

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**

**EVALUACION DEL CONTENIDO DE FOSFORO EN LA LAGUNA  
DE LIMONCOCHA Y SU RELACION CON EL ESTADO TROFICO**

**TESIS DE GRADO PREVIA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE  
INGENIERIO AMBIENTAL**

**AUTOR: JUAN SALVADOR ARPI PALACIOS**

**DIRECTOR: ING. FABIO VILLALBA**

**QUITO-ECUADOR**

**SEPTIEMBRE 2004**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis Señores Padres Jorge y Piedad por apoyarme incondicionalmente, por darme su cariño y amor, la entereza para ponerme siempre de pie aunque pase momentos difíciles, a mis Hermanitos Jorge Eduardo y Anita María por ser mis tesoros, a mi Hermanito Raúl Sebastián por ser en toda mi vida mi mejor amigo, a mis Abuelitos Raúl, Esthela, Alejo, Hortencia, por inculcarme con su ejemplo .

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a mi director de tesis el Ing. Fabio Villalba por su gran ayuda para la culminación de esta tesis, y por brindarme su gran calidad humana durante mis años de estudio en la Universidad Intenacional SEK.

A la Universidad Internacional SEK por su apoyo incondicional, para la realización de este proyecto.

A mi Sra. Decana Katty Coral, quien con su sabiduría siempre me apoyo y me guió durante mis años de estudiante de esta facultad.

Al Dr. Carlos Ordoñez quien me brindo su amistad y su generosa ayuda en el transcurso de mi carrera estudiantil.

Al Sr. Jendry Moya y su familia, por su calida hospitalidad y franca ayuda en mi trabajo de campo en la Estación Cientifica de la Universidad

A la Ing. Anita Godoy, por su apoyo incondicional en mi trabajo en laboratorio

A mis compañeros Andrés Velasco, Gabriela Fraga, Mario Rodas, Jorge Coronel, Carlos Vasquez, Gastón Villamar, Juan José Terán, Marcela Vega, Daniela Prado, Karina Recalde, Ana María Noguera, Ma. Angeles Zambrano, Lorena Cevallos, Cristina Zambrano, Andrea Rodríguez, Alexandra Fuentes, que me brindaron su amistad y apoyo en los seis años que fuimos compañeros, ademas que se convirtieron en mi familia en Quito.

## RESUMEN

Mediante varios proyectos de tesis, realizados por estudiantes de la facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Internacional SEK, se ha estudiado la Laguna de Limoncocha, pero la información recibida, no establece de manera clara el desarrollo del ciclo del fósforo, puesto que la baja concentración y el aporte de la cuenca de este nutriente no parece ser el adecuado para que se de la alta productividad primaria de la laguna.

En este trabajo de investigación se realizaron campañas de muestreo a fin de conocer las concentraciones de fósforo en el agua y en los sedimentos, pues se tenía la hipótesis que el fósforo podría encontrarse en el sedimento.

Al realizar los muestreos y sus posteriores análisis se pudo establecer que la concentración promedio de fósforo en aguas es de  $20.84 \mu\text{g/L}$  y en la concentración promedio en sedimentos es de  $8350 \mu\text{g/L}$ , con lo que se apreció que la mayor concentración de fósforo se encuentra en el sedimento.

## SUMARY

Some thesis projects about the conditions or the Limoncocha Lake were made from students of the Environmental Science Faculty of the SEK International University, in their studies, they were unable to establish in a clear way how the Phosphorus Cycle works, because of the low concentration of phosphorus found, and the limited supplies from the rivers, it doesn't seem to support the primary production founded on the lake.

On the next project, there were several samples periods in order to know the concentrations of phosphorus on water, and on sediments, there was a hypothesis that there phosphorus could be concentrated on sediments.

As the samples were taken, there analysis period came, and the results from this analysis were: the Average Concentration of Phosphorus on water was 20.84  $\mu\text{g/L}$ , and the Average Concentration of Phosphorus on sediments was 8350  $\mu\text{g/L}$ , been clear that the concentration of phosphorus on sediments is greater than on water.

Indice	Páginas
CAPITULO I	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	1
1.3 OBJETIVOS	2
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
CAPITULO II: MARCO TEORICO	3
2.1 PARAMETROS DE LA QUIMICA DEL AGUA	3
2.1.1 VARIABLES HIDROLOGICOS	3
2.1.2 VELOCIDAD	3
2.1.3 SALES DISUELTAS	3
2.1.4 DUREZA	5
2.1.5 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	7
2.1.6 CAPACIDAD ACIDA Y BASICA	8
2.1.7 CONCENTRACION DE IONES HIDROGENO	8
2.1.8 POTENCIAL REDOX	10
2.1.9 OXIGENO DISUELTO	11
2.1.10 CONCENTRACION DE DIOXIDO DE CARBONO EN EL EQUILIBRIO DEL SISTEMA DEL CARBONATO DE CALCIO	12
2.1.11 COMPUESTOS DE FOSFORO	14
2.1.12 COMPUESTOS DE NITROGENO	15
2.2 CICLO DEL FOSFORO	16
2.2.1 COMPUESTOS DE FOSFORO	17
2.2.2 PROCEOS BIOGEOQUIMICOS DEL FOSFORO	19
2.2.3 ELEMENTOS DE LIMNOLOGIA	21
2.3.1 COMUNIDADES BIOTICAS	23
2.3.2 LUZ EN LAGOS	25
2.3.3 TEMPERATURA Y ESTRATIFICACION VERTICAL EN LAGOS	25

2.4 PRODUCCION PRIMARIA	27
2.4.1 PRODUCTORES PRIMARIOS	27
2.4.1.1 FOTOSINTESIS Y RESPIRACION	27
2.4.1.2 PRODUCCION PRIMARIA BRUTA Y NETA	28
2.4.1.3 EFICIENCIA	29
2.4.1.4 ESTIMADOS DE PRODUCCION PRIMARIA	31
2.4.1.5 COMPARACION DE LA PRODUCCION PRIMARIA EN DIFERENTES ECOSISTEMAS DEL MUNDO	33
2.4.2 PRODUCTORES SECUNDARIOS	35
2.4.2.1 DENTRITIVOS	38
2.5 SEDIMENTOS	38
2.6 EUTROFICACION	40
2.6.1 LA EUTROFICACION Y SU CONTROL	42
2.6.2 CONTAMINACION POR DETERGENTES	45
2.6.2.1 DETERGENTES DE POLIFOSFATOS	47
2.6.2.2 AGUAS CON DETERGENTES Y AGUAS	47
2.6.3 LAGOS Y LAGUNAS	48
2.6.4 ZONAS HUMEDAS, CIENEGAS Y PANTANOS	50
CAPITULO III : METODOLOGIA	52
3.1. TRABAJO DE CAMPO	52
3.1.1 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	52
3.1.2 FRECUENCIA DE MONITOREO	54
3.1.3 RECOLECCION Y TIPIFICACION DE MUESTRAS	54
3.1.4 PARAMETROS ANALIZADOS	55
3.2 ANALISIS DE FOSFORO EN AGUAS	56
3.2.1 DIGESTION DE LA MUESTRA	57
3.2.2 PRESERVACION DE LA MUESTRA	57
3.2.3 INTERFERENCIAS	57
3.2.4 ANALISIS DE FOSFORO REACTIVO	57
3.3 ANALISIS DE FOSFORO EN SEDIMENTOS	59
3.3.1 ACENIZACION SECA	59
3.3.2 METODO PARA EL ANALISIS DE FOSFORO EN SEDIMENTOS	59

3.4 DETERMINACION DE DUREZA	59
3.5 DETERMINACION DE ALCALINIDAD	60
3.6 DETERMINACION DE TURBIDEZ	61
CAPITULO IV:	64
CALCULOS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES	
4.1 Cálculos	64
4.1.1 Alcalinidad	64
4.1.2 Dureza	65
4.1.3. Concentración Original de $PO_4^{3-}$	65
4.1.4. Concentración Original de P	66
4.1.5. Concentración en Sólidos	67
4.1.6 Cálculos del Aforo y del Modelo	68
4.1.6.1 Cálculos del Aforo de Caudal	68
4.1.6.2. Modelo	69
4.1.6.3 Promedios de las Concentraciones de Fósforo obtenidas en agua y en sedimentos , y del pH.	70
INDICE DE TABLAS	
TABLA # 1 PRODUCCION EN LA BIOSFERA	29
TABLA # 2 EFICIENCIA DE DISTINTAS COMUNIDADES VEGETALES	30
TABLA # 3 : LA PRODUCCION PRIMARIA DE LA TIERRA	33
TABLA # 4 : EFECTOS DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA EROSION DEL SUELO	39
TABLA # 5 : UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	53
TABLA # 6 PARÁMETROS FISICO-QUIMICOS MEDIDOS EN LA LAGUNA DE LIMONCOCHA	71
TABLA # 7 CONCENTRACIÓN ORIGINAL DE FÓSFORO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO A 0,5 Y 0,2 M DE PROFUNDIDAD	71
TABLA # 8 CONCENTRACIÓN ORIGINAL DE FÓSFORO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO A 0,5 Y 0,2 M DE PROFUNDIDAD	72

TABLA # 9	CONCENTRACIÓN ORIGINAL DE FÓSFORO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO A 0,5 Y 0,2 M DE PROFUNDIDAD	72
TABLA # 10	CONCENTRACIÓN ORIGINAL DE FÓSFORO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO A 0,5 Y 0,2 M DE PROFUNDIDAD	73
TABLA # 11	CONCENTRACIÓN ORIGINAL DE FÓSFORO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO A 0,5 Y 0,2 M DE PROFUNDIDAD	74
TABLA # 12	CONCENTRACIÓN ORIGINAL DE FÓSFORO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO A 0,5 Y 0,2 M DE PROFUNDIDAD	74
TABLA # 13	CONCENTRACIÓN ORIGINAL DE FÓSFORO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO A 0,5 Y 0,2 M DE PROFUNDIDAD	75
TABLA # 14	CONCENTRACIÓN ORIGINAL DE FÓSFORO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO A 0,5 Y 0,2 M DE PROFUNDIDAD	75
TABLA # 15	CONCENTRACIÓN ORIGINAL DE FÓSFORO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO A 0,5 Y 0,2 M DE PROFUNDIDAD	76
TABLA # 16	CONCENTRACIÓN ORIGINAL DE FÓSFORO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO A 0,5 Y 0,2 M DE PROFUNDIDAD	76
TABLA # 17	CONCENTRACIÓN ORIGINAL DE FÓSFORO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO A 0,5 Y 0,2 M DE PROFUNDIDAD	77
TABLA # 18	CONCENTRACIÓN ORIGINAL DE FÓSFORO EN LOS PUNTOS DE MUESTREO A 0,5 Y 0,2 M DE PROFUNDIDAD	77
TABLA # 19	ANÁLISIS DE SEDIMENTOS DEL FONDO DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA.	78
TABLA # 20	CONCENTRACIÓN DE ALCALINIDAD Y DUREZA EN LOS PUNTOS DE MUESTREO	78

DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA	
TABLA # 21 CONCENTRACIÓN DE ALCALINIDAD Y DUREZA EN LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA	79
TABLA # 22 CONCENTRACIÓN DE ALCALINIDAD Y DUREZA EN LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA	79
TABLA # 23 CONCENTRACIÓN DE ALCALINIDAD Y DUREZA EN LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA	80
TABLA # 24 CONCENTRACIÓN DE ALCALINIDAD Y DUREZA EN LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA	80
TABLA # 25 CONCENTRACIÓN DE ALCALINIDAD Y DUREZA EN LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA LAGUNA DE LIMONCOCHA	81
TABLA # 26 CONCENTRACIÓN ORIGINAL DE FÓSFORO EN AGUAS, PH, TEMPERATURA, CONDUCTIVIDAD EN EL MISMO PUNTO DE MUESTREO Y A LA MISMA PROFUNDIDAD, EN LAS DIFERENTES CAMPAÑAS DE MUESTREO	81
TABLA # 27 CONCENTRACIÓN ORIGINAL DE FÓSFORO EN AGUAS, PH, TEMPERATURA, CONDUCTIVIDAD EN EL MISMO PUNTO DE MUESTREO Y A LA MISMA PROFUNDIDAD, EN LAS DIFERENTES CAMPAÑAS DE MUESTREO	82
TABLA # 28 CONCENTRACIÓN ORIGINAL DE FÓSFORO EN AGUAS, PH, TEMPERATURA, CONDUCTIVIDAD EN EL MISMO PUNTO DE MUESTREO Y A LA MISMA PROFUNDIDAD, EN LAS DIFERENTES CAMPAÑAS DE MUESTREO	82
TABLA # 29 CONCENTRACIÓN ORIGINAL DE	83

FÓSFORO EN AGUAS, PH, TEMPERATURA, CONDUCTIVIDAD EN EL MISMO PUNTO DE MUESTREO Y A LA MISMA PROFUNDIDAD, EN LAS DIFERENTES CAMPAÑAS DE MUESTREO	
TABLA # 30 CONCENTRACIÓN ORIGINAL DE FÓSFORO EN AGUAS, PH, TEMPERATURA, CONDUCTIVIDAD EN EL MISMO PUNTO DE MUESTREO Y A LA MISMA PROFUNDIDAD, EN LAS DIFERENTES CAMPAÑAS DE MUESTREO	83
TABLA # 31 CONCENTRACIÓN ORIGINAL DE FÓSFORO EN AGUAS, PH, TEMPERATURA, CONDUCTIVIDAD EN EL MISMO PUNTO DE MUESTREO Y A LA MISMA PROFUNDIDAD, EN LAS DIFERENTES CAMPAÑAS DE MUESTREO	83
INDICE DE GRAFICOS	
GRAFICO # 1 : CICLO DEL FOSFORO	16
GRAFICO # 2 : ROTIFERO	24
GRAFICO # 3 : REPARTICION DE ENERGIA EN UN ANIMAL	35
GRAFICO # 4 : CICLO ENERGETICO	36
GRAFICO # 5 : PIRAMIDE DE FLUJO DE ENERGIA	37
ALTA CALIDAD	
GRAFICO # 6 : TEMPERATURA DEL AGUA EN EL LAGO DURANTE EL AÑO	49
GRÁFICO # 22 : CONCENTRACIÓN DE FÓSFORO EN AGUAS Y SEDIMENTOS DE LA LAGUNA, FECHA: 22 DE ENERO 2004	90
GRÁFICO # 23 : CONCENTRACIÓN DE FÓSFORO EN AGUAS Y SEDIMENTOS DE LA LAGUNA, FECHA: 22 DE ENERO 2004	91
GRÁFICO # 24 : CONCENTRACIÓN DE FÓSFORO EN AGUAS Y SEDIMENTOS DE LA LAGUNA, FECHA: 22 DE ENERO 2004	91
GRÁFICO # 25 : RELACION ENTRE EL	92

CONTENIDO DE FÓSFORO Y LA DUREZA, FECHA: 27 ABRIL 2004	
GRÁFICO # 26 : RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE FÓSFORO Y LA DUREZA, FECHA: 27 ABRIL 2004	92
GRÁFICO # 27 : RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE FÓSFORO Y LA DUREZA, FECHA: 27 ABRIL 2004	93
GRÁFICO # 28 : RELACION ENTRE EL CONTENIDO DE FÓSFORO Y LA DUREZA, FECHA: 27 ABRIL 2004	93
GRÁFICO # 29 : RELACIÓN ENTRE PH Y T EN UN PUNTO DE MUESTREO Y A LA MISMA PROFUNDIDAD EN LAS DIFERENTES CAMPAÑAS DE MUESTREO	94
GRÁFICO # 30 : RELACIÓN ENTRE PH Y T EN UN PUNTO DE MUESTREO Y A LA MISMA PROFUNDIDAD EN LAS DIFERENTES CAMPAÑAS DE MUESTREO	94
GRÁFICO # 31 : RELACIÓN ENTRE PH Y T EN UN PUNTO DE MUESTREO Y A LA MISMA PROFUNDIDAD EN LAS DIFERENTES CAMPAÑAS DE MUESTREO	95
GRÁFICO # 32 : RELACIÓN ENTRE PH Y T EN UN PUNTO DE MUESTREO Y A LA MISMA PROFUNDIDAD EN LAS DIFERENTES CAMPAÑAS DE MUESTREO	95
GRÁFICO # 33 : RELACIÓN ENTRE PH Y T EN UN PUNTO DE MUESTREO Y A LA MISMA PROFUNDIDAD EN LAS DIFERENTES CAMPAÑAS DE MUESTREO	96
GRÁFICO # 34 : RELACIÓN ENTRE PH Y T EN UN PUNTO DE MUESTREO Y A LA MISMA PROFUNDIDAD EN LAS DIFERENTES CAMPAÑAS DE MUESTREO	96
CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	97
CAPITULO VI : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99

