

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK
Facultad de Ciencias Ambientales

**Trabajo de Fin de Carrera previo a la obtención del Título
de Ingeniera Ambiental**

**ESTUDIO SOBRE EL ESTADO TRÓFICO ACTUAL DE
LA LAGUNA DE LIMONCHA**

Autora:
Diana Carolina Peñaherrera Cabrera

Director:
Dr. Carlos Ordóñez

Quito – Ecuador
2010

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo se realiza un estudio sobre el estado trófico actual de la laguna de Limoncocha ubicada en la Reserva Biológica de Limoncocha, provincia de Sucumbíos. Debido a que la laguna es considerada como el sistema principal de la Reserva por su gran importancia ecológica, turística y para los habitantes de la zona como fuente de pesca para consumo doméstico, es importante conocer la situación actual en la que se encuentra, obteniendo datos que permitan determinar las características físicas y químicas que posee la laguna.

El fenómeno de eutroficación sucede naturalmente, pero es acelerado por la intervención del hombre. El control del proceso de eutroficación es hoy uno de los problemas más importantes y urgentes de la ecología y en particular de la limnología. Además es uno de los problemas ambientales que genera interés de los países desarrollados y en desarrollo por el impacto que tiene en el valor biológico, paisajístico y recreativo de los ecosistemas.

Para la determinación del estado trófico actual de la laguna se analizaron tres parámetros durante un período de seis meses (Febrero a Julio del 2010): la transparencia de la laguna, la clorofila *a* y el fósforo total presentes en el agua y, mediante la aplicación del Índice de Estado Trófico Modificado de Toledo Jr., empleado para lagos cálidos tropicales, se realizó además la clasificación trófica de la laguna de Limoncocha.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar el estado trófico actual de la laguna de Limoncocha utilizando el Índice de Estado Trófico Modificado (IET_M) de Toledo Jr. (1985).

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer la variación de las concentraciones de clorofila *a*, fósforo total y de la medición de la transparencia de la laguna en cada uno de los puntos de muestreo seleccionados.
- Analizar la correlación entre pH, fósforo total, clorofila *a* y transparencia (distancia Secchi) obtenidos en la laguna de Limoncocha.

2. ZONA DE ESTUDIO

2.1. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL

La laguna de Limoncocha se encuentra ubicada a 230 m.s.n.m. en la Reserva Biológica Limoncocha perteneciente a la parroquia de Limoncocha en el cantón Shushufindi de la provincia de Sucumbíos. Es uno de los atractivos turísticos más importante de la Reserva

Biológica, además es usada por los nativos para la pesca (Rivera, 2007; Bastidas & Lasso, 2009). Posee una profundidad promedio de 1,8 m y una máxima de 2,6 m. Su longitud máxima es de 3 km por 1 km de ancho. Aproximadamente la superficie de agua de la laguna es de 2,7 km². (Espinoza, 2001; Gómez, 2003; Bastidas & Lasso, 2009).

3. METODOLOGÍA

3.1. DETERMINACIÓN DE PUNTOS Y FRECUENCIA DE MUESTREO

Se seleccionaron ocho puntos representativos de la laguna de Limoncocha, y se ubicaron las coordenadas de cada punto de muestreo empleando un GPS. En cada punto se tomo una muestra mensual. El período de estudio fue realizado durante seis meses, desde Febrero hasta Julio del 2010. La ubicación de los puntos se presenta a continuación:

Cuadro 1: Puntos de Muestreo

PUNTOS DE MUESTREO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	REFERENCIA
Punto 1	S 00° 23' 20,7'' W 076° 35' 55,0''	Cañón (canal de conexión con la Laguna Negra)
Punto 2	S 00° 23' 20,4'' W 076° 36' 16,8''	Frente a río Pishira
Punto 3	S 00° 23' 10,4'' W 076° 36' 21,0''	Lateral al río Pishira
Punto 4	S 00° 23' 40,3 '' W 076° 36' 52,0''	Río Playayacu
Punto 5	S 00° 23' 55,1'' W 076° 36' 47,0''	Frente a la antena (centro de la laguna)
Punto 6	S 00° 24' 12,0'' W 076° 36' 39,8''	Frente a la antena (zona de lechuguines)
Punto 7	S 00° 24' 24,1'' W 076° 36' 58,7''	Frente al muelle de la Estación Científica de Limoncocha
Punto 8	S 00° 24' 30,6'' W 076° 37' 08,3''	Esquina de los militares

3.2. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

En cada punto se recolectó una muestra compuesta, es decir una muestra con agua superficial y agua tomada a 50 cm de profundidad en envases plásticos de dos litros cubiertos con papel aluminio para evitar que la luz incida con el contenido del envase. La muestra superficial se la

realizó utilizando una jarra plástica, mientras que para el agua recolectada a 50 cm de profundidad se utilizó un muestreador de agua tipo Van Dorn de dos litros de capacidad.

3.3. MEDICIÓN DE LA TRANSPARENCIA

Los datos para la transparencia de la laguna fueron tomados en cada punto mediante la utilización del disco Secchi. Del lado sombreado de la lancha se realizó la observación vertical del disco de dos formas:

1. Se sumergió el disco a una profundidad hasta que se lo deje de observar.
2. Se sumergió totalmente el disco y luego se lo subió hasta que reaparezca y pueda ser observado.

Después de cada observación se midió la profundidad, en metros, a la que fue observado el disco.

3.4. MEDICIÓN DE PARAMETROS “IN SITU”

Mediante la utilización de un potenciómetro/conductivímetro, se mido en cada muestra recolectada los siguientes parámetros:

- Temperatura (°C)
- pH
- Conductividad (µS/cm)
- Sólidos Disueltos Totales, TDS (mg/L)

3.5. ANÁLISIS DE MUESTRAS

3.5.1. Determinación de Clorofila *a*

Para la determinación de la clorofila *a* se filtraron 500 ml de cada muestra utilizando una bomba al vacío y filtros de fibra de vidrio. Una vez filtrada el agua se añadió acetona al 90% + carbonato de magnesio y se maceraron los filtros que contenían la muestra. Se colocaron los extractos obtenidos en refrigeración a 4 °C por un mínimo dos horas.

A continuación se analizaron las muestras en el espectrofotómetro para obtener los datos de longitud de onda a 664, 665 y 750 nm. Se realizó una lectura sin ácido clorhídrico y otra después de añadir 0,3 ml del ácido. De las dos lecturas obtenidas se realizaron correcciones para la longitud de onda a 664 nm y 665 nm y a partir de los datos corregidos se calculó la clorofila *a* empleando la siguiente fórmula según Hach Company (2003):

$$\text{Clorofila } a \text{ (mg/L)} = \{26,7 (664b - 665a) * V1\} / V2 \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

26,7 = Valor de corrección de absorbancia

664b = Corrección de la lectura antes de la acidificación (664 sin ácido clorhídrico – 750 sin ácido clorhídrico).

665a = Corrección de la lectura después de la acidificación (665 con ácido clorhídrico – 750 con ácido clorhídrico).

V1 = Volumen del extracto en litros.

V2 = Volumen de la muestra filtrada en litros.

3.5.2. Determinación de Fósforo Total

Se realiza la digestión de las muestras para transformar los compuestos de fosfatos presentes en forma orgánica e inorgánica a ortofosfatos. Mediante el proceso de adición de ácido y el calentamiento de la muestra se puede conseguir la transformación a fosfatos para su posterior análisis. La digestión se la realizó a una temperatura de 150 °C durante 30 minutos.

Una vez realizada la digestión de las muestras se procede al análisis espectrofotométrico del fósforo. La lectura en el espectrofotómetro se obtiene en mg /L PO_4^{3-} . Los datos obtenidos como fosfatos (PO_4^{3-}) se los convirtió a fósforo total (PT) multiplicando por el factor 0,326 el cual se obtiene de la relación estequiométrica: 30,98 (P)/ 94,98 (PO_4^{3-}).

3.6. TRATAMIENTO DE DATOS

Para la determinación de estado trófico actual de la laguna de Limoncocha se emplean las fórmulas del IET_M debido a que es el índice más adecuado para la determinación del estado trófico de lagos cálidos tropicales. Este índice relaciona la concentración de fósforo total, la cantidad de clorofila *a* y la transparencia del agua para evaluar la situación trófica de un ecosistema.

Las fórmulas que se aplican en el Índice de Estado Trófico Modificado IET_M de Toledo Jr. (1985) para la transparencia, clorofila *a* y fósforo total según Pena *et al.* (2004) son:

Transparencia (Tra):

$$\text{IET}_M (\text{Tra}) = 10^* \{6 - [(0,64 + \ln \text{Tra})/\ln 2]\} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

$\ln \text{Tra}$ = Logaritmo natural del promedio de la transparencia, en metros, medida con el disco Secchi.

Clorofila *a* (Cl_a):

$$\text{IET}_M (\text{Cl}_a) = 10^* \{6 - [(2,04 - 0,695 * (\ln \text{Cl}_a))/\ln 2]\} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

$\ln \text{Cl}_a$ = Logaritmo natural de la clorofila *a* en $\mu\text{g/L}$.

Fósforo Total (PT):

$$IET_M (PT) = 10 * \{6 - [(\ln (80,32/PT))/\ln 2]\}$$
 Ecuación (4)

Donde:

ln PT = Logaritmo natural de la medición de fósforo total en $\mu\text{g/L P}$

Finalmente para determinar el estado trófico se realizó un promedio de los tres índices: Transparencia, Clorofila *a*, y Fósforo Total. El promedio se lo hizo para cada punto de la laguna y para cada mes de muestreo:

$$IET_M = [IET_M (\text{Tra}) + IET_M (\text{Cla}) + IET_M (\text{PT})]/3$$
 Ecuación (5)

Los datos obtenidos fueron comparados con la clasificación que posee el Índice de Estado Trófico Modificado (IET_M):

Cuadro 3: Clasificación de Acuerdo al Nivel Trófico (IET_M)

ÍNDICE	CLASIFICACIÓN
<45	Oligotrófico
45 – 55	Mesotrófico
> 55	Eutrófico

4. RESULTADOS

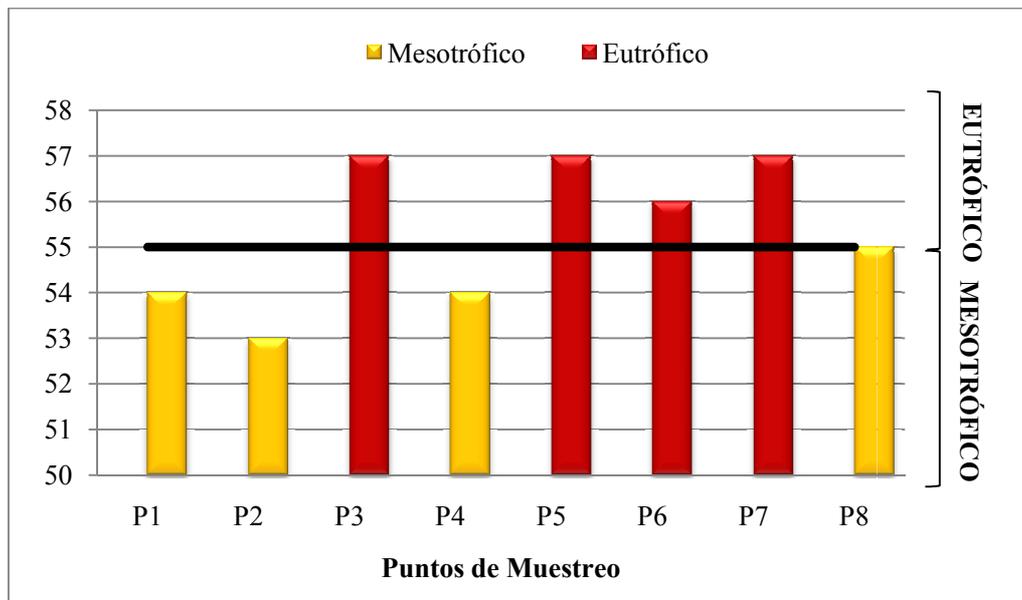


Gráfico 1: Promedio del IET_M de cada Punto de Muestreo

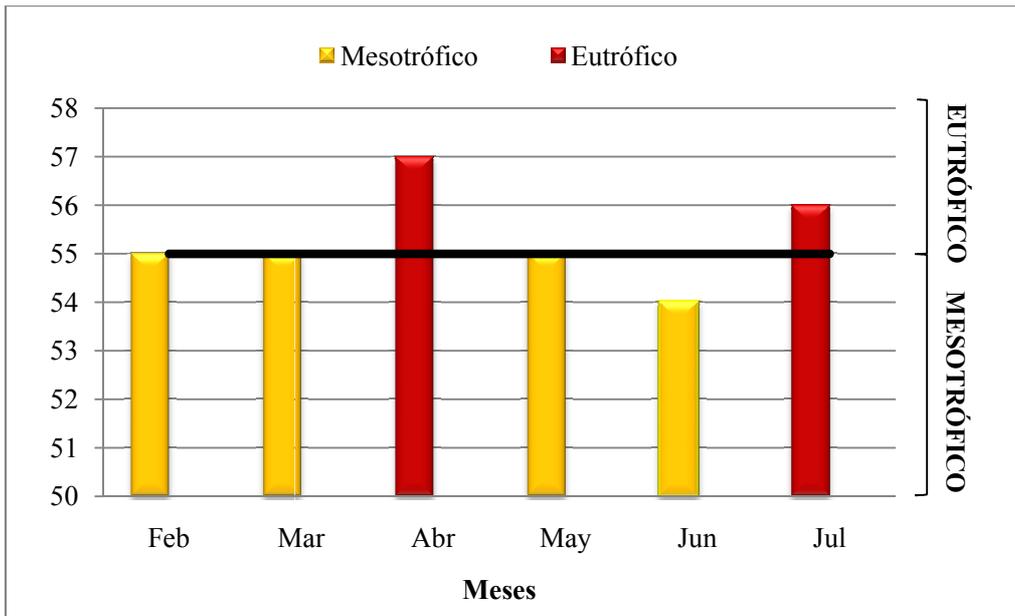


Gráfico 2: Promedio Mensual del IET_M



Gráfico 3: Estado Trófico de la Laguna de Limoncocha

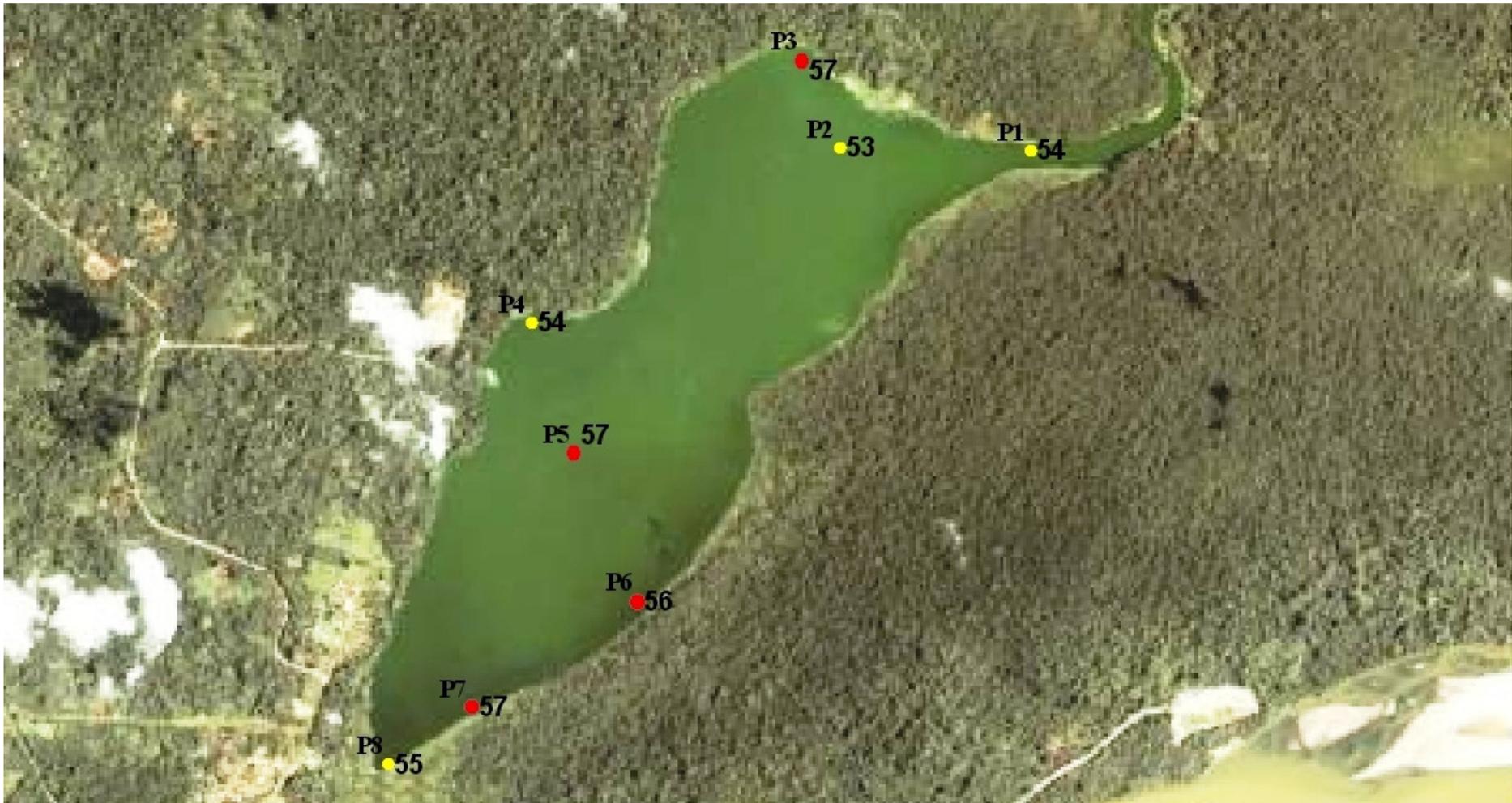


Figura 1: IET_M de cada Punto de Muestreo en la Laguna de Limoncocha

Fuente: Imagen adaptada de Google Earth, 2003

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los puntos (P1, P2, P4 y P8) de la laguna se encuentran en estado mesotrófico, mientras que los puntos (P3, P5, P6 y P7) se encuentran en estado eutrófico durante los seis meses de muestreo realizados.
- Debido a la cercanía al río Pishira, el punto P3 se encuentra en estado eutrófico, puesto que este río contribuye con gran cantidad de fósforo a la laguna de Limoncocha.
- En el punto P5 ubicado en el centro de la laguna no se observa un mayor desarrollo de macrófitas, no obstante se presume que exista una resuspensión del sedimento en esta zona, lo cual explicaría su alta concentración de fósforo
- Los puntos P6 y P7 presentan un estado eutrófico debido a que se encuentran cercanos a sitios que contienen gran cantidad de macrófitas (lirios acuáticos y lechuguines) en la laguna, lo que explica el estado trófico en estas zonas.
- El punto P8 ubicado en la “esquina de los militares” al sureste de la laguna de Limoncocha, no se encuentra en estado eutrófico a pesar de que en años anteriores en este punto ocurrían descargas de aguas domésticas.
- Los índices de estado trófico modificado (IET_M) para la transparencia y para la clorofila *a* indican un estado eutrófico en la laguna, mientras que el índice de fósforo total indica que la laguna se encuentra en un estado oligotrófico.
- El Índice de Estado Trófico Modificado (IET_M) realizado para cada mes reveló que la laguna de Limoncocha presenta un 33% del período de muestreo en estado eutrófico, correspondiente a los meses de abril y julio, mientras que el 67% del periodo de muestreo se encuentra en estado mesotrófico, que corresponde a los meses de febrero, marzo, mayo y junio.
- Durante el período de estudio la laguna de Limoncocha presentó un estado mesotrófico de acuerdo al promedio realizado entre las variables del Índice de Estado Trófico Modificado (IET_M). Sin embargo, al presentar el valor máximo en la clasificación mesotrófica (55), el estado trófico de la laguna puede alterarse y convertirse en eutrófico si existiera un incremento en la concentración de fósforo debido a descargas de sustancias que contengan altas cantidades de este elemento provocando un desequilibrio en la laguna.
- La lluvia es un factor importante dentro del comportamiento de la laguna, ya que altera sus características físicas y químicas. Esto sucede principalmente con la relación

entre el fósforo y la clorofila *a*, pues es posible que al disminuirse el pH por efecto de la lluvia el fósforo no se encuentre en forma disponible para ser asimilado por el fitoplancton y así aumentar su biomasa y la producción primaria, como ocurrió en los meses de junio y julio.

- La marcada disminución del fósforo en el mes de marzo puede ser debido a que hubo un consumo excesivo de este elemento reduciendo su concentración en la columna de agua y aumentando la producción primaria, lo cual se ve reflejado en la concentración alta de clorofila *a*.
- Conforme al último estudio realizado sobre el estado trófico de la laguna de Limoncocha en el período de 2002- 2003 se determinó un estado de mesotrofia a eutrofia moderada y en el presente estudio se determinó que la laguna se encuentra en estado mesotrófico. Es importante señalar que el método que se utilizó en el presente estudio, el Índice de Estado Trófico Modificado, es más adecuado para lagos cálidos tropicales como se ha demostrado en trabajos anteriores.

5.2. RECOMENDACIONES

- Es importante continuar con este estudio en los meses restantes que van de agosto a enero del 2011 para tener datos anuales de los parámetros analizados y determinar el comportamiento y el estado trófico que posee la laguna en un año completo de estudio y comprobar si se observa continuidad en los patrones mencionados del comportamiento del estado trófico de la laguna. Además se debería realizar el presente estudio en los próximos años para determinar el comportamiento de la laguna de Limoncocha de aquí a 5 o 10 años.
- Desarrollar un estudio sobre la calidad del agua y las características que poseen los ríos que alimentan a la laguna para conocer la concentración de nutrientes que contienen y como estos actúan sobre el comportamiento de la laguna.
- Realizar un estudio del fitoplancton que se encuentra en la laguna y como actúa en relación con los nutrientes que la laguna contiene, en especial con el fósforo.

BIBLIOGRAFÍA:

- Bastidas, D & Lasso, S. (2009). Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR): Reserva Biológica Limoncocha.
- Espinoza, J. (2001). Evaluación de los estados tróficos de la laguna de Limoncocha. Tesis de Grado. Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador.
- Gómez, J. (2003). Diagnóstico del estado trófico de la laguna de Limoncocha y determinación de la calidad del agua del sistema hídrico de la zona de Limoncocha. Tesis de Grado. Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador.
- Hach Company. (2003). DR 4000 Spectrophotometer Procedures Manual. (11va. Ed). USA.
- Pena, L. Ferreira, C & Almeida, A. (2004) Comportamento dos índices do estado trófico de Carlson (IET) e modificado (IET_M) no reservatorio da UHE Luis Eduardo Magalhaes. Tocantins, Brasil.
- Rivera, J. (2007). Reserva Biológica Limoncocha. ECOLAP y MAE. Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador. Quito, Ecuador: ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM. Quito, Ecuador. 225- 232.