcoholes es superior que en acetona cuando el fitoplancton está dominado por algas verdes que son componentes mayoritarios en la laguna ^{11,12,20}.

RESULTADOS

El mapa batimétrico de la Laguna Victoria se muestra en la Figura 2 y en la Tabla 1 se presentan los resultados del análisis morfométrico.

Tabla I. Características morfométricas e hidrográficas de la Laguna Victoria.

Altitud	3.250 m.s.n.m.
Área de captación de la cuenca	83.016,6 m ²
Longitud máxima (l)	211 m
Ancho máximo (b _{max})	75,9 m
Ancho medio (b)	59,59 m
Área (A)	12.573,7 m ²
Profundidad máxima (z _{max})	3,5 m
Profundidad media (z)	1,52 m
Profundidad relativa (z _r)	2,77%
Profundidad de gravedad (z _g)	0,5 m
z:z _{max}	0,43
Perímetro (L)	654,3 m
Desarrollo de la costa (D _L)	1,65
Volumen total (V)	19.141,4 m ³
Desarrollo del volumen (D _v)	1,30

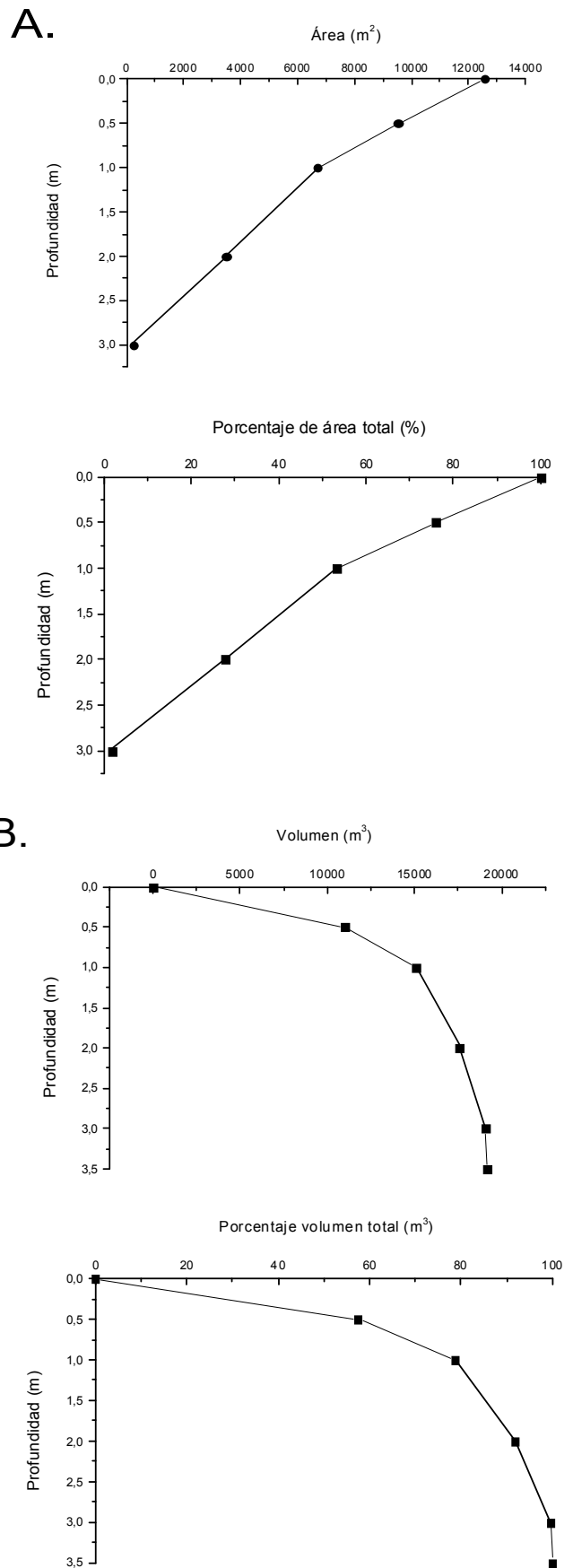


Figura 3. Curvas hipsográficas de la Laguna Victoria (A).

La laguna presenta una profundidad máxima (z_{max}) de 3,5 m, y una profundidad media (z) de 1,52 m. El eje mayor de la Laguna (l) tiene una longitud de 211 m, en dirección EW. El factor de desarrollo de la costa ($D_L = 1,65$) indica una forma elíptica, sin grandes accidentes en el contorno. El mapa batimétrico (Fig. 2) muestra que la pendiente no es abrupta hacia la zona de la entrada del río en la laguna y la profundidad se incrementa paulatinamente hasta alcanzar la mayor profundidad (3,5 m) contrario a lo que sucede en la zona de la desembocadura donde la pendiente es mucho más pronunciada y por ende en esta área el lago es más profundo. En general, el contorno de las isobatas describe una topografía simple. La Fig. 3a muestra las curvas hipsográficas de la laguna que representan de manera gráfica la relación que existe entre el área superficial de la laguna y la profundidad, observándose que a medida que la profundidad aumenta el área disminuye. La profundidad relativa (z_r) expresa la profundidad máxima como un porcentaje del diámetro promedio de la superficie de un lago y, dado que la capacidad del viento para provocar la mezcla varía en función de estos parámetros, la profundidad relativa se considera un indicador de la estabilidad de la columna de agua. Wetzel³⁰ señala que la mayoría de los lagos tienen una z_r menor del 2%, mientras que los profundos y de superficie pequeña tienen generalmente valores de z_r mayores al 4%. De acuerdo con lo anterior el valor obtenido para la laguna Victoria de 2,77 % sugiere una tendencia a la estabilidad de la columna de agua a pesar de ser una laguna somera.

Para establecer la forma de la cubeta se han utilizado dos índices principalmente. Primeramente, el índice de desarrollo del volumen (D_v), que fue de 1,3 en la Laguna Victoria y que compara la forma de la cubeta lacustre con la de un cono invertido cuya base y altura son iguales al área superficial y a la profundidad máxima del lago, y sugiere que la cubeta tiene forma aproximada a la de un cono. En segundo lugar se tiene al índice que relaciona la profundidad media y la profundidad máxima de la laguna ($z:z_{max}$). Neumann¹⁴ señala que los lagos con un valor de $z:z_{max}$ igual a 0,33 tienen forma de cono elíptico perfecto y aquellos por encima de 0,33 y por debajo de 0,5 se corresponden con una parábola elíptica (forma de U). En la Laguna Victoria el valor obtenido fue de 0,43 reflejando una aproximación a una parábola elíptica. Las curvas profundidad-volumen de la laguna (Fig. 3b) refuerzan esta aseveración. La profundidad de gravedad (z_g) se define como la profundidad a la cual una cubeta lacustre contiene el 50% de su volumen total, que en este caso se corresponde con la isobata por encima de 0,5 m. Los valores de caudal (Q), nutrientes (N y P) y clorofila se muestran en las Tablas 2 y 3, respectivamente. Con los valores obtenidos de caudal de entrada y salida del río, así como el volumen total de la laguna (V) se obtuvo una tasa media de renovación del agua (D) de la laguna en época de sequía de 9,3 horas, mientras que en periodo de lluvias fue de 3,9 horas. Los valores máximos tanto de N como de P se obtuvieron en las estaciones de muestreo del río durante la época de sequía (Enero 2002), mientras

que los valores mínimos fueron observados en la época de lluvia (Agosto 2001, Septiembre 2002). Se encontró una relación lineal entre la Clorofila "a" y P total en la laguna con valores máximos del pigmento en la época de lluvia. Para estimar la relación entre el área superficial del lago ($S = 1,26$ ha), el área de la cuenca ($A = 8,3$ ha) y el volumen del lago ($V = 19.141$ m³) se empleó el índice S/AV que determina la importancia relativa de los aportes atmosféricos de fósforo en relación a los aportes por escorrentía¹³. Valores bajos de este índice sugieren una importancia relativa alta de los aportes por escorrentía. En este caso el índice S/AV registró un valor de 7,93 lo que señala que los aportes de fósforo por escorrentía hacia la laguna son más relevantes que los aportes atmosféricos.

Tabla II. Valores de flujo (Q) (m³/s)

Mes	Estaciones(río)		
	1	2	3
Mayo 2001	0,11	0,18	0,78
Agosto 2001	0,6	0,51	2,15
Enero 2002	0,19	0,12	0,57
Septiembre 2002	,94	1,03	2,34

1 y 2: Arriba de la laguna

3: Abajo de la laguna

Tabla III. Concentración promedio (intervalo) de nutrientes y clorofila durante el periodo de muestreo. El NID es igual a la suma de los nitratos, nitritos y amonio. El N Kjeldahl es igual a la suma de nitrógeno orgánico y amonio. El N total es igual a la suma de N orgánico y NID.

Nutriente ($\mu\text{g/l}$)	En la laguna	En el río
Ortofosfato	9,1(6,2 - 13,8)	9,2(6 - 11,3)
Fósforo total	35,5(18,6 - 68)	25,4(15 - 40,3)
Nitritos	4,8(3,2 - 6)	4,6(2,3 - 6,3)
Nitratos	29,8(7 - 86,4)	19,2(6,7 - 29,3)
Amonio	95,6(73,6 - 117,6)	84,4(54 - 110,3)
N Kjeldahl	248,8(109,4 - 384)	271,6(120 - 372)
N orgánico	153,1(35,8 - 288,8)	187,2(14,7 - 318)
NID	130,3(88,3 - 188,4)	108,1(72,7 - 136,9)
N total	283,4(124,1 - 405,3)	295,3(151,6 - 390,7)
Clorofila a	3,96(,57 - 11,12)	-

DISCUSION

Los valores de desarrollo del volumen (D_v) son una consecuencia natural de la evolución de la cubeta de un lago, pues a medida que ésta envejece el índice va incrementándose paulatinamente por la constante acumulación de sedimentos²¹. De acuerdo con este índice, la Laguna Victoria podría considerarse joven. Sin embargo, los estudios paleolimnológicos de la laguna^{5,16,17,18}, que datan su formación hace aproximadamente 10.000 años, así como la relación $z:z_{max}$ y la profundidad de gravedad sugieren lo contrario, es decir la Laguna Victoria se encuentra en la fase natural de rellenado que forma parte del proceso de envejecimiento de los cuerpos de agua.

En la Fig. 3b, las curvas de profundidad-volumen suministran una información similar. Estas curvas permiten

estimar la profundidad a la cual se obtiene el 50% del volumen de agua. En la Laguna Victoria el 50% del volumen de agua se encuentra aproximadamente a medio metro de profundidad, a un metro el 80 % del volumen y a los dos metros casi el 100% del agua de la laguna. La observación "in situ" de formación de bancos de arena en la zona de entrada del río a la laguna indica serios problemas de sedimentación, acelerados y facilitados en gran parte por las macrófitas, que actúan como agentes de retención de sedimentos³². La macrófita introducida "Rumex" ha sido señalada como una posible causante de la reducción del tamaño de la laguna en épocas anteriores¹⁷.

En 1970, Weibezahn et al.²⁶ llevaron a cabo el levantamiento morfométrico de las lagunas Mucubají y Negra, ambas también, pertenecientes a la cuenca del Río Santo Domingo y cercanas a la Laguna Victoria. En las lagunas Negra y Mucubají el 50 % del volumen de agua se ubica entre los 8 - 9 m y 4 - 5 m de profundidad, respectivamente. El mapa morfométrico de la Laguna Victoria, difiere marcadamente de los mapas morfométricos de estas lagunas. Las isobatas de máxima profundidad en la Laguna Mucubají y Laguna Negra se localizan en el centro de las mismas. Las isobatas de la Laguna Victoria por el contrario son más profundas cerca del dique, característica morfométrica típica de la mayoría de los embalses. Los valores obtenidos de desarrollo de la costa D_L de la Laguna Mucubají^{1,25} y de la Laguna Negra^{1,22} indica que su forma se asemeja también a una elipse aunque esta es más marcada en la Laguna Victoria^{1,65}. La relación $z:z_{max}$ es distinta en las tres lagunas. La Laguna Mucubají posee la cubeta con forma más cercana a la de un cono elíptico ($z:z_{max} = 0,36$), en comparación con la Laguna Negra ($z:z_{max} = 0,65$) y la Laguna Victoria ($z:z_{max} = 0,43$). Esto permite sugerir que la Laguna Victoria en los actuales momentos se asemeja morfométricamente a un embalse somero.

La estimación de los valores medios obtenidos de descarga de agua a la entrada y salida del río en relación al volumen total de la laguna, permitió estimar a su vez la tasa media de renovación del agua de la laguna, que en época de sequía arrojó un valor de 9,3 horas y en época de lluvia de 3,9 horas. La laguna por tanto, retiene muy poca agua, entre las causas más probables se encuentran la escasa profundidad relativa, los sedimentos ricos en coloides (materia orgánica muy fina) que dan plasticidad a los sedimentos del fondo (observación personal a partir de la toma de sedimentos del fondo con draga Eckman), permitiendo un mayor desplazamiento del agua superficial provenientes del afluente y de la cuenca de captación. Debido a su alta tasa de renovación, podríamos considerar que la conexión río- laguna, funciona realmente como "un río-pozo", en donde el tiempo de residencia es muy corto.

Aunque el río surte a la laguna con una proporción importante, si se considera que el balance neto de entradas y salidas de agua debería ser igual a cero, lo que está muy lejos del valor encontrado en los flujos estimados a la entrada (0,12 a 1,03 m³/seg) y salida de la

laguna (0,57 a 2,34 m³/seg), se puede inferir que los aportes por escorrentía de la cuenca de captación deben ser tomados en consideración para estimar el balance hidrológico de la Laguna Victoria.

El uso de la relación que existe entre la profundidad de un lago y los porcentajes área - volumen de los estratos de agua del mismo ha sido relacionada con el estado trófico de los sistemas lénticos donde utilizando los valores por estrato de volumen de agua podemos calcular en base a la concentración de nutrientes en dicho estrato, los aportes totales disponibles por capa. En la Fig. 3a, las curvas hipsográficas área-profundidad, muestran una aproximación de la superficie de contacto del agua con el fondo. La relación sugiere que existe una superficie mayor de contacto, lo cual corrobora que no tiene forma de un cono. Si se comparan las curvas hipsográficas área-profundidad de lagos eutróficos y oligotróficos³², la Laguna Victoria se aproxima más a un lago eutrófico que oligotrófico. Esto es en parte corroborado por los elevados valores de nitrógeno y fósforo medidos así como por los valores de clorofila.

Por tanto, aunque la morfometría de la cubeta de los lagos es solo uno de los parámetros que regulan la productividad total y utilizada sola posee un valor limitado en la predicción de la productividad de los ecosistemas lénticos, en este trabajo se demuestra su importancia al relacionarla con los tiempos de residencia y con la concentración de nitrógeno y fósforo.

REFERENCIAS

1. A.P.H.A.-A.W.W.A.-W.P.C.F. Standard methods, for the examination of water and wastewater. Joint Editorial Board. Washington. 1992.
2. Binford, M.W., Deevey, E.S., Crisman, T.L. Paleolimnology: An historical perspective on lacustrine ecosystem. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, **14**: 255-286. 1983.
3. Bland, R.D., Brock, J. The spatial distribution of desmids in lakes in northern Minnesota, USA. *Freshw. Biol.*, **4**: 453- 556. 1974.
4. Cuker, B.E., Gama, P.T., Burkholder, J.M. Type of suspended clay influences lake productivity and phytoplankton community in response to phosphorus loading. *Limnol. Oceanogr.*, **35**: 839-839. 1990.
5. Graf, K. Algunos apuntes sobre el paleoclima de los Andes venezolanos hace 13.000 años. *Plantula* **1(1)**: 95-106. 1996.
6. Hamilton, D.P., Mitchell, S.F. An empirical model for sediment resuspension in shallow lakes. *Hydrobiologia*. **317**: 209-290. 1996.
7. Hoagland, K.D., Peterson, C.G. Effects of light and wave disturbance on vertical zonation of attached microalgae in large reservoir. *J. Phycol.*, **26**: 450-457. 1990.
8. Hutchinson, G.E. Chemical stratification and lake morphology. *Proc. Nat. Acad. Sci., USA*, **24**: 63-69. 1938.
9. Hutchinson, G.E. A treatise of limnology. I. Geography, physic and chemistry. John Wiley & Sons. New York, 1957, pp. 166.
10. Jørgensen, S.E., Vollenweider, R.A. Use of models. In: Guidelines of lake management. Principles of lake management. Vol. 1. ILEC. UNEP. 1988. pp 71-98.

11. **Marker, A.F.H.** The use of acetone and methanol in the estimation of chlorophyll in the presence of pheophytin. *Freshw. Biol.*, **2**: 361-385. 1972.
12. **Marker, A.F.H., Nusch, E.A., Rai, H., Riemann, B.** The measurement of photosynthetic pigments in freshwaters and standardization of methods: conclusions and recommendations. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, **14**: 91-106. 1980.
13. **Morales-Baquero, R., Carrillo, P., Reche, I., Sánchez-Castillo, P.** Nitrogen-phosphorous relationship in high mountain lakes: effects of the size of catchment basins. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **56**: 1809-1817. 1999.
14. **Neumann, J.** Maximum depth and average depth of lakes. *J. Fish. Board Can.*, **16**: 923-927. 1959.
15. **Pintó de Rodríguez, R.M.** Estudio físico-geográfico de la cuenca alta del río Santo Domingo con fines de planificación conservacionista. TEG. Fac. de Ciencias Forestales. ULA. 1979.
16. **Rull, V., Shubert, C.** The little ice age in the tropical Venezuelan Andes. *Acta Cient. Venezolana*. **40**: 71-73. 1989.
17. **Rull, V., Vegas-Vilarubia, T.** Paleolimnological studies in Venezuela. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **25**: 1122-1127. 1993.
18. **Salgado-Laboriau, M.L., Schubert, C.** Pollen analysis of a peat bog from Laguna Victoria (Venezuelan Andes). *Acta Cient. Venezolana*. **28**: 328-332. 1977.
19. **Solabarrieta, M.E., Weibezahn, F.** Distribución y abundancia de los macroinvertebrados bénticos del lago de Valencia, Venezuela. *Acta Cient. Venezolana*. **31**(3): 247-274. 1980.
20. **Steeman-Nielsen, E.** Chlorophyll concentration and rate of photosynthesis in *Chlorella vulgaris*. *Physiol. Plant.*, **14**: 868-876. 1961.
21. **Torres-Orozco, R.E., Jiménez-Sierra, C., Buen Abad, J.L.** Caracterización limnológica de dos cuerpos de agua tropicales de Veracruz, México. *Anales Inst. Cien. Mar y Limnol.*, **21**(1-2): 107-117. 1994.
22. **Vollenweider, R.A.** Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, **33**: 53-83. 1976.
23. **Vollenweider, R.A.** Eutrophication: Conventional and no conventional considerations and comments on selected topics. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, **47**: 77-134. 1990.
24. **Vollenweider, R.A., J. Kerekes.** The loading concept as a basis for controlling eutrophication philosophy and preliminary result of the OECD programme on eutrophication. *Prog. Water Technol.*, **12**: 5-18. 1980.
25. **Walker, I.R.** Paleolimnological biomonitoring using freshwater benthic macroinvertebrates. In: D. M. Rosenberg and V. H. Resh, Eds. *Freshwater monitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York, 1993, pp. 306-343.
26. **Weibezahn, F.H., Volcán J.M., González, A., Reyes F.** Estudio morfométrico e hidrográfico de dos lagunas en los Andes de Venezuela. *Bol. Soc. Ven. de Cienc. Nat.*, **28**: 447-455. 1970.
27. **Welch, P.S.** *Limnological methods* McGraw-Hill, New York, 1948, pp. 20-23.
28. **Welch, E.B.** *Ecological effects of waste water* Cambridge University Press, Cambridge, 1980, pp. 126-127.
29. **Wetzel, R.G.** The role of littoral zone and detritus in lake metabolism. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, **13**: 145-161. 1979.
30. **Wetzel, R.G.** *Limnology*. Saunders Company, Philadelphia, 1975, pp. 31.
31. **Wetzel, R.G., G.E. Likens.** *Limnological analyses*, Springer-Verlag, New York, 2000, pp. 1-14.
32. **Wetzel, R.G.** *Limnology. Lake and River Ecosystems*, Academic Press, San Diego, 2001, pp. 15-635.
33. **Wetzel, R.G., H.L. Allen.** Functions and interactions of dissolved organic matter and the littoral zone in lake metabolism and eutrophication. In: Z. Kajak and Hillbricht-Ilkowska, eds. *Productivity Problems of Freshwaters*, Polish Scientific Publishers, Warsaw, 1970, pp. 333-347.
34. **Wiederholm, T.** Use of benthos in lake monitoring. *J. Water Poll. Control Fed.*, **52**: 537-547. 1980.

Correspondencia: Laboratorio de Modelos Ecológicos y Tramas Tróficas*. Laboratorio de Limnología**. Facultad de Ciencias. Universidad del Zulia. Maracaibo. Venezuela.

Correo electrónico: gaiagua@yahoo.com