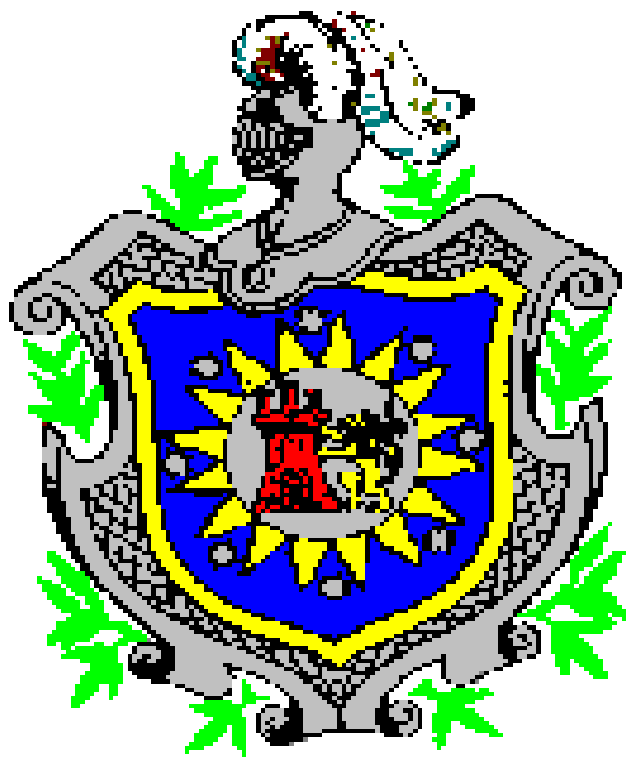


**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA
RECINTO UNIVERSITARIO RUBEN DARIO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE
MAESTRO EN GESTIÓN AMBIENTAL**



Tema: Evaluación del estado actual de la eutrofización antrópica de la Reserva Natural Lago de Tiscapa en la estación seca y lluviosa del año 2005.

Autor: Lic. Isidro de Jesús Mora.

Tutor: MSc. Ing. Víctor Martínez Herrera

Asesor: MSc. Mauricio Lacayo Escobar

Dr. Guillermo Martínez Molina

Managua, junio 2006.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Definición del problema.....	3
1.2 Antecedentes.....	4
1.3 Justificación.....	7
1.4 Preguntas directrices.....	8
1.5 Objetivos.....	9
1.6 Generales.....	9
1.7 Específicos.....	9
2. MARCO TEORICO	10
2.1 Cuenca Geográfica.....	10
2.2 Problemas ambientales de la Cuenca Sur del Lago del Managua.....	10
2.3 Características fisiográfica.....	11
2.4 Subcuenca II	11
2.5 Microcuenca II D.....	12
2.6 Formaciones forestales de la Microcuenca II D.....	13
2.7 Tipos de bosque Microcuenca II D.....	14
2.8 Uso de la tierra Microcuenca II D.....	15
2.9 Causes principales de la subcuenca II D.....	18
2.10 Reserva Natural Lago de Tiscapa.....	21
2.11 Eutrofización	28
3 MATERIALES Y METODOS	34
3.1 Ubicación del área de estudio.....	34
3.2 Tipo de investigación.....	34
3.3 Universo.....	34
3.4 Muestra.....	34

3.5 Variables.....	34
3.6 Metodología.....	36
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1 Resultados.....	41
4.2 Discusión de los resultados.....	42
4.2.1 Temperatura.....	42
4.2.2 Turbidez.....	43
4.2.3 Transparencia.....	44
4.2.4 pH.....	45
4.2.5 Conductividad.....	46
4.2.6 Sólidos totales.....	47
4.2.7 Demanda Biológica de Oxígeno.....	47
4.2.8 Demanda Química Oxígeno.....	49
4.2.9 oxígeno Disuelto.....	50
4.2.10 Sílice.....	52
4.2.11 Sulfato.....	52
4.2.12 Nutrientes.....	53
4.2.13 Bioindicadores.....	55
4.2.14 Estimación del Estado trófico del ecosistema.....	61
4.2.15 Condición Trófica del Lago de Tiscapa.....	62
5. Conclusión.....	67
6. Recomendación.....	68
7. Bibliografía	
8. Anexo	
9. Glosario	

Agradecimiento

A Dios: Por darme la vida, sabiduría y entendimiento para desarrollarme dentro de mi campo de estudio y poder concluir con este proyecto de tesis.

A mi Esposa e Hijos: Por apoyarme con sus oraciones y amor para que pudiera concluir mis estudios.

A los Colegas y Compañeros: Del Centro de Investigación de Recursos Acuáticos (CIRA), que cooperaron conmigo en la elaboración y conclusión de esta Tesis.

A mi Tutor y Asesor: Por su colaboración, sugerencias y valiosas aportaciones que enriquecieron mi trabajo.

A los Amigos: De la Facultad de Ciencias que de alguna u otra manera colaboraron con la realización y culminación de mi proyecto final

RESUMEN

El presente trabajo de investigación está relacionado con la eutrofización antrópica del Lago de Tiscapa, ubicado en la parte norte de la Microcuenca D, Subcuenca II, de la Cuenca Sur del Lago de Managua, sus aguas de escorrentías drenan en dirección al Lago que es un área protegida con categoría de Reserva Natural.

Con una superficie de 0,16 km² sus profundidades media y máxima son de 20 m y 35 m respectivamente; con una altura de 51-57 msnm. El lago se formó aproximadamente hace unos 10,000 años y prácticamente carece de litoral ya que su línea costera es meramente vertical.

Se realizaron dos muestreos puntuales en estación seca y lluviosa (marzo y octubre del año 2005), se determinaron análisis físico químico y biológico según métodos estandarizados, los cuales dieron como resultados que el ecosistema es altamente productivo, manteniendo una estratificación térmica la mayor parte del año, el oxígeno disuelto en el cuerpo de agua y disponible para la fauna acuática hasta un metro de profundidad.

Basado en la probabilidad del estado trófico en las concentraciones del fósforo total el lago se encuentra eutrófico en un 53 %, 40% Hipereutrófico y 7% Mesotrófico y por Clorofila a en un 82 % Hipereutrófico y 18% Eutrófico.

Consecuencia del estado actual del Lago es producto de la intervención del hombre al construir y desviar los cauces naturales por medio del efluente que depositan material alóctono proveniente de cuenca arriba.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los recursos hídricos en nuestro medio han sufrido considerables alteraciones producto de la intervención antrópica en el ambiente.

Los lagos ven acelerados sus procesos naturales de colmatación por aporte de sedimentos y de eutrofización por nutrientes, debido al mal manejo de las cuencas.

En el caso específico del Lago de Tiscapa, este presenta una alternativa ecológica muy frágil altamente susceptible a variaciones en cuanto a la composición de sus aguas se refiere. (Fiallos & Asociados – Consultores, 2003).

Este ecosistema constituye un recurso hídrico vulnerable y frágil ante diversos factores sociales, culturales, económicos y ecológicos que tienen un papel determinante para conservar las mismas o bien de establecer un proceso de contaminación irreversible y de alto costo económico.

Uno de los problemas que enfrenta actualmente el Lago de Tiscapa es el posible creciente grado de eutrofización que tardíamente está siendo corregida, por falta de beligerancia de las autoridades edilicias y del gobierno nacional.

Debido a la carga alóctona que a través de los cauces de Jocote Dulce, Los Duartes y San Isidro de la Cruz Verde (con un área de drenaje de 11,3 km²) han venido descargando en el lago desde los años 1958-1980, duplicando en la actualidad la cantidad de aguas pluviales ricas en nutrientes, de igual forma el volumen de sedimentos y desechos sólidos.

Esta decisión de descargar estas aguas en el lago por medio de los cauces antes mencionados fue una medida temporal originada por los problemas de inundación que ocurrían muy a menudo en el barrio Jonathan González, ya que la capacidad de los cauces existentes no eran suficiente para soportar la descarga de las precipitaciones;

ante esa problemática el Gobierno de esa época rediseñó un cauce principal de convergencia con mayor capacidad de los ya existentes para hacerle frente a los elevados volúmenes de agua que bajaban de la parte Sur de Managua con destino final en el Lago de Tiscapa.

1.1 Definición del problema

La Reserva Natural Lago Tiscapa, ubicada en la parte norte de la Microcuenca D, Subcuenca II, de la Cuenca Sur del Lago de Managua (IRENA 1983).



Presenta grandes problemas ecológicos siendo uno el exceso de nutrientes, sedimento y desechos sólidos, originados por los aportes de las aguas pluviales que descargadas por el efluente del cauce interceptor Tiscapa a este cuerpo de agua con el objetivo de evitar las inundaciones de los barrios

de las planicies al suroeste de la Reserva Natural Lago Tiscapa en la época de invierno.

1.2 Antecedentes

El primer estudio científico-técnico documentado y efectuado en el Lago de Tiscapa fue realizado en 1893 por ECKMAN quien recomendó como fuente de abastecimiento de agua potable para la capital a la laguna de Asososca y no a Tiscapa, debido a la alta concentración de algas que presentaba.

Posterior a este estudio, se han llevado a cabo muchas otras investigaciones dentro de las que se destaca la ejecutada por Hansen & Sawyer (1964) quienes determinaron que a pesar que las características del agua estas estaban dentro de los parámetros aceptables para el consumo humano. Sin embargo, la contaminación microbiológica de las aguas, limitaba su uso para este propósito.

Un estudio auspiciado por la Naciones Unidas en 1975 recomienda la posibilidad de utilizar el Lago de Tiscapa como una fuente de agua potable para la ciudad de Managua.

INETER en 1987 plantea la recuperación del lago a pesar de las desventajas de la contaminación microbiológica, manifestada por KRASNY (1978) y HECHT (1988) quienes efectuaron una clasificación hidroquímica de la calidad del agua en el lago.

Para los años 1980, el Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos (CIRA/UNAN) por medio de sus diferentes unidades de trabajo ha venido desarrollando una serie de investigaciones relacionadas con la evaluación del impacto ambiental en algunos cuerpos de agua y la determinación de algunos componentes propios de contaminación antrópica. Entre ellas sobresale el estudio relacionado con la caracterización de la calidad del agua en el lago de Tiscapa, determinando en esa ocasión y por medio de diferentes indicadores directos (contaminantes orgánicos e inorgánicos), indirectos (parámetros hidrobiológicos, tal como el balance de las comunidades biológicas) y el estado trófico de este cuerpo de agua.

Se logró determinar que este lago presentaba una tendencia a la eutrofización originado por los aportes de las aguas pluviales servidas descargadas por el efluente del cauce a este ecosistema acuático.

El enriquecimiento de nutrientes fosfatados y nitrogenados descargadas por el efluente del cauce a este ecosistema acuático, actuaban sobre las estructuras de las comunidades biológicas (bacterias, fitoplancton, zooplancton y zoobentos). Una de las primeras señales de las altas concentraciones de nutrientes en el medio acuático son: elevadas concentraciones de la biomasa algal, presencia de cianobacterias, y de macro y micro invertebrados como bioindicadores de calidad ambiental, alta producción primaria, aparición en cantidades altas de coliformes totales y fecales.

Para el año 1990, el CIRA/UNAN realizó varios estudios tales como: físico químico, bacteriológico, comunidad del fitoplancton y zooplancton. En relación al físico químico y bacteriológico del agua del Lago de Tiscapa en dos estaciones (invierno y verano). Se determinaron diferencias en ambas estaciones, sin embargo los valores obtenidos de los parámetros físicos químicos resultaron estar por debajo de los valores admisibles por Organización Mundial de la Salud (OMS), presentando el agua calidad potable desde el punto de vista físico químico, no así el microbiológico que presentó un alto grado de contaminación por coliformes fecales y estreptococos fecales.

La comunidad del fitoplancton del Lago de Tiscapa, se identificó en total de 42 taxa. Predominó la diatomea *Melosira sp.*, seguido de la Cyanophyta *Microcystis sp.* Estas especies prefieren aguas eutróficas y se caracterizan por formar florecimiento algales o blooms. El grupo mas variado fue el de las Chlorophyta, la biomasa algal fue baja, 0,413 mg.l⁻¹.

En cuanto al estudio sobre del zooplancton en el Lago de Tiscapa, se encontraron doce especies de organismos pertenecientes a los grupos Rotífera, Cladóceras y Copépodos. Siendo esto último, el grupo dominante (78% de la abundancia total de zooplancton).

Los copépodos cyclopoida constituyeron el 45% de la abundancia total y están representados por dos especies: *Thermocyclops inversus* y *Mesocyclops nicaragüensis*. Presentando el Lago una dominancia de Copépodo cyclopoides y seguidos por calanoides y cladóceros (Patalas. 1972: Hillbricht-Ilkowska & Weglenska. 1970) ellos han observado una dominancia de copépodos cyclopoides y cladóceros en ambiente eutróficos.

De 1990 (noviembre) a 1991 (marzo) se realizó un estudio (CIRA/UNAN, 1990-1991) de Zoobentos en el litoral y profundal del Lago de Tiscapa en dos sectores con características diferentes, entrada del canal y parte sur-este, en transecto. Encontrándose mayor abundancia poblacional del bentos en el área litoral que en la profundal. Este se debió a la presencia de oxígeno disuelto, el cual disminuye a partir de los 5 m de profundidad en la columna de agua. La fauna bentónica del Lago Tiscapa está constituida principalmente por los grupos taxonómicos: Chironomidae, Oligochaeta, Chaoboridae, Ephemeroptera y Nematoda. La mayor presencia en el transecto del canal fue de Oligochaeta y Nematoda, grupos con características de tolerancia a niveles altos de contaminación ambiental.

En el año 1992 y 1993 (CIRA/UNAN) se repitió el monitoreo y los resultados no fueron los mismos. En relación a los parámetros físico-químicos, el estudio estratificado presenta bajos niveles de oxígeno disuelto, presentando un estado anóxico en profundidades de 8 metros y mayores, así como altos valores de gas sulfhídrico, como resultado de la alta descomposición de compuestos orgánicos sulfurados. De igual forma, los resultados de ese estudio presentaron altos contenidos de Coliformes fecales y de estreptococos. Paralelo a este estudio se determinó la abundancia de la familia Chironomidae encontrándose que la comunidad bentónica estuvo dominada por el orden Díptera de la familia Chironomidae, constituyendo un 63% de la biota. Esta familia tiene mucho valor de indicadores de eutrofización (Margalef, 1983).

1.3 Justificación.

El interés de conservar la Reserva Natural Lago de Tiscapa surge por el evidente daño ambiental que se le ha provocado.

Entre los principales valores a recuperar de la Reserva Natural Lago Tiscapa están los siguientes:

Como un **lugar recreativo popular**; ya que al realizar trabajos de rescate sus aguas serían aptas para realizar actividades como natación, buceo, pesca recreativa y navegación deportiva. Lo anterior es sustentado por su ubicación en el centro de Managua y su fácil acceso para la población capitalina.

Como una posible **fuentes para desarrollar en el futuro programas de reproducción piscícola**; ya que este cuerpo de agua posee condiciones propias y exclusivas que la califican como una verdadera reserva genética aislada, lo que favorece la diversificación y especiación entre sus peces.

Como un **lugar paisajístico-escénico** de Managua; ya que podría considerarse como uno de los ambientes más significativos del panorama volcánico-lacustre que rodea la ciudad; es decir, conservarlo como un patrimonio cultural.

1.4 Preguntas directrices

¿Se puede o no establecer la vida útil de un cuerpo de agua por medio de la determinación del grado de eutrofización antrópica?

¿Con la información obtenida de los resultados de la investigación, pueden contribuir al enriquecimiento del Plan de Manejo del Área Protegida " Reserva Natural del Lago de Tiscapa"?

1.5 Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- ✓ Evaluar el estado actual de eutrofización antrópica de la Reserva Natural Lago de Tiscapa en la estación seca y lluviosa en el año 2005.

1.5.2. Objetivos específicos

- ✓ Evaluar las características físicas químicas de las aguas de la Reserva Natural Lago de Tiscapa.
- ✓ Determinar bioindicadores de eutrofización.
- ✓ Determinar el índice trófico del ecosistema, mediante la valoración del fósforo total y clorofila a, de la Reserva Natural Lago de Tiscapa.
- ✓ Desarrollar medidas tendiente a su recuperación de la Reserva Natural Lago Tiscapa.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Cuencas hidrográficas

Managua (Capital de Nicaragua) cuenta con dos cuencas hidrográficas que drenan su escorrentía en direcciones opuestas, según se desarrollen hacia el Norte o hacia el Sur del parte – aguas que conforman El Crucero. Una de ellas drena sus aguas hacia el litoral Pacífico conocida como Cuenca Norte, cubre aproximadamente el 30% del municipio, por otro lado, la llamada Cuenca Sur drena sus aguas hacia el Lago de Managua o Xolotlán, estando divididas en 4 Subcuencas, correspondiendo tres para Managua y que ocupan aproximadamente el 70% del Municipio.

2.2 Problemas ambientales de la Cuenca Sur del Lago de Managua.

Según el Programa Socio-Ambiental y de Desarrollo Forestal (POSAF), MARENA Helsinki Consulting Group Ltd. (HCG). Febrero de 2001; plantea que la Cuenca Sur se encuentra ambientalmente “amenazada” y en proceso de deterioro debido a seis amenazas principales que son:

- ❖ Sobre utilización de Tierras Agrícolas y Forestales.
- ❖ Deforestación en Zonas de Conservación y Protección.
- ❖ Erosión Acelerada (laminar y masiva).
- ❖ Torrentes e Inundaciones.
- ❖ Contaminación Ambiental.
- ❖ y Crecimiento / Desarrollo Desordenado (Urbano, Infraestructural y de Servicios).

Estas hacen que la población de la cuenca, principalmente Managua, viva bajo el riesgo de “desastres naturales”, con desventajas en términos de su potencial productivo. La fuente principal de agua para la Ciudad de Managua, los campos de agua subterránea en la zona de Ticuantepe, corren riesgo por contaminación y disminución de recarga. El Lago de Managua, vaso receptor de la cuenca, así como la infraestructura urbana y carreteras se encuentran en riesgo por el deterioro hidrológico de la cuenca.

2.3. Características fisiográficas.

La Cuenca Sur del Lago de Managua está conformada por cuatro subcuencas (I, II, III y IV), conocidas como las subcuencas Occidental, Tiscapa, Noreste y Oriental las que pertenecen a las provincias fisiográficas Volcánica del Pacífico y Depresión Nicaragüense. Siendo la subcuenca II la que cubre la mayor parte de la Ciudad de Managua. Lo muestra la siguiente tabla:

Formaciones de la Cuenca Sur del Lago de Managua

Sub-cuenca	Área (km ²)	Porcentaje	Municipios
I	281	34.1	Mateare y Ciudad Sandino
II	208	25.2	Managua y El Crucero
III	142	17.2	Ticuantepe
IV	194	23.5	Tipitapa
TOTAL	825	100.0	

Fuente: FUNCOD 1996

2.4. La Subcuenca II de la Cuenca Sur del Lago de Managua.

Tiene forma de abanico y nace en el parte-aguas de El Crucero y Las Nubes, por el sur, y se desprende hacia el norte por un sistema de cañadas, cuevas, crestas, taludes, lechos de inundación y sedimentación, cárcavas y planicies hasta desembocar en el Lago de Managua o Xolotlán.

Esta subcuenca drena totalmente a través de la ciudad capital hacia al Lago de Managua y se divide fisiográficamente en siete microcuencas, (A, B, C, D, E, F y G) que se distribuyen en un área de 208 km². Su formación lo muestra la tabla siguiente:

Microcuencas de la Subcuenca II de la Cuenca Sur del Lago de Managua.			
Microcuencas	Sector Urbano (km²)	Sector Rural (km²)	Área Total (km²)
A	-	12.20	12.20
B	8.22	12.30	20.52
C	13.52	31.90	45.42
D	8.20	14.90	23.10
E	12.52	9.70	22.22
F	22.32	12.10	34.42
G	13.22	36.90	50.12
TOTAL	78.00	130.0	208.00

Fuente: FUNCOD 1996

2.5. Microcuenca Tiscapa o microcuenca II D.

Ubicada en la parte central de la Cuenca Sur. Tiene como límite al sur la parte alta de las Sierras de Managua y el municipio de El Crucero; al norte limita con el Lago de Tiscapa; al este con la subcuenca Oriental y al oeste con la subcuenca Occidental.

La microcuenca II D es una pequeña parte de la Cuenca Sur del Lago de Managua, apenas el 2.8%, con una extensión de 2,340 hectáreas, pero es muy importante puesto que en la actualidad sus aguas de escorrentía llegan al Lago de Tiscapa que es un área protegida con categoría de Reserva Natural.

Esta microcuenca D, es una de las más problemáticas en la Cuenca Sur, al presentar en una distancia de 22 kilómetros, una diferencia de alturas de casi 900 metros, entre la parte baja de la ciudad y las zonas altas de El Crucero.

El área de la microcuenca D es de 23.1 km², de los cuales 8.2 km² (35%) corresponden al sector urbano y 14.9 km² (65%) al sector rural. El rango de pendientes varía del 2% en el área de planicie, a mayores de 75% en la parte superior.

La microcuenca D está integrada por tres comarcas, San Isidro de la Cruz Verde, Silvia Ferrufino/Jocote Dulce y Los Ladinos, en las que se distribuyen un total de 2,042 fincas. (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)).

La alta presión demográfica ha conducido a una situación donde predomina el minifundio, donde la gran mayoría de fincas tiene un tamaño promedio de 3.5 ha con una familia de 7 miembros.

Esta fragmentación en un paisaje con relieve tan variable, con régimen de lluvias torrenciales y de corta duración, agudiza las restricciones para la agricultura intensiva en todas las áreas y las necesidades de prácticas agrícolas adecuadas y medidas de conservación de suelos.

De forma general, la situación actual en las comarcas de la microcuenca D se caracteriza por una tendencia a la utilización indiscriminada de la tierra, con la presencia de áreas de desarrollo urbano no deseable en las zonas de paisajes y subpaisajes de relieve abrupto, la reducción de las áreas boscosas y la concentración de la actividad agrícola a niveles de subsistencia.

Esta microcuenca presenta formaciones forestales altamente desforestadas por la influencia directa del hombre convirtiéndola en una zona vulnerable.

2.6. Formaciones forestales de la microcuenca II D.

La actual cobertura vegetal de la microcuenca II D está conformada por residuos de los bosques originales, degradados por cambios de uso de la tierra para transformarla en uso agropecuario y residencial. Por otro lado, el aprovechamiento del bosque remanente en la microcuenca D sufre mayor presión debido a que la frontera agrícola avanza año con año hacia los pisos latitudinales más altos de la zona sin ninguna regulación y control, lo que representa un alto riesgo de deterioro de los recursos naturales y el medio ambiente de la zona.

2.7. Tipos de bosque.

Bosque Deciduo Submontano Residual.

Son los cafetales de sombra, se llamó residual porque sólo conserva parte de grandes árboles del Ecosistema original, corresponde al 10.2% de la micro cuenca.

Bosque Deciduo Submontano Secundario.

También corresponde a cafetales con sombra o cafetales mezclados con cultivos, especialmente con musáceas y frutales, cubre el 9.3%.

Bosque Deciduo de Bajura Residual

Del Bosque Deciduo de Bajura quedan algunos reductos, por ejemplo el bosque de Mokorón al lado este de la UNAN y otros pequeños bosques aislados. Cubren el 2.6% de la micro cuenca.

Bosque Deciduo de Bajura Secundario

La mayor parte del ecosistema está degradado, con algunos árboles grandes aislados, bosques de segundo crecimiento generalmente en las cañadas u hondonadas. Cubre el 10.1%.

Bosque Deciduo de Bajura con Frutales

El área corresponde esencialmente a los minifundios, parte de los árboles propios del Ecosistema son aprovechados y sustituidos por frutales, generalmente por Jocote, Marañón, Anona, Cítricos, Mamón, Zapote, Mango, Nancite, Aguacate, etc. Cubre el 7.8%.

Otras clases de cobertura

Las demás clases de cobertura no son garantía de protección del suelo, incluso anualmente hay incendios en algunas de estas áreas, son los Cultivos Anuales, Pastizales, Vegetación Arbustiva con malezas y Áreas Urbanas, que corresponden al 60% del área total de la microcuenca.

2.8. Uso de la Tierra MicroCuenca D, SubCuenca II de la Cuenca Sur.

El Uso Actual de la Tierra se considera desde el punto de vista de lo que ya está definido para un futuro próximo que es la transformación de fincas en zonas residenciales.

Un ejemplo claro es el condominio llamado Intermezzo del Bosque, en la finca Las Delicias, en donde existe cobertura forestal pero ya están trazados los lotes para construir. Otras fincas están en ese mismo proceso de transformación y para ello han construido una carretera asfaltada amplia desde Villa Fontana hasta Intermezzo y otra que ya está cerca de la microcuenca que parte de la carretera Managua – Masaya. El uso actual de la tierra lo refleja la tabla siguiente:

USO ACTUAL DE LA TIERRA			
	Tipo de uso	Hectáreas	Porcentaje
1	Café con sombra	142.26	6.1
2	Bosque deciduo	51.41	2.2
3	Vegetación arbustiva	62.36	2.7
5	Pastos con árboles dispersos	69.09	3.0
6	Cultivos anuales	95.25	4.1
7	Residencias y condominios	538.85	23.0
8	Minifundios	298.41	12.7
10	Café con cultivos	131.55	5.6
4	Laguna Cratérica de Tiscapa	31.00	1.3
AU	Áreas Urbanas	920.82	39.3
	TOTAL	2341.00	100.0

FUNCOD. 1995.

El Uso Actual de la Tierra es por lo general una opción del propietario, escogiendo la que le rinde mayores beneficios. En el cuadro anterior se puede apreciar que el mayor uso de la tierra está encaminado al uso residencial por el alto valor que adquieren las propiedades.

Café con sombra:

Cafetales de la parte superior de la cuenca que conservan árboles de gran porte y especies propias del ecosistema de bosques de las tierras altas. La finca El Chile ocupa la parte alta de la cuenca, otras fincas son: la Concepción, El Panorama, Santa Rosa, San Joaquín, El Sedán, etc. Cobertura del 6.1%

Bosque Deciduo:

Bosque secundario o primario de las tierras bajas y medias de la Microcuenca, primario es por ejemplo el bosque de Mokorón, con árboles de gran desarrollo de las especies: Guanacaste, Genízaro, Espino de playa, Laurel, Chaperno, Jiñocuabo, etc. Los bosques secundarios se han desarrollado de especies pioneras como: Tigüilote, Vainillo, Sardinillo, Laurel, Chaperno, Cedro real, Güiligüiste, Endurece maíz, etc. Cobertura del 2.2%

Vegetación arbustiva:

Esta clase de uso se deriva de terrenos que antes estuvieron cultivados, que han perdido notoriamente su fertilidad. Cubre el 2.7%.

Pastos con Árboles dispersos:

Quedan pocos terrenos cubiertos por pastizales, actualmente la ganadería es escasa, al menos en la época de sequía. Cubren el 3.0%

Cultivos anuales

Tierras dedicadas a cultivos principalmente de Maíz, Frijoles y hortalizas de invierno. Cubre el 4.1% de la microcuenca.

Residencias y Condominios:

Este uso de la tierra tiene gran incremento en la actualidad, inclusive se ha construido recientemente una carretera asfaltada que llega hasta el Condominio Intermezzo del Bosque, que fue anteriormente la finca cafetalera Las Delicias, otros condominios son El Portal del Bosque, La Esperanza y Los Ángeles.

Las residencias individuales se prolongan de Villa Fontana hacia las partes altas de la cuenca, buscando el clima fresco. Se estimó una cobertura del 23.0%.

Aparentemente la construcción de residencias grandes en lomas y laderas ha agravado el problema de las fuertes corrientes de agua de las zonas bajas. Las grandes superficies techadas y caminos asfaltados, además de reducir las áreas de infiltración, desvían las aguas hacia las cañadas que anteriormente no recibían esos volúmenes de agua, creando nuevas cárcavas y destruyendo humildes viviendas.

Minifundios:

Las fincas familiares se fraccionan para heredar a los descendientes, lo que ha dado lugar a nuevos barrios o grupos familiares que identifican los sitios, como ejemplos: Los País, Los Vanegas, Los Ortega, Los Guillén, etc. Las Comarcas San Isidro de La Cruz Verde, Las Viudas y Los Ladinos están formadas en su mayor parte por minifundios.

El estudio de FUNCOD de 1995 muestra que el 82.5% de la totalidad de fincas de la Microcuenca IID tienen entre media y tres hectáreas. En estos minifundios el uso de la tierra tiene características particulares porque los árboles forestales se sustituyen por especies frutales, especialmente Cítricos, Jocotes, Marañones, Anonas, etc. Cobertura del 12.7%.

Café con Cultivos:

Muchas de las fincas cafetaleras de la parte alta y media de la cuenca han sustituido los cafetales por otros cultivos, especialmente de plátano, para ello han quitado la mayor parte de la cobertura natural del café. Estos cambios ocurren en terrenos planos o de pendiente suave. 5.6% de cobertura.

Área Urbana:

En lo que corresponde a la Microcuenca IID, el incremento del casco urbano de Managua es considerable, nuevos asentamientos se han establecido especialmente por el lado oeste de la Pista Suburbana. (FUNCOD. 1995. Proyecto de Conservación de Suelos y Agricultura Sostenible en la Microcuenca D, Subcuenca II de la Cuenca Sur del Lago de Managua).

La deforestación a que ha sido sometida, el mal uso de los suelos y el sistema de lluvias tropicales de alta intensidad, hacen que en la Cuenca Sur, y específicamente en la microcuenca D, se produzcan distintas manifestaciones de erosión hídrica, en el menor de los casos de forma leve y en las áreas mayores, de fuerte a severa.

2.9. Cauces principales de la subcuenca II D.

Son el ramal San Isidro de la Cruz Verde, el ramal Jocote Dulce y el ramal Los Duarte. La mayor parte de la escorrentía del ramal de San Isidro de la Cruz Verde es trasvasada al cauce Santo Domingo, en el cauce Oriental. Sin embargo a pesar de la existencia de la obra de trasvase, la mayoría de la escorrentía de la subcuenca sigue fluyendo hacia el Lago de Tiscapa.

Cauce San Isidro de la Cruz Verde

Es el cauce principal y de mayor recorrido y dominio del área total de la subcuenca. Tiene una longitud de 4,360 m. con pendiente en la zona alta por el orden del 10%; en la zona medias las pendientes oscilan entre el 5% y 3% y en la parte baja o de descarga del 3% al 1%.

Una parte de su recorrido lo realiza por un cauce natural, observándose así solamente revestido una longitud de 3,164 m. Su caudal es regulado por la Micropresa Villa Panamá, además, cuenta en su recorrido con obras menores como son cortinas, terraplenes, rampas etc.

Cauce Los Duartes

El cauce Los Duarte tiene una longitud de recorrido de 5,200 m. En condiciones naturales tiene una longitud de 4,700 m; siendo 502 m de cauce revestido con forma trapezoidal, combinado con cajas-puentes o alcantarillas de cruce, en los pasos vehiculares.

El tipo de revestimiento es principalmente en piedra cantera repellada y adoquines. Su caudal es regulado por las micropresas del mismo nombre: Micropresa Los Duartes Occidental, la cual controla los ramales de aportación del área occidental del cauce y la Micropresa Los Duartes Oriental que regula la aportación de los ramales del área oriental.

Cauce Jocote Dulce

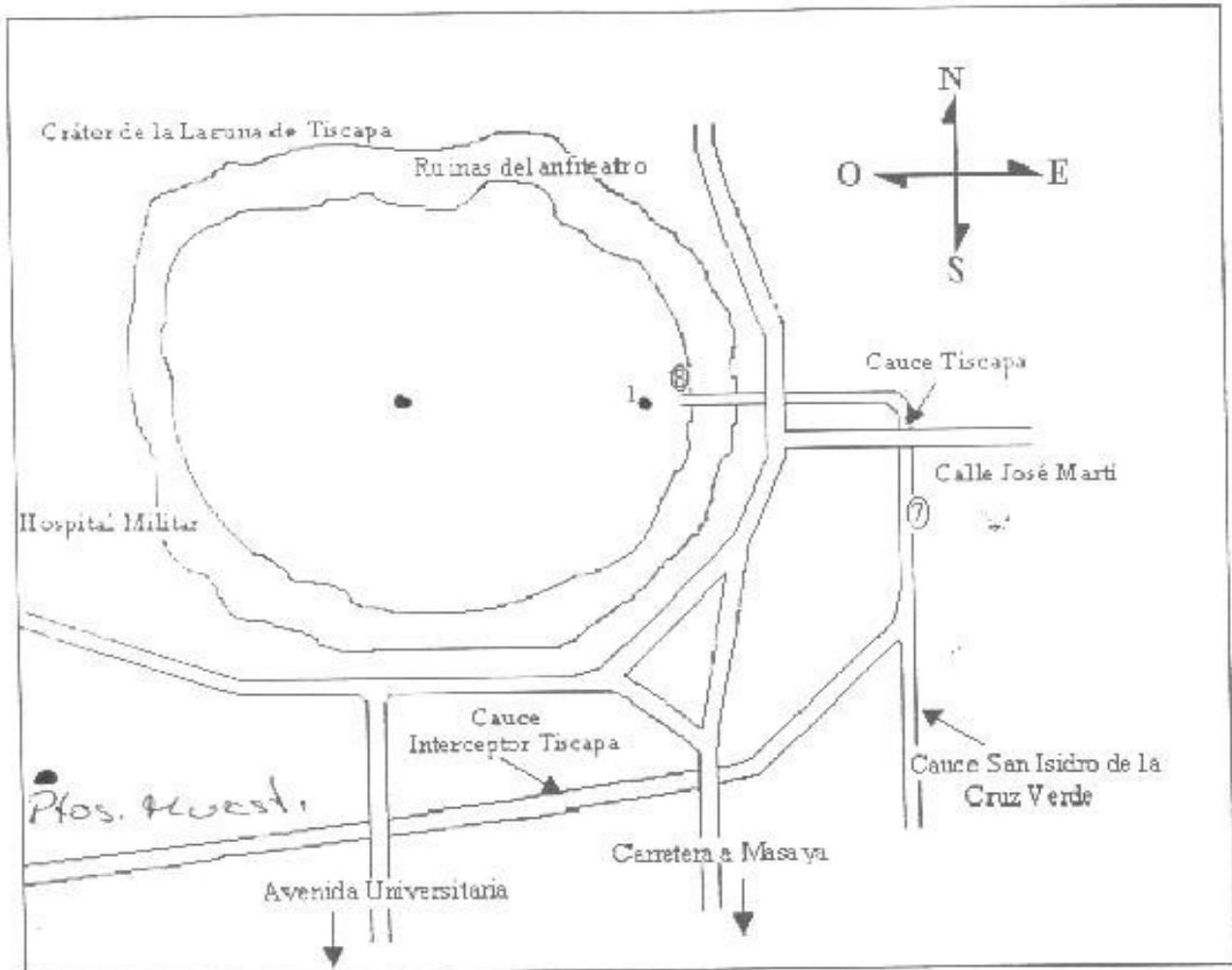
Este cauce es el segundo en importancia con una longitud total de 8,400 m, de los cuales existen 920 m de cauce revestido. Tiene tres (3) micropresas que regulan su aportación, las cuales son la Micropresa Cementerio, la Micropresa INAA y la Micropresa Experimental. En la parte baja de la subcuenca converge con el cauce Los Duartes, para formar el cauce interceptor Tiscapa.

Interceptor Tiscapa

Cauce que intercepta las aguas del cauce Jocote Dulce y los Duartes, y posteriormente recoge las del cauce San Isidro de la Cruz Verde para descargar en la Laguna Tiscapa. Este cauce posee secciones trapezoidal y rectangular en cajas-puentes. Tiene una longitud de 1,940 m. aproximadamente y está revestido totalmente de piedra cantera y/o en concreto reforzado.

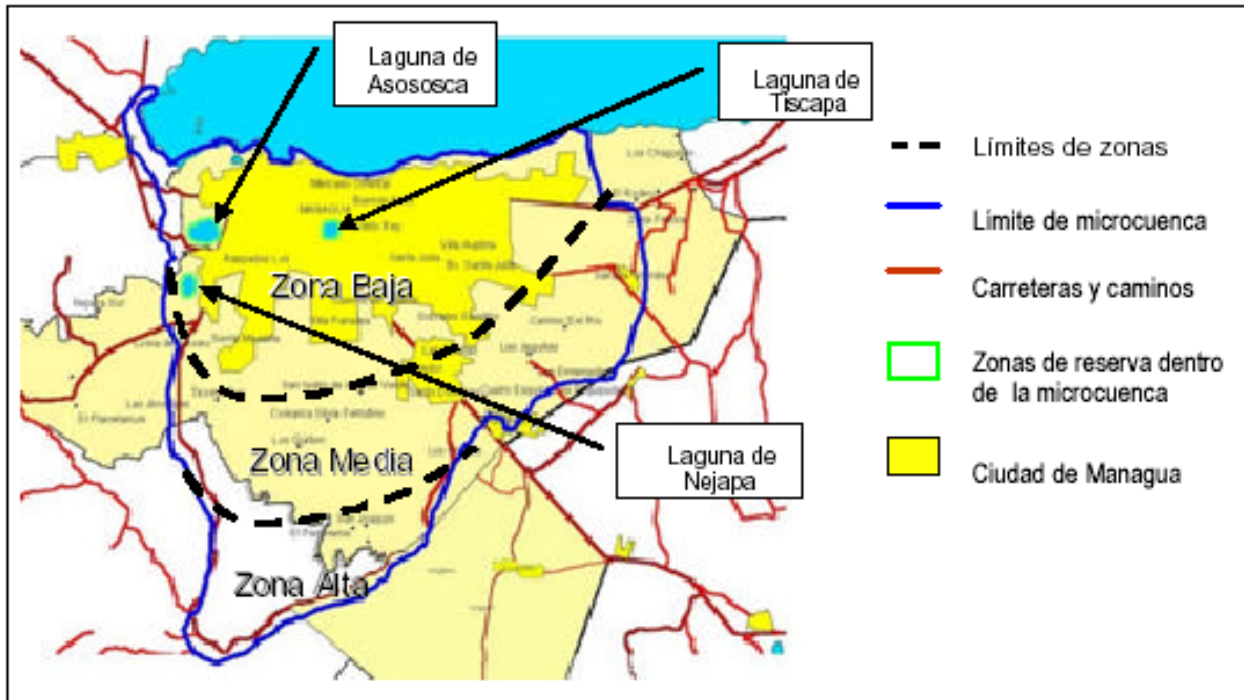
Este sistema de drenaje construido con el objetivo de mitigar el impacto ambiental en los barrios adyacentes en la parte Sur del Lago, cuyo destino final son las aguas de la Reserva Natural Laguna de Tiscapa.

Este Croquis muestra los sistemas de drenajes (Cause) proveniente de la microcuenca D con destino final el lago de Tiscapa.



2.10. Reserva Natural Lago de Tiscapa.

Esta reserva natural del lago de Tiscapa se encuentra localizada dentro del casco urbano de la ciudad de Managua, ubicada en la parte norte de la Microcuenca D, Subcuenca II, de la Cuenca Sur del Lago de Managua, de la manera que se muestra en el mapa siguiente:



Programa Socioambiental y de Desarrollo Forestal (POSAF), MARENA
Helsinki Consulting Group Ltd. (HCG).

El nombre Tiscapa es de origen Náhuatl Uticapa de Techcath piedra de sacrificios; de atl, agua y de pan en; significa "En el agua de la piedra de los sacrificios y en lengua Mexicana Atexcapa significa lugar del charco. Es la mas pequeña de las lagunas cratéricas de Managua.

Tiene una superficie de 0,16 km², sus profundidades media y máxima son de 20m y 33m respectivamente; con una altura de 51-57 msnm. Tiene una forma aproximadamente circular, se formó aproximadamente hace unos 10,000 años (BANIC, 1977) y prácticamente carece de litoral ya que su línea costera es meramente vertical. Las coordenadas de la ubicación del lago se expresan en la siguiente tabla:

Coordenadas UTM de los puntos extremos del Lago de Tiscapa.		
	Latitud (N)	Longitud (E)
Norte	1 342 134	579 312
Sur	1 341 714	579 312
Este	1 341 955	579 533
Oeste	1 342 009	579 062

La Reserva Natural Lago de Tiscapa, fue declarada área protegida, a través del Decreto N° 4291 del 31 de Octubre de 1991 “Declaración de Áreas Protegidas en Varios Cerros y Macizos Montañosos, Volcanes y Lagunas del País”, publicado en La Gaceta N° 207 del cuatro de Noviembre de 1991. Con fecha 25 del mes de Abril de 1996, fue declarada mediante Decreto N° 6-96 “Parque Histórico Nacional Loma de Tiscapa”. Posteriormente, mediante Decreto No. 35-2003 del 12 de Abril de 2003, se modifica el decreto original en cuanto a la composición de la Comisión Administradora y sus atribuciones. (Ver anexo 2 Marco Jurídico)

En la parte superior del cráter del lago albergó durante más de tres décadas la Casa Presidencial de la República, lugar privilegiado de la ciudad, dado que por su altura predominante, ofrece una visión paisajística excepcional de la capital y sus alrededores, incluido el Lago de Managua y las colinas y cerros de la Península de Chiltepe.

El paseo que circunda la parte oriental del borde superior del Lago ofrece una vista preciosa del espejo de agua y de la vegetación que crece en las laderas del cráter. Sin duda alguna, el valor natural más importante, es el hecho mismo de que el lago y su cráter constituyen un ecosistema único, con su propias características de flora y fauna, situada en medio de una ciudad, con relevancia geológica de consideración, ya que es atravesada por una de las fallas geológicas de mayor impacto en los procesos tectónicos que continuamente afectan la capital.

La cobertura forestal del lago consta de dos estratos:



Imagen₁

La imagen₁ muestra el sector norte a la altura del parque de la estatua de Sandino. El suelo es rocoso con vegetación escasa, matorralosa y gramíneas. Allí las corrientes de agua arrastran piedras y lodo, han obstruido un hecho del andén que rodea el lago.



Imagen₂

Y en el sector sur de acuerdo a la imagen₂, tiene una cobertura vegetal actual formada por árboles y arbustos de variadas especies.

El Lago de Tiscapa fue durante décadas un sitio de entretenimiento para una gran cantidad de ciudadanos de Managua, especialmente utilizada por aquellos dedicados a la natación deportiva. Los ciudadanos de mediana edad rememoran los tiempos en que en sus aguas se entrenaban los socorristas y buzos de la Cruz Roja Nicaragüense.

Durante la década de los ochenta, funcionó un escenario flotante en la parte norte donde se construyó un anfiteatro con capacidad para unas mil personas lugar donde se celebraban festivales musicales. Cuando el nivel de las aguas subió por encima de su nivel tradicional el mencionado escenario se hundió, terminando así con todas las actividades culturales que se habían convertido en una tradición para la población de la capital.

La vida del Lago también está estrechamente vinculada con la historia de las luchas del pueblo nicaragüense en su afán de alcanzar su verdadera independencia y autodeterminación, ya que además de encontrarse en la altura más prominente de su cráter la Casa Presidencial de sucesivos gobiernos represivos, también se encontraban cárceles y salas de torturas, donde fueron sometidos a toda clase de vejámenes y muerte, cantidad de ciudadanos heroicos que luchaban por la causa de la libertad.

El terremoto de Managua de 1972 destruyó la Casa Presidencial y otras instalaciones militares que se encontraban en sus alrededores, quedando toda esa área abandonada, pero resguardada por personal del Ejército y la Policía Nacional, hasta el año de 2001, en que la Alcaldía de Managua tomó bajo su cargo la restauración del área, siendo nuevamente abierta al público a partir de esa fecha, como Parque Nacional.

En la formación y desarrollo del Lago existen diversas versiones de los cronistas, acerca de las leyendas y misterios. La primera leyenda cuenta que en tiempos prehistóricos, el Lago de Tiscapa fue ocupado para realizar sacrificios humanos.

La segunda leyenda se refiere a que en Uticapa existe una serpiente que cuando emerge deja ver en la cabeza dos prolongados cuernos y en medio de éstos una cruz.

Por otra parte se asegura que la serpiente sale a flote sólo en la Semana Santa y quien anhela conocerla debe mantenerse oculto en la montaña que circunda al Lago, de lo contrario se introduce en el agua inmediatamente.

La tercera leyenda llamada “el Lago robada por los brujos de Managua, ocurrió antes de la Conquista. Narra que la princesa Xincatl, hija del Cacique Cuzcatleco del Reino del Cuzcatlán se enamoró a primera vista de un viajero llamado Nahoa, quien decía que era hijo del Cacique del Reino del Quiché.

Debido a que el padre no permitiría que su hija se marchara, planearon escaparse utilizando para ello un camino que bordeaba el Lago. Por la noche cuando huían la princesa contempló el Lago y se puso a llorar. Nahoa le dijo que se la podían llevar y a través de conjuro la convirtió en un charquito.

Este fue depositado dentro de un huevo de guajolote, llevándolo consigo durante el viaje, hasta llegar al territorio de lo que hoy es Tiscapa, El joven dijo a su padre que traía consigo a la Princesa Xincalt y un cascarón con el bello Lago que ella se quiso traer, el cual entregó al Cacique.

Al dárselo este se escurrió de sus manos, rodando por el precipicio hasta alcanzar el fondo del cráter de un volcán extinguido, llenándose hasta formar el Lago de Tiscapa.

Existen anécdotas más recientes, que relatan lo que ocurrió antes del terremoto de 1931. En las orillas del Lago se acumulaban gran cantidad de peces muertos y se sentía un marcado olor a azufre.

La fetidez era tan insoportable que el gobierno ordenó investigar este sorprendente cambio, pero la lentitud administrativa y el terremoto ocurrido en marzo, impidieron los estudios.

En varias ocasiones desde esa fecha han surgido remolinos o borbollones en medio de las aguas, específicamente en el mes de febrero, cuando la temperatura del agua es bastante elevada.

En años muy antiguos, las lavanderas decían que no iban a lavar la ropa durante el período de convulsión interna o en que el Lago, se "enferma" periódicamente.

Cuando el hombre intervino en su proceso natural (antropogénico). Con la construcción de los acueductos de drenaje de los cauces San Isidro de la Cruz Verde en 1958 y posteriormente la conexión de los cauces Jocote Dulce y Los Duartes en 1980 (Efluente).

Imagen₃



Se inició se demuestra en la imagen₃ la deposición de aguas pluviales rica en nutrientes y con mayor cantidad de sedimentos, ocasionando que el Lago sea sometido a procesos de asolvamiento, contaminación biológica, deterioro de las características físico-química de las aguas y almacenamiento de desechos sólidos y basura de toda clase, alterando su proceso natural de eutrofización

del cuerpo de agua.

Todos estos procesos han contribuido a la disminución de la biodiversidad del ecosistema, tanto de la ictiofauna, como de la flora y fauna terrestre, continuamente amenazada por los incendios forestales en sus laderas y por los cazadores furtivos.

Al problema de la contaminación físico-química y microbiológica se une el problema del bajo nivel cultural de la población de la cuenca, la que arroja a los cauces todo tipo de



Imagen₄

basuras y desechos sólidos en general como lo podemos apreciar en esta imagen₄ de uno de los causes.

Estos factores han incrementado significativamente los problemas de sedimentación del lago, así como la pérdida de la calidad del agua.

Existen antecedentes de estudios realizados en el lago por varias instituciones las cuales indican que el agua del Lago no son aptas para consumo humano por su alto contenido de materia orgánica, como consecuencia de contaminación a que a sido sometido a lo largo de las dos ultimas décadas.

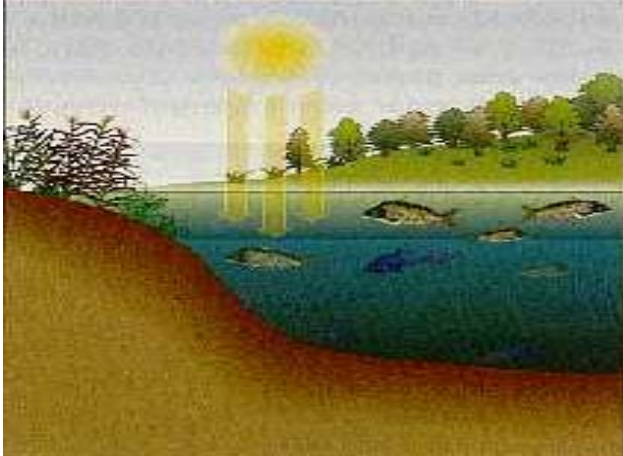
Motivo por el cual nace el interés de realizar este estudio científico a la Reserva Natural Lago de Tiscapa para determinar el grado de eutrofización (calidad del agua) en los últimos trece años.

Podría parecer a primera vista que es bueno que las aguas del Lago estén bien repletas de nutrientes, porque así podrían vivir más fáciles los seres vivos. Pero la situación no es tan sencilla. El problema está en que si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia las plantas y otros organismos.

Más tarde, cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores y le dan un aspecto nauseabundo, disminuyendo drásticamente su calidad. El proceso de putrefacción consume una gran cantidad del oxígeno disuelto y las aguas dejan de ser aptas para la mayor parte de los seres vivos. El resultado final es un ecosistema casi destruido. (Eutrófico)

2.11. EUTROFIZACION

Eutrofización es el enriquecimiento de un cuerpo de agua con sustancias (nutrientes), las cuales incrementan el crecimiento de las poblaciones de plantas (macrófitas y fitoplancton).



Imagen₅

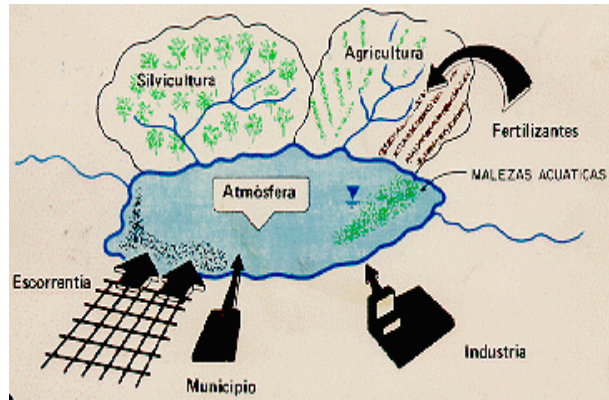
Podemos apreciar en la imagen₅ que la eutrofización es un proceso natural de los cuerpos de agua, pero la influencia del hombre puede acelerar este proceso, este se conoce como “EUTROFIZACIÓN CULTURAL”.

El efecto natural de la eutrofización depende de muchos factores, tales como:

- Características morfométricas del cuerpo de agua
- Tiempo de retención.
- Morfología y litología del área que drena al cuerpo de agua.
- Presencia de vegetación en el área que drena al cuerpo de agua.
- Características climáticas de la zona.

Causas de la Eutrofización(Imagen₆)

- ✓ Aguas residuales domésticas e industriales.
- ✓ Aguas sobrantes de riego en la agricultura que han sido enriquecidas con abono (Fósforo y Nitrógeno).



Imagen₆

- ✓ Aguas de escorrentía después de talas, incendios o del uso de herbicidas, operaciones que movilizan una elevada proporción de los nutrientes contenidos en el suelo.

Efectos de la Eutrofización

- **Degradación de la calidad del agua y el incremento de los costos para su suministro:**

La degradación es debida al alto contenido de materia orgánica disuelta o en partícula. Estas sustancias orgánicas, algunas veces tóxicas, son las responsables del mal olor y sabor del agua. La alta concentración de partículas (algas, zooplancton, bacterias y detritus) presentan problemas de obstrucción de filtros.

- **Variación en la estructura de la comunidad:**

Debido a la eliminación de muchas especies y la proliferación de otras que se adaptan a este tipo de condiciones. El efecto más común es la proliferación de algas, principalmente las verdes-azules.

- **Incremento de la frecuencia de microorganismos patógenos:**

Esto es debido a que el proceso de eutrofización muchas veces es debido a desechos domésticos.

- **En aguas profundas la concentración de oxígeno es muy baja o igual a cero:**

La ausencia de oxígeno en el agua en contacto con el sedimento decrece el porcentaje de mineralización de las sustancias orgánicas.

Los NO_3 son reducidos a NO_2^- y NH_4^+ y los SO_4 a H_2S y se transfieren del P, Fe y Mn del sedimento al agua.

- **Decrece la calidad de la pesca:**

En lagos eutróficos el rendimiento total generalmente es alto, pero el valor comercial de la pesca se reduce. La falta o escasez de oxígeno en las aguas profundas elimina muchas especies demersales de mucho valor comercial.

- **Reducción del turismo y de las actividades deportivas:**

Esto es dado principalmente a la variación de algunas características organolépticas del agua, tales como: olor, sabor, color y transparencia.

El crecimiento masivo de algas y macrófitas tiene una influencia negativa sobre las actividades deportivas

Principales efectos perjudiciales de la eutrofización de las aguas:

- ❖ Degradación organoléptica del agua (olor, color, transparencia, sabor).
- ❖ Deterioro de las comunidades biológicas, con sustitución de especies sensibles por especies oportunistas de mayor rusticidad.
- ❖ Mayor exportación de nutrientes al cauce aguas abajo.
- ❖ Auto estimulación de la propia eutrofización, es decir, se trata de un proceso con retroalimentación positiva.

- ❖ Crecimiento de algas macrofiticas en canales de riego y cauces inferiores – también en el propio embalse cuando hay cierta estabilidad de nivel.- Hay varias enfermedades conectadas indirectamente con las macrofitas, como la esquistosomiasis (sarna del nadador) o la bilharziasis. El exceso de macrofitos puede también interferir con la navegación. En otros casos, estas comunidades vegetales aportan efectos beneficiosos al contribuir a la retirada de nutrientes del agua.
- ❖ Incremento de materiales en suspensión que perjudica cualquier proceso que requiera el paso del agua por filtros, como la potabilización, la navegación a motor, etc.
- ❖ Aumento de la posibilidad de aparición de mortandades masivas de peces por asfixias o envenenamiento.
- ❖ Descenso de la vida media del embalse por incremento de la tasa de colmatación del vaso.
- ❖ Problemas sanitarios, socioeconómicos y ecológicos derivados de la proliferación de algas tóxicas. Aunque no se han certificado pérdidas humanas causadas directamente por la toxicidad de algas de agua dulce, si se han descrito desórdenes gastrointestinales, respiratorios y dermatológicos (Dillenberg & Denle, 1960; Señor, 1968) causados por el contacto tópico con las aguas. En fauna acuática y en ganado si se han descrito pérdidas como consecuencia directa de estas toxinas algales.
- ❖ Mayor reciclaje interno de materiales y, por tanto, mayor tiempo de retención de los contaminantes en el agua.
- ❖ Disminución de la capacidad depuradora de los embalses, que repercute en la calidad de las aguas en los sistemas fluviales y embalses situados aguas abajo.

- ❖ Descompensaciones y fluctuaciones muy amplias de gases – sobresaturaciones de oxígeno, hipoxias, anoxias, formación de anhídrido sulfhídrico y metano.
- ❖ Desplazamiento de equilibrios químicos, especialmente por la elevación del Ph, como ocurre con la forma tóxica para la fauna acuática del amoníaco – forma no ionizada- en la zona fótica. La elevación del Ph tiene efectos sanitarios negativos porque puede producir dermatitis y conjuntivitis.
- ❖ Interferencias en las fases de coagulación/floculación de los sistemas de potabilización de aguas.
- ❖ Obstrucción de conducciones de agua por la formación de concreciones de hierro y manganeso.
- ❖ Elevación del grado de contaminación de las aguas, es decir, estimulación de los ciclos microbiológicos relacionados con la materia orgánica. Esto tiene también consecuencias en la septicidad de las aguas y el riesgo de proliferación y propagación de agentes infecciosos.

Métodos para reducir la Eutrofización en los lagos

- Diversificación de los efluentes.
- Reducción en la cantidad de nutrientes en los efluentes:
(Precipitación química) buenos resultados han sido obtenidos si el tamaño y la eficiencia del tratamiento es proporcional a la carga del fósforo.

- Modificación en los métodos de la agricultura:

Algunas modificaciones de la cantidad, calidad y períodos de distribución del fertilizante puede reducir la cantidad de nutrientes (Fósforo, Nitrógeno) drenados a los lagos, también un uso racional de DETERGENTES y la reducción de la concentración de fosfatos en los mismos, puede reducir grandemente la concentración de fósforo en las aguas domésticas.

- Reducción del proceso de Eutrofización:

Por la adición de sustancias químicas a las aguas del lago (floculación).

(Fundamentos de Limnología – Francisco Estévez).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del área de estudio.

El Lago de Tiscapa es la más pequeña de las Lagunas cratéricas de la ciudad de Managua y se encuentra localizada dentro del casco urbano de la ciudad y tiene una superficie de 0.16 km² y 23.5 h del espejo del agua. Ubicada en la parte norte de la Microcuenca D, Subcuenca II, de la Cuenca Sur del Lago de Managua.

Su ubicación lo hace muy vulnerable a la contaminación especialmente por el aporte de aguas pluviales y desechos domésticos conducido por el canal artificial “Tiscapa” que intercepta el ramal San Isidro – Jocote Dulce – Los Duartes.

El Lago de Tiscapa ha sido un recurso natural de especial belleza que ha estado en abandono y subutilizado la mayor parte de las últimas décadas, habiéndose desaprovechado su potencial, especialmente a su potencial turístico.

3.2. Tipo de investigación.

- ✓ Esta es una investigación tipo explorativa-descriptiva.

3.3 Universo.

- ☉ El universo de la investigación son todos los lagos cratéricos de la Cuenca Sur del Lago de Managua.

3.4. Muestra.

- ☉ Reserva Natural Lago de Tiscapa,

3.5. Variables indicadores del estudio.

- ☼ Análisis físico químico en agua.
- ☼ Bioindicadores de la calidad ambiental.
- ☼ Estado trófico del ecosistema.
- ☼ Textura y acumulación de materia orgánica en sedimentos.

Indicadores.

- Calidad del agua.
- Estado trófico del ecosistema.
- Medidas de solución.

Instrumentos para la recopilación de la información.

- **Observación directa**, se efectuaron visitas al Lago de Tiscapa para determinar las condiciones físicas del área de estudio y establecer los puntos de muestreos en el cuerpo de agua.
- **Mediante el levantamiento de la muestra**, en el Lago de Tiscapa se recolectaron muestras en dos puntos y en tres estratos (epilimnion, metalimnion y hipolimnion) para determinar los diferentes análisis en el laboratorio del Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN) (ver anexos.....).
- **Mapas**, elaborado por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA).....
- **Fotografías**, Micro Cuenca D SubCuenca II de la Cuenca Sur del Lago de Managua para presentar algunas situaciones del estado de la Micro Cuenca.

3.6 Metodología.

Para el presente trabajo de investigación se realizó la recopilación de la información cualitativa y cuantitativa de los análisis Físico-Químico, Fitoplancton, Zooplancton, Zoobentos y bacteriológico existente en el Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN) del Lago de Tiscapa con el objetivo de compararlo con los datos obtenidos en el presente estudio.

Se realizaron en la Reserva Natural Lago de Tiscapa dos levantamientos de muestras puntuales uno en la estación seca (verano) el 17 de Marzo y un segundo en la estación lluviosa (invierno) el 06 de octubre del año 2005. En los dos (2) puntos, uno a 30 m de la caída del cauce (efluente) y el segundo en el centro del lago, en toda la columna de agua de forma estratificada, Epilimnion, Metalimnion e Hipolimnion.

Durante la toma de muestras se midieron con el instrumento Multiparameter Water Quality, Monitoring Instruments (Sonda de Registro de Datos) los siguientes parámetros de campo, (ver anexo) profundidad, Conductividad, Temperatura, pH, Oxígeno Disuelto y la transparencia a través del disco Secchi.

Las coordenadas geográficas del Lago Tiscapa y de cada uno de los puntos muestreados fueron registrados con un sistema de posicionamiento global (GPS) 315 MAGELLAN con la finalidad de cartografiar directamente en los mapas las coordenadas UTM obtenidas para cada sitio.

Entre los parámetros físico químicos que se analizaron están: Amonio, Nitrito, Nitrato, Fósforo Total, Fósforo Total Disuelto, Nitrógeno Total, Sulfato, Sílice, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Sedimentables y Sólidos Suspendidos. Así como los parámetros físicos pH, conductividad, color, turbidez, temperatura y Oxígeno Disuelto.

Para los parámetros físico químico, se recolectaron las muestras de agua utilizando una botella hidrográfica Van Dorn, se usaron envases de polietileno de un galón, con doble tapa, se evitó la aireación de la muestra, estas se transportaron hacia el laboratorio en termo con hielo de acuerdo a lo establecido en el Procedimiento de Resguardo de la muestra contemplado en el Manual de Control de Calidad Analítica del Laboratorio de Aguas Naturales del CIRA/UNAN (Manual de Métodos Analíticos Sección de Aguas Naturales, 2004).

En la toma de muestras, para los diferentes indicadores se llenaron formatos de campos en el que se incluyó la información solicitada por el laboratorio de CIRA/UNAN.

En el laboratorio del CIRA-UNAN-Managua se determinaron los análisis físicos químicos y biológicos, Los cuales se encuentran detallados en los Manuales de Calidad de los laboratorios y están en correspondencia con las normas internacionales de la **ISO/IEC 17025**, su equivalente la Norma Técnica Nacional NTN 04-001-98.

Para la determinación del Índice de Estado Trófico (IET) se realizó de acuerdo al criterio de Salas & Martino (1990), el cual se basa en la distribución de probabilidad de nivel trófico (ver anexo 6) de lagos cálido tropicales basado en fósforo total y clorofila "a". (Adaptado de VOLLENWEIDER Y KEREEKES, 1981).

Las muestras cualitativas de fitoplancton se obtuvieron mediante arrastre vertical con red de plancton de 10 μm de luz de malla, hasta la profundidad de 25 m para el primer punto y hasta 35 m para el segundo punto.

La identificación del material se realizó con microscopio óptico (100 x). El material se guardó en frascos de PVC y se fijó in situ con solución Lugol. El conteo celular se realizó con microscopio invertido en cámaras de sedimentación de 1, 2, 5 y 10 ml.

Las muestras de zooplancton se obtuvieron mediante arrastres verticales por duplicado de fondo a superficie con red cónica de plancton de 20 cm. de diámetro y 55 μm de abertura de malla desde los 25m para el primer punto y hasta lo 35 m a superficie.

La muestra de sedimento para el análisis de Granulometría, Materia Orgánica y Zoobentos se extrajeron con una draga Van Veen en los puntos uno y dos, cada sub muestra se colocó en una bolsa plástica y se fijó con formalina al 37% exceptuando la granulométrica y la Materia Orgánica Total.

Para el análisis microbiológico las muestras se tomaron en un frasco estéril de 250 ml, colocándolo bajo la superficie llenándolo completamente, se tapó y se refrigeró a $\pm 4^{\circ}\text{C}$, para ser transportada al laboratorio.

Métodos utilizados en los análisis físicos- químicos del agua y bioindicadores

Parámetro	Método	Nº de Referencia del Standard Methods (APHA, 1995)
Turbidez	Nefelométrico.	2130.B ¹
pH	Potenciométrico	4500-HB ¹
Conductividad	Medición en laboratorio	2510.B ¹
Color Verdadero	Comparación visual	2120.B ¹
Sólidos Totales	Gravimétrico	2540.B ¹
Sólidos Disueltos	Gravimétrico	2540.C ¹
Demanda Bioquímica de Oxigenó	Iodométrico (modificación por azida, prueba de cinco días)	5210 ¹
Demanda Química de Oxígeno	Valoración tritrimetrica	5220.B ¹
Sílice Disuelta	Molibdosilicato	4500-Si.D ¹
Sulfatos	Cromatografía Iónica	4110.B ¹
Nitritos	Sulfanilamida	4500-NO2.B ¹
Nitratos	Cromatografía Iónica	4110.B ¹
Amonio	Calorimétrico del azul de Indofenol	Azul de Indofenol ²
Nitrógeno Total	Segunda Derivada de espectroscopia UV.	Segunda Derivada ³
Fósforo Total	Ácido Ascórbico	4500-P.B-E ¹
Fósforo Total Disuelto	Ácido Ascórbico	4500-P.B-E ¹
Fósforo Reactivo Disuelto	Ácido Ascórbico	4500-P-E ¹
Oxígeno Disuelto	Método Winkler	4500-O.C ¹
Clorofila a	Nusch, E. A and G. Palme, 1975. Biologist, Menhaden Fur del Praxis	

	der Gewässeruntersuchung, Bestimmung des Chlorophyll –a and Phaeopigment-gehalt in Oberflächenwasser/Abwasser, 116:562-565.	
Fitoplancton	Utermoehl, H, 1958. Zur Vervollkommnung quantitativen Phytoplanktonmethodik. Mitt. Internat.Verein. Limnol. 9:1-38.	
Granulometría	“Análisis Granulométricos de Suelos y Sedimentos según Norma Austriaca L – 1061 - 88”.	Determinación del tamaño de partícula por el método de la pipeta Kohn
Materia Orgánica Total	Materia Oxidable mediante el Ácido Crómico con H ₂ SO ₄ y valor de Dilución (Walkley-Black) ”.	López, R. 1990: El diagnóstico de suelo y planta
Coliformes totales	NMP/100ml	APHA,9221 B ¹
Escherichia coli	NMP/100ml	APHA,9221 E ¹
Estreptococos	NMP/100ml	APHA,9230 B ¹

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

**Resultados de
Promedios de los análisis Físicos Químicos correspondientes a la estación
seca y lluviosa del año 2005.**

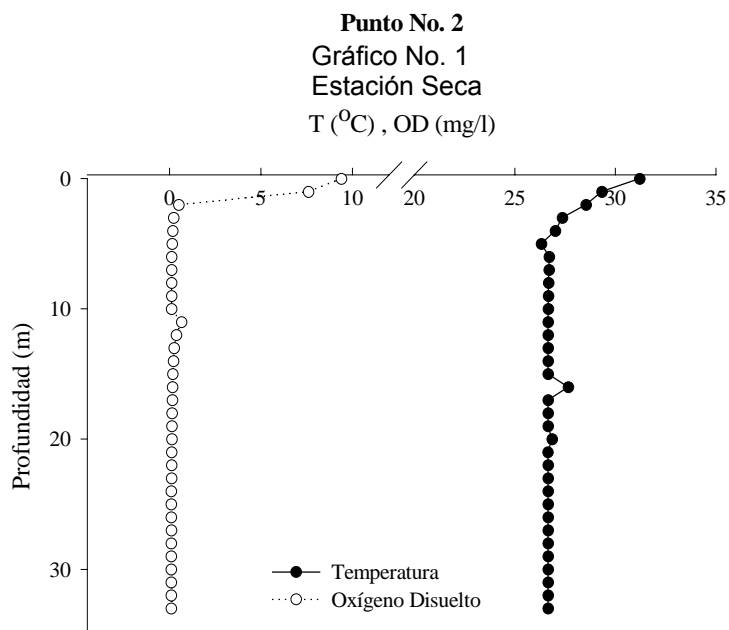
No	Parámetro	Unidad de Medida	Límite de Detección	Promedio Estación seca	promedio Estación lluviosa	Promedio anual 2005	Rango de Detección
1	Turbidez	UTN		8.61	36.13	22.37	0,00 a 999
2	PH	Unids.de pH		8.05	7.75	7.90	0,10 a 14,00
3	Conductividad	$\mu\text{S.cm}^{-1}$		263.16	241.33	252.25	0,01 a 200 000,00
4	Color Verdadero	$\text{Mg.l}^{-1}\text{pt-Co}$		15	-	15	5,0 - 70,0
5	Sólidos Totales	Mg.l^{-1}		188	179.16	183.58	Hasta 20 000,00
6	Sólidos Disueltos	Mg.l^{-1}		169.16	124.40	146.78	Hasta 20 000,00
7	Demanda Bioquímica de Oxigeno	Mg.l^{-1}	1,00	5.03	7.40	6.21	-----
8	Demanda Química de Oxígeno	Mg.l^{-1}	10,00	30.42	42.70	36.56	-----
9	Sílice Disuelta	Mg.l^{-1}	0,20	24.83	20.64	22.73	-----
10	Sulfatos	Mg.l^{-1}	0,25	0.61	2.04	1.33	-----
11	Nitritos	Mg.l^{-1}	0,003	<0.003	<0.003	<0.003	-----
12	Nitratos	Mg.l^{-1}	0,05	<0.005	<0.005	<0.005	-----
13	Amonio	Mg.l^{-1}	0,005	3.13	2.21	2.67	
14	Nitrógeno Total	Mg.l^{-1}	0,005	2.37	2.53	2.45	-----
15	Fósforo Total	Mg.l^{-1}	0,005	0.080	0.54	0.31	-----
16	Fósforo Total Disuelto	Mg.l^{-1}	0,005	0.051	0.118	0.066	-----
17	Fósforo Reactivo disuelto	Mg.l^{-1}	0,005	0.037	-	0.037	-----

4.2 Discusión de los resultados

4.2.1 Temperatura

Este indicador influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas. Las aguas del lago son calidas, los muestreos puntuales en el ecosistema acuático en la estación seca y lluviosa, dieron como resultado una temperatura media de 27,46 y 27,34 °C en la columna de agua respectivamente, presentando una estratificación térmica en ambos periodo.

Este fenómeno es producido en gran parte por la Morfometría del Lago. Permaneciendo estratificado la mayor parte del año destratificándose solamente en diciembre y enero (CIRA –UNAN 1992). Esta estratificación que presentó el Lago de Tiscapa trae serias implicaciones como por ejemplo: Que el oxígeno producido en el epilimneo no logra llegar al hipolimneo. La biomasa fitoplanctónica y la productividad aumentan durante eventos de esta naturaleza ya que la capa de mezcla tiene poca profundidad y la irradiación en el fitoplancton se incrementa (Cole y Cloern, 1987). Estos resultados se ven reflejados en el gráfico No. 1



La estratificación también afecta la calidad del agua. Compuestos orgánicos de mal olor y hierro reducido son liberados desde los sedimentos del fondo debido a las condiciones anaeróbicas, en lagos eutróficos.

En relación al año 1991 y 1992 (CIRA/UNAN, 1992) la temperatura mostró un valor medio anual de 28,09 presentando una estratificación térmica a lo largo de todo el año excepto en los meses de diciembre y enero que corresponde al periodo de mezcla del lago.

4.2.2 Turbidez

La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua. Este indicador está directamente relacionado con el tipo y concentración de materia suspendida o sólidos suspendidos en el agua.

Causas de la turbidez

Hay varios parámetros que influyen en la turbidez del agua. Algunos de estos son:

Fitoplancton

- ✓ Sedimentos procedentes de la erosión
- ✓ Sedimentos resuspendidos del fondo
- ✓ Descarga de efluentes
- ✓ Crecimiento de las algas
- ✓ Escorrentía urbana

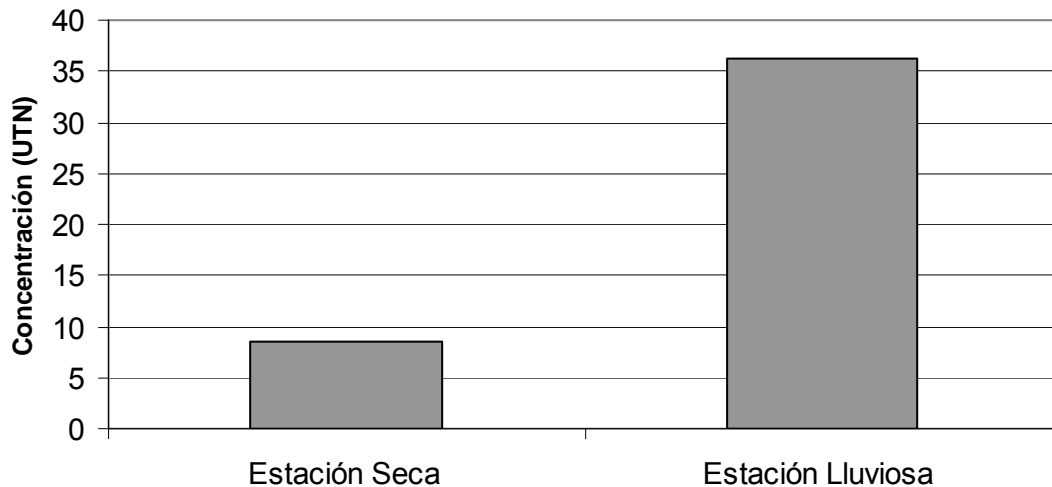
Según la OMS (Organización Mundial para la Salud), la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 UNT, y estará idealmente por debajo de 1 UNT.

Las aguas del lago son turbias, Los dos muestreos puntuales en la estación seca y lluviosa, dieron como resultados un promedio de 8.61 y 36.13 UNT respectivamente. (Ver Gráfico No. 2)

El incremento de la turbidez en la estación lluviosa se debe a la presencia de sedimentos arrastrados de cuenca arriba.

Gráfico No. 2

Turbidez



El gráfico No. 2 refleja el parámetro de la turbidez en la estación seca y lluviosa del año 2005.

No se tiene información de la turbidez en relación a los años 1992.

4.2.3 Transparencia

La transparencia se ve influida por la suspensión del sedimento debido al movimiento de las olas y a la presencia de material inorgánico y/o de floraciones microalgares.

Las aguas d el Lago son turbia de color marrón claro (0.35m disco sechi) producto de presencia de material orgánico e inorgánico.

Así mismo la concentración de clorofila a presenta valores altos (>10 ug/l aumento biomasa microalgar) en la estación seca, con un resultado de 29.30 $\mu\text{g.l}^{-1}$ y para la estación lluviosa de 57.63 $\mu\text{g.l}^{-1}$. **(Promedio anual de 43.46 $\mu\text{g.l}^{-1}$).**

La turbidez presenta valores altos, (> 5 UNT) en la estación seca y lluviosa, dieron como resultados un promedio de 8.61 y 36.13 UNT respectivamente. **(Promedio anual de 22.37 UNT).**

La concentración de sólidos suspendidos es elevada 15.50 mg.l en la estación lluviosa. **(Por error en el muestro no se obtuvo en el verano). (Promedio anual de 183 mg.l)** presentan una alta incidencia en la penetración de las ondas de luz al ecosistema (ver Anexo).

Algunos de estos aportes pueden generar procesos de deterioro de la calidad del agua, siendo el más común de ellos la eutrofización (Ryding & Rast 1992).

Según normas internacionales la demanda mínima de la transparencia en aguas aptas para el baño es de 1,5 m de profundidad.

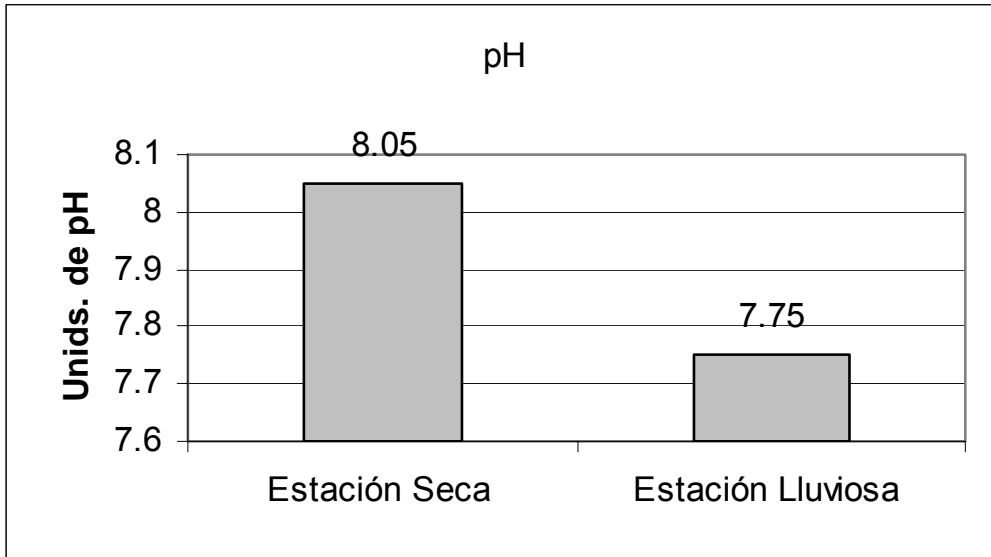
No hay datos registrados del Disco Secchi en investigaciones anteriores que se pueda comparar con los obtenidos en marzo del 2005.

4.2.4 pH

En los puntos muestreados en el lago de Tiscapa el pH es menor en el fondo que en la superficie, la heterogeneidad del pH se encuentran muy relacionada con los periodos de estratificación ya que el pH del fondo se encuentra cerca de la neutralidad con valores de 7.43 coincidiendo con la anoxia, que es reflejo de los procesos de descomposición de la materia orgánica que se deposita en el fondo.

En relación a la estacionalidad el pH promedió en la estación seca es de 8.05 y de 7.75 en la estación lluviosa se refleja en el gráfico No. 3

Gráfico No. 3



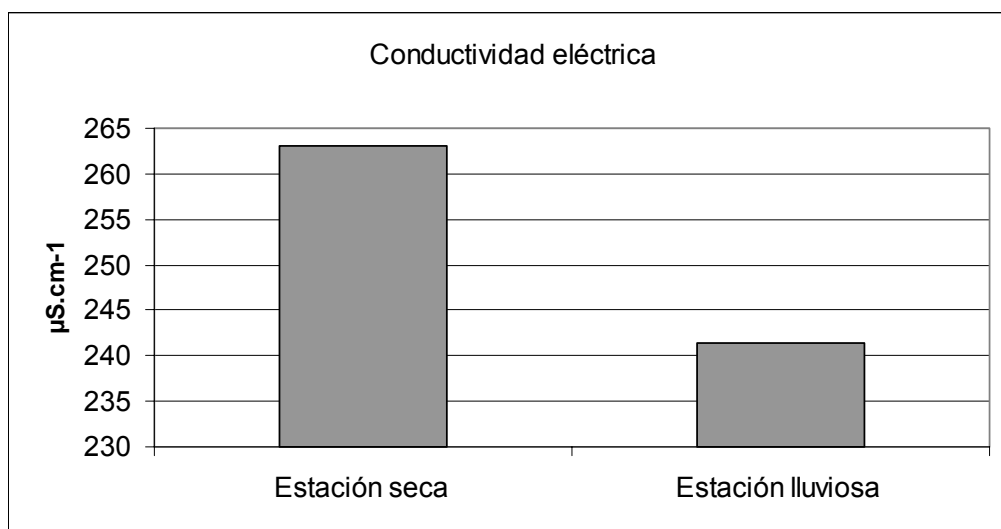
En relación al año 1991 y 1992 (CIRA/UNAN, 1992) el pH mostró un valor medio estacional de 7.82 unidades para la estación seca y 7.97 unidades en la estación lluviosa. Es decir este lago mantiene una variación en su pH poco significativo en el 2005.

4.2.5 Conductividad eléctrica

Los resultados de conductividad en los puntos de muestreos promedian en la estación seca $263.11 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y en la estación lluvioso $241.33 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. (Ver gráfico No.4)

La distribución vertical de la conductividad en el Lago de Tiscapa mostró valores relativamente homogéneos con incrementos en el fondo del lago. Se refleja en el gráfico No. 4

Gráfico No.4
Variación estacional de la conductividad en el 2005



Comparando con la estación seca del año 1992, (CIRA-1992) en el centro del lago encontramos valores promedio anual de $240.39 \mu\text{S.cm}^{-1}$, lo que indica poca relevancia en relación al año 2005.

4.2.6 Sólidos Totales

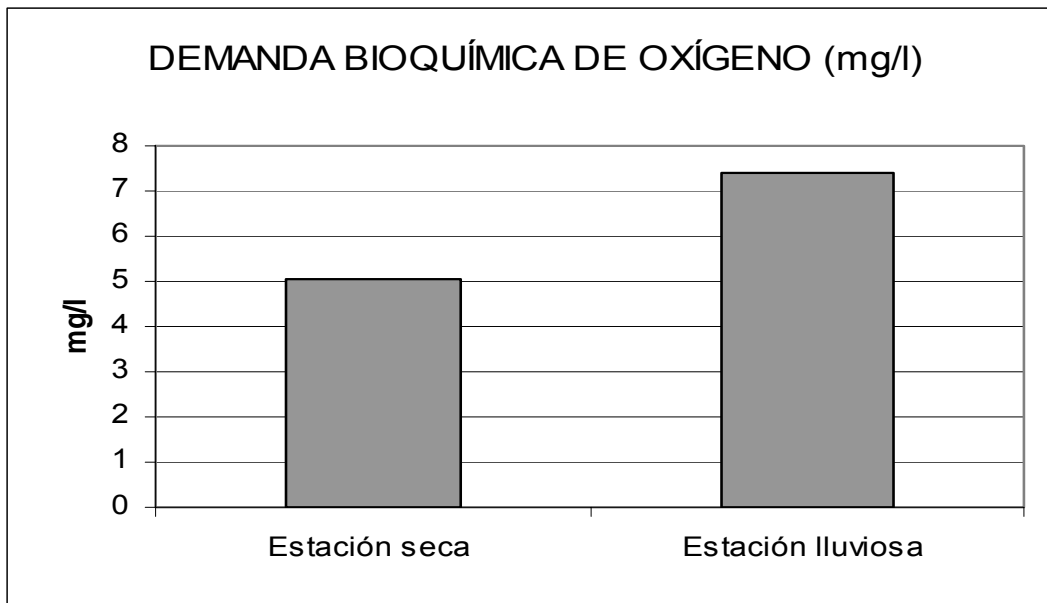
Los valores encontrados de sólidos totales en los puntos muestreados promediaron 188 mg.l^{-1} ; para la estación seca y para la estación lluviosa 179.11 mg.l^{-1} .

Si bien los resultados están dentro de los rango de detección ($20\ 000,00 \text{ mg.l}^{-1}$) los resultados encontrados para ambos puntos son pocos relevantes comparados a los del año 1991-1992 (CIRA-1992) de la época de verano ya que su variación en el tiempo es poco significativa.

4.2.7 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en el punto uno y dos presentan alto contenido de DBO₅ mostrando una distribución vertical heterogénea, en relación a la estación lluviosa registró valores promedios altos (7.40 mg.l) en comparación con la estación seca (5.03 mg.l). Esto lo podemos ver reflejado en el gráfico No.5

Gráfico No.5
Distribución estacional de la DBO en el 2005



Una DBO grande indica que se requiere una gran cantidad de oxígeno para descomponer la materia orgánica contenida en el agua.

El agua potable tiene una DBO de 0.75 a 1.5 mg/l de oxígeno y se considera que el agua está contaminada si la DBO es mayor de 5 mg/l.

El incremento en la estación lluviosa es producto del aporte de materia orgánica transportada por las aguas pluviales, probablemente hay un mayor porcentaje de materia orgánica biodegradable por descomposición bacteriana, lo que demanda mayor consumo de oxígeno, dejando con muy poca capacidad de sostenibilidad de organismos vivos (ver anexo).

La cantidad de material orgánico que ingresan al lago por el efluente, aunque biodegradables, han puesto en alto riesgo la capacidad de auto depuración del mismo e incrementando considerablemente la demanda de oxígeno para la actividad microbiana.

La Materia Orgánica que se encontró en los sedimentos del Lago Tiscapa en estación seca del punto uno es de 1,95 %, en el punto dos de 4,46 %, y en el muestreo de la estación lluviosa, en el punto dos, dio como resultado el 4,35 % (ver anexo).

Cuando los niveles de la DBO son altos, los niveles de **oxígeno disuelto** (OD) disminuyen porque el oxígeno que está disponible en el agua es consumido por las bacterias. Puesto que hay menos oxígeno disuelto disponible en el agua, los peces y otros organismos acuáticos tienen la posibilidad de no sobrevivir.

En comparación con resultados del año 1991-1992, (CIRA/UNAN, 1992) mantiene valores DBO_5 por encima del límite de detección. En relación con la estacionalidad la estación lluviosa promedia valores altos de 9.5 mg.l y de 5.41 mg.l en la estación seca, reflejando al año 2005 una disminución de DBO en ambas estaciones, probablemente se deba a la construcción de la pila de retención de sedimentos y desechos sólidos construida ese mismo año en la cercanía del Lago de Tiscapa.

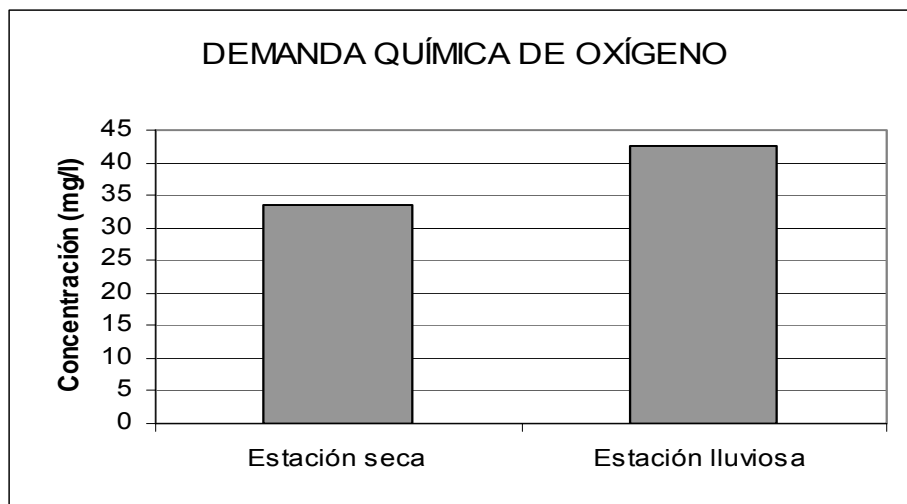
4.2.8 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La DQO permite hacer estimaciones de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), que a su vez es una medida de la cantidad de oxígeno consumido en el proceso biológico de degradación de la materia orgánica en el agua; el término degradable puede interpretarse como expresión de la materia orgánica que puede servir de alimento a las bacterias; a mayor DQO, mayor grado de contaminación.

La DQO es una medida de la susceptibilidad a la oxidación de los materiales orgánicos e inorgánicos presentes en los cuerpos de agua y en los efluentes de aguas domésticas y plantas industriales.

Los resultados de DQO en el lago de Tiscapa en la estación seca promedió 33.57 mg.l¹ y en la estación lluviosa 42.70 mg.l¹ mostrando una distribución vertical heterogénea en relación a la estacionalidad en ambos puntos de muestreo, lo cual reflejamos en el gráfico No. 6

Gráfico No.6
Relación de la DQO en la estación seca y lluviosa del 2005



En comparación a los años de 1991-1992 de la estación seca, del punto dos presentaron valores promedio de 32,2 mg.l¹ de Demanda Química de Oxígeno, no presentando gran variabilidad en relación a la DQO.

4.2.9 Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto en la columna de agua en los puntos de muestreos en la estación seca y lluviosa presentan resultados de saturación de oxígeno hasta un metro de profundidad, esto puede indicar un desarrollo excesivo de las microalgas y un proceso tipo fotosintético.

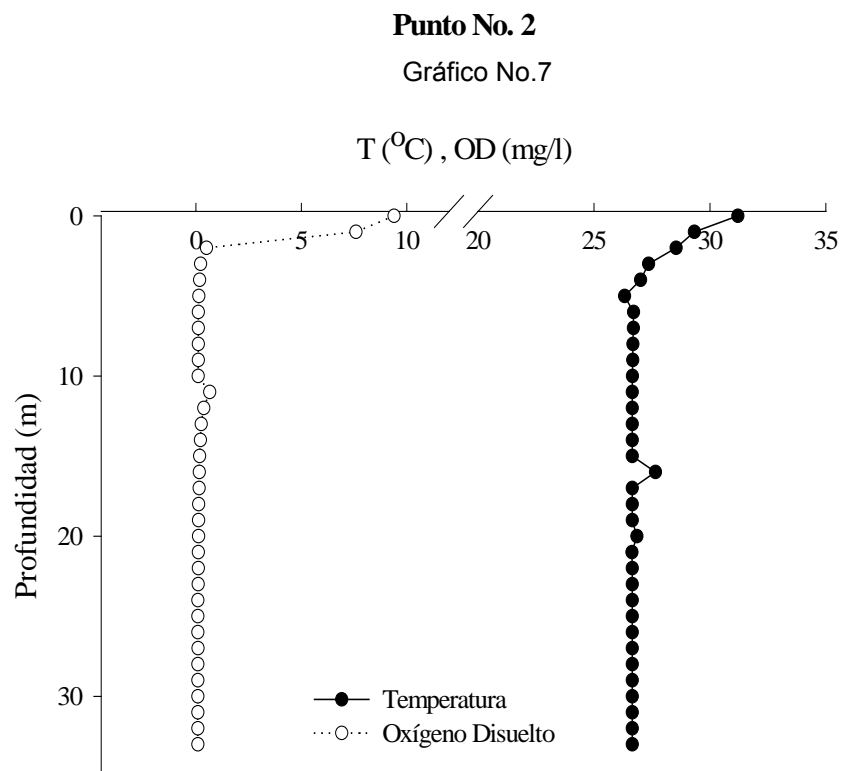
Posteriormente se observa un gradiente en la columna de agua con disminución de oxígeno de 0,61 y <0,20 mg/l hasta el hipolimnio en ambas estaciones.

En general se acepta que una concentración de 5 mg/l es adecuada para la vida acuática, en tanto que una concentración menor a 3 mg/l puede ser letal para la fauna piscícola de un lago o reservorio.

Además el oxígeno afecta a un vasto número de indicadores, no solo bioquímicos, también estéticos como el olor, claridad del agua, y sabor. Consecuentemente, el oxígeno es quizás el más estabilizado de los indicadores de la calidad del agua.

Según normas internacionales un lago es apto para la utilización de baño hasta tasas de oxígeno de 60 % de saturación.

El comportamiento que presenta el oxígeno disuelto es similar a la temperatura que se rige por la estratificación en que se encuentra en casi todo el año el Lago de Tiscapa, fenómeno que no solo aumenta con la profundidad sino que se va produciendo un agotamiento de oxígeno creciente conforme avanza el periodo de estratificación dando como consecuencia fuertes déficit de oxígeno en la columna de agua especialmente en el hipolimnio. Este resultado lo refleja el gráfico No. 7



Perfiles de Oxígeno Disuelto y Temperatura correspondiente al punto dos en la estación lluviosa. Lago de Tiscapa. (2005).

En comparación con el año 1991 a 1992 (CIRA/UNAN, 1992) en la estación de verano el Lago de Tiscapa presentó oxígeno disuelto hasta los ocho metros (8 m) de profundidad y en adelante un estado anóxico, disminuyendo drásticamente la concentración de oxígeno para el año 2005.

4.2.10 Sílice (SiO₂)

En los análisis realizados en el Lago de Tiscapa en los puntos de muestreo presentaron una distribución vertical heterogénea presentando un incremento hacia el epilimnio. En relación a la estacionalidad, en la estación seca promediaron 24.91 mg.l⁻¹ y en la estación lluviosa 20.59 mg.l⁻¹.

En ambos puntos se presentan altas concentraciones en toda la columna de agua, esto puede ser a que existe una disminución o poca presencia de la comunidad de Bacillariophyta (diatomeas). A concentraciones menores de 0,5 mg.l⁻¹ de sílices la mayoría de las diatomeas no pueden competir con otras algas (Wetzel-1981).

Los estudios del año 1991-1992 (CIRA-1992) en la estación seca reflejan que el sílice presentó valores de 7,94 mg.l⁻¹ muy por debajo a los resultados del 2005, presentando mayores concentraciones en el hipolimnion. Con una diferencia muy significativa lo que indica que la concentración de sílice en el Lago de Tiscapa ha aumentado en los últimos 13 años.

4.2.11 Sulfato

El límite máximo recomendable para aguas de consumo humano según la OMS es de 300 mg/L como máximo.

El sulfato causa dos problemas asociados con el manejo y tratamiento de aguas residuales, olor, resultante de la reducción de los sulfatos a sulfuro de hidrógeno en condiciones anaerobias y problemas de corrosión de cañerías.

Los resultados del sulfato están por debajo del límite de detección (0,25 mg/l), en la estación seca, caso contrario en la estación lluviosa que presenta un promedio de 2.03 mg.l¹

Estos resultados indican que probablemente esta en forma reducida a (H₂S), por el bajo contenido de oxígeno disuelto, que probablemente se deba a una fuerte actividad bacteriana.

Comparando la concentración del sulfato para el año 1991-1992, (CIRA-1992)) mantienen valores insignificantes en toda la columna de agua.

4.2.12 Nutrientes

La concentración de nutrientes es alta (N-P) propia de agua eutrófica, la cual se refleja en la siguiente tabla:

	ESTACION SECA	ESTACION LLUVIOSA	Prom. anual
Nitritos (mg.l)	<0,003	<0,003	<0,003
Nitratos (mg.l)	<0,005	<0,005	<0,005
Amonio (mg.l)	2,65	2,72	2,68
Nitrógeno total (mg.l)	2,55	5,066	3,81
Fosforo total (mg.l)	0,118	0,258	0,188

Amonio

La concentración del amonio NH₄-N, en los puntos muestreados sobrepasan el límite de detección, la estación lluviosa promedió una mayor concentración de amonio (2720 µg/l) en relación a la estación seca (2650 µg/l).

Probablemente esto se deba a la excesiva descarga de aguas residuales así como la carga orgánica y sedimentaria que recibe este cuerpo de agua proveniente de la cuenca y por su estado anóxico en que se encuentra, pueden ser los mayores contribuyentes a los altos niveles de amonio.

Concentraciones de 0.25 mg/l o superiores a ésta, afectan el crecimiento de los peces. (Fundamentos de Limnología – Francisco Estévez).

La menor concentración de oxígeno, el incremento de amonio y amoniaco, y la menor transparencia modifican drásticamente la comunidad de peces, generando la ausencia total de peces o el predominio de planctívoros.

Al comparar con los análisis realizados con la estacionalidad de la estación seca y lluviosa de 1991-1992 (CIRA/UNAN, 1992), el amonio ha tenido un sustancial incremento en el año 2005.

Relación Nitrógeno total – fósforo total

Se calculo la relación del Nitrógeno total y fósforo total ($N_T:P_T$) en las aguas del Lago de Tiscapa (promedio anual N y P) $N = 2474 : P = 188$ la relación fue de 13.

La relación Nitrógeno total–Fósforo total ($N_T:P_T$) puede servir de indicativo de cuál es el elemento limitante para el desarrollo del fitoplancton. Generalmente, cuando la relación $N_T:P_T$ es mayor que 9, el fósforo es el elemento limitante, mientras que si la relación es inferior a 9, el nitrógeno sería el elemento limitante para el fitoplancton. En el lago, los valores de esta relación fueron mayores a 9, lo que indicaría que el fósforo fue el principal elemento limitante para el desarrollo del fitoplancton.

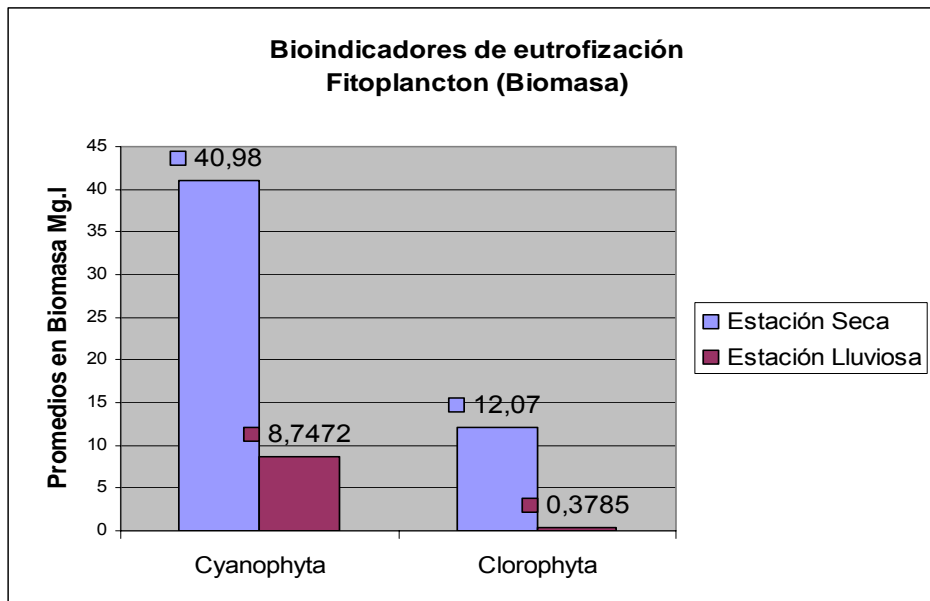
Sin embargo, se debe señalar que tanto el nitrógeno y el fósforo estuvieron presentes en altas concentraciones, por lo que se puede afirmar que el fitoplancton en el lago de tiscapa es altamente productivo. Estos altos valores de nutrientes registrados en el lago son un rasgo común de los sistemas eutróficos

Comparando con la estacionalidad del año 1991-1992, (CIRA/UNAN, 1992) basado en la distribución de probabilidad del nivel trófico relacionado con el Fósforo Total, el lago se clasificaba como: 35 % oligotrófico y 65 % mesotrófico (en verano 70 µg.l y en invierno de 80 µg.l de fósforo total).

4.2.13 Bioindicadores biológicos

Los resultados obtenidos en ambas estaciones del año (seca y lluviosa) para riqueza de especie, abundancia y comportamiento de la comunidad algal muestran una clara tendencia al incremento de la productividad en el Lago de Tiscapa. A pesar que la Clase Chlorophyceae registró la mayor variedad de taxa Cyanophyceae (cianobacteria o algas verde – azules) fue cuantitativamente dominante y estuvo representada por especies asociadas a ambientes eutróficos y con alta concentración de nutrientes: *Microcystis* spp. (Paerl 1988, Reynolds 1988, 1997). Como lo podemos ver en el gráfico No.8. Las Cyanophyta constituyen una parte importante de la biomasa presente en muchos ecosistemas acuáticos, su importancia se fundamenta en la capacidad de fijar o almacenar nitrógeno atmosférico (Orden Nostocales, por ejemplo: *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis*, *Gloeotrichia* sp).

Gráfico No. 8



Los factores que favorecen el desarrollo de floraciones de cianobacterias pueden resumirse en:

1- La eutrofización de los sistemas acuáticos debido al incremento de los niveles de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo (N y P) por:

a) Los aportes puntuales de aguas residuales domésticas o industriales no tratadas, con alto contenido de N y P, vertidas directa o indirectamente a los sistemas acuáticos.

b) Los aportes difusos de aguas provenientes del lavado de suelos de áreas cultivadas y fertilizadas con N y P, de suelos deforestados o de campos con ganadería (ya sea extensiva, tambos, etc.).

2- El alto tiempo de permanencia del agua en el sistema acuático, que favorece la dominancia de las Cyanophytas en la comunidad fitoplanctónica.

3- La aridez de regiones próximas o dentro de la cuenca hidrográfica, o los efectos similares debidos a suelos sin vegetación, que aportan minerales al agua además de provocar mayor turbidez por la presencia de partículas disueltas. Esto interfiere con la actividad fotosintética de otras algas que mueren y sedimentan, dejando un nicho que es colonizado por las cianobacterias.

4- Existen otros factores naturales como el incremento de la temperatura ($> 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) e intensidad luminosa o la baja turbulencia del agua por vientos menores a 3 m s^{-1} , que junto a la eutrofización son los factores más importantes que favorecen el desarrollo de las floraciones.

Las floraciones de cianobacterias son indicadoras de un proceso de eutrofización acelerada a la vez que ocasionan perjuicios diversos con relación al uso del recurso.

Estos perjuicios están relacionados principalmente con:

- La presencia de organismos patógenos incluidos en el mucílago de las colonias de cianobacterias. Durante las floraciones se incrementan las interacciones entre las algas y los microbios (bacterias, hongos, ciliados y ameboides) existentes en su entorno o ficosfera, algunos de los cuales pueden ser patógenos. Las interacciones pueden ser azarosas e inespecíficas o muy específicas, como la asociación entre *Pseudomonas aeruginosa* y los heterocistos (células especializadas para la fijación de nitrógeno atmosférico) de *Anabaena oscillarioides*. Si bien estas asociaciones son mutuamente beneficiosas entre los organismos planctónicos, pueden tornarse nocivas para organismos de niveles superiores, a los cuales pueden perjudicar por contacto o ingestión.
- Alto consumo de oxígeno por respiración algal y por incremento de la actividad bacteriana durante la degradación de la materia orgánica que sedimenta cuando la floración desaparece. Con frecuencia se registra anoxia (ausencia de oxígeno) en los niveles más profundos del sistema acuático, ocasionando la muerte de los peces, especialmente los que viven próximos al sedimento.
- Olor y sabor desagradable del agua y los productos acuáticos, debido a los compuestos volátiles sintetizados por las cianobacterias y hongos asociados (Geosmina y 2-methyl-isoborneol o 2-MIB) o a la liberación de gas sulfhídrico (SH₂) por anoxia.
- Efectos mecánicos o químicos sobre los organismos acuáticos debidos al incremento de microalgas, ya sea colmatando las agallas de los peces e impidiendo el intercambio gaseoso o intoxicando, directa o indirectamente, a los organismos a través de la cadena trófica.

Los niveles de toxicidad varían para la misma especie, en el mismo cuerpo de agua y durante la misma floración (Gorham & Carmichael, 1980; Carmichael, 1981). Un alto porcentaje de floraciones de cianobacterias produce una o varias toxinas potentes (neurotoxinas, hepatotoxinas o dermatotoxinas) que pueden ingresar al organismo por ingestión directa de agua con floraciones, por contacto a través de baños, por inhalación por *spray* o por consumo de animales expuestos a cianotoxinas (Williams *et al.*, 1997).

Biomasa del Fitoplancton: peso húmedo y clorofila a.

La concentración de biomasa clorofila a, en toda la columna de agua en la estación seca dio un promedio de $29.30 \mu\text{g.l}^{-1}$ y para la estación lluviosa de $57.63 \mu\text{g.l}^{-1}$.

En comparación a los años 1991 al 1993 (CIRA/UNAN, 1993) en esta la época de verano la abundancia de fitoplancton fueron las Chlorophyta seguida de las Cyanophyta, el género dominante fue Microcystis, al año 2005 se cambian los roles y la tendencia con la abundancia es de Cyanophyta seguida de la Chlorophyta manteniéndose como especie dominante la Microcystis, lo que evidencia un acelerado proceso de eutrofización.

Zooplancton:

La composición específica del zooplancton puede ser un excelente criterio para caracterizar el estado trófico de los sistemas acuáticos y para deducir la estructura de las comunidades acuáticas.

Riqueza de Especies

La comunidad de Zooplancton en el ecosistema esta representada por Phylum Arthropoda y dos (2) Orden representativos: Cladocera y Cyclopoida en ambos puntos de muestreos del Lago de Tiscapa. Los resultados están reflejados en la siguiente tabla:

GRUPOS ZOOPLANCTON
Phylum Arthropoda
Orden Cladocera
Moina micrura
Pleuroxus striatus
Diaphanosoma spinolosum
Orden Cyclopoida
Mesocyclops thermocyclopoida
copepoditos
nauplios
Phylum Rotíferos
Brachionus calyciflorus

Los resultados del zooplancton en relación a la densidad poblacional en la columna de agua y de acuerdo a la distribución estacional, en la estación seca promedian 25,707 Ind.m⁻³ y en la estación lluviosa promedia 6306.375 Ind.m⁻³.

Los resultados evidencian una mayor concentración de zooplancton en la estación lluviosa y con una tendencia hacia el epilimneo.

Abundancia

Los organismos predominantes en la época seca, son los Phylum Rotíferos con un total de 139774 Ind.m⁻³ del zooplancton, lo que representan un 77.67 %; especie que predominan en lagos eutróficos, no limitado por fósforo. Seguido de los Phylum Arthropoda con un total de 40175 Ind.m⁻³ que representan un 22.36 %.

En la época lluviosa predomina el Phylum Arthropoda con un total de 504,611 Ind.m⁻³ para un 100%

Zoobentos

De acuerdo a los resultados de los análisis realizado en la estación seca y lluviosa la comunidad del Zoobento no presenta ninguna riqueza ni especies en los dos puntos de muestreo en el Lago de Tiscapa, probablemente esto se justifique con los resultados del análisis en el sedimento (Granulometría) que es Franco arenoso para el punto uno y Franco Limoso en el punto dos. Estos tipos de sedimento no ofrecen hábitat apropiado al bentos.

La ausencia de colonización de organismos bentónicos puede deberse también a las condiciones de anoxia hipolimnética en los sedimentos, también puede ser a la presencia del gas sulfhídrico que crea condiciones tóxicas y puede causar la muerte (Wetzel, 2001; infante 1988).

En relación a los años 1990 a 1991 (CIRA/UNAN) la mayor densidad poblacional se encontró en las menores profundidades (epilimneo y metalimneo) no encontrándose comunidades bentónicas en el hipolimneo por encontrarse en estado anoxico. En marzo del 2005, el resultado del análisis del muestreo no presenta ningún resultado de comunidad bentónica.

Bacterioplancton

El análisis microbiológico realizado en el Lago de Tiscapa es representativo solamente para los días que se llevaron a cabo el muestreo, ya que para caracterizar el lago deben realizarse muestreos sistemáticos. Los resultados los podemos ver en la siguiente tabla:

Resultados bacteriológico de acuerdo a la distribución estacional

Lago de Tiscapa	NMP/100ml Estación seca	NMP/100ml Estación lluviosa
Coliformes Totales	11.20E+01	3.00E+01
Coliformes termotolerantes	10.70E+01	10.00E+01
Escherichia coli	9.30E+01	8.00E+01
Streptococos fecales	12.00+01	11.20E+01

Estos resultados reflejan claramente que el Lago de Tiscapa se encuentra desde el punto de vista sanitario apto para la recreación en términos generales según la descripción de Hmmer (1975), ya que estas no alcanzan los límites máximos recomendados, de 200 Coliformes fecales por 1000 ml y 2000 Coliformes totales por 100 ml; mas sin embargo los análisis de calidad del agua (físico químico) reflejan que no se puede consumir para agua potable.

En comparación con los años 1990-1991 (CIRA-UNAN) el Lago de Tiscapa se encontraba con un alto grado de contaminación llegando a valores máximos de 13,500 bacterias por 100 ml para coliformes fecales y 11,330 para estreptococos fecales.

Esta diferencia de contaminación al año 2005 se debe a que la Alcaldía de Managua llevo a cabo una descontaminación y oxigenación del Lago de Tiscapa a finales del año 2004 por medio de la ozonización, la cual además de introducir oxígeno es un potente bactericida reflejado en los resultados del análisis bacteriológico efectuado en el 2005.

A mediados del año 2005 la Alcaldía de Managua también construyo en la parte sur del lago una obra, la que funciona como laguna de estabilización para el control de la carga externa donde ocurren procesos de degradación aeróbicos y anaeróbicos, la que reduce el aporte de materia orgánica como los nutrientes que resultan de su descomposición al Lago de Tiscapa; la que sin duda alguna tiene una gran efectividad sobre todo en la época lluviosa.

4.2.14 Estimación del Estado Trófico del Ecosistema.

Para la estimación del estado trófico del Lago de Tiscapa se utilizo el Modelo Simplificado para la Evaluación de Eutrofización en Lagos Cálidos Tropicales.

El desarrollo de la metodología simplificada para la evaluación de eutrofización en lagos cálidos tropicales (modelo de fósforo total desarrollado por el EPIS/HPE/OPS) se utilizó 39 datos, correspondientes a 27 lagos/embalses de América Latina y el Caribe con la información necesaria para un análisis apropiado.

Estos datos incluyen una amplia diversidad de condiciones limnológicas que van desde oligotrofia a hipereutrofia, clasificación trófica y de profundidades someras a lagos muy profundos, donde la mayoría de los lagos están limitados por el fósforo.

Teniendo en cuenta que los datos fueron recogidos y analizados por diferentes investigadores de diversos laboratorios de la Región, durante varios años, se asume una variabilidad en su calidad. Sin embargo, considerando la amplitud del rango de datos cubierto y la naturaleza aleatoria de la variabilidad en calidad, no se esperan desviaciones sesgadas significativas en las relaciones generales obtenidas.

Se transformaron los datos a sus logaritmos naturales, previo análisis estadístico de regresión múltiple ("Stepwise"). Se efectuaron varias comparaciones estadísticas para cuantificar el estado de la verificación de los modelos y evaluar su validez (Thomann, 1982).

Se calcularon los coeficientes de correlación, la regresión lineal óptima entre concentraciones medidas y calculadas así (como el límite de confianza de 95% ($P < 0,05$)). Se utilizó el error estándar de la estimación (error cuadrático medio) como medida del error entre los modelos y los datos observados.

También se empleó la prueba no paramétrica de Mann-Witney (modificación para varianza de Siegel y Tukey) (Conover, 1980) para examinar si la diferencia en dispersión del error estándar entre modelos era significativa.

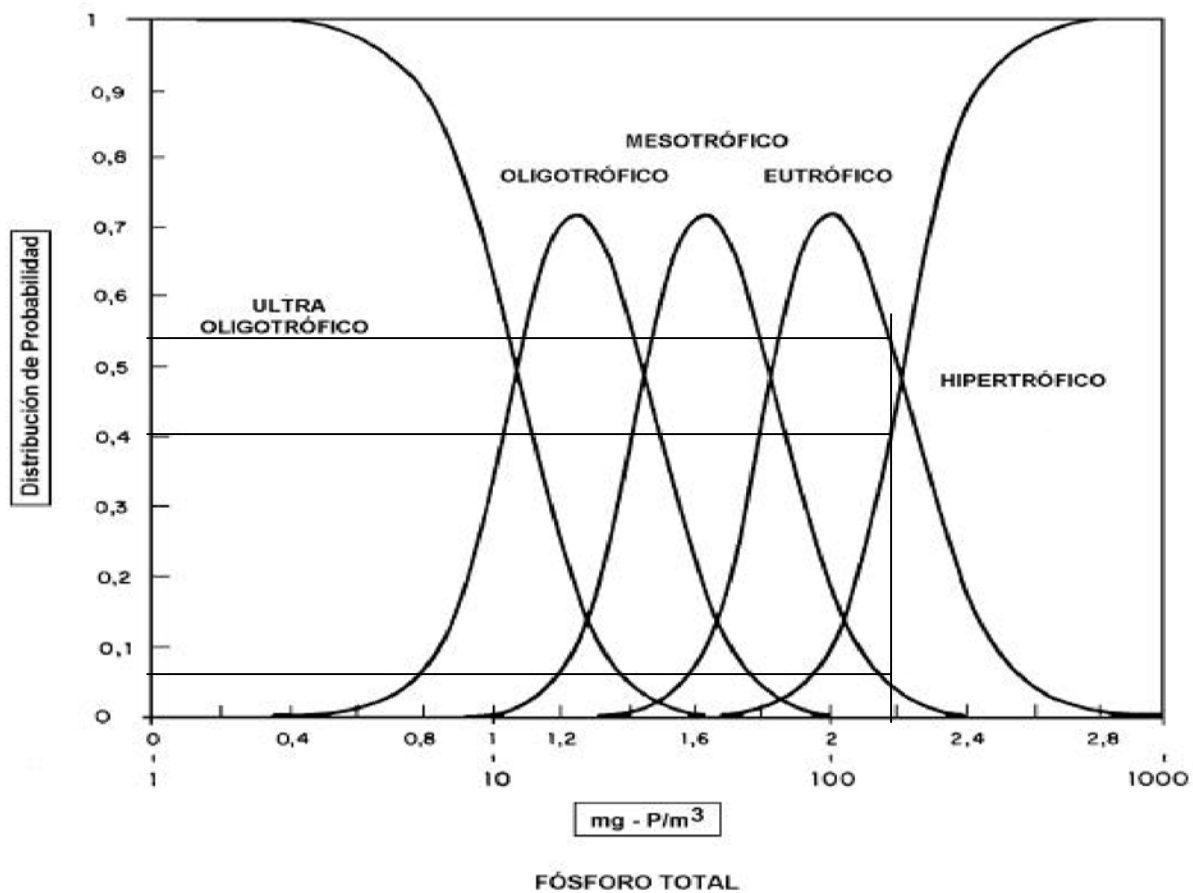
4.2.15 Condición Trófica del Lago de Tiscapa.

Aplicando la metodología simplificada para la evaluación de eutrofización en lagos cálidos tropicales basados en la distribución de probabilidades de niveles tróficos de fósforo total ($188 \mu\text{g/l}$) (adaptada de Vollenweider y Kerekes, 1981), el Lago de Tiscapa se ubica según la curva probabilística de estado trófico en un estado intermedio entre eutrófico e hipertrofico lo que evidencia un acelerado proceso de eutrofización en relación al año 1992.

Los resultados se expresan en las tablas No. 1 No. 2 No. 3 y No. 4 que se presentan a continuación:

Tabla No. 1 Distribución Probabilística del Estado Trófico del Lago de Tiscapa

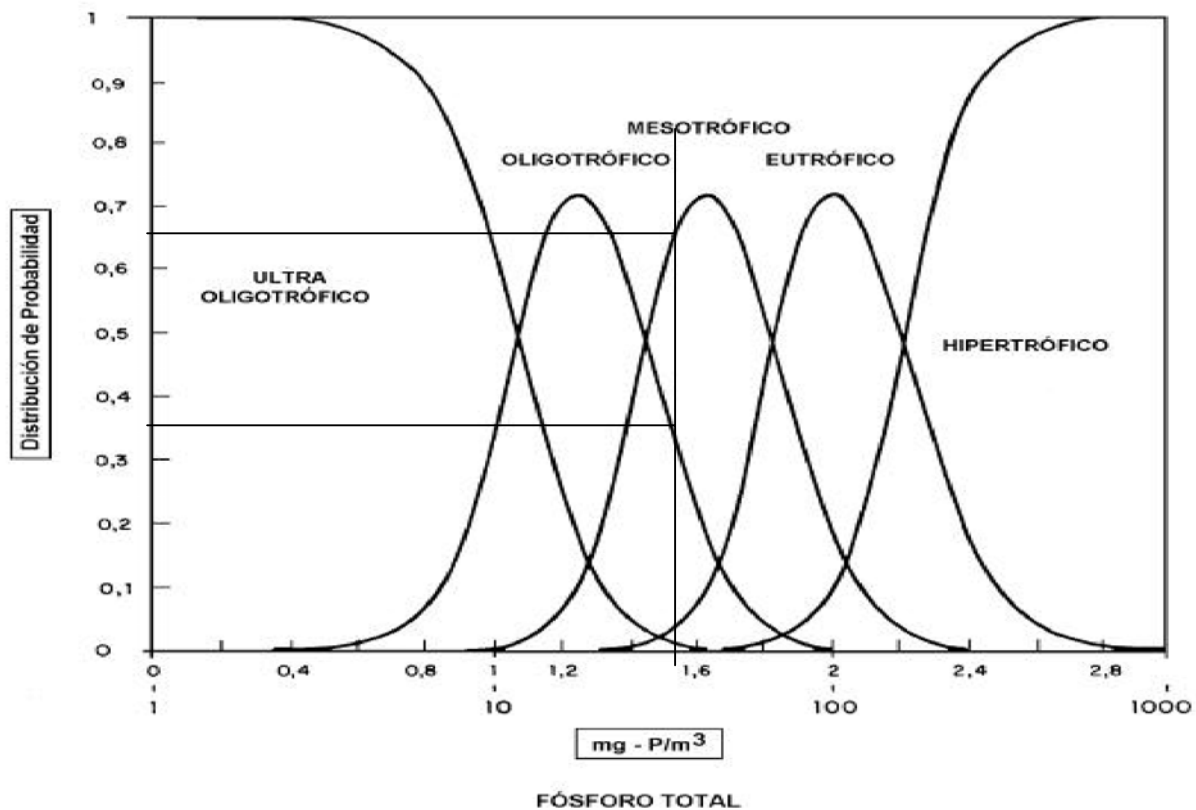
ESTADO TROFICO DEL LAGO	RESULTADOS EN PORCENTAJES
Mesotrófico	7%
Eutrófico	53%
Hipertrofico	40%



El Lago de Tiscapa según la curva probabilística de estado trófico en la concentración del Fósforo Total. (CIRA -1991-1992). Presentó un estado de:

Tabla N° 2. Distribución Probabilística del Estado Trófico del Lago de Tiscapa

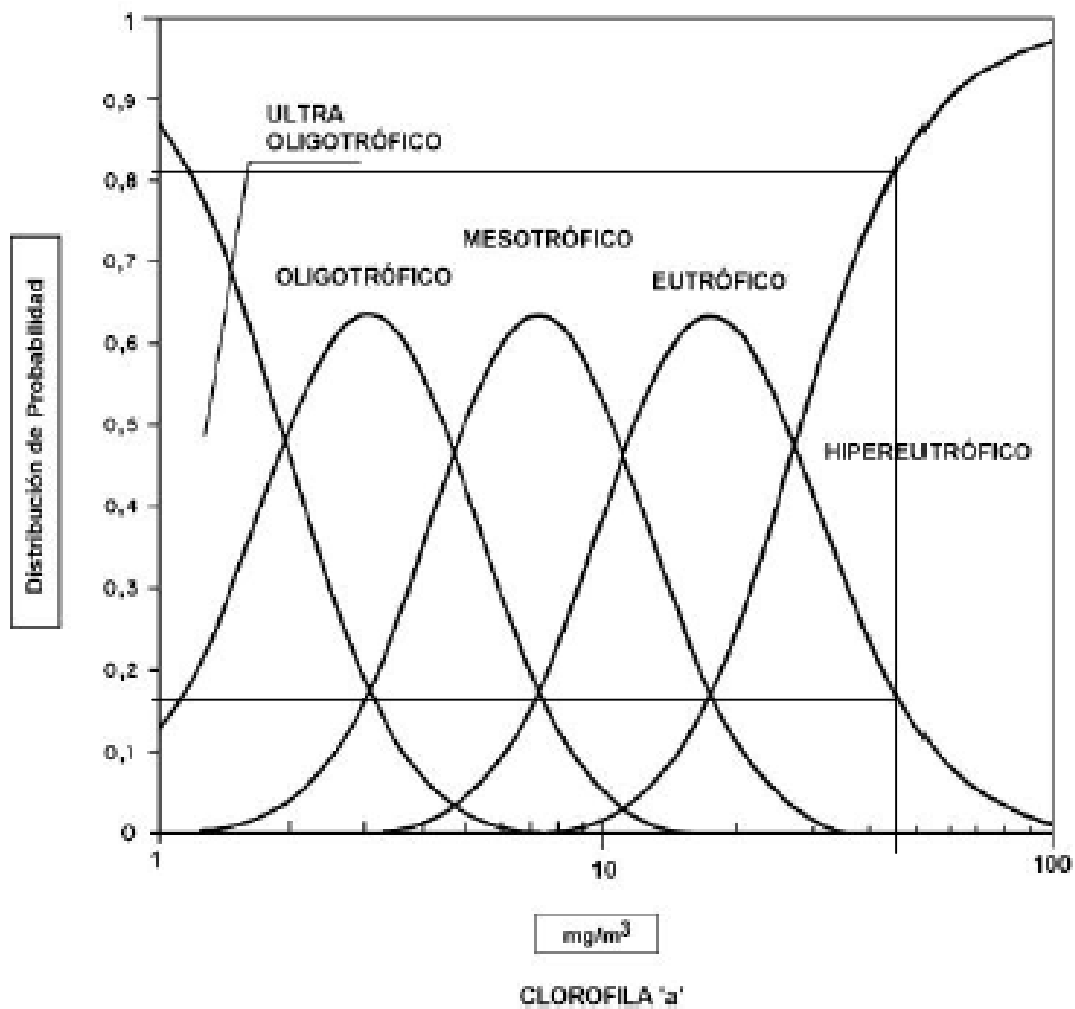
ESTADO TROFICO DEL LAGO	RESULTADOS EN PORCENTAJES
Oligotrófico	35 %
Mesotrófico	65 %



Distribución anual de probabilidades de nivel trófico basado en Clorofila a ($43.46 \mu\text{g/l}$) el Lago de Tiscapa para el 2005 presentó un estado trófico de:

Tabla N° 3. Distribución Probabilística del Estado Trófico del Lago de Tiscapa

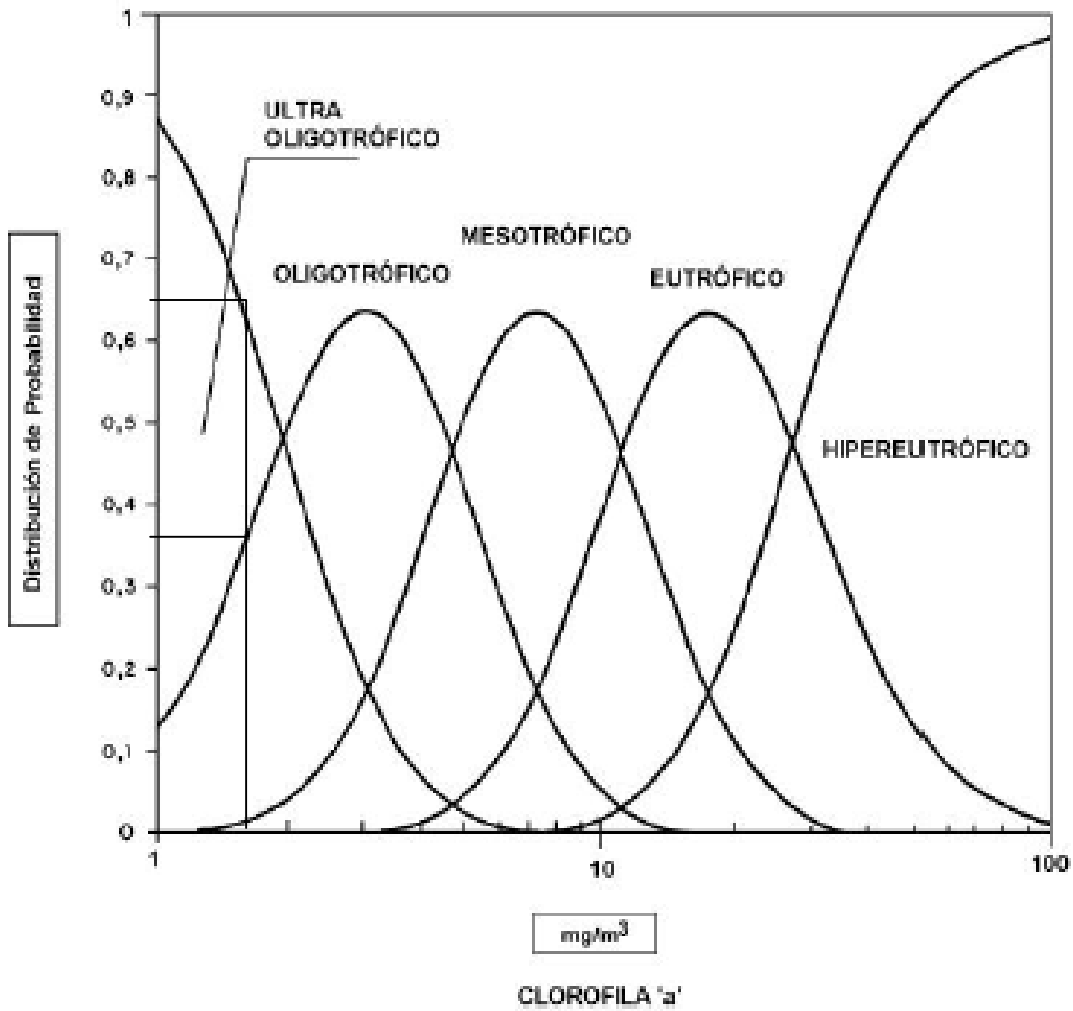
ESTADO TROFICO DEL LAGO	RESULTADOS EN PORCENTAJES
Eutrófico	18 %
Hipereutrófico	82 %



Basado en la distribución de probabilidades de nivel trófico del Lago de Tiscapa (CIRA-1991-1992) en la concentración anual de clorofila a presentó los siguientes resultados:

Tabla N° 4. Distribución Probabilística del Estado Trófico del Lago de Tiscapa

ESTADO TROFICO DEL LAGO	RESULTADOS EN PORCENTAJES
Ultraoligotrófico	64 %
Oligotrófico	34 %
Mesotrófico	2 %



CONCLUSIÓN

- A partir de los datos mostrados anteriormente, se concluye que, el Lago de Tiscapa está sometido a un significativo proceso de eutrofización como consecuencia del uso actual de la cuenca superficial, la influencia del cauce de drenaje, las características morfométricas del cuerpo de agua y la resuspensión de nutrientes del hipolimnio (fondo) hacia la zona eufótica.
- El análisis Limnológico muestra que el lago presenta estratificación térmica en ambas estaciones, durante la cual se detectó agotamiento de oxígeno hasta un metro de profundidad y un estado anóxico hacia el hipolimneo.
- Que el fitoplancton en el Lago de Tiscapa es altamente productivo, prevaleciendo los florecimientos fitoplanctónicos, donde las Cyanophytas (Cyanobacteria) constituyen el grupo dominante y permanente en ambas estaciones.
- Del análisis de las variables físico-químicas y biológicas estudiadas se desprende el carácter del estado avanzado de eutrofización del Lago de Tiscapa.
- El análisis bacteriológico si bien es representativo a los muestreo puntuales reflejan un estado de calidad apto para su uso recreacional y de acuerdo a los análisis Físico Químico no es apto para consumo humano.
- Que el impacto ambiental producto de la contaminación del Lago de Tiscapa se refleja en:
 - ❖ Incrementado crecimiento algal
 - ❖ Problemas de sabor y olor del agua
 - ❖ Anoxia hipolimnética (muerte de peces)
 - ❖ Presencia de especies indeseables
 - ❖ Liberación de fósforo
 - ❖ Degradación estética

RECOMENDACIÓN

Hacemos las siguientes recomendaciones a la Alcaldía de Managua, dado que esta Institución es la llamada a resolver este problema.

- 1) Si bien es cierto, que el Lago de Tiscapa se encuentra en un proceso avanzado de Eutrofización, se requiere crear y desarrollar estrategias de rehabilitación mediante el control de la carga externa (contaminación puntual y dispersa). Con instalación de sistemas de tratamientos primarios, secundarios y terciarios.
- 2) Reforestación, cambio en los usos de suelos y medidas de conservación de los mismos en la cuenca.
- 3) Retomar, revisar e implementar el Plan de Manejo del Lago de Tiscapa elaborado en conjunto por la Alcaldía de Managua, el POSAF y el MARENA. Fortaleciendo con los resultados de esta investigación dicho plan.
- 4) Implementación de un Programa de Educación Ambiental Sistemático, Continuo y Permanente que promueva cambios en las costumbres y conciencias de la población, sobre los beneficios directos e indirectos de los recursos naturales y el medio ambiente.
- 5) Estudiar la posibilidad de continuar con las medidas de control interno tales como la aireación del hipolimnio que permita mejorar la calidad del agua y la biota del ecosistema.
- 6) Diseñar e Implementar un plan de monitoreo Físico-Químico y microbiológico del lago, de tal manera que se mantengan registros de la variabilidad del estado trófico del cuerpo de agua.

BIBLIOGRAFIA

XI. BIBLIOGRAFÍA

- ABT Associates: Estudio de Factibilidad del Programa de Manejo de la Cuenca del Lago de Managua. 1995. Arredondo, 1998.
- Arredondo, J. L., (1998). Calidad de Agua. Conceptos y Aplicaciones. Managua.
- BANIC, (1977). Informe Financiero, 1976. Banco Nicaragüense de Industria y fomento.
- CIRA/UNAN. (1980). Calidad de agua y Microbiología, Tiscapa. Managua.
- CIRA/UNAN. (1992). Caracterización físico químico de las aguas del lago cratérico Tiscapa. Managua.
- Decreto Ejecutivo No. 14-99 del 15 de Febrero de 1999.
- Decreto No. 25-2001 del 23 de Febrero de 2001.
- *Fiallos & Asociados – Consultores, 2003. Plan de Manejo Reserva Natural Laguna de Tiscapa. Dirección General de Planificación / ALMA”.*
- FUNCOD. 1995. Proyecto de Conservación de Suelos y Agricultura Sostenible en la Microcuenca D, Subcuenca II de la Cuenca Sur del Lago de Managua.
- FUNCOD. 1995. Proyecto de Conservación de Suelos y Agricultura.

- Guía metodológica de valoración económica de bienes, servicios e impactos ambientales. Corredor Biológico Mesoamericano Radoslav Barzev.
- Informe Técnico No. IV, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Programa Socio Ambiental y de Desarrollo Forestal. Plan de Ordenamiento de la Microcuenca Managua Sur – II. Managua, Nicaragua Agosto 31, 2001. Sostenible en la Microcuenca D, Subcuenca II de la Cuenca Sur del Lago de Managua.
- Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos. INEC
- IRENA (1983). Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Sur del Lago de Managua. Managua.
- La sedimentación en embalses, Medidas preventivas y correctoras. ANTONIO PALAU YBARS. Dirección de Medio Ambiente y Calidad, Endesa Servicios, S. L. C/ Suero de Quiñones, 34-36. 28002 MADRID. apalau@enher.es .
- Ley 217: Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. 27 de Marzo de 1996.
- Leyes 40 y 261. La Gaceta No. 155. 17 de Agosto de 1998.
- Malleux Orjeda Jorge. 1982. Inventarios Forestales en Bosques Tropicales.
- MARENA 1999. Manual Metodológico para la Elaboración de Planes de Manejo de las Áreas Protegidas de Nicaragua.

- Metodologías simplificadas para la evaluación de eutrofización en lagos cálidos tropicales. Programa Regional CEPIS/HPE/OPS 1981-1990. Versión actualizada, enero 2001.
- MIFIC 1998. Norma Técnica Ambiental para Lagunas Cratéricas. NTON 05 002 – 99. Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad. Managua.
- Modelación de calidad de aguas del lago Villarrica y aproximación al problema hidrodinámico: JOSÉ VARGAS BAECHELER, CARLOS PÉREZ VARAS, Departamento de ingeniería Civil, Facultad de ingeniería, Universidad de Concepción Casilla 53-C, Concepción E-mail: jvargas@udec.cl. Salas Estrada Juan B. 1983. Flora de Managua.
- W. Marshall D., 1987. Biología de las Algas – Enfoque Fisiológico. Editorial Limusa. Wetzel R. 2001. Limnología. Edición Omega, S.A., Barcelona España.

TABLAS

Tabla 1

LAGO DE TISCAPA

Punto uno. 30m Caída Efluente

Tabla de parámetros de campo, estación seca (Multiparameter Water Quality Monitoring Instruments)

Metros	Temperatura	Oxígeno Disuelto	Conductividad	P H
	°C	Mg.l	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	Unids.pH
0	30.42	10.26	219	9.27
1	26.65	0.10	221	8.92
2	26.66	0.11	235	8.10
3	26.66	0.11	263	7.59

4	26.66	0.11	277	7.44
5	26.67	0.11	279	7.58
6	26.67	0.11	280	7.34
7	26.67	0.11	281	7.32
8	26.68	0.11	281	7.30
9	26.69	0.12	281	7.28
10	26.69	0.11	282	7.27
11	26.69	0.11	282	7.26
12	26.73	0.12	283	7.24
13	26.75	0.11	283	7.23
14	26.76	0.13	285	7.21
15	26.76	0.11	285	7.21
16	27.36	0.19	285	7.21
17	27.45	0.16	285	7.21
18	28.44	0.29	285	7.21
19	29.58	5.86	285	7.21
20	29.88	0.15	285	7.21

Tabla 2

LAGO DE TISCAPA

Punto dos. Centro

Tabla de parámetros de campo, estación seca.

Metros	Temperatura	Oxigeno Disuelto	Conductividad	P H
	°C	Mg.l	μS.cm⁻¹	Unids.pH
0	31.20	9.39	219	9.31
1	29.33	7.59	218	9.11
2	28.54	0.50	233	8.18
3	27.36	0.22	273	7.60

4	27.01	0.17	277	7.95
5	26.32	0.14	280	7.38
6	26.71	0.11	280	7.35
7	26.70	0.11	280	7.34
8	26.68	0.11	281	7.33
9	26.67	0.11	281	7.32
10	26.66	0.10	281	7.31
11	26.65	0.65	282	7.37
12	26.65	0.37	282	7.36
13	26.65	0.25	282	7.34
14	26.65	0.21	285	7.33
15	26.65	0.17	283	7.32
16	27.65	0.16	283	7.32
17	26.65	0.15	283	7.31
18	26.65	0.13	283	7.30
19	26.65	0.12	283	7.30
20	26.85	0.12	283	7.30
21	26.64	0.11	283	7.29
22	26.65	0.11	283	7.29
23	26.65	0.10	284	7.29
24	26.65	0.09	283	7.29
25	26.65	0.09	284	7.29
26	26.65	0.09	284	7.28
27	26.65	0.098	284	7.28
28	26.65	0.09	284	7.28
29	26.65	0.09	284	7.28
30	26.65	0.09	288	7.27
31	26.65	0.09	285	7.26
32	26.65	0.09	286	7.25
33	26.65	0.09	287	7.24

Tabla 3

LAGO DE TISCAPA

Punto uno. 30m Caída Efluente

Tabla de parámetros de campo, estación lluviosa (Multiparameter Water Quality Monitorig Instruments)

Metros Temperatura Oxigeno Disuelto Conductividad P H

	°C	Mg.l	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	Unids.pH
0	28.97	5.67	208	8.52
1	28.8.	5.06	209	8.49
2	28.16	1.81	211	8.28
3	27.94	0.62	218	8.16
4	27.88	0.30	224	8.06
5	27.84	0.24	227	7.98
6	27.80	0.21	231	7.87
7	27.80	0.19	230	7.82
8	27.74	0.18	233	7.77
9	27.71	0.17	237	7.73
10	27.66	0.16	241	7.69
11	27.64	0.16	244	7.66
12	27.62	0.15	246	7.64
13	27.60	0.15	247	7.61
14	27.58	0.15	251	7.58
15	27.55	0.14	254	7.56
16	27.54	0.14	256	7.54
17	27.51	0.14	258	7.52
18	27.51	0.14	260	7.51
19	27.49	0.13	261	7.49
20	27.49	0.13	264	7.47
21	27.47	0.13	267	7.45
22	27.45	0.13	270	7.42
23	27.39	0.13	276	7.40
24	27.37	0.13	280	7.58

Tabla 4

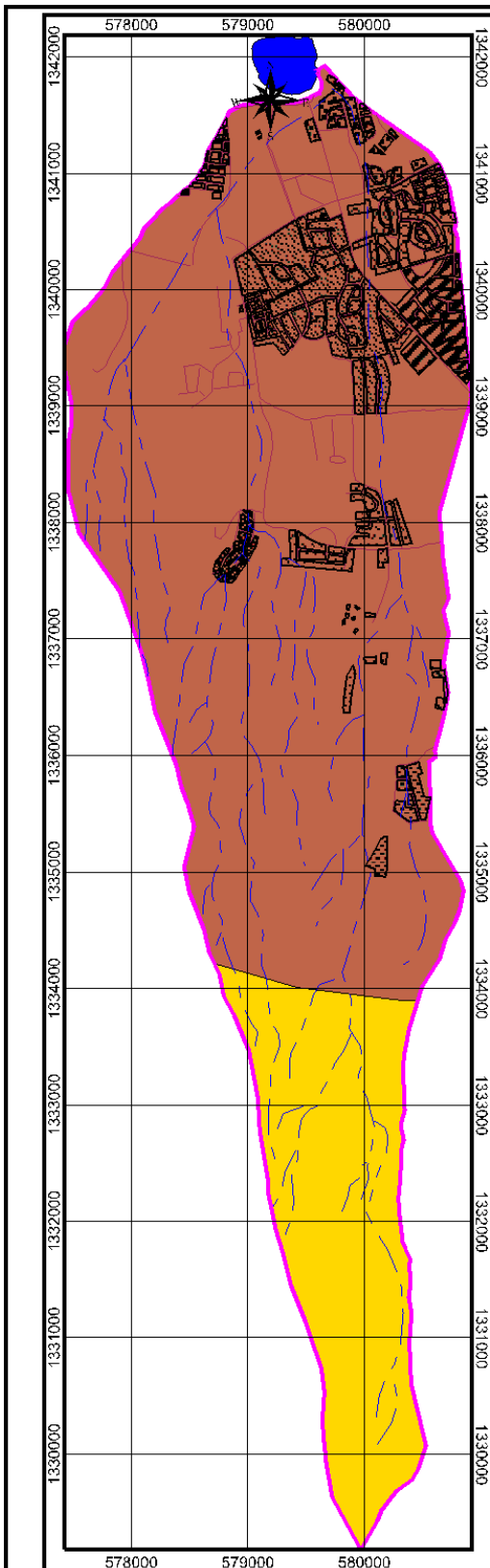
LAGO DE TISCAPA

Punto dos. Centro

Tabla de parámetros de campo, estación lluviosa.

Metros	Temperatura °C	Oxigeno Disuelto Mg.l	Conductividad $\mu\text{S.cm}^{-1}$	P H Unids.pH
0	29.25	8.44	209	8.70
1	28.44	5.80	213	8.66
2	28.55	2.30	215	8.25
3	27.93	0.54	218	8.12
4	28.88	0.35	222	8.30
5	27.90	0.31	225	7.95
6	27.87	0.25	230	7.89
7	27.80	0.23	232	7.84
8	27.76	0.22	233	7.79
9	27.74	0.21	237	7.75
10	27.69	0.20	240	7.71
11	27.66	0.19	241	7.67
12	27.65	0.19	243	7.64
13	27.64	0.19	245	7.60
14	27.61	0.18	249	7.58
15	27.58	0.18	252	7.55
16	27.55	0.18	257	7.53
17	27.52	0.17	260	7.51
18	27..50	0.17	264	7.49
19	27.47	0.17	266	7.47
20	27.46	0.17	268	7.45
21	27.44	0.17	270	7.43
22	27.41	0.16	275	7.41
23	27.39	0.16	277	7.39
24	27.38	0.16	279	7.37
25	37.36	0.16	280	7.35
26	27.34	0.16	283	7.34
27	27.32	0.16	285	7.32
28	27.30	0.15	288	7.29
29	27.30	0.15	292	7.28
30	27.29	0.15	293	7.26
31	27.28	0.14	299	7.22
32	27.26	0.14	311	7.19
33	27.26	0.14	315	7.17
34	27.26	0.14	321	7.15
35	27.26	0.14	332	7.10

MAPAS



ALCALDÍA DE MANAGUA
 PROGRAMA SOCIOAMBIENTAL Y DESARROLLO FORESTAL
 (POSAF)
 MINISTERIO DEL AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES
 (MARENA)

Plan de Manejo Laguna de Tiscapa

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL

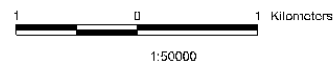
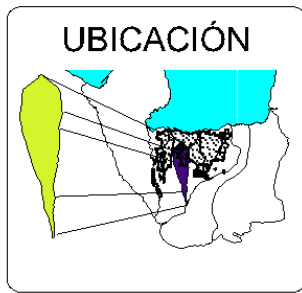
LEYENDA

Precipitación media. anual

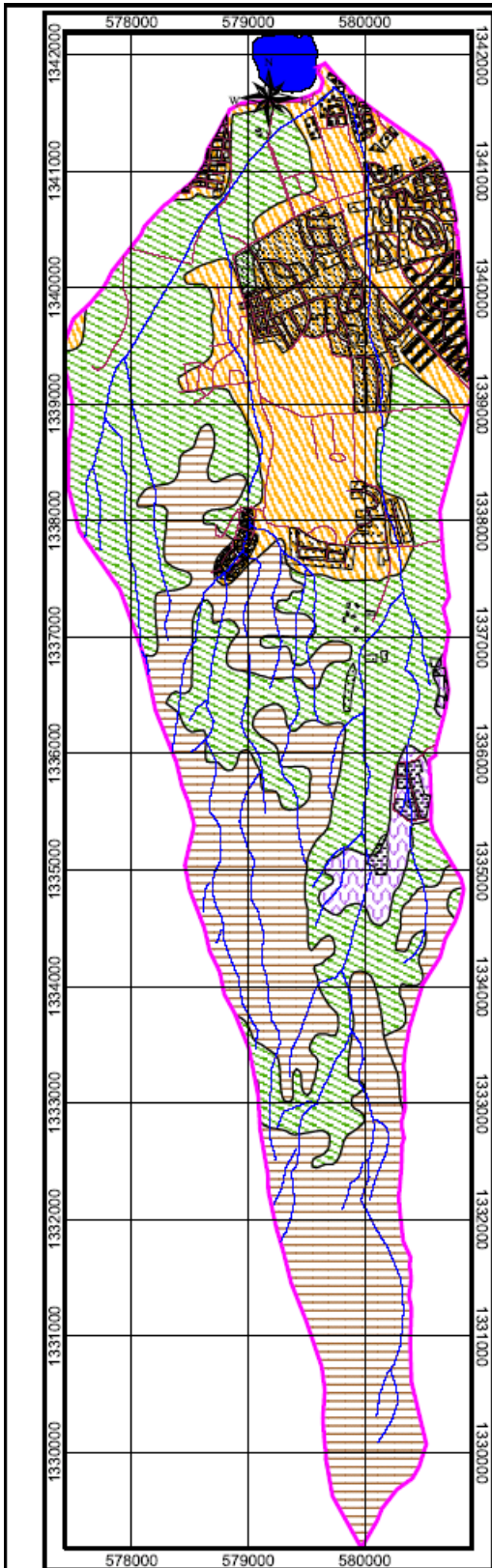
	1000-1200
	1200-1400

Limite de microcuenca
 Laguna Tiscapa
 Área Poblada
 Red de drenaje

Fuente: MARENA 1998



Fiallos & Asociados Consultores
 Abril 2004



ALCALDÍA DE MANAGUA
 PROGRAMA SOCIOAMBIENTAL Y DESARROLLO FORESTAL
 (POSAF)
 MINISTERIO DEL AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES
 (MARENA)

Plan de Manejo Laguna de Tiscapa USO ACTUAL

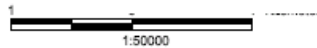
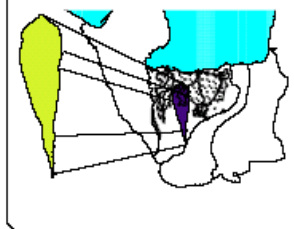
LEYENDA

Uso Actual

- Área humanizada
- Cafe con sombra
- Centros Poblados
- Cultivos anuales
- Límite de microcuencia
- Laguna Tiscapa
- Área Poblada
- Red de drenaje

Fuente: POSAF MARENA 2001

UBICACIÓN



Fiallos & Asociados Consultores
 Abril 2004

GLOSARIO

GLOSARIO

Afluente: Río que entrega sus aguas a otro mayor.

Anoxia: condición de carencia del oxígeno disuelto en las aguas del fondo; los valores que indican dicha condición están comprendidos entre 0-1,0 mg/l. Las condiciones de anoxia producen el sufrimiento y la mortandad de los organismos que viven en las aguas del fondo.

Antrópico: (restos antrópicos). Elementos que se encuentran en el medio natural cuyo origen es la actividad humana.

Autótrofo: LA VIDA sobre la superficie de la Tierra se encuentra condicionada por la existencia de vegetales verdes, que son los únicos capaces de elaborar su propia sustancia o alimento, por lo que se les llama autótrofos, que quiere decir que dependen de sí mismos desde el punto de vista de la nutrición. En cambio, los animales heterótrofos necesitan recibir su alimento en forma de sustancia orgánica producida por los vegetales.

Bentos: Comunidad acuática animal (zoobentos) o vegetal (fitobentos) que habita sobre o en relación con los sustratos sumergidos, en los ecosistemas acuáticos (río, lago, estuario, mar).

Bentos: Todos los organismos que viven en el fondo, ya sea en la superficie del mismo (**epibentos**) o bien enterrados en el sedimento (**endobentos**). Pueden ser vegetales

(fitobentos) o animales **(zoobentos)**; macroscópicos **(megalobentos, macrobentos)**, de tamaño medio **(meiobentos)** o microscópicos **(microbentos)**. El bentos es particularmente importante en las productivas aguas costeras, donde el fitobentos recibe suficiente luz para desarrollarse y alimentar densas poblaciones de zoobentos.

Bioacumulación: Proceso por el cual los organismos vivos, especialmente los acuáticos, pueden coleccionar y concentrar productos químicos (ej. xenobióticos o contaminantes) ya sea directamente del ambiente que les rodea o indirectamente a través del alimento.

Bioconcentración: Proceso por el cual los organismos vivos, especialmente los acuáticos, a través de la superficie respiratoria y de la piel, pueden coleccionar y concentrar productos químicos directamente del ambiente que les rodea (= únicamente a partir de la exposición al agua). **BCF** (BioConcentration Factor) es la cifra que expresa la relación entre la concentración de un producto químico en un organismo y la concentración del mismo en el ambiente. Se calcula dividiendo la concentración tisular por la concentración de exposición; así, un BCF de 1000 significa que el organismo concentra el producto hasta un valor mil veces superior al del ambiente.

Biomagnificación: Es un caso especial de bioacumulación; manifiesta la tendencia de algunos productos químicos a acumularse a lo largo de la cadena trófica, exhibiendo concentraciones sucesivamente mayores al ascender el nivel trófico. La concentración del producto en el organismo consumidor es mayor que la concentración del mismo producto en el organismo consumido. Los contaminantes sujetos a biomagnificación son generalmente liposolubles, almacenándose en el tejido graso de los sucesivos consumidores (ejemplo clásico: DDT).

Biomasa: Cantidad de materia viva presente en un determinado momento y en un determinado espacio, expresada en unidades de peso por unidades de área o de volumen. El peso puede ser húmedo (vivo), seco, o seco libre de cenizas (este último equivale aprox. al peso de materia orgánica)- Los valores de biomasa suelen ser

elevados en las áreas costeras (provincia nerítica) y particularmente en su fondo -ver bentos-, y bajos en los océanos (provincia oceánica).

Biotopo: Ambiente físico en el que se encuentran las comunidades biológicas.

Bloom microalgares: llamados también floescencias, se deben al desarrollo anómalo del número de las microalgas presentes en las aguas, que pueden llegar incluso a millones de células por litro. Son la causa de las aguas turbias y con color anormal.

Blooms: Proliferación de individuos (en general se aplica a algas unicelulares vivas en el seno de las aguas; blooms de algas se producen en aguas enriquecidas con nutrimentos).

Caudal ecológico: Caudal que se establece en infraestructuras de regulación para el mantenimiento de las comunidades acuáticas aguas abajo de la detracción de agua.

Cianobacterias (sinónimos: CIANOFÍCEAS o ALGAS VERDIAZULES).

Clorofila "a": pigmento presente en las microalgas; por encima de las 10 ug/l es índice de un aumento anómalo de las microalgas (biomasa microalgar) por lo que identifica una condición de exceso de sustancias nutritivas.

Coliformes fecales: microorganismos (cocobacilares gram negativos) que constituyen la flora microbiana intestinal normal del hombre y de los mamíferos. Su presencia en el agua evidencia una contaminación fecal reciente, puesto que cuentan con una vida media de pocos días. Según el DPR 470/82 no deben superar el límite de 100/100 ml del agua de mar.

Coliformes totales: microorganismos (cocobacilares gram negativos) que indican una contaminación fecal, si bien no exclusiva, de las aguas. En efecto, se presentan naturalmente en el agua y en el suelo. Según el DPR 470/82 no deben superar el límite de 2000/100 ml del agua de mar.

Coloración: el color normal del agua de mar puede ser definido como 'sui generis' con unas variaciones que van del verde al azul intenso y está ligado a la estructura del fondo y a las condiciones del cielo. La determinación de este parámetro es visual o fotométrica según los patrones estándares de la escala Pt/Co. El color experimenta, por lo regular, unas variaciones debido a las floraciones de las algas (Diatomeas, Dinoflageladas, etc.).

Copepodos: Clase del subphylum CRUSTACEA, phylum ARTROPODA. La clase más grande de pequeños crustáceos: alrededor de 7.500 especies, principalmente marinas. Los copépodos son pequeños (sólo pocas especies superan el milímetro de longitud) pero extremadamente numerosos y a menudo predominan en el zooplancton; constituyen un eslabón en las cadenas tróficas marinas entre el fitoplancton y los peces pelágicos planctívoros.

Demersal: Organismos demersales serían aquellos que, por oposición a los pelágicos, viven en las proximidades del fondo. También son llamados nectobentónicos por algunos autores. (**Nectobentos:** organismos bénticos que viven en la proximidad, pero no sobre ni dentro del fondo marino.).

Diatomeas: (Bacillarioficeas) Algas unicelulares cuya principal característica es la de estar protegidas por una cápsula silíceo (paredes celulares) constituida por dos mitades, llamadas frústulas, empotradas una en la otra. El tamaño es sumamente variable, desde pocas micras a pocos milímetros, y algunas especies constituyen largas cadenas con un alto número de individuos. En su citoplasma hay cloroplastos que contienen los pigmentos fotosintéticos (clorofila C, carotenoides diversos). Habitan prácticamente todos los cuerpos de agua dulce, salobre o salada, y se encuentran en

todas las latitudes. Pueden dividirse en diatomeas bénticas (elípticas, denominadas diatomeas pennadas) y diatomeas planctónicas céntricas (frústulas con simetría radial). Como grupo están adaptadas a aportes de nutrientes más elevados que otras algas, y dominan el fitoplancton en las regiones de surgencia.

Diatomeas: es una clase de microalgas responsables de floraciones en las aguas del mar, con mayor frecuencia en el período invierno - primavera. Un número elevado de las mismas determina aguas turbias y con coloraciones anormales.

Dinoflageladas: es una clase de microalgas responsables de floraciones en el agua del mar, sobre todo en el período verano - otoño. Un número elevado de las mismas producen aguas turbias y con coloraciones anormales.

Dinoflagelados: (DINOPHYCEAE, sinón. Peridinia; DINOFLAGELLIDAE) Grupo de organismos clasificados junto con algunas algas unicelulares pero también considerados protistas desde el punto de vista zoológico, como protozoarios del subphyllum MASTIGOPHORA. Sus dimensiones son de 5 μm a 2 mm y poseen típicamente dos surcos con flagelo. Las paredes celulares, cuando existen, contienen celulosa. Las formas fotosintéticas contienen clorofila-c y son capaces de almacenar almidón. Entre los dinoflagelados se encuentran especies endosimbióticas (en corales), especies ecto y endoparásitas, especies bioluminiscentes y especies protagonistas de blooms tóxicos.

Distribución espacial: En el plancton marino, los organismos más costeros son denominados *neríticos*, en contraste con el plancton *oceánico*. En relación con la profundidad, existe una diferenciación entre plancton *epipelágico* y *batipelágico*.

Distribución temporal en relación al ciclo vital: El **holoplancton** (o "plancton permanente") tiene un ciclo vital completamente pelágico, en tanto que el **meroplancton** (o "plancton transitorio") consiste en etapas transitoriamente pelágicas de organismos que posteriormente suelen ser sésiles y bénticos; son huevos o formas larvarias de especies que en su etapa adulta pasan a integrar el bentos o el necton.

Diversidad: Término utilizado para expresar el grado en el cual el número total de organismos individuales en un ecosistema (o área, comunidad o nivel trófico) está repartido en diferentes especies. La diversidad es mínima cuando todos los organismos pertenecen a la misma especie, como ocurre por ej. En un monocultivo o (casi) en la agricultura intensiva. La diversidad es máxima en ambientes naturales estables con una variación máxima en sustrato y condiciones de vida (o sea, donde el número de nichos sea máximo), tal como ocurre por ej. en los arrecifes de coral de los océanos tropicales. La diversidad puede ser expresada cuantitativamente por medio de varios **índices de diversidad**, de los cuales es el más simple: $d=S/\log^2 N$, donde d es diversidad, S el número total de especies y N el número total de organismos. El índice de Margaleff $d=(S-1)/\ln N$ es una modificación, con un valor mínimo $d=0$ para un monocultivo.

Ecosistema: El sistema que resulta de las interacciones entre las comunidades biológicas y su entorno físico.

En la zona afótica, es decir la que no tiene luz, reina una oscuridad total y en ella domina sólo la vida animal. Ésta es la zona más grande de los océanos, ya que se inicia a los 200 metros y llega hasta las grandes profundidades de 11 mil metros.

Enterococos (véase estreptococos fecales).

Estado trófico: En Limnología describe la productividad del ambiente acuático. Este se clasifica entre ultra-oligotrófico y oligotrófico (aguas con pocos nutrientes y fondos oxigenados) hasta eutrófico e hipereutrófico (exceso de nutrientes, los fondos pueden presentar déficit de oxígeno) pasando por mesotrófico.

Estratificación salina: es la condición por la que, como consecuencia de los vertimientos fluviales y en condiciones de mar en calma, se produce la formación de un estrato de agua dulce en la superficie y unos estratos inferiores con una salinidad en aumento. La estratificación salina impide los intercambios gaseosos entre la superficie y el fondo.

Estratificación térmica: es la condición por la que, como consecuencia de un calentamiento de las aguas superficiales y en condiciones de mar en calma, se produce la formación de un estrato superficial más caliente y unos estratos inferiores más fríos, condición típica del período veraniego. La estratificación térmica impide los intercambios gaseosos entre la superficie y el fondo.

Estreptococos fecales: son unas bacterias con forma esférica dispuestas en cadena; forman la flora microbiana intestinal. Su presencia es índice de contaminación fecal muy reciente. El límite es de 100 colonias por 100ml (DPR 470/82).

Eutrofia: la eutrofización, que se caracteriza por el enriquecimiento de las aguas en nutrientes, sobre todo los compuestos del nitrógeno y del fósforo, provoca una proliferación de las microalgas (bloom) y de las macroalgas, alterando la calidad de las aguas interesadas.

Eutrófico: Ver Estado Trófico.

Fenoles: son sustancias químicas derivadas de hidrocarburos aromáticos, por lo regular de origen industrial, y que se utilizan en la fabricación de goma, plástico, productos farmacéuticos, etc. Tiene un olor y un sabor desagradables.

Fitoplancton: conjunto de organismos vegetales autótrofos que comprende las microalgas, que son unas algas unicelulares microscópicas, que son el primer eslabón de la cadena alimenticia.

Floraciones microalgares: véase la entrada "bloom".

Fluvial: Relativo a un río; un depósito producido por la acción de un río. Los geólogos tienden a utilizar la palabra fluvial para el producto de la acción del río, por ejemplo, arena fluvial.

Fotosíntesis clorofiliana: proceso gracias al cual los vegetales en presencia de luz y con disponibilidad de anhídrido carbónico y agua están en capacidad de formar sustancia orgánica. Durante el proceso, se libera oxígeno al ambiente.

Hábitat: Es el conjunto de condiciones geofísicas en las que se desarrolla la vida de una especie o comunidad animal o vegetal.

Halófilas: Especies animales o vegetales que habitan aguas de salinidad elevada.

Helófitos: Macrófitos con raíces emergentes que se encuentran en las orillas o en la zona de inundación de los ecosistemas acuáticos.

Hipolimnion: En las aguas estratificadas comprende la masa de agua bajo la termoclina (el epilimnion es la capa sobre la termoclina).

Hipoxia: es la condición de disminución del oxígeno disuelto en las aguas del fondo; los valores que indican dicha condición están comprendidos entre 3,0 y 1,0.

Isobata: Línea trazada en un mapa a través de los puntos que tienen la misma profundidad en relación al nivel del mar.

Isoterma: Línea en una superficie que conecta los puntos en que la temperatura es la misma.

La zona disfótica, mal iluminada, se localiza entre los 100 y los 200 metros de profundidad y la cantidad de luz es débil e insuficiente para que se pueda realizar la producción de materia orgánica. A esta zona sólo llegan algunos vegetales fitoplanctónicos acarreados por las corrientes.

La zona eufótica, bien iluminada, es donde la cantidad de luz que penetra al agua es suficiente para que se realice la fotosíntesis. En pleno océano esta zona se encuentra desde la superficie hasta 100 metros de profundidad. Cerca del litoral o en los estuarios,

lugares donde desembocan los ríos, la luz sólo puede penetrar unos cuantos metros, ya que las aguas que traen estos ríos vienen cargadas de materiales en suspensión como tierra, arena, etcétera, que dificultan la penetración de los rayos. Además, por la acción del oleaje, las corrientes y las mareas, el agua se encuentra agitada y revuelta. Sin embargo, en esta zona se localiza casi la totalidad del fitoplancton por la abundancia de nutrientes.

Léntico: En el ambiente fluvial, se aplica a los tramos en los que el agua circula muy lentamente o está estancada (los tramos de aguas de velocidad alta -moderada se denominan lóticos).

Lixiviado: Líquido que percola a través del suelo y otros medios y que contiene materiales disueltos o en suspensión (los lixiviados de vertederos y escombreras pueden contener sustancias contaminantes).

Macrófitos: Comunidad acuática vegetal en los ecosistemas acuáticos formada por especies enraizadas o flotantes.

Mesotrófico: Ver Estado Trófico.

Microalgas: son unos organismos unicelulares microscópicos pertenecientes al fitoplancton.

Milla náutica: (MILLA MARINA) Sexagésima parte de un grado en el ecuador. La milla náutica internacional equivale a 1852 m. (Milla náutica británica: 1853,18 m.)

Muestreo: De acuerdo al National Measurement Accreditation Service (NAMAS, por sus siglas en inglés), el término muestreo lo define como:

Necton: En oposición al plancton, constituyen el necton todos aquellos animales pelágicos que son activos nadadores, tales como la mayoría de los calamares adultos, peces y mamíferos marinos.

niveles tróficos: *Autótrofos* (productores primarios): constituyen el **fitoplancton**; *heterótrofos* (consumidores): **zooplancton** y **bacterioplancton**.

Nutrientes: término utilizado para indicar principalmente los compuestos del nitrógeno o del fósforo que dan lugar proliferaciones de microalgas.

Nutrimientos: En Limnología se refiere a los elementos esenciales o materias primas (carbono, nitrógeno, oxígeno, fósforo, sílice, etc.) esenciales para el crecimiento de un organismo.

Oligotrófico: Ver Estado Trófico.

Oxígeno disuelto: es la cantidad de oxígeno presente en el agua. En las aguas superficiales unos valores que superen los 10 mg/l, en sobresaturación, indican un desarrollo excesivo de las microalgas. Su valor medio está por lo regular comprendido entre los 6-8 mg/l y, de todos modos, está sujeto a variaciones. En las aguas del fondo, los valores inferiores a 3 mg/l están dentro de la norma.

pH: poder hidrogeniónico, que es la unidad de medida de la acidez y de la basicidad del agua. En los ecosistemas acuáticos el pH está en función de la cantidad de CO₂ disuelto y constituye un indicador del metabolismo de las comunidades animales y vegetales, por lo que se refiere a su fotosíntesis y respiración. En las aguas del mar de superficie, el valor medio del pH es de alrededor de 8,2. Los valores más altos, por ejemplo 8,9, coinciden con unos valores altos de clorofila y oxígeno. En las aguas del fondo, las disminuciones se dan en coincidencia con la carencia de oxígeno y con la formación de sustancias tóxicas, por ejemplo amoníaco e hidrógeno sulfurado, que son perjudiciales para las especies vivientes del mundo marino. El agua del mar, gracias a su alto nivel de "tampón", se encuentra de todos modos en condiciones de contener las variaciones de pH.

Plancton: Comunidad de organismos de pequeño tamaño que vive en el seno de las aguas (plancton vegetal = fitoplancton; plancton animal = zooplancton).

Plancton: Organismos flotantes de muchos Phyla diferentes, presentes en la región pelágica del mar o en aguas dulces, sometidos en gran medida a los movimientos de las aguas; derivan pasivamente o son débiles nadadores. La clasificación del plancton se basa en:

Procariotas al igual que las bacterias, en contraposición a las algas verdaderas, que son eucariotas. Poseen como pigmentos fotosintéticos clorofila A, beta caroteno y ficobilina; muchas especies deben su característico color verde azulado a la ficocianina, y algunas son más bien verde amarillentas o incluso rojas debido a la ficoeritrina. Hay grupos de cianobacterias integrantes del picoplancton que desempeñan un rol significativo en la producción primaria de los océanos.

Rotíferos (ROTIFERA): Phylum de diminutos animales marinos y dulceacuícolas que nadan y se alimentan por medio de bandas ciliadas. Antiguamente confundidos con protozoarios ciliados, los rotíferos son organismos multicelulares, con simetría bilateral y no segmentada, con un típico disco ciliado que utilizan para locomoción y colecta de alimento. No poseen sistema circulatorio ni órgano respiratorio, y tienen solamente un sistema nervioso muy simple. Los sexos están separados, pero los machos usualmente degeneran o faltan, siendo común la partenogénesis.

Salinidad: el agua de mar contiene unas "sales" disueltas bajo forma de iones. La salinidad, en efecto, se expresa como el número de gramos de las sales disueltas por cada kilogramo de agua. Los valores más altos de nuestras aguas costeras están comprendidos en los 34-36 su (Practical Salinity Unit - unidad de medida estándar obtenida midiendo la conductibilidad.). Hay unas disminuciones en las desembocaduras de los ríos y de los puertos - canales.

Sobresaturación del oxígeno disuelto: es la condición por la que el oxígeno disuelto en las aguas superficiales se encuentra a unas concentraciones superiores a su valor

de saturación, es decir el equilibrio entre el oxígeno disuelto en el agua y el gaseoso atmosférico. Unos valores de sobresaturación indican unos procesos de tipo fotosintético y, consiguientemente, de gran biomasa microalgar.

Sobresaturación del oxígeno disuelto: véase "hipoxia" y "anoxia".

tamaño: Una diferenciación en clases de tamaño está relacionada con la retención lograda al utilizar filtros y redes de plancton con mallas de diferente tamaño: **picoplancton** ($< 2 \mu\text{m}$), **nanoplancton** (2-20 μm), **microplancton** (20-200 μm), **mesoplancton** (0.2-2 mm), **macroplancton** ($> 2 \text{mm}$), **megaloplancton** ($> 10 \text{mm}$).

Tasa de renovación: Es el número de veces que se renueva totalmente una masa de agua en un periodo de tiempo determinado (en general en un año).

Tensioactivos: son unos aditivos presentes en muchos productos y procesos químicos y se utilizan, por lo regular, como emulsionantes de los detergentes. Su característica es la de reaccionar frente al azul de metileno, pero casi siempre se individualizan por medio de inspección visual.

Termoclina: Una de las formas de estratificación de los cuerpos de agua, donde se establecen capas horizontales como consecuencia de diferencias en la densidad (por diferencias de salinidad o temperatura). La termoclina es una capa ubicada a cierta distancia bajo la superficie, donde ocurre una disminución brusca de la temperatura en relación con la profundidad. Durante el verano suele desarrollarse una termoclina estacional entre los 10 y los 100 m, que desaparece en el invierno. Grandes áreas oceánicas tienen una termoclina permanente entre los 100 y los 1000 m de profundidad.

Termoclina: Zona de máximo gradiente de temperatura en una masa de agua embalsada. Su formación y profundidad depende de la insolación, viento y régimen hidrológico de la masa de agua (tasa de renovación en embalses).

Transparencia: es un parámetro determinado por la inmersión de un disco blanco laqueado con un diámetro de 30 cm y 3 mm de grueso (disco de Secchi), evaluando la distancia en la que desaparece a la vista del operador y que es de 15 cm a 20 m. La transparencia se ve influida por la nueva suspensión del sedimento debido al movimiento de las olas, a los bañistas y a la presencia de material inorgánico y/o de floraciones microalgares.

Zona Económica Exclusiva (zee): Espacio marítimo que se extiende hasta las 200 millas náuticas a partir de las líneas de base (dadas por la línea de bajamar de la costa), y donde el estado ribereño tiene derechos de soberanía para explorar, explotar, conservar y administrar todos los recursos naturales de las aguas, del lecho y del subsuelo marinos, así como jurisdicción en lo relativo a investigación científica, protección del ambiente marino y establecimiento y uso de islas artificiales.

Zooplankton: Plancton animal.

*Definiciones tomadas de: [Ecorisk Fundamentals](#), [Technical Background Sheet Number 6](#) , y [Toxicant Metabolism and Deposition](#) (Acceso: setiembre 2001)

Publicación: 7 de marzo de 2002. Última actualización: 25 de marzo de 2004 (C. Ayçaguer)

Ubicación: <http://www.pes.fvet.edu.uy/cienmar/madid/glosario.html>