



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**EVALUACIÓN DEL BALANCE HIDROLÓGICO Y ESTABLECIMIENTO
DE ESTRATEGIAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL RECURSO
HÍDRICO DEL LAGO YAHUARCOCHA**

Autor:

Revelo Carrera Jorge Luis

Director:

MSc. Delia Elizabeth Velarde Cruz

Asesores:

MSc. Tania Oña

MSc. Sania Ortega

MSc. Oscar Rosales

Ibarra – Ecuador

2017

HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



APELLIDOS: Revelo Carrera

NOMBRES: Jorge Luis

C. CIUDADANÍA: 100348710-3

EDAD: 24 años.

NACIONALIDAD: Ecuatoriano

ESTADO CIVIL: Soltero

TELÉFONO CONVENCIONAL: 062 603 570

TELÉFONO CELULAR: 0998934118

CORREO ELECTRÓNICO: jorge_revelo1993@hotmail.com

DIRECCIÓN: Provincia: Imbabura
Ciudad: Ibarra
Parroquia: San Francisco
Calle: Río Vinces 2-61 y Río Curaray

AÑO: 2017

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

REVELO CARRERA, JORGE LUIS. Evaluación del balance hidrológico y establecimiento de estrategias para la conservación del recurso hídrico del lago Yahuarcocha/TRABAJO DE GRADO. Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Ibarra. ECUADOR. Noviembre de 2017. 80 p.

DIRECTORA: Velarde Cruz, Elizabeth.

El objetivo de la investigación fue evaluar el balance hidrológico del lago Yahuarcocha, aplicando la ecuación simplificada del balance hidrológico, las variables que intervinieron fueron precipitación, caudal de ingreso y evaporación del período julio 2015 – junio 2016, obteniendo un balance anual negativo de 249,78 mm que representa un déficit de agua, por lo que se propuso dos estrategias para la conservación del recurso hídrico: el control de caudales de la microcuenca y el dragado de sedimentos, con la finalidad del restablecimiento de los procesos hidrológicos y la recuperación del cuerpo de agua del lago.

21 de noviembre del 2017



MSc, Elizabeth Velarde
DIRECTORA



Jorge Luis Revelo Carrera
AUTOR

1. RESUMEN

El ciclo hidrológico, describe el almacenamiento y circulación del agua en la tierra, es afectado por la influencia humana a diferentes escalas, ocasionando problemas de contaminación y alteración del ciclo hidrológico. En el lago Yahuarcocha y su microcuenca se desarrollan diferentes actividades antrópicas que generan problemas de ubicación y magnitud de las fuentes de agua.

El objetivo de la investigación fue evaluar las variables precipitación, caudal de ingreso y evaporación del balance hidrológico del lago aplicando la ecuación simplificada del balance hidrológico, se realizó también la batimetría del lago para determinar la distribución espacial del agua del lago por cotas de profundidad.

Se obtuvo un balance anual negativo de 249,78 mm, existiendo un déficit de agua en el lago debido al impacto generado por las actividades antrópicas, alterando los procesos hidrológicos y la disponibilidad de agua del lago; con los datos de la batimetría se obtuvo una superficie y volumen de 2.795.445,04 m² y 13.498.931,25 m³ respectivamente, se establecieron cotas de profundidad de 0 – 7 m, concentrándose la mayor distribución espacial del agua en las cotas de profundidad intermedia.

Finalmente, con los resultados obtenidos se propone dos estrategias para la conservación del recurso hídrico: el control de caudales de la microcuenca y el dragado de sedimentos, con la finalidad del restablecimiento de los

procesos hidrológicos y la recuperación del cuerpo de agua del lago.

Palabras claves

Balance hidrológico, ciclo hidrológico, distribución espacial del agua.

ABSTRACT

The hydrological cycle, describes the storage and circulation of water in the earth, is affected by human influence at different scales, causing problems of pollution and alteration of the hydrological cycle. In Lake Yahuarcocha and its microbasin, different anthropic activities are developed that generate problems of location and magnitude of water sources.

The objective of the research was to evaluate the variables precipitation, income flow and evaporation of the hydrological balance of the lake by applying the simplified hydrological balance equation, the bathymetry of the lake was also performed to determine the spatial distribution of the lake water by depth levels.

A negative annual balance of 249.78 mm was obtained, there being a water deficit in the lake due to the impact generated by anthropogenic activities, altering the hydrological processes and the water availability of the lake; with the data of the bathymetry, a surface and volume of 2,795,445.04 m² and 13,498,931.25 m³ respectively were obtained, depths of 0 - 7 m were established, concentrating the greater spatial distribution of the water in the elevations of intermediate depth.

Finally, with the results obtained, two strategies for the conservation of water resources are proposed: the control of micro-basin flows and the dredging of sediments, with the purpose of restoring hydrological processes and recovering the water body of the lake.

Keywords

Hydrological balance, hydrological cycle, spatial distribution of water.

2. INTRODUCCIÓN.

En el lago Yahuarcocha y su microcuenca se desarrollan distintas actividades antrópicas generando problemas de ubicación y magnitud de las fuentes de agua (Plan de manejo de la Microcuenca del Lago Yahuarcocha, 2012), hecho que se evidenció mediante recorridos realizados para la identificación, georreferenciación y cuantificación del caudal de 19 aportantes de agua en la microcuenca alta y media y su disminución en los puntos de aforo en el lago, donde existen 5 entradas de agua que aportan caudal constante debido al aprovechamiento que la población les da.

El lago presenta un estado ecológico eutrófico con tendencia a hipertrófico (Portilla, 2015), siendo la causa principal el aporte de nutrientes a través de la microcuenca, es por esto la importancia de estudiar los procesos hidrológicos que permitirán la localización y magnitud de las fuentes de agua, el análisis de la distribución, duración, intensidad, frecuencia y fecha de inicio de la sequía o inundación, entre otros (Sehmi y Kunzewicz, 1992).

3. OBJETIVOS.

3.1. OBJETIVO GENERAL.

Evaluar las variables precipitación, caudal de ingreso y evaporación, del balance hidrológico simplificado del Lago Yahuarcocha.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Analizar la distribución espacial del agua por cotas de profundidad en el lago Yahuarcocha.
- Determinar la disponibilidad del agua de la cubeta lacustre mediante la aplicación de la ecuación simplificada del balance hidrológico.
- Proponer estrategias de conservación del recurso hídrico del lago Yahuarcocha, en base al modelo hidrológico obtenido.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

En el cuadro 1, se detallan los materiales utilizados en la investigación.

Tabla 1. Materiales

Materiales	Equipos	Software
Botas de caucho	Bote Sea Eagle 14 SR	ArcMap 10.4
Libreta de campo	Cámara fotográfica	DrDepth
	Computadora (Laptop)	
	Equipos meteorológicos HOBO U30	
	GPS Garmin 64s	
	Impresora	
	Molinete Global Water FP211	
	GPSMap Garmin 526s	
	Eco sonda GPSMap 526s	

Para el análisis de la distribución espacial del agua por cotas de profundidad, se identificó y georreferenció los puntos de entrada de agua al lago, utilizando un navegador GPS.

Se realizó también la batimetría del lago, utilizando un GPSmap Garmin 526s conectado a un eco sonda de la misma serie y a una computadora de campo Durabook,

Los puntos batimétricos obtenidos con el programa DrDepth fueron exportados a formato excel, para modificar los valores de profundidad positivos a negativos y cargar estos puntos al programa ArcMap 10.4; donde empleando las herramientas Tin, Tin to raster y reclass se obtuvo un mapa batimétrico con las cotas de profundidad identificadas por una escala de colores.

Para determinar la disponibilidad del agua en el lago se empleó el método de cálculo directo mediante la ecuación simplificada del balance hidrológico, las variables que intervinieron fueron sumatorias mensuales de precipitación y evaporación y promedios mensuales de caudal. Los datos meteorológicos fueron obtenidos de estaciones cercanas pertenecientes al Inamhi y los datos de caudal de la escala limnométrica del GAD - I, con dichas variables se realizó una sumatoria y se obtuvo la variación de almacenaje de agua mensual.

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Distribución espacial del agua por cotas de profundidad en el lago Yahuarcocha

Se identificaron 5 entradas de agua, a continuación, se detalla su ubicación.

Tabla 2. Ubicación de las entradas de agua del lago Yahuarcocha

Nombre del afluente	Coordenadas		Altitud (msnm)
	X	Y	
Hacienda Hidrobo	823779	10041128	2206
Hosteria El Totoral	823741	10040963	2204
Quebrada Manzano Huayco	822766	10040081	2205
Quebrada Polo Golo	822752	10039680	2197
Canal Río Tahuando	822621	10039225	2223

Se comparó la información de las entradas de agua con los datos de Yépez (2015) y los registros del GAD-I (2016), quienes determinaron que estas entradas aportan caudal de manera constante hacia el lago.

Con los datos de la batimetría se obtuvo un área de 2.795.445,04 m², las cotas de profundidad de 6 y 7m ocupan la mayor superficie, en cuanto al volumen el lago tiene 13.498.931,25 m³, la mayor concentración de volumen está en las cotas de 2 y 3m. Características similares a los lagos de Etiopía donde se observa la dominancia superficial y volumétrica de las cotas mencionadas, lo que indica que el lago presenta un fondo relativamente plano y una caída rápida en la profundidad de la orilla del lago (Kevede, Travi, Alemayehu y Marc, 2005).

Existe una similitud en el tamaño del perímetro del lago; la superficie y volumen aumentaron en 107.126,48 m² y 1'123.540,44 m³ respectivamente, debido posiblemente al proceso de remoción de sedimentos y vegetación macrófita, representando un aumento considerable en la cantidad de agua debido a la superficie pequeña del lago (Kevede, Travi, Alemayehu y Marc, 2005), además permitió cubrir una mayor superficie en el recorrido realizado en la batimetría, que abarca la gran mayoría de la superficie del lago, obviando únicamente las zonas con profundidad menor a 0,5 metros.

Es importante también el aumento del promedio mensual de caudal total (todas las entradas) que ingresó al lago; que en el año 2014 fue de 67,4 l/s y en el 2016 de 132,1 l/s,

duplicando el volumen de agua que ingresó al lago Yahuarcocha.

Disponibilidad del agua de la cubeta lacustre del lago Yahuarcocha.

El período de estudio presenta un balance hidrológico anual negativo de 249,78 mm, que representa un déficit de agua.

Tabla 3. Balance hidrológico del lago Yahuarcocha

	Julio 2015	Agosto 2015	Septiembre 2015	Octubre 2015	Noviembre 2015	Diciembre 2015	Enero 2016	Febrero 2016	Marzo 2016	Abril 2016	Mayo 2016	Junio 2016
Precipitación (P) (mm)	35,31	1,67	6,24	62,11	60,71	7,53	116,25	4,20	51,67	134,23	56,94	22,50
Caudal de ingreso (Q _{in}) (mm)	19,54	0,48	18,64	33,41	96,10	55,54	68,91	39,48	184,79	96,69	89,52	80,24
Evaporación (E) (mm)	135,48	156,41	145,65	130,52	121,93	161,06	135,91	116,39	111,39	125,90	130,59	121,24
Variación de almacenaje (ΔS) (mm)	-80,63	-154,26	-120,76	-35,01	34,88	-97,99	49,25	-72,71	125,07	105,02	15,87	-18,51

Elaboración: El autor

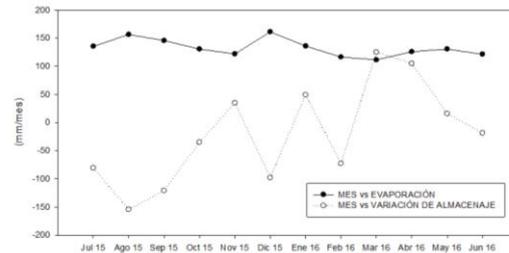
■ Disponibilidad
■ Déficit

La evaporación no tiene grandes variaciones mensuales, presenta el nivel más alto en diciembre 2015 con 161,06 mm y el nivel más bajo en marzo 2016 con 111,39 mm, es mayor que la precipitación durante el período de estudio debido a las características propias de su ubicación, presenta una época seca clara en junio, julio, agosto y septiembre con altas temperaturas y alta radiación solar (Portilla, 2015 y Escaleras 2016).

Existe un aumento importante de la temperatura en meses como diciembre, febrero, marzo y abril, demostrando un incremento en los meses de época seca en el lago Yahuarcocha (INAMHI, 2017), debido a la polimixis no existe estratificación térmica, manteniéndose constante la temperatura del agua, siendo igual o mayor que la temperatura ambiental, en los lagos de Etiopia se obtienen resultados similares, existiendo niveles altos de evaporación y aumentos de temperatura

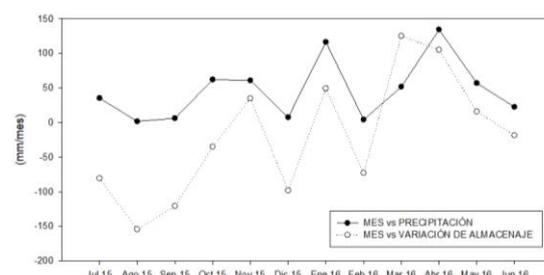
debido al impacto de las actividades antrópicas y al cambio climático (Wetzel, 1981; Scheffer, 2004; Casallas, 2005; Cabrera, 2015).

Figura 1. Evaporación en el lago Yahuarcocha



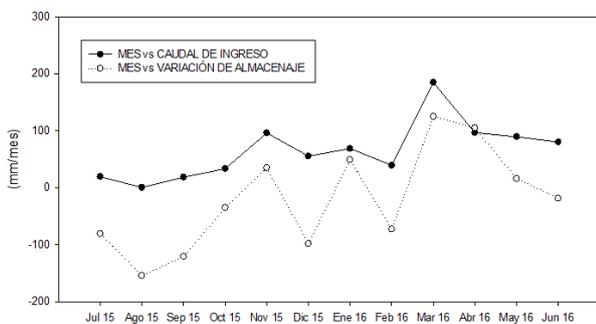
La precipitación varía constantemente en los meses de estudio, presenta el nivel más alto en abril 2016 con 134,23 mm y el nivel más bajo en agosto 2015 con 1,67 mm, se mantiene menor que la evaporación debido posiblemente al impacto generado por el cambio de uso de suelo y el cambio de la cobertura vegetal constante y prolongado, ocasionando alteración en el ciclo hidrológico natural del lago, resultados similares a los estudios realizados en Etiopia donde las actividades antrópicas condicionan y alteran el ciclo del agua (Lamb, Bates, Coombes y Marshall, 2011), se observa también una disminución anual de la precipitación al comparar con los registros históricos de los últimos 41 años de la ciudad de Ibarra (Portilla, 2015 e INAMHI, 2017).

Figura 2. Precipitación en el lago Yahuarcocha



Las entradas de agua aportan el 58,34 % que ingresa al sistema lacustre, manteniendo el volumen del lago, las afectaciones por el desarrollo de actividades antrópicas alterarían considerablemente el suministro de agua que las entradas brindan, estando la disponibilidad del agua sujeta a las fluctuaciones de caudal, en los lagos de Etiopia se obtuvo resultados similares, las fluctuaciones de caudal determinan cambios en el nivel de los lagos (Lamb, Bates, Coombes y Marshall, 2011).

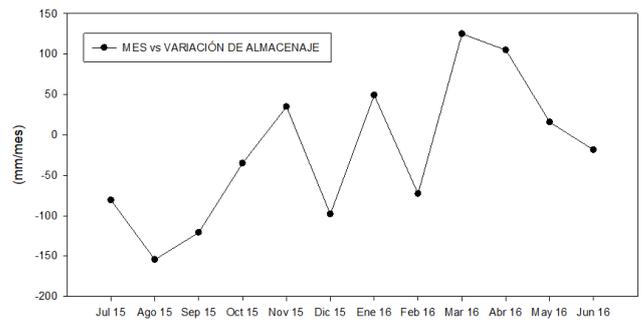
Figura 3. Caudal de ingreso en el lago Yahuarcocha



Existe una variación mensual en el almacenaje de agua a lo largo del periodo de estudio; marzo 2016 presenta el mayor volumen de agua almacenada con 125,07 mm, mostrando la disponibilidad de agua en el lago, debido a las condiciones climáticas favorables y la cantidad de caudal alta de los aportantes permitiendo un balance positivo, agosto 2015 presenta el nivel más bajo con -154,26 mm, siendo negativo el almacenaje de agua, mostrando un déficit o poca disponibilidad de agua, debido a las condiciones climáticas y a las actividades antrópicas que se desarrollan en los aportantes de agua; resultados similares a los lagos de Etiopia donde las condiciones

climáticas y las actividades antrópicas condicionan variaciones en el nivel de los lagos y en la disponibilidad de agua almacenada (Deganovsky y Getahun, 2008).

Figura 4. Variación de almacenaje del lago Yahuarcocha



Estrategias para la conservación del recurso hídrico del lago Yahuarcocha.

Se establecieron dos estrategias para la conservación del recurso hídrico del lago Yahuarcocha: la primera en base a criterios de distribución espacial del agua por cotas de profundidad, específicamente a la reducción superficial de las cotas de 0, 1 y 2 m, debido posiblemente a la acumulación de sedimentos en las zonas con estas profundidades; y la segunda en base a criterios de disponibilidad del agua, específicamente a la reducción del caudal de ingreso de agua en las entradas naturales al lago, se enfoca también en la identificación y seguimiento de las quebradas y canales aportantes al lago en el recorrido desde su origen en la cuenca alta hasta la cuenca baja, así como del aprovechamiento por parte de la población.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se establecen las siguientes conclusiones.

- El lago Yahuarcocha tiene una cubeta lacustre con un perfil regular, presenta una caída rápida en la profundidad de su orilla y un fondo relativamente plano, concentrándose la mayor distribución espacial del agua en las cotas de profundidad intermedia (3, 4 y 5 m).
 - La variación en el volumen de agua en una cota de profundidad representa una variación considerable ($0,40 \text{ m}^3/\text{m}^2$) en las demás cotas de profundidad, debido a la pequeña superficie del lago.
 - Las variación superficial y volumétrica que presenta el lago Yahuarcocha en relación a estudios anteriores se debe a la remoción de material vegetal y sedimentario de las orillas del lago y al aumento del caudal total de agua que ingreso, duplicándose respecto a registros de años anteriores ($67,4 \text{ l/s}$ – $132,1 \text{ l/s}$).
 - La evaporación es la variable más influyente en el sistema, mantiene negativo el balance hidrológico anual y para que este varíe o se convierta en positivo, debe producirse una alteración prolongada y constante de las condiciones meteorológicas y abióticas de la microcuenca del lago Yahuarcocha.
 - La precipitación es la variable que más se ha visto afectada por el desarrollo de actividades antrópicas en la microcuenca del lago Yahuarcocha, que han provocado una clara alteración en su ciclo hidrológico, observando una reducción en el promedio anual comparando con registros de años anteriores.
 - El caudal de ingreso de agua hacia el lago es la variable que mantiene el equilibrio en la variación mensual del almacenaje de agua del lago, el canal del río Tahuando es la entrada de agua que mayor caudal aporta al sistema, no es una entrada de agua natural por lo que se debe enfatizar en su manejo adecuado, ya que contribuye significativamente al mantenimiento hidrológico del lago Yahuarcocha.
 - La disponibilidad de agua del lago Yahuarcocha se relaciona con la presión que ejercen las actividades antrópicas sobre el recurso hídrico, por lo que es necesario tomar acciones que permitan la gestión y manejo de este recurso, ante posibles alteraciones del ciclo hidrológico.
 - Las estrategias que se proponen con la finalidad de la recuperación de las condiciones hidrológicas del lago Yahuarcocha sirven como una guía en la que se proporciona las actividades necesarias a ejecutarse por parte de las entidades competentes para el manejo integral de los recursos naturales con un enfoque de cuenca hidrográfica.
- 7. RECOMENDACIONES**
- Realizar estudios batimétricos anuales, para determinar la variación del nivel del agua y la distribución espacial de los sedimentos.

- Analizar la composición química de los sedimentos, para evitar la liberación de los mismos y minimizar el riesgo de contaminación del lago.
- Instalar estaciones meteorológicas en la parte alta, media y baja de la microcuenca para el desarrollo de modelos hidrológicos anuales de la microcuenca del lago Yahuarcocha.
- Se deben establecer zonas de conservación en la orilla del lago, limitando así el impacto directo de las actividades antrópicas que se desarrollan.
- Establecer una zonificación en la microcuenca en base a criterios de pendiente del terreno, tipo de suelo y tipo de cobertura vegetal, que permitan la conservación del recurso hídrico, el desarrollo normal de los ciclos hidrológicos; haciendo énfasis en la zona de producción de agua donde se ha observado la disminución de esta y el desarrollo de actividades económicas por parte de la población.

8. REFERENCIAS

- Cabrera, S. (2015). *Análisis temporal y espacial de comunidades zooplanctónicas en los lagos andinos: Yahuarcocha y Mojanda*. Ecuador: Universidad Técnica del Norte
- Caicedo, F. (2016). *Evaluation of population dynamics of phytoplankton in relation to the physico-chemical*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte
- Casallas, J. y Gunkel, G. (2002). *Algunos aspectos limnológicos de un lago altoandino: el Lago San Pablo*, Ecuador. *Limnética* 20(2), pág 215-232.
- Castillo, C., Ortega, N. (2009). *Modelización hidrológica de microcuencas de montaña usando el modelo hidrológico SWAT*. Cuenca. Ecuador.
- Chow V., Maidment D. y Mays L. (1959). *Hidrología Aplicada*. Colombia.
- Cifuentes, F., (2016). *Evaluación del contenido de materia orgánica en los sedimentos del lago Yahuarcocha y propuesta de recuperación ecológica*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte
- Constitución Política del Ecuador. Registro oficial 449, octubre, 20, 2008.
- Cooke, D., Welch, E., Peterson, S., y Nichols, S. (2005). *Restoration and management of lakes and reservoirs*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- De Bievre, B. y Coello X., (2008). *Caracterización de la Oferta Hídrica. Proyecto Manejo Integrado de los Recursos Hídricos en la Hoya de Quito*. Ecuador.
- Deganovsky, P. y Getahun, A. (2008). *Water balance and level regime of Ethiopian lakes as integral indicators of climate change*. Ethiopia
- DOCE. (2000). *Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas*. España.
- Dueñas, C., (1997). *Marco normativo vigente ante el riesgo de inundaciones, la protección civil ante el riesgo de inundaciones*, Cámara del Senado. Madrid.
- Escaleras, H. (2016). *Determinación de la calidad del agua usando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en el lago Yahuarcocha*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte
- Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua potable,

- Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca, ETAPA. (2010). *Batimetría de las lagunas de aireación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ucubamba*. Ecuador.
- Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca, ETAPA. (2010). *Estudios limnológicos en la laguna La Toreadora*. Ecuador.
- Farjas, J., (2009). *Levantamientos batimétricos en embalses artificiales*. España.
- García del Jalon, D. (1987). *River Regulation in Spain. Regulated Rivers. Research and Management*. 4(1): 343-348. Colombia.
- González, E., Ortaz, M., Matos, M., Mendoza, J., Peñaherrera, C. y Carillo, V. (2002). *Zooplankton de dos embalses neotropicales con distintos estados tróficos*. Colombia.
- Grande, N., Arrojo, P., y Martínez, J. (2001). *Una cita europea con la nueva cultura del agua*. Portugal.
- Gupta, H., Sorooshian, S. y Yapo, P. (1998). *Toward improved calibration of hydrologic models: multiple and non commensurable measures of information, Water Resour.*
- Herbich, J. (1992). *Manual de ingeniería del dragado*. Colombia.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador, INAMHI. (2014). *Estación meteorológica Ibarra-Aeropuerto*. Ibarra.
- Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos, INERHI. (1992). *Levantamiento Batimétrico*. Quito.
- Kevede, Travi, Alemayehu y Marc, (2005). *Groundwater recharge, circulation and geochemical evolution in the source region of The Blue Nile River*. Ethiopia.
- Lamb, Bates, Coombes y Marshall, (2011). *Water balance of lake Tana and its sensitivity to fluctuations in rainfall*. Ethiopia.
- Lampert Winfried, U. S. (2007). *Limnoecology Second Edition The Ecology in Lakes and Streams*. New York: Oxford University.
- Ludueña, A. y Rojas, S. (2014). *Diferencia de las características físico químicas y biológicas de 2 lagunas en el Parque Nacional El Cajas*. Ecuador.
- Maidment, J. (1993). *Handbook of Hydrology*. United States.
- Mandonx, T. (2014). *Trophic status and phytoplankton ecology of two lakes Yahuarcocha y Mojanda*. Bélgica: Universidad Católica de Lovaina
- Martínez, A. (2011). *Procesos de manejo y gestión del Parque Nacional El Cajas*. Ecuador.
- Mendoza, M. (2002). *Modelamiento hidrológico espacialmente distribuido: una revisión de sus componentes, niveles de integración e implicaciones en la estimación de procesos hidrológicos en cuencas no instrumentadas*. México.
- Morales, M. (2008). *Caracterización cualitativa del zooplankton del Área de Conservación Marina Isla del Coco (ACMIC), Océano Pacífico de Costa Rica*. Revista Biología Tropical.
- Morton, J. (1977). *Ecological Effects of Dredged and Dredge Spoil Disposal*. Washington.
- Novo, M. (1999). *Los desafíos ambientales. Reflexiones y propuestas para un futuro sostenible*. 93-140.
- O'Sullivan, P. (2005). *The Lakes Handbook: Lake Restoration and Rehabilitation, Volume 2*. En C. R. P.E. O'Sullivan, *The Lakes Handbook* 246 (págs. 246,-). Australia.
- Pabón, G., Reascos, D., Yépez, L., Oña, T., Velarde, E., Vásquez, L. y Molina P. (2012). *Actualización del plan de manejo integral de la microcuenca hidrográfica de Yahuarcocha*, Provincia de Imbabura. Reporte

- Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Pabon, J. (2015). *Distribución y evaluación de la vegetación macrofítica en el lago de Yahuarcocha, Provincia de Imbabura*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte
- Pacheco, M. R. M. (2011). *Modelación hidrológica con Hec-Hms en cuencas montañosas de la región oriental de Cuba*. Cuba: D - Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. CUJAE.
- Peñañiel, A., (1996). *Operaciones de sondeo para los levantamientos batimétricos*. España.
- Portilla, K. (2015). *Evaluación del comportamiento de los parámetros físicos del agua, para determinar el estado trófico del lago Yahuarcocha, provincia Imbabura*. Ecuador: Universidad Técnica del Norte
- Recalde, Y. (2015). *Modelación cartográfica e hidrológica del área de influencia de la acequia Rosas Pamba, mediante el uso de sistemas de información geográfica*. Ecuador: Universidad Técnica del Norte
- Refsgaard, J. (1996). *Terminology, modeling protocol and classification of hydrological models, En: Distributed Hydrological Modelling, Science and Technology library*, 4754.
- Roldán, G. (1992). *Fundamentos de limnología neotropical (Primera ed.)*. Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia.
- D. Sahagian and S. Zerbini, Global and Regional Sea-Level Changes and the Hydrological Cycle, *Eos*, 81, 364, 2000
- Scheffer, M. (2004). *Ecology of shallow lakes*. Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Publishers.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, SENPLADES. (2013). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017*.
- Sorooshian, S. y Gupta V. (1995). *Model Calibration, In: Computer Models of Watershed Hydrology, Water Resources Publications*. 23-68.
- Steinitz, M. (1979). *Comparative limnology of Ecuadorian Lake. A study of species number and composition of plankton communities of the Galapagos Islands and the Ecuadorian Andes*. Ohio, Estados Unidos.
- Swenson, E. y Wahr, T. (2013). *Monitoring the water balance of lake Victoria*. Ethiopia.
- Vidal-Abarca, R. (2005). *La Limnología, una ciencia de síntesis: Conceptos y Breve historia de la Limnología*. Barcelona, España.
- Vilatuña, H. (2001). *Levantamiento Batimétrico de la Laguna de Yahuarcocha*. Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Vizcaíno, D. (2013). *Situación ambiental de los principales lagos y lagunas de la provincia de Imbabura*. Ecuador.
- Yepez, L. (2016). *Evaluación de la incidencia de las actividades turísticas que alteran la calidad del agua del sistema lacustre Yahuarcocha, para establecer estrategias de mitigación y prevención*. Ibarra, Imbabura, Ecuador: Universidad Técnica del Norte
- Wetzel, R., y Likens, G. (2000). *Limnological analysis* (Tercera ed.). New York, USA: Springer-Verlag New York. doi:10.1007/978-1-4757-3250-4
- Wetzel, R. (1984). *Detrital dissolved and particulate organic carbon functions in aquatic ecosystems*. BULLETIN OF MARINE SCIENCE, 503-509.

Wetzel, R. G. (2001). *Limnology. Lake and River Ecosystems (Tercera ed.)*. San Diego, USA: ACADEMIC PRESS.

Xungang, Y. y Sharon, E. (1998) *The water balance of Lake Victoria. Hydrological Sciences Journal*. Ethiopia.