

Hidrodinámica del ~~Lago Enriquillo~~Lago Enriquillo

*Ramón A. Delanoy de la Cruz
radelanoy@gmail.com

**Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma de Santo Domingo
Facultad de Ciencias, Instituto de Física*

Abstracto

En este estudio se presenta un análisis de las características hidroquímicas de ~~Lago Enriquillo~~Lago Enriquillo (LE), en la región suroeste de la República Dominicana. Este Lago es un Lago hipersalino ~~ye~~ ~~Endorreico~~. La ~~climatología~~ climatología de la región es influenciada por los Caribbean Regulator Climate Centers (CRCCs) (~~Méndez-Tejeda et al 2016~~) ~~y d~~. Debido a su característica endorreica ~~por lo que~~ la evaporación en la cuenca juega rol extremadamente importante. Durante el periodo de estudio los niveles de salinidad para noviembre de 2002 fueron de 104.2‰, cuando el LE estuvo por debajo del nivel del mar 42m (BSL). ~~P, y~~ para el 2014 el nivel de Lago sube a 29 m sobre el nivel de mar y la salinidad disminuye a 23.4‰, influencia por una alta actividad de sistema ciclónicos en la región.

Introducción

Durante el período ~~Eoceno~~ Eoceno de la ~~Era Terciaria~~ Terciaria mientras el bloque que forma la ~~Sierra~~ Sierra de Neiba colisionaba con la ~~Ceordillera Ceentral~~ Ceordillera ~~ambas~~ ambas formadas por el tectonismo y vulcanismo (~~Bowin, C. 1966~~), la sierra de Bahoruco se desplazaba hacia la de Neiba presionando levantándose el fondo marino que dio origen a la cuenca Enriquillo (~~Van den Berge, B., 1983~~). Durante este proceso las empinadas montañas de la ~~Ceordillera Ceentral~~ Ceordillera ~~se erosionaban~~ se erosionaban por las torrenciales lluvias y se desplazaban durante derrumbes y deslizamientos, formando los valles de San Juan, Azua y Neiba. Los sedimentos (~~Neira J.A. et al, 2002~~) que eran arrastrados por el Río Yaque del Sur (RYS) se fueron depositando en lo que hoy forma la bahía de Neiba y el ~~lago Enriquillo~~Lago Enriquillo. Durante este proceso, las aguas recogidas en la cuenca del ~~Lago Enriquillo~~Lago Enriquillo durante los periodos lluviosos eran vertidas al mar. Al disminuir la cantidad de agua recogida en relación con la evaporación en la cuenca y ésta quedar bloqueada por los sedimentos con el mar, dejó de verter hacia este ~~c~~. Concentrándose sus sales, al punto de poseer una salinidad de 105 ‰ (~~Margalef, R, 1986~~) cuando su nivel ~~era es~~ de 44 m bajo el nivel del mar (BSL).

El ~~lago Enriquillo~~Lago Enriquillo hace mucho tiempo que dejó ser parte del mar y sus aguas no son ~~resto-remanentes de~~ agua de mar que quedó atrapada por el tectonismo (~~Mann, P., 1991~~), o la sedimentación de la región. Sus aguas y propiedades químicas-físicas están ligadas a características propias de la geología de la región, siendo almacenada durante los periodos lluviosos. La salinidad entre 18-34 ‰ medida durante el 2011-2014 mientras su nivel aumentaba de -36 a -29 m (BSL) por la alta pluviometría registrada en la región y la composición de sus sales dan muestras de que las aguas del ~~lago Enriquillo~~Lago Enriquillo no son ~~remanentes~~ de un reservorio confinados del mar (~~Runnuw, R., 1999~~). Es de suponer que la salinidad del ~~lago Enriquillo~~Lago Enriquillo debería ser superior o igualarse con la del mar cuando sus niveles se igualasen, por el contrario, ya encontrándose a unos 31 m (BSL) sus salinidades eran similares.

Las principales ciudades ubicadas alrededor del LE corresponden a las provincias Independencia y Bahoruco con poblaciones de 54,785 y 97,313 habitantes respectivamente; estas son: Jimaní, La Descubierta, Neiba, Postrer Río, Duvergé, Boca de Cachón, Mella, Villa Jaragua, Los Ríos, El Limón y Galván (Hernaiz., 2004); dedicada económicamente a la agricultura y la ganadería, (Oficina Nacional de Estadísticas, República Dominicana, 2010).

También el RYS vierte parte de sus aguas a través del canal Cristóbal las cuales proveniente de la provincia de San Juan de la Maguana con una población de 129,224 habitantes, su población se dedica al cultivo intenso de productos agrícolas y a la ganadería.

Es la segunda región más seca de la República Dominicana por las bajas precipitaciones anuales que se han registrado en la cuenca (ONAMET, 2013 y Méndez-Tejeda 2016). Los elementos que definen su hidrodinámica son la evaporación, las lluvias de mayo y/o diciembre, así como las vaguadas, tormentas y huracanes que impacten en la cuenca en la temporada ciclónica durante junio-noviembre. Estos elementos también determinan la variación de su salinidad la cual en el período 2003-2013 varió de 105 ‰ (Buck *et al.*, 2005) a 23.4 ‰ aproximadamente.

La flora es de bosque seco muy disperso encontrándose poblaciones de cayucos, yasos, alpagatas, cagüey, cambrones y cactus, entre otros (Ducoudray, 2006). La fauna está caracterizada básicamente por reptiles como son las iguanas, culebras y lagartos además de escorpiones. En sus aguas habitan cocodrilos, peces, crustáceos y moluscos; su abundancia depende de cómo varíe la salinidad del lago (Tabla 1). Cuando las condiciones son favorables pueden avistarse varios tipos de aves como son el flamenco y varias especies de garzas y gaviotas (Marcano, 1987).

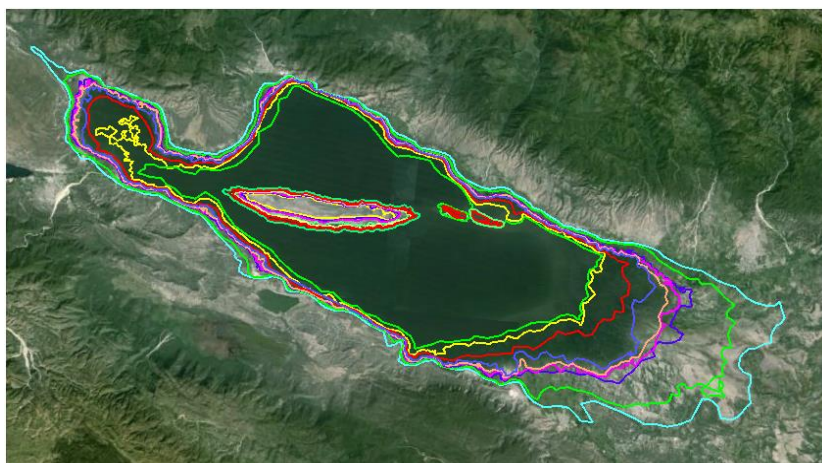


Figura 3: Contorno de curvas de Nivel del [Lago Enriquillo](#) [Lago Enriquillo](#)
-42, -40, -36, -34, -33, -31, -29, -20 y -10 metros bajo el Nivel medio del Mar.

Equipos y Materiales

Equipos: Muestreador Uwitec, Balanza Sartorius, Horno, Mufla, Equipo de Filtrado, Cristalería, Sonda Multiparamétrica y Sonar-GPS.

Metodología

Los parámetros físicos-químicos fueron determinados por medio de una sonda Multiparamétrica. Mediante varios trazados a lo largo y ancho del lago utilizando un Sonar-GPS de determinaron las profundidades y coordenadas para la realización de la batimetría con Surfer 10.

Resultados

Tabla 1:

Fecha	Salinidad ‰	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Totales Disueltos (g/l)	Nivel (m(BSL))	Área (km ²)	Volumen (km ³)
*Nov. 2002	104.2	146.8	152.1	42	194.9	1.04
*Mar. 2003	103.4	145.9	150.7	41.5	198.6	1.14
28 de Feb. 2011	30.4	46.5	30.1	30.0	375.4	4.60
28 de Feb. 2012	26.1	40.6	20.3	29.5	385.3	4.99
13 de mayo 2013	23.7	37.6	18.8	29.0	391.4	5.22
16 de dic. 2013	24.4	38.3	19.2	29.5	387	5.00
23 de mayo 2014	23.4	36.8	18.5	29.0	393	5.25

Medidas de Salinidad, Conductividad y Sólidos Totales Disueltos durante el período 2011-2014 en el [Lago Enrique](#) ~~Lago Enrique~~ [Lago Enrique](#). Los valores presentados son valores promedio. *(Margalef, 1986; Buck, 2005). $CND=1.36*SAL + 5.13$, $R^2 = 0.99$; $STD=1.66*SAL-21.19$, $R^2 = 0.95$ ecuaciones construidas a partir de los datos medidos. Niveles, aéreas y volúmenes determinados en las fechas indicadas.

Utilizando los datos del fondo del Lago obtenidos en los muestreos, datos históricos, topográficos (Wallace, M.H., 1947) y a través de Google y Okmap se determinaron las áreas, los volúmenes fueron determinados con el programa Surfer 10. Para el cálculo se consideraron los niveles marcados del Lago alcanzado durante el periodo 2004-2013.

Tabla 2:

Nivel (bnm)	Áreas km ²			Volumen km ³	
	Cabrito	Lago	Espejo	Lago	Fecha
42	24.088	243.267	*216.625	1.037	2004
40	21.691	276.894	255.203	2.033	2007
36	18.772	314.714	295.942	3.674	2008
34	16.765	344.766	328.001	3.891	2009
33	15.400	353.470	338.070	4.223	2010
31	13.118	375.388	362.270	4.599	2011
30	11.748	385.255	373.507	4.923	2012
29	10.602	391.121	380.519	5.221	2013

Niveles, áreas y volúmenes ocupados durante 2004-2013 por el ~~Lago Enriqueillo~~ Lago Enriqueillo calculado mediante las aplicaciones Google, Surfer 10 y Okmap. *Incluye la Isleta y Barbarita (1.127 km² y 1.427 km²)

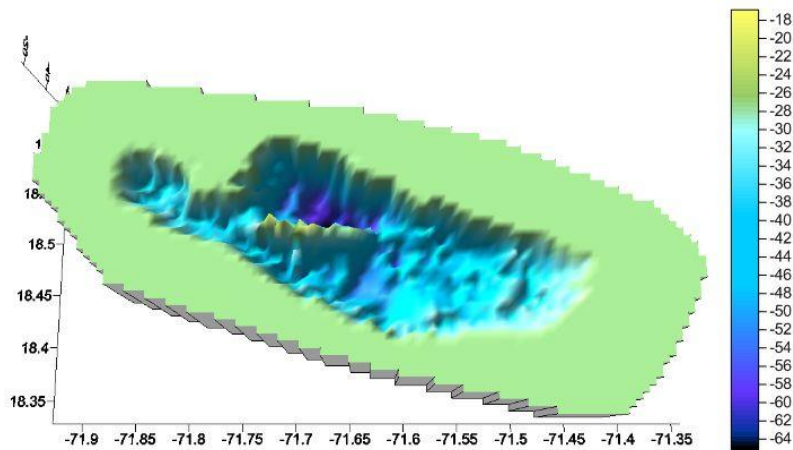


Figura 4: Batimetría del ~~lago Enriqueillo~~ Lago Enriqueillo teniendo como límite los 29 m(BSL) para el 2013. Máxima profundidad 65 m(BSL) al norte. En relación al 2003 su nivel se encontraba en 42 m(BSL) el cambio de nivel en los 10 años fue de 13 m.



Figura 5: Lugares de Muestreo (2011-2013)

Discusión de los Resultados

En el periodo 1969-1979 el nivel del LE menguaba cada año, recuperando parte de su nivel con el paso del huracán David y la tormenta Federico que impactaron en su cuenca en agosto y septiembre, respectivamente. Luego para el periodo 1982-1998, 18 años, el nivel de LE descendió hasta los 44 m (BSL) recuperándose unos dos metros con el huracán George en septiembre del 1998. Para el 2003 el nivel del lago se encontraba en unos 42 m (BSL), fue entonces con la tormenta Odette y una serie de eventos meteorológicos extremos que se produjo el inicio del aumento de nivel hasta los 29 m (BSL), con un incremento durante el periodo 2003-2013 de 13 metros. En la zona de los “borbollones” los parámetros físicos-químicos alcanzaron los valores más elevados (febrero, 2011), lo cual ~~no~~ era de esperarse ya que era de suponer que en este lugar la entrada de agua dulce reduciría el contenido de sales. Contrario a esto, estas aguas contenían una alta salinidad, indicándonos que estas aguas procedían de algún lugar donde el proceso de salinización en el periodo de sequías fue muy marcado. Siendo en ese momento que, por la alta pluviometría caída en la cuenca, los acuíferos que lo alimentaban estaban drenando hacia el lago sus aguas con un contenido muy elevado de sales.

Al inicio del 2011 los parámetros físicos químicos eran muy variables de un lugar a otro, asimismo entre la superficie y el fondo, el volumen de agua que entraba al lago y se había mezclado en gran medida con el agua hipersalina (Brenner, D., et al., 1988, Rosado et al.; 2016) que almacenaba el lago para el 2003. Ya para el 2012 los valores de salinidad y conductividad en todo el lago eran más homogéneos, la mezcla de las aguas almacenadas durante los años 1979-2003 con las lluvias caídas entre 2003-2011 se habían mezclados en su mayoría, por lo pudimos inferir que para el 2013 el nivel del lago comenzaría a bajar; tal como sucedió. Entre el periodo 2013-2016, al disminuir los eventos meteorológicos incidente en la cuenca el nivel del lago descendió 3.44 m. Con lo que podemos asegurar que los cambios de nivel que experimento el [lago Enriqueillo](#) son consecuencia de los cambios en la pluviometría de su cuenca y no por otros factores.

El fondo del LE es muy irregular debido a su origen, por lo que no se puede considerar como una laguna a la hora de ser analizado, además de que las aguas que lo alimentan provienen de diferentes lugares con características muy diferentes. Unas están muy cargadas de azufre, otras de carbonato de calcio y unas de muy buena calidad, baja en sales.

Las variaciones de los parámetros físicos-químicos del LE están determinadas por los cambios de pluviometría y por las características geomorfológicas de las rocas de la cuenca. Las sales en el agua del lago poseen características diferentes a las del mar (Margalef, R., 1985), asegurándonos que las aguas no son de origen marino y que lo que pudo ser un reservorio atrapado entre las sierras de Neiba y Bahoruco dejó de ser hace mucho tiempo. Los niveles de sodio, magnesio y cloro difieren, siendo en el lago más bajos; mientras que el azufre se encuentra en mayor concentración que en el mar. Esto es producto a que varios manantiales son de aguas azufradas (La Descubierta y Duvergé).

Conclusiones

El nivel del ~~lago Enriqueillo~~Lago Enriqueillo (LE) así como los parámetros físicos-químicos responden de igual manera a los cambios en la pluviometría de su cuenca. Enmarcada dentro de la vertiente sur de la sierra de Neiba y la vertiente norte de la sierra de Bahoruco en la República Dominicana, con alguna influencia de la cuenca del RYS. Al ser una de la zona más seca del país su nivel de evaporación es superior a la cantidad de precipitación lo que hace que el nivel del ~~Lago Enriqueillo~~Lago Enriqueillo fluctúe y, estas Fluctuaciones están influenciadas por los Centro Reguladores del Clima de Caribe (CRCC) (Méndez-Tejeda 2016); porque su nivel tiene una dependencia de las lluvias de tormentas y huracanes para poder reponer el déficit y elevar su nivel.

Las características de las aguas no responden a agua de mar que se concentra o se diluye, debido a que su composición difiere de este. Denotando, que la alta salinidad que alcanza el ~~lago Enriqueillo~~Lago Enriqueillo durante su bajada de nivel es evidencia de que se concentran sales de orígenes diferentes a la del mar (Comarazamy et al 2015). La ~~sales~~ sales son el resultado de la contribución de la dilución de las rocas cársticas que constituyen principalmente la cuenca y de otras sales procedentes de las minas de sal de la cuenca ayudada por la alta evaporación de la región.

Acknowledgement

This article has been produced thanks to the collaboration of Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología (MESCyT) of the Dominican Republic, who financed the project through funds provided by FONDOCYT (2009-2012)

Referencia

- Araguás-Araguás, L., Michelen, C. & Febrillet, J., 1993: Estudio de la dinámica del ~~lago Enriqueillo~~Lago Enriqueillo: informe de avance. – Internat. Atomic Energy Agency, Project DOM/8/006, Vienna, Austria.
- Bionini, W. E; Hargraves, R. B. and Shagan, R., 1984; The Caribbean-South American Plate Boundary and Regional Tectonic. Geological Society of America, Memoir 162, USA.
- Bird, J., 1980, Plate Tectonics. American Geophysical Union, USA.

- Bowin, C. 1966. Caribbean Gravity Field and Plate Tectonics. The Geological Society of America, Inc. Library of Congress Catalog Card Number 76-16261. I.S.B.N. 0-8137-2169-5. 1966.
- Buck, D., Brenner, D., Hodell, D., Curtis, J., 2003. La Historia Holocénica del [Lago Enriquillo](#), República Dominicana: Un Lago de Hipersalinidad. Universidad de la Florida.
- Buck, D., Brenner, M., Hodell, D., Curtis, J., Martin, J., 2005. Physical and chemical properties of hypersaline [Lago Enriquillo](#), Dominican Republic.
- Brenner (M.), Binford (M.W.), 1988. - A sedimentary record of human disturbance from Lake Miragoane, Haiti. *J. Paleolimnol.*, 1 : 85-97.
- Cocco, A. 2009. El Ciclo Hidrológico del [Lago Enriquillo](#) y la Crecida extrema del 2009. Cuevas, L. 2013. [Lago Enriquillo](#) y Lago Sumatre. Dinámica de las inundaciones. Periodo 2000-2013.
- Comarazamy, D.E.; González, J.E.; Moshary, F.; Plasecki, M. 2015. On the hydrometeorological changes of a tropical water basin in the Caribbean and its sensitivity to midterm changes in regional climate. *J. Hydrometeorolog.*
Available: <http://dx.doi.org/10.1175/JHM-D-14-0083.1>.
- Díaz De Neira J.A. y Solé Pont, F.J. 2002. Precisiones estratigráficas sobre el Neógeno de la cuenca de Azua (República Dominicana) Stratigraphic precisions about the Neogene of the Azua basin (Dominican Republic). Depto. de Geología. Informes y Proyectos S.A. (INYPESA). C/ Velazquez, 60. 28011 Madrid. *Acta Geologica Hispanica*, v. 37 (2002), nº 2-3, p. 163-181. adn@inypsa.es.
- Dolan J., Mann P., De Zoeten R., Heubeck C., Shiroma J., (1991): Sedimentologic, stratigraphic and tectonic synthesis of Eocene-Miocene sedimentary basins, Hispaniola and Puerto Rico. En: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean Plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper, 262.
- Ducoudray, F., 2006. La Naturaleza Dominicana. Tomo 2. Región Sur. Colección Centenario. Grupo León Jimenes. Editora Corripio. ISBN de la obra completa 9945-422-05-7, Santo Domingo, Rep. Dominicana.
- Hernaiz Huerta, P.P., 2004b. Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 nº 5871-I (La Descubierta) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Dirección General de Minería, Santo Domingo.
- IAEA, 1989. Isotopes of Noble gases as tracers in environmental studies, Proceeding Consultants Meeting, Vienna, 29 May-2 June 1989. Agency International
- Mann P., Burke K., Matumoto T. (1984): Neotectonics of Hispaniola: plate motion, sedimentation, and seismicity at a restraining bend.- *Earth and Planetary Science Letters*, 70, p. 311-324.
- Mann P., McLaughlin P.P., van den Bold W.A., Lawrence S.R., Lamar M.E. ,1999. Tectonic and Eustatic Controls on Neogene Evaporitic and Siliciclastic Deposition in the Enriquillo Basin, Dominican Republic. In *Caribbean Basins, Sedimentary Basins of the World*, 4 (P. Mann Ed.), Elsevier Science B.V., Amsterdam, p. 287 – 342.
- Mann P., Taylor F.W., Burke K., and Kulstad R. 1984 – Subaerially exposed Holocene coral reef, Enriquillo Valley, Dominican Republic. *Geol. Soc. America Bull.*, vol. 95, 1084-1092.
- Marcano, E., 1987. Flórula de la Isla Cabritos. UASD. Santo Domingo, Rep. Dominicana.

Con formato: Español (República Dominicana)

Margalef, R., 1985. Limnología del ~~Lago Enrique~~Lago Enriquillo (República Dominicana).

Méndez-Tejeda Rafael, Gladys Rosado, Diego V Rivas., Tomás Montilla, Santiago Hernández, Antonio Ortiz, and Francisco Santos, "Climate Variability and Its Effects on the Increased Level of Lake Enriquillo in the Dominican Republic, 2000-2013." Applied Ecology and Environmental Sciences, vol. 4, no. 1. 2016: 26-36. doi: 10.12691/aees-4-1-4.

Rosado G., Méndez-Tejeda R; ,Rivas V.D., Infante I. M. (2016). Physicochemical analysis of LakeEnriquillo in Dominican Republic.Open Science Journal 1(3). <https://osjournal.org/ojs/index.php/OSJ/article/view/638/44>

Runnuw., R., 1999. Minerals and mineraloids in marine sediments. An optical

Stemann T.A., Johnson K.G., 1992. Coral assemblages, biofacies, and ecological zones in the mid-Holocene reef deposits of the Enriquillo Valley, Dominican Republic. Lethaia, vol. 25, n° 3, p. 231 – 241.

Van den Berghe, B. , 1983, Evolution sédimentaire et structurale depuis le paléocène du secteur "Massif de la Selle-Bahoruco-Nord de la ride de Beata" dans l'orogène nord-Caraïbe: Paris, France, Université Pierre et Marie Curie, 205 p.

Wallace, M.H., 1947. A review of the stratigraphy of the ~~Enrique~~Enriquillo basin, Dominican Republic, Unpublished reports, Dominican Seaboard Oil Company, 12p.

Código de campo cambiado

Con formato: Español (República Dominicana)

Con formato: Español (República Dominicana)