

D. L.

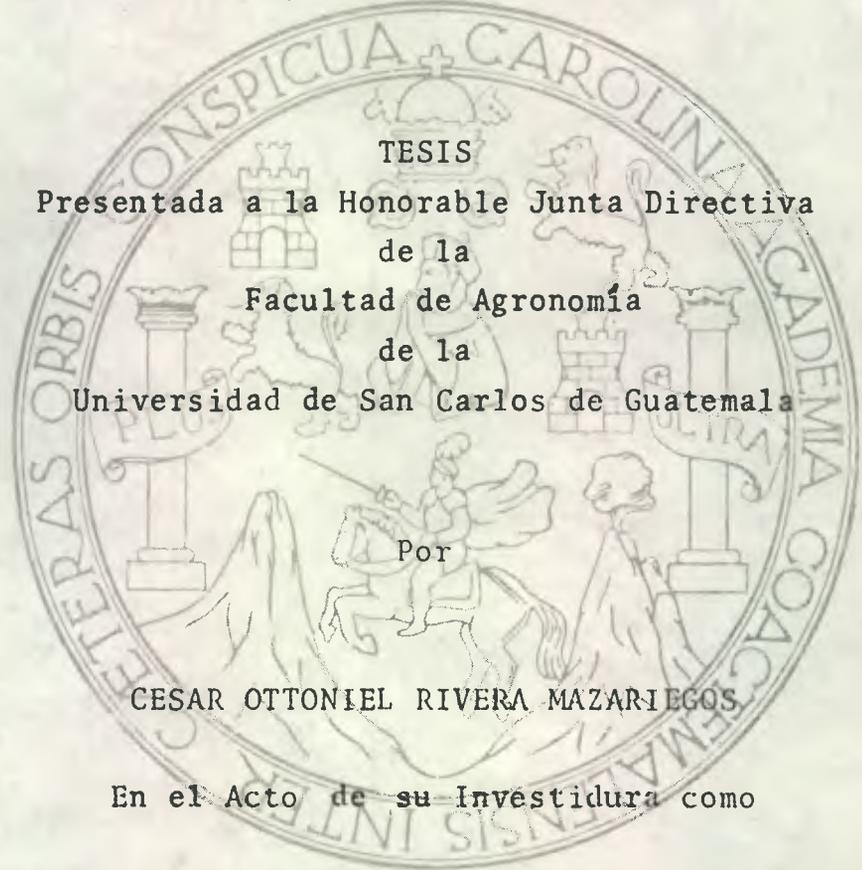
01

T(499)

C. 3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA EUTROFICACION Y SU INFLUENCIA
EN LA SUCESION ECOLOGICA ACUATICA DE LA LAGUNA
EL PINO, BARBERENA SANTA ROSA



TESIS
Presentada a la Honorable Junta Directiva
de la
Facultad de Agronomía
de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por

CESAR OTTONIEL RIVERA MAZARIEGOS

En el Acto de su Investidura como

INGENIERO AGRONOMO

En el Grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Abril de 1984

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR MAGNIFICO

DR. EDUARDO MEYER MALDONADO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. César Castañeda
VOCAL 1o.:	Ing. Agr. Oscar Leiva
VOCAL 2o.:	Ing. Agr. Gustavo Méndez
VOCAL 3o.:	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
VOCAL 4o.:	Prof. Heber Arana
VOCAL 5o.:	Prof. Leonel Arturo Gómez
SECRETARIO:	Ing. Agr. Rodolfo Alvizures Palma

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Dr. Antonio Sandoval
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Gustavo Méndez
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Manolo del Valle
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Marco Antonio Nájera
SECRETARIO a.i.:	Ing. Agr. Negli Gallardo

Guatemala,
3 de Abril de 1984

Señor Decano
Ingeniero Agr. César Castañeda
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos

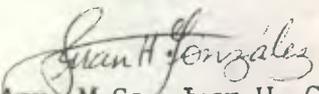
Señor Decano:

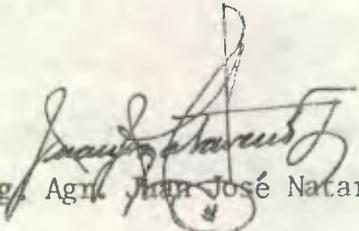
Nos dirigimos a usted para comunicarle que hemos concluido la asesoría y revisión del trabajo de tesis "ESTUDIO PRELIMINAR DE LA EUTROFICACION Y SU INFLUENCIA EN LA SUCESION ECOLOGICA ACUATICA DE LA LAGUNA EL PINO, BARBERENA, SANTA ROSA", presentada por el Perito Agrónomo César Ottoniel Rivera Mazariegos, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo.

El contenido del estudio realizado aporta un significativo esfuerzo al conocimiento, manejo y preservación técnico-científico de los recursos naturales del país. Es nuestro criterio que el trabajo reúne los requisitos establecidos por la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Facultad de Agronomía, por lo que recomendamos a usted su aprobación.

Agradeciendo la atención que se sirva prestar a la presente, nos suscribimos de usted.

Atentamente,


Ing. Agr. M.Sc. Juan H. González


Ing. Agr. Juan José Natareno

Guatemala,
3 de Abril de 1984

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador

En cumplimiento de las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, constituye para mí un alto honor, someter a vuestra consideración el trabajo de Tesis titulado: "ESTUDIO PRELIMINAR DE LA EUTROFICACION Y SU INFLUENCIA EN LA SUCESION ECOLOGICA ACUATICA DE LA LAGUNA EL PINO, BARBERENA SANTA ROSA".

Ultimo requisito para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Respetuosamente



P.A. César Ottoniel Rivera Mazariegos

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES: Francisco Rivera
Elsa Mazariegos

A MI ESPOSA: Nolvía Orieta

A MI HIJA: Ana Claudia

A MIS HERMANOS: Fernando, Herbert, Magalí,
Nanci, Eunice

A MI ABUELITA: Jesús de León Vda. de Mazariegos

A MI FAMILIA: En general

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS UNIVERSITARIOS

ESPECIALMENTE A:

Francisco Rubio Ramírez
Romeo Montepeque R.

TESIS QUE DEDICO

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

A la Facultad de Agronomía

Al Instituto Técnico de Agricultura

Al Centro de Capacitación Agrícola El Pino, Barbere-
na, Santa Rosa, de la Región VI de DIGESA, del Minis-
terio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

AGRADECIMIENTO

A MIS ASESORES:

Ing. Agr. Juan José Natareno Franco

Ing. Agr. M. Sc. Juan H. González M.

Por su valiosa orientación en la realización del presente trabajo de Tesis.

A LA DRA. ALBA TABARINI DE ABREU

Por su valiosa colaboración en la realización de los análisis Químicos del agua de la Laguna El Pino

Al P.A. Don Máximo Godínez Maldonado, por su constante apoyo y estímulo durante mi carrera profesional.

A todas las instituciones y personas que colaboraron para la ejecución de esta tesis.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
I. RESUMEN	I
II. INTRODUCCION	1
III. DEFINICION DEL PROBLEMA	4
IV. OBJETIVOS	6
V. REVISION BIBLIOGRAFICA	7
VI. MATERIALES Y METODOS	26
VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES	40
VIII. CONCLUSIONES	106
IX. RECOMENDACIONES	111
X. BIBLIOGRAFIA	113
XI. APENDICES	115

RESUMEN

El presente trabajo de tesis se realizó con el objetivo de estudiar las causas que están propiciando el fenómeno de la eutroficación y la influencia de éste en la sucesión ecológica acuática de la Laguna El Pino.

La Laguna El Pino está ubicada en el municipio de Barberena, del Departamento de Santa Rosa, geográficamente se encuentra localizada a una latitud Norte de $14^{\circ} 20' 30''$ y una longitud Oeste de $90^{\circ} 23' 51''$.

La composición vegetal acuática y terrestre se determinó cualitativa y cuantitativamente. En cada comunidad seral se determinaron las especies existentes y su grado de dominancia en términos de Valor de Importancia a través de los parámetros densidad, cobertura y frecuencia.

En el proceso de sucesión ecológica acuática se estimó una secuencia de ocho etapas serales, las que se nombraron con el género o tipo de la especie dominante en cada comunidad: etapa de Fitoplancton, etapa de Elodea, etapa de Eichornia, etapa de Elocharis, etapa de Typha, etapa de Hypharhenia, etapa de Mimosa y etapa de Salix. Las etapas de Fitoplancton, Elodea y Eichornia son de condición herbácea acuática. Las etapas de Elocharis y Typha son de condición herbácea de pantano. La etapa de Hypharhenia es de condición herbácea de pradera. La etapa de Mimosa es de condición arbustiva y la etapa de Salix es de condición arborea.

La etapa de Fitoplancton, como en toda sucesión ecológica acuática vegetal, resulta ser la pionera del proceso; en esta etapa se incluyen los organismos vegetales flotantes, integrados por diferentes especies de algas que se encuentran en la Laguna. La etapa de Elodea tiene como especie dominante a Elodea canadensis, esta especie fue introducida a la Laguna en el año 1,962, (con el objetivo de proteger a los peces) integrándose desde esa época al ecosistema, jugando un papel muy importante, pues ha contribuido en la aceleración del proceso de sucesión, ya que esta planta al morir forma un substrato adecuado para el desarrollo de plantas superiores, esta etapa tiene una dominancia aproximada de 1 a 2

años. En la etapa de Eichornia la especie dominante es Eichornia crassipens, y esta especie tiene la característica de formar balsas de vegetación que se desprenden de las orillas y se desplazan hacia el interior de la laguna, donde encallan y enraizan constituyendo pequeñas islas que aumentan de tamaño, luego se fusionan entre si y finalmente con la orilla, reduciendo el área de la laguna; esta etapa se establece aproximadamente a los 2 o 4 años de iniciado el proceso de sucesión y tiene una dominancia aproximada de 1 a 2 años. La etapa de Elocharis presenta como especie dominante a Elocharis fistulosa, se establece a los 5 u 8 años de iniciado el proceso y permanece como comunidad seral de 3 a 4 años. En la etapa de Typha la especie dominante es Typha domingensis, se establece a los 8 o 12 años luego de iniciado el proceso y domina por espacio de 3 a 4 años. En la etapa de Hypharhenia la especie dominante es Hypharhenia ruffa, esta etapa enmarca el inicio de la sucesión ecológica terrestre sobre suelo firme, se establece a los 12 o 18 años de iniciado el proceso y domina durante un período de 4 a 6 años. La etapa de Mimosa se caracteriza porque la especie dominante es Mimosa pigra, ésta comunidad se desarrolla después de los pastizales y a la vez crea las condiciones necesarias para que se inicie la etapa arborea; la etapa Mimosa aparece en la sucesión ecológica a los 20 o 30 años de iniciado el proceso y se mantiene durante 8 a 12 años. En la etapa de Salix, se inicia la condición arborea con la especie Salix alba, esta es la única arborea que se presenta en condición natural ya que a partir de esta especie el proceso de sucesión se encuentra disturbado, ya que a continuación de Salix alba se presentan otras especies arboreas, pero éstas han sido plantadas artificialmente; la comunidad de Salix se establece aproximadamente a los 35 años de iniciado el proceso y su tiempo de dominancia aún no se ha establecido exactamente, ya que esta etapa inicia su desarrollo y en esta comunidad se disturba el proceso de desarrollo natural del ecosistema.

En relación a la eutroficación se determinó que a través del afluente ingresan altas concentraciones de fósforo y nitrógeno a la laguna, en

el efluente las concentraciones de nitrógeno y fósforo son más bajas -- que en el afluente y la laguna. La cantidad de fósforo presente en el agua de la laguna supera los límites reconocidos internacionalmente, en cambio la del nitrógeno no supera el valor limitativo, esto quiere decir que el alto nivel de fósforo es el principal constituyente de la eutroficación causante del crecimiento y floración excesiva de la vegetación acuática. Por lo tanto este elemento es el responsable de la aceleración del proceso de sucesión ecológica acuática que se observa actualmente en la laguna El Pino.

La sedimentación fue mayor en las parcelas de café y maíz, debido a que éstas se encuentran ubicadas en el área Sur-Este de la laguna, donde los suelos tienen pendientes mayores del 30%. Los nutrientes presentes en los sedimentos se encontraron en mayor cantidad en la parcela de maíz, sobresaliendo la alta concentración de fósforo, esto comprueba que gran cantidad de este nutriente presente en el agua de la laguna en el área Sur, llega a esta procedente del área de cultivo de maíz, conducido por la erosión hídrica.

La influencia de la eutroficación en la sucesión ecológica acuática de la laguna El Pino, se observa con mayor intensidad en el área Sur de la Laguna, porque en esta se determinó: mayor concentración de fósforo - en el agua y en el sedimento proveniente de la parcela de cultivo limpio (maíz), está ubicado el ingreso del afluente que transporta hacia la laguna desechos de un beneficio de café, la mayor pendiente de la cuenca - está ubicada en esta área, se presenta el mayor azolvamiento, la vegetación se encuentra en un proceso acelerado de desarrollo y en la parte -- Sur es donde se observa la mayor reducción del área de la laguna.

II INTRODUCCION

La planificación adecuada sobre los recursos naturales renovables - que permita dictar normas de manejo sobre ellos, solo es posible cuando se conoce cuales son los elementos principales de esos sistemas ecológicos y de que manera interactúan (5).

Una Laguna como un ecosistema acuático, es un recurso natural no renovable, lo que determina su importancia como recurso nacional al que debe prestársele atención de primer orden a fin de asegurar su preservación.

Actualmente la Laguna El Pino se ha convertido en un centro turístico que cobra importancia por su proximidad con el mayor centro urbano del país; ya que representa una magnífica fuente de distracción y un ambiente agradable. A la par, este recurso es fuente de alimentación para los moradores del área ya que, proporciona cantidades regulares de pesca para consumo familiar, y además es una fuente de agua, etc.

Sin embargo, de un tiempo a esta parte, en un grado ostensible, la Laguna El Pino ha visto reducida su área, ya que por planimetría de la fotografía aérea de la Laguna del año 1,954 se determinó que ocupaba un área de 0.7250 km² y al planimetrar la fotografía aérea del año 1,973 se determinó un área de 0.5825 km² lo que representa un 19.65% de reducción del área de la Laguna; y esto es equivalente a 14.25 hectáreas de Laguna que se han perdido en 19 años, lo que ha provocado que extensiones que anteriormente estaban ocupadas con agua, actualmente sean áreas cenagosas que eventualmente por el proceso de desarrollo del ecosistema acuático - (sucesión ecológica) y/o por intervención del hombre, sean desecadas completamente, o bien áreas secas e irreparables. (Ver mapas No. 1 y 2)

Indiscutiblemente, en la Laguna El Pino, por ser un ecosistema con sus entradas y salidas de materiales y energía e interacción entre los componentes del mismo, se establece un proceso de desarrollo o sucesión ecológica que ha sufrido perturbaciones provocadas por el manejo inadecuado

decuado de la cuenca hidrográfica que la determina.

Es importante que estudios ecológicos se realicen en momentos oportunos en los cuales aún sea factible emitir ciertas recomendaciones de manejo que sean efectivas, económicas y fáciles de ejecutar, para no caer en situaciones como la de la Laguna de Ocubilá, donde el 95% del área de la Laguna se encuentra cubierta de vegetación (4), lo que indica que para su habilitación se necesita de mucho esfuerzo tanto humano como económico.

G. Gallopin (1976) (5) explica: "La situación actual en la mayoría de los países del tercer mundo es la de un desconocimiento casi total de sus recursos naturales, aun a veces en la etapa de relevamiento. Los estudios ecológicos son necesarios y urgentes no solo a este último nivel, sino particularmente en referencia al funcionamiento de esos sistemas y sus respuestas a mediano y largo plazo frente a las intervenciones humanas".

Ante este cuadro el presente estudio pretende establecer las causas que están acelerando el enriquecimiento nutritivo del agua de la laguna; ya que la eutroficación estimula el rápido crecimiento de la vegetación, favoreciendo consecuentemente el fenómeno de la sucesión ecológica acuática, esperándose como resultado crítico, la desaparición de la Laguna.

En el presente estudio se determinó la profundidad de la Laguna, por otro lado, por simple inspección se observa que la Laguna es pequeña y no existe fuerte oleaje, lo anterior hace pensar que la Laguna podría cerrarse (16).

La Laguna El Pino se encuentra localizada en el municipio de Barberena, del departamento de Santa Rosa, geográficamente se encuentra localizada a una latitud Norte de 14° 20' 30", Longitud Oeste 90° 23' 51" su altura sobre el nivel del mar es de 1,050 metros, la precipitación pluvial media calculada con datos de 1,970 a 1,979 es de 1,475.11 m.m.s., la temperatura máxima es de 31°C, con una media de 25°C y una mínima de 10°C (7)

La extensión aproximada de la Laguna es de 0.64 km² (64 Has.6 91.428 Mzs.) (12). Sus aguas carecen de afluentes, se encuentra a una distancia de 12 kms de Cuilapa, que es la cabecera departamental de Santa Rosa y a 48.5 kms de la ciudad capital de Guatemala.

• Según el sistema de clasificación climática de Thornt Waite, la jerarquía de temperatura es cálido y sin estación fría bien definida, dentro de la jerarquía de humedad, el caracter del clima es húmedo, el tipo de vegetación característica es Bosque y el tipo de distribución de la lluvia es con invierno seco (7). En la clasificación de zonas de vida - de Holdridge esta región pertenece a bosque muy húmedo sub-tropical cálido.

La Laguna El Pino fue declarada parque nacional por acuerdo gubernativo de fecha 26 de Mayo de 1,955, dicho parque cuenta con una extensión de 73 hectáreas y actualmente está a cargo del Instituto Nacional Forestal (INAFOR) (6).

III. DEFINICION DEL PROBLEMA

La Laguna El Pino está siendo invadida por vegetación, lo que ha provocado que gran parte de su extensión, se encuentre en la actualidad ocupada por vegetales acuáticos, otras áreas que ya se encuentran en estado cenagoso o pantanoso y algunas que ya constituyen suelo firme donde se encuentran pastizales y arbustos.

La Laguna se encuentra rodeada principalmente por el cultivo de cafeto, el que es fertilizado periódicamente durante el año, por lo que, por medio de la erosión (hídrica y eólica) y lixiviación de los nutrientes, principalmente fósforo y nitrógeno llegan a la laguna favoreciendo su eutroficación. Se considera que el fósforo llega a la laguna por medio de dos vías principales, siendo la primera por medio de la erosión hídrica, la que arrastra a este nutriente que es incorporado al suelo como fertilizante inorgánico para el cultivo de cafeto principalmente. La segunda vía es por medio de los drenajes de cafeto que desembocan a la laguna especialmente en la parte Sur de ésta. Con respecto al nitrógeno presente en la laguna se considera que su fuente principal lo constituyen los fertilizantes inorgánicos que se aplican en los cultivos aledaños a la laguna, y como es sabido el nitrógeno se transforma en nitrato, el que es lixiviado llegando a depositarse en esta forma a la laguna.

En los últimos años se han establecido varios viveros frutales y forestales, nacionales y particulares que están extrayendo grandes cantidades de agua de la laguna, pudiendo alterar esto último a la sucesión ecológica.

La eutroficación de la laguna se ve incrementada por el azolvamiento, que se presenta especialmente donde el área se encuentra totalmente deforestada y con pendientes mayores, en algunas áreas se encuentran sembrados cultivos limpios (maíz por ejemplo) en los que no existen prácticas de conservación de suelos, por lo tanto se presentan grandes deslaves que arrastran gran cantidad de suelo rico en nutrientes que desemboca directamente a la laguna; es en estas áreas donde se observa la mayor

reducción del área de la laguna.

Algunas de las características generales que presenta la cuenca de la laguna del Pino son: pendientes desde 4% hasta mayores de 32%, todos los drenajes naturales que existen en la laguna son efímeros, es decir, que son activos solo en épocas de lluvia; pero también existen drenajes artificiales que funcionan en épocas específicas del año como lo son drenajes de los beneficios de café y los drenajes habitacionales que funcionan todo el año. La Laguna está formada a base de agua estancada; por la pendiente se observa que la erosión en la parte Oeste es laminar, luego en todo el resto de la cuenca hay erosiones laminares-surcos, pequeñas áreas con surcos-cárcavas y cárcavas (drenajes). Los datos anteriores están basados en mapas topográficos a escala 1:50,000 (7).

IV. OBJETIVOS

General:

Estudiar las causas que están propiciando el fenómeno de la eutroficación y la influencia de ésta en la sucesión ecológica de la Laguna El Pino.

Específicos:

1. Determinar las fuentes principales del proceso de eutroficación.
2. Establecer en forma preliminar los principales factores físico-químicos que afectan el fenómeno de la eutroficación.
3. Establecer preliminarmente la influencia de la eutroficación sobre el índice de reducción del área de la laguna en relación a los últimos 29 años.
4. Estudiar cualitativa y cuantitativamente la composición vegetal de las etapas determinadas en la sucesión ecológica acuática y del área terrestre considerada como litoral de la laguna.

V. REVISION BIBLIOGRAFICA

1. Recurso Natural:

Es todo lo de la naturaleza y que el hombre tiene posibilidades de aprovechar adicionándole tecnología y otros factores (13).

2. Ecosistema:

El ecosistema es una comunidad que está integrada por plantas y animales que actúan entre sí, y con el ambiente abiótico, dentro de una determinada área (16, 10).

Billings, citado por Natareno (9) indica que un ecosistema funciona como una unidad total, cualquiera que sea su dimensión.

Los lagos, lagunas son ecosistemas naturales controlados, en los cuales el hombre ejerce control con propósitos recreativos o para la preservación de sus recursos naturales.

3. Sucesión Ecológica:

La Sucesión Ecológica es un proceso ordenado de desarrollo de la comunidad que comprende cambios en la estructura de las comunidades vegetales y en los procesos de aquellas, con el tiempo, es razonablemente orientado y por consiguiente predecible.

Este proceso se realiza en un área determinada (10, 21). Al referirse a Sucesión Ecológica, se habla especialmente de Sucesión Ecológica Vegetal; ya que las especies animales dependerán de las especies vegetales que se establezcan, esto es lo que normalmente ocurre en las Sucesiones Ecológicas progresivas en las cuales todas las seres conducen hacia una comunidad clímax (8).

3.1 Sere:

Se entiende por Sere a la serie de etapas que se suceden filogenéticamente en el desarrollo del ecosistema (Sucesión Ecológica).

La Sere incluye al menos una etapa precursora, varias transitorias y la etapa final o sea la clímax. La diferencia entre etapas Serales se determina por el número, la estructura y la duración de cada una (10).

3.1.2 Comunidad Seral:

La Comunidad Seral es cada una de las etapas individuales (o comunidades transitorias), esta comunidad Seral es temporal y puede existir por un corto espacio de tiempo, o bien por un gran número de años.

3.2 Estratificación:

La serie de separaciones que se dan entre los individuos de un ecosistema pueden ser tomando en cuenta al espacio dividiendo a estas separaciones en estratos verticales y horizontales, o en base a tiempo, es decir la periodicidad con que se presentan.

La estratificación espacial se determina por las formas vegetales presentes en los ecosistemas terrestres, en los ecosistemas acuáticos se determina generalmente por la profundidad del agua, la temperatura y la penetración de la luz.

En la estratificación vertical de los sistemas ecológicos terrestres se encuentran presentes el estrato regenerativo o inferior, que es en el que se acumula materia orgánica, y el estrato superior en el cual penetra la luz.

La estratificación horizontal se presenta palpablemente en las orillas de estanques y ciénagas, la característica de esta estratificación es que la vegetación se agrupa en anillos concéntricos desde la orilla hasta el centro del ecosistema.

Las estratificaciones en base a separaciones en el tiempo (periodicidad) son producidas por los cambios en las plantas y en los animales, que resultan de los ritmos diarios, esto tomando en cuenta que las plantas y animales coordinan sus actividades dentro de -

un fotoperíodo de 24 horas; los ritmos Lunares especialmente afectan organismos marinos, principalmente por el efecto de la Luna sobre las mareas, y los ritmos estacionales que funcionan tomando en cuenta las estaciones del año, que influyen en las distintas actividades de los organismos, es decir, en su reproducción, crecimiento, migración, floración, invernación, etc. (16)

3.3 Tipos de Sucesión:

3.3.1 Sucesión Primaria:

Este tipo se presenta en un área despoblada donde no ha existido previamente la vida, o donde la Flora y la Fauna pre-existentes han sido completamente destruidas, por ejemplo los habitats susceptibles de una colonización inicial pueden ser estanques recién formados, islas nuevas, varios tipos de substratos que han quedado expuestos a la erosión (2, 10). Holdrige (8) indica que el fenómeno de la Sucesión Primaria se presenta en los trópicos produciendo un relleno gradual de sitios originalmente ocupados por lagos naturales pequeños, el relleno ocurre desde los bordes con el desarrollo de un suelo firme y una comunidad avanzada. Las Sucesiones hidrarcas son aquellas en las que las condiciones iniciales son húmedas, siendo este tipo de Sucesión un ejemplo característico y clásico de Sucesión Primaria, como en el caso de las lagunas y sus comunidades que se convierten en un terreno seco con una comunidad completamente diferente (2).

3.3.2 Sucesión Secundaria:

Es aquella que se presenta en un área natural, la cual es modificada hasta el grado de quedar destruida la comunidad que la puebla, entonces la Sucesión Secundaria la constituyen los nuevos seres de comunidades que tratan de alcanzar nuevamente el clímax (2, 10).

4. Sucesiones Acuáticas:

Al estudiar un cuerpo de agua como por ejemplo una laguna en la que al invadir la vegetación el agua libre, las orillas de la laguna se van reduciendo. En el inicio de la sucesión se establecen en primer término los organismos flotantes que constituyen el plancton, el cual se divide en fitoplancton en el que se encuentran las algas y el zooplancton que incluye a los animales microscópicos. Con el correr del tiempo la vegetación invade la laguna y los residuos orgánicos de esta vegetación se sedimentan en el fondo y orillas, sirviendo de substrato para que la vegetación aumente en número reduciendo el área de la laguna. De las orillas se desprenden balsas de vegetación que se desplazan hacia el lago, donde encallan y enraízan constituyendo pequeñas islas que aumentan de tamaño al crecer y fusionarse entre sí y finalmente con la orilla. - La vegetación acuática que rodea la laguna va dando paso a vegetación terrestre, esta Sucesión Acuática continúa y con el correr del tiempo se llegan a presentar las tres etapas de Sucesión Ecológica de los lagos, que comprende: Laguna, Pantano y Pradera. (10, 2, 16).

El Ecosistema Acuático puede mantenerse estable por un período largo si existen condiciones físicas poderosas como un fuerte oleaje, o si un cuerpo de agua es lo suficientemente grande y profundo, esto indica que no todas las Sucesiones Acuáticas dan lugar a un suelo firme (16).

La intención del hombre en la mayoría de los casos es detener el proceso de Sucesión ecológica natural o acelerada por la eutroficación; para el efecto, Bard y Calhoun citados por Fernández (4) reconocen tres métodos de control de plantas: a) Mecánico, utilizan do diversa maquinaria y equipo para extraer las plantas del agua, elevando o bajando el nivel del agua con lo cual se provoca la destrucción de plantas acuáticas; b) Control químico: Utilizando pesticidas que en su mayoría no son tóxicos para peces. c) Control biológico: Este tipo de control aún se encuentra en fase experimen

tal, existen especies de peces herbívoros como el Manatí (Triche--
cus manitus); también especies como las de moluscos y específicamen--
te caracoles que pueden efectuar un buen control de especies ve--
getales acuáticas.

Respecto al control de plantas acuáticas, The University of -
Wisconsin Press (19) opina que un enfoque más constructivo es la
introducción de una especie que se alimente de plantas, o extraer
dichas plantas y utilizarlas como alimento de animales, abono o fi
bras.

A las medidas de control anteriormente expuestas pueden agre--
garse el control de la eutroficación de los cuerpos de agua, median--
te el reciclaje de los nutrientes y el desvío de las aguas de la -
cuenca que tributa a los cuerpos de agua hacia otras áreas.

Al eliminar la vegetación acuática se provoca una disturba--
ción del ecosistema, es decir se inicia un proceso inverso al de la
sucesión o sea una reversión ecológica (4), manteniendo de esta ma
nera en una etapa inmadura la sucesión acuática.

La laguna de Ocubilá localizada al pié de los Cuchumatanes en
el departamento de Huehuetenango, se encuentra en un proceso avan--
zado de sucesión ecológica ya que el 95% de su superficie se en--
cuentra cubierta por una capa de vegetación, debido a esto en la la
guna los niveles de oxígeno se encuentran con valores de hasta ce--
ro mg/litro en sitios representativos de la laguna (el rango desea--
ble para fines piscícolas es de 7 - 8 mg/litro), y altos niveles -
de anhídrido carbónico, encontrándose concentraciones de 10 a 35
mg/litro (este gas es tóxico para los peces cuando se encuentra en
concentraciones mayores de 20 mg/litro), por lo tanto estos nive--
les indican un alto índice de descomposición de la materia orgáni--
ca y como consecuencia lógica se observa la inexistencia de peces.
(4).

En la laguna de Chichoj ubicada en el municipio de San Cristobal Ve
rapaz, en el departamento de Alta Verapaz, según Alvizuris (1) se -
determinó que los niveles de nitrógeno y fósforo, superan los lími--
tes reconocidos internacionalmente, provocando como consecuencia un

excesivo crecimiento en la vegetación acuática.

En los cuerpos de agua citados anteriormene está ocurriendo transición de un medio acuático a un medio terrestre.

5. Contaminación:

La Academia Nacional Waste Management and Control citada por Odum (11) define la contaminación como "un cambio indeseable en las características físicas, químicas del aire, agua o tierra, que será o puede ser perjudicial para el hombre y otras formas de vida, procesos industriales, condiciones de vida y propiedades culturales. La contaminación es un fenómeno causado básicamente por el exceso de sedimentos, nutrientes, venenos o calor, que son introducidos a una velocidad que excede de lo normal, es decir que una sustancia cualquiera no tiene carácter de contaminante sólo por ser un veneno, llega a constituirse en contaminante cuando esta cantidad de veneno sobrepasa los límites que el ecosistema es capaz de controlar en un período normal, el agua en los ecosistemas naturales recibe siempre ciertas cantidades de sustancias extrañas, las cuales se diluyen, o se filtran a través de procesos naturales (16).

Al ingresar a un lago estas sustancias en exceso de cantidad y rapidez, el cuerpo de agua no es capaz de ejercer un control satisfactorio, dándose lugar a una verdadera contaminación.

La contaminación en lagos y lagunas puede darse principalmente por las siguientes causas: a) por una reducción en los ingresos hídricos, b) alteración del régimen hidrológico o de escorrentía, c) alteración del equilibrio hidrodinámico, d) alteraciones o fluctuaciones de niveles (14).

La contaminación en sus diferentes formas puede ser: contaminación por productos químicos, por azolvamiento como consecuencia de la erosión, contaminación biológica principalmente por aguas de beneficios de café y caña, por curtiembres, por productos biológicos directos como animales muertos, lecherías, aguas servidas, adición de detergentes, lubricantes, etc. (14).

Los efectos en un cuerpo de agua por la contaminación son prin

principalmente un aumento en la eutroficación, lo que causa un desarrollo extraordinario de flora acuática y una reducción del oxígeno y se estimula un incremento bacteriológico (14). Alvizures P. (1), señala que el principal agente contaminante es el hombre, ya que muchas veces efectúa un uso irracional de productos químicos utilizados en la industria y agricultura, además tiene la necesidad de eliminar algunos desechos de productos domésticos.

Anteriormente se atribuía a un solo factor el causante del problema del crecimiento de algas, así fue como por un tiempo se consideró al fósforo como el principal culpable de la contaminación de las aguas propiciando el incremento de algas; pero se ha descubierto que el nitrógeno, el dióxido de carbono y otros, junto con el fósforo se reemplazan rápidamente uno por otro como factores promotores del crecimiento en oscilaciones transitorias que caracterizan nocivos "florecimientos" de algas. La estrategia del control de la contaminación debe involucrar la reducción de entradas de todos los materiales que enriquecen, y los tóxicos y no solamente uno o dos de ellos (19).

Entre los tipos fundamentales de contaminación están los contaminantes biodegradables, los no biodegradables y los tóxicos.

5.1 Contaminantes Biodegradables:

Dentro de estos contaminantes se encuentran las aguas negras domésticas, que pueden ser degradables rápidamente por procesos naturales o en sistemas de tratamiento donde se persigue acelerar la descomposición natural por parte de los microorganismos. El calor, el bióxido de carbono, los nitratos y otros productos secundarios del metabolismo y la combustión completa de combustibles son ejemplos, ya que estos por medios naturales son rápidamente depositados o transferidos (11).

5.2 Contaminantes no Biodegradables:

Dentro de estos se incluyen latas de aluminio, detergentes de

cadena larga, vidrio, compuestos fenólicos, plásticos y cientos de materiales hechos por el hombre que no se degradan o que lo hacen muy lentamente, es decir, estas son sustancias para las cuales no hay una desintegración natural o procesos de tratamiento.

5.3 Contaminantes Tóxicos:

Estos contaminantes incluyen sales de metales pesados (mercurio, plomo, cadmio, etc.), gases de smog, sustancias radioactivas, plaguicidas, y una gran cantidad de compuestos químicos, industriales y agrícolas. (11)

6. Eutroficación:

La eutroficación como una forma de contaminación, es definida por A. Tabarini (18) como "El enriquecimiento natural o artificial de los sistemas acuáticos con nutrientes, dando como resultado un substancial incremento de la productividad y en el contenido de materia orgánica, del cuerpo de agua (principalmente bajo la forma de células de algas)". Continúa diciendo que, "la eutroficación es el enriquecimiento prematuro de los lagos debido a la presencia de grandes concentraciones de nitrógeno y fósforo los que favorecen un crecimiento acelerado de plantas acuáticas".

Al referirse a la contaminación The University of Wisconsin - Press (19) indica que la proporción de nitrato/fosfato influye en el tipo de algas que se desarrollen en un lago, por otro lado la contaminación de los lagos por aguas de drenaje favorecen el crecimiento de algas indeseables y de plantas acuáticas de mayor tamaño, debido a que las algas verdes que son más comestibles y pasan a -- formar parte rápidamente de la cadena alimenticia, requieren de nitrato o de amonio en el agua, mientras que las algas azul-verde - que a menudo no son comestibles y que por lo tanto tienden a acumularse, son capaces de fijar su propio nitrógeno. Además indica - que "el manejo del fosfato es la llave del manejo de la eutrofica-

ción de la mayoría de las masas de agua", y que el mantenimiento de niveles óptimos en la calidad del agua y en la producción de peces requerirá remover el fósforo de numerosas fuentes, especialmente de las aguas de los drenajes.

6.1 Causas de la eutroficación: (18)

- Desechos sólidos (basura) del sector domiciliar.
- Descargas de desechos líquidos industriales:
 - Con detergentes a base de fosfatos.
 - Con vitaminas
 - Con hormonas del crecimiento
 - Con aminoácidos
 - Con trazas de elementos inorgánicos, etc.
- Descargas de desechos líquidos domésticos
- Descargas de desechos orgánicos, beneficios, granjas agrícolas, etc.
- Pozos Sépticos habitacionales en el mal estado (filtraciones)
- Uso incorrecto de los fertilizantes, de las áreas agrícolas.
- Uso inmoderado de plaguicidas fosforados, etc.

6.2 Cambios que produce la eutroficación:

- En la preservación de la vida acuática:
 - Vida vegetal: a) Excesivo incremento de algas y de innumerables plantas acuáticas.
 - b) La descomposición de la vegetación, origina malos olores.
 - Vida animal: a) Extinción de especies ó
 - b) Incremento de especies.
- Desequilibrio del ciclo biológico (cadenas alimenticias).
- En los usos benéficos de consumo humano, recreación e industriales.
- Estéticos, ocasionan el deterioro del paisaje.

- Amenaza la destrucción de recursos hídricos (degradación o -- muerte de los cuerpos de agua).

6.3 Fuentes principales de la difusión de nutrientes en el agua (18)

6.3.1 "Fuentes Naturales"

Los nutrientes procedentes de las fuentes naturales de agua - son la precipitación y sedimentación atmosférica y lavado de tierras no cultivadas. La precipitación y sedimentación atmosférica contribuyen a la presencia de nutrientes en el agua con concentraciones del orden de 0.2 a 0.9 mg/litro de nitrógeno y 0.1 mg/L. de fósforo, de las cuales aproximadamente el 61% son proporcionados - por el agua de lluvia y el resto por la sedimentación de polvos. - El lavado de tierras no cultivadas contribuye en menos proporción.

6.3.2 Fuentes inducidas por el hombre:

Entre estas se encuentran las descargas de aguas residuales - domésticas e industriales y el lavado de tierras bajo cultivo.

6.4 El Fósforo:

Para los propósitos del hombre, el fósforo es de modo esencial un recurso no renovable, porque se fija con facilidad en la tierra y se precipita en los océanos.

A pesar de que sólo una pequeña parte del fertilizante fosfado sufre lixiviación o es erosionada de la tierra, los sistemas de drenaje lo colectan de grandes áreas, por lo tanto, la cantidad que circula por estas aguas puede ser considerable. En los canales o vías de agua, el fósforo puede circular con rapidez a través de los sistemas acuáticos, aumentando notablemente su biomasa, el fósforo se pierde pronto en los sedimentos, pero mediante nuevas adiciones es reemplazado, por lo tanto el fósforo que es movilizado por el hombre al final es inmovilizado por el suelo en los sedimentos, prácticamente el ciclo del fósforo solo se cierra a través del

tiempo geológico. (19).

"En una escala local, los sistemas ecológicos terrestres y acuáticos acumulan y hacen circular el fósforo, estos sistemas están adaptados a medios ambientes bajos en fósforo disponibles y responde de manera enérgica a un enriquecimiento del mismo". Al reducir la vegetación en forma constante se reduce esta fuente ecológica de fósforo, esto viene a constituir un control mecánico de la vegetación, el que si se efectúa en forma sistemática puede ejercer un buen control, aunque es necesario estimar si es económico.

Tabarini (18) señala métodos de remoción del fósforo, siendo estos: químicos, biológicos, o en combinación de ambos.

Los métodos químicos aún no han sido bien desarrollados.

Dentro de los métodos Biológicos se encuentran: el sistema de lodos activados y el sistema de lagunas de estabilización mediante el empleo de Jacintos (Lechuquillas) (Eichornia grassipes), plantas vasculares acuáticas de tallos emergentes, poseen grandes hojas de color verde brillante y flores color lila claro salpicadas de amarillo, "estos vegetales acuáticos poseen ciertas características y propiedades en su etapa de crecimiento activo de utilizar como sustrato los nutrientes (P y N) de aguas cloacales, contribuyendo con su metabolismo a la depuración natural de las mismas.

Palacios Vivas, citado por Tabarini (18) encontró una remoción media de fosfatos de 30.7% y una remoción media de nitratos de 57.7% por lo que en su estudio concluye que la reducción de niveles de nitrógeno y fósforo es concluyentemente satisfactoria y demuestra que la remoción de sales nutrientes de afluentes cloacales estabilizados es efectiva mediante el empleo del cultivo de Jacintos en una forma cuidadosamente controlada.

6.5 El Nitrógeno:

El nitrógeno fijado por el hombre tiende a ser transformado -

en nitratos, los cuales no están ligados con los suelos, por lo que por medio de lixiviación pasan a las aguas freáticas, ríos, estuarios, llegando finalmente al océano. El incremento en las concentraciones de nitratos en aguas naturales ha sido favorecido por el aumento en el uso de fertilizantes industriales con nitrógeno fijado, últimamente también se ha observado un aumento de nitratos en las aguas de drenaje, en las zonas áridas, y semiáridas particularmente, las prácticas de irrigación pueden lixiviar los nitratos acumulados de manera natural en los suelos, siendo esto otra fuente de nitratos en las aguas naturales (19).

The University of Wisconsin Press (19) indica que "El principal efecto de las concentraciones de nitratos en aumento en las aguas naturales es la eutroficación o sobrefertilización.

La descomposición de abundante vegetación producida por excesivo crecimiento necesita gran cantidad de oxígeno, lo cual disminuye notablemente la cantidad de este elemento presente en el agua lo que a su vez resulta en la muerte de peces y en daños al valor recreativo y económico del agua".

Entre los métodos que se han desarrollado para la remoción del nitrógeno y sus compuestos de las aguas residuales y los cuerpos receptores de estas, se encuentran:

- 6.5.1 Remoción con aire del amoníaco a un pH alto
- 6.5.2 Intercambio iónico.
- 6.5.3 Nitrificación - Desnitrificación
 - 6.5.3.1 Lodos activados
 - 6.5.3.2 Filtrós biológicos
 - 6.5.3.3 Lagunas aeróbicas, anaeróbicas facultativas. (18)

Concluyentemente se puede decir que en una laguna o lago que está siendo alimentado por varias fuentes de nutrientes, se llega a tener un crecimiento desmesurado de plantas acuáticas las que al morir sirven como fuente de materia orgánica, la que se va acu-

mulando en el litoral de los lagos y con el correr del tiempo sirve de substrato para el desarrollo de especies vegetales de mayor crecimiento que van invadiendo el lago reduciendo su área a través de sucesiones acuáticas al principio y luego sucesiones terrestres por lo tanto si el hombre no proporciona un manejo adecuado del cuerpo de agua, éste se envejece al dar paso a un sistema ecológico terrestre, a través de sucesiones ecológicas que han sido disturbadas al ser aceleradas por el fenómeno de la eutroficación, produciéndose como resultado final la pérdida de recursos hídricos que son esenciales para todo organismo viviente ya que son utilizados en una serie de actividades humanas.

7. Generalidades sobre las lagunas:

Odum (10) indica que en un sentido geológico, la mayoría de las cuencas que ahora contienen agua dulce en forma permanente son relativamente jóvenes, además señala que el lapso de vida de las lagunas va desde unas pocas semanas o meses en el caso de pequeñas lagunas estacionales hasta varios cientos de años para lagunas mayores, y que se puede esperar que las lagunas y lagos cambien con el tiempo en porcentajes más o menos inversamente proporcionales a su profundidad y área. Hutchinson citado por Odum (10) indica que "Los lagos parecen razgos permanentes de los paisajes, nacidos por lo regular de catástrofes, para madurar quiera e inadvertidamente"; sigue diciendo que "el origen catastrófico de los lagos en períodos de intensa actividad volcánico-tectónica, implica una distribución localizada de sus cuencas en el planeta".

En relación a las distintas zonaciones y estratificaciones de los lagos y lagunas, se distingue una zona litoral la cual contiene vegetación con raíces a lo largo de la orilla, la zona limné tica que es la zona productiva, por ser ahí donde se produce la zo na efectiva de la penetración de la luz, en esta zona predomina el plancton; y una zona profunda que solamente contiene heterótrofos.

(10)

En lo referente a la estratificación de los lagos, ésta se de termina de acuerdo a las estaciones del año, así los lagos llegan a estar termalmente estratificados durante el verano y de nuevo en invierno, debido al calentamiento y enfriamiento diferencial, así la parte más caliente del lago se llama Epilimnion, que está aisla da temporalmente del agua más profunda y fría o Hipolimnion por una capa llamada Termoclina que funciona como una barrera para el intercambio de materiales (10).

Los lagos tienden a estratificarse temporalmente, a menos que sean muy poco profundos, ésta estratificación consiste en lo si- - guiente: durante la época seca las capas de agua superiores se ca- - lientan más que las inferiores, por lo tanto sólo el agua de las primeras capas circula y no se mezcla con el agua de las capas inferiores debido a una diferente densidad, al ir aumentando la temperatura se crea una gran diferencia entre ambas capas dando lugar a una capa intermedia o termoclina.

Quando se presenta la época fría, la temperatura del epilim- - nio baja hasta ser igual que la del hipolimnio, produciéndose un - cambio en la densidad con lo que toda el agua comienza a circular y por lo tanto el oxígeno penetra hasta las capas más profundas las que liberan los nutrientes producidos por efectos de la actividad microbiana. Al presentarse nuevamente la época calurosa de nuevo el agua de la capa superficial comienza a calentarse, con lo que - la circulación del agua se dá solo en esa capa dando lugar a la -- formación de las tres zonas que forman la estratificación de los lagos. Generalmente la estratificación es más lenta y el hipolim- - nio más grueso, al existir mayor profundidad del cuerpo de agua. (10).

Los lagos considerados como ricos en nutrientes tienen la ca- - racterística de que el oxígeno del hipolimnio se agota más rapida- - mente que en los lagos pobres, debido a que en los lagos ricos el aporte de materia orgánica es mayor dando como resultado una mayor cantidad de micro-organismos encargados de degradarla, produciéndo

se como consecuencia un mayor consumo de oxígeno (1). Por lo tanto en los lagos ricos en nutrientes la vida para los peces es restringida debido a la escasez de oxígeno, en los lagos pobres, al ser contaminados, iniciándose su eutroficación se presenta el mismo caso que en los ricos.

Alvizures (1) indica que Odum toma la productividad como sinónimo de fertilidad, la que depende de la cantidad del material nutricional que la cuenca aporta al lago, de la etapa de sucesión y de la profundidad del cuerpo de agua, al aumentar la fertilidad de un cuerpo de agua también se van aumentando las especies vegetales dando origen a áreas pantanosas y de pradera respectivamente, por lo tanto el estado de sucesión en que se encuentre un lago, depende de la fertilidad que presente el mismo.

La profundidad de un lago tiene relación con la fertilidad de éste, debido a que la profundidad está relacionada con la cantidad de luz recibida y por consiguiente con la actividad fotosintética, es decir que en general los lagos menos profundos son más fértiles que los más profundos. (11)

Los lagos oligotróficos (pocos alimentos), se caracterizan -- por tener una reducida productividad primaria, son profundos y el hipolimnio es mayor que el epilimnio, la vegetación de la zona litoral es escasa y el número de organismos es reducido, aunque el número de especies puede ser grande.

Los lagos eutróficos (muchos alimentos), tienen alta productividad primaria, son menos profundos, la vegetación litoral es mucho más abundante y el plancton es más denso (10).

De lo anterior se infiere que los lagos oligotróficos tienden con el tiempo a ser eutróficos debido a un aumento en la productividad propiciada por la acumulación de material orgánico, por lo tanto la vegetación litoral aumenta y la profundidad se reduce. (2, 16, 10).

7.1 Normas respecto a la calidad del agua en los lagos para fines de piscicultura, de la vida acuática y animales silvestres, según la Federal Water Pollution Control Administration, citada por Alvizuris (1).

7.1.1 Materiales disueltos: en ningún caso la concentración de materiales disueltos debe exceder de 50 millón mole (el equivalente de 1,500 mg/L. de Na Cl).

7.1.2 El pH debe estar entre 6 y 9 y no deben agregarse carbonatos en suficiente cantidad como para bajar la alcalinidad a menos de 20 mg/L. con el fin de proteger la productividad del sistema.

7.1.3 Temperatura 5-20°C.

7.1.4 Las siguientes consideraciones son esenciales para mantener una población nativa de peces y otras vidas acuáticas:

Para mantener una biota diversificada de agua tibia, incluyendo peces, la concentración de oxígeno disuelto debe estar arriba de 5 mg/L. asumiendo que las variaciones idearias de la estación estén arriba de esta concentración. Bajo condiciones extremas sin embargo, ellas pueden oscilar entre 5 y 4 mg/L. por períodos cortos durante cualquier período de 24 horas, considerando que la calidad del agua es favorable en otros aspectos.

Para la biota de agua fría, es deseable que la concentración de oxígeno disuelto esté cerca de la saturación.

Los niveles de oxígeno disuelto en el hipolimnion de pequeños lagos oligotróficos y en grandes lagunas no debe ser menor de 6 mg/L. a cualquier tiempo.

7.1.5 Dióxido de carbono: la concentración de anhídrido carbónico libre no debe exceder de 25 mg/L.

Para la determinación de la eutroficación, es interesante conocer los parámetros limitativos sobre fosfatos y nitratos, Tabari

ni (17) indica que "las cantidades de fosfatos obtenidos son difíciles de relacionar en estandares limitativos, sin embargo Sawyer (1945), sugiere que 0.015 mg/L de fósforo inorgánico, dá origen a niveles críticos para la producción de florecimientos de algas, considerando que de una molécula de fosfato total se ha encontrado un valor medio de 0.36 mg/L.

En un estudio realizado en el lago de Amatitlán, se encontró que valores de 0.1 mg/L de fósforo inorgánico, es suficiente para alcanzar niveles críticos de eutroficación (17).

En el lago de Amatitlán, se han encontrado valores medios que oscilan entre 0.778 y 0.741 mg/L. de nitrógeno total, lo que indica que existe influencia significativa de este parámetro en la eutroficación (17).

- 7.2 Clasificación de los organismos vegetales de agua dulce en relación con la región o sub-habitat (10).
- 7.2.1 Zona Litoral: Es la región de agua somera, con penetración de luz hasta el fondo, ocupada típicamente por plantas enraizantes en los estanques y lagos naturales, pero no necesariamente en los estanques administrados.
- 7.2.2 Zona Limnética: Es la zona abierta hasta la profundidad de penetración eficaz de la luz.
- 7.2.3 Zona Profunda: Es el área de fondo o de agua profunda que queda más allá de la penetración de la luz.
- 7.2.1.1 Naturaleza de las comunidades vegetales de la zona litoral.

Una disposición representativa que va del agua somera al agua más profunda puede describirse como sigue:

- a) Zona de vegetación emergente: incluye plantas de raíz con superficies principales fotosintéticas que sobresalen del agua, el bióxido de carbono para la elaboración del alimento se ob-

tiene del aire, pero otras materias primas se obtienen debajo de la superficie del agua. Las plantas típicas de esta zona son las espadañas pertenecientes a especies del género *Typha*, otras plantas son los juncos (*Scripus* sp), las cabezas de flecha (*Sagitaria* sp), los escobillos (*Sparganicum* sp), etc.

- b) Zona de plantas de raíz con hojas flotantes: Los lirios de agua (*Nymphaea* sp) son típicos de esta zona. En esta zona las superficies fotosintéticas horizontales pueden acaso reducir más eficazmente la penetración de la luz en el agua.
- c) Zona de vegetación sumergente: Plantas de raíz o fijas, completamente o en gran parte sumergidas. Las hojas tienden a ser delgadas y finalmente divididas y adaptadas por el intercambio nutricional de alimentos con el agua. Las algas de estanque o potamogetonáceas son muy abundantes en esta zona, del género potamogeton, otros géneros importantes son: el *Ruppia* y *Zannichelia*.
- d) Plantas no enraizadas de la zona litoral: comprenden numerosas especies de algas como las Diatomeas (*Bacillariaceas*), algas verdes (*Chlorophyta*), algas verde-azul (*Cyanophyta*), algas verdes filamentosas, o espuma de estanques, tales como la *Spirogira* sp y *Zygnema* sp.

7.2.2.1 Naturaleza de las comunidades de la zona Limnética.

Los habitantes de esta zona son en su mayoría microscópicos, encontrándose dentro de estos la mayor parte del fitoplancton y -- dentro de este se encuentran las algas Diatomeas, algas verdes y algas verde azul. La importancia del fitoplancton es que en muchos casos puede superar a las plantas de raíz por unidad de área.

7.2.3.1 Naturaleza de los organismos de la zona profunda.

Los organismos de esta zona por encontrarse en un medio carente de luz, dependen de la zona litoral y limnética para su alimen

tación, proporcionando a cambio nutrientes que han sido transformados a formas minerales a partir de materia orgánica, la diversidad de organismos de esta zona es poca por la carencia de luz, siendo los principales especímenes las bacterias y los hongos que se encuentran en la interfase agua-cieno, donde se acumula materia orgánica.

Bard (1975) y Calhoun (1966), citados por Fernández (4) coinciden al señalar que las plantas sumergidas son las que casi no provocan problemas, entonces las plantas más problemáticas en orden decreciente son: las emergentes, flotantes y ribereñas, por lo tanto es necesario eliminarlas prioritariamente.

VI. MATERIALES Y METODOS

1. Metodología del estudio:

El estudio se realizó en tres etapas.

1.1 Etapa de Gabinete:

Esta etapa incluyó:

1.1.1 Estudio de fotografía aéreas y mapas cartográficos.

1.1.2 Elaboración de mapas a escala de épocas diferentes (1954 - 1973) - en base a fotografías aéreas y mapas cartográficos, para determinar: a) El área actual de la cuenca. b) Las diferentes áreas de la Laguna por fotointerpretación con el auxilio de planimetro. c) Con los datos anteriores se determinó el índice de reducción del área de la Laguna.

1.1.3 Determinación de las condiciones de la cuenca en lo referente a uso del suelo por medio de fotointerpretación.

1.2 Etapa de Campo:

Esta etapa incluyó:

1.2.1 Realización de un reconocimiento general del área de la Laguna por medio de caminamientos y chequeo de mapas, los cuales a su vez sirvieron para comprobación de la vegetación existente, comprobación de los lugares donde se tomaron las muestras de agua, vegetación y lugares donde se colocaron las parcelas de sedimentación.

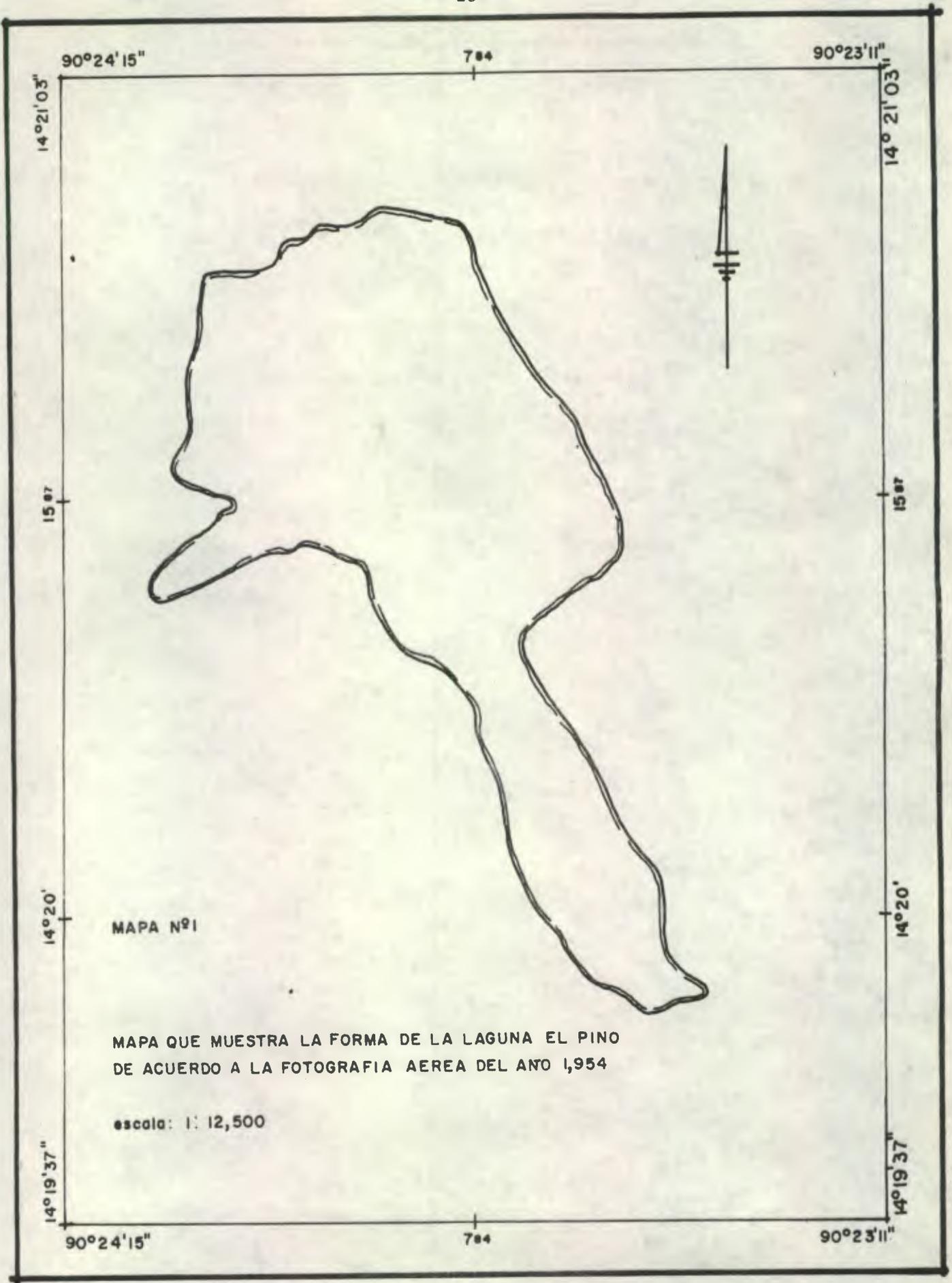
1.2.2 Muestreo de la vegetación del área de estudio, para el efecto se recolectaron muestras de vegetación acuática, pantanosa, de pradera y arbustiva, las cuales para su conservación se colocaron en prensas de madera, de acuerdo a los lineamientos que establece el herbario de la Facultad de Agronomía, USAC, este muestreo sirvió para establecer un modelo inicial de la sucesión ecológica acuática.

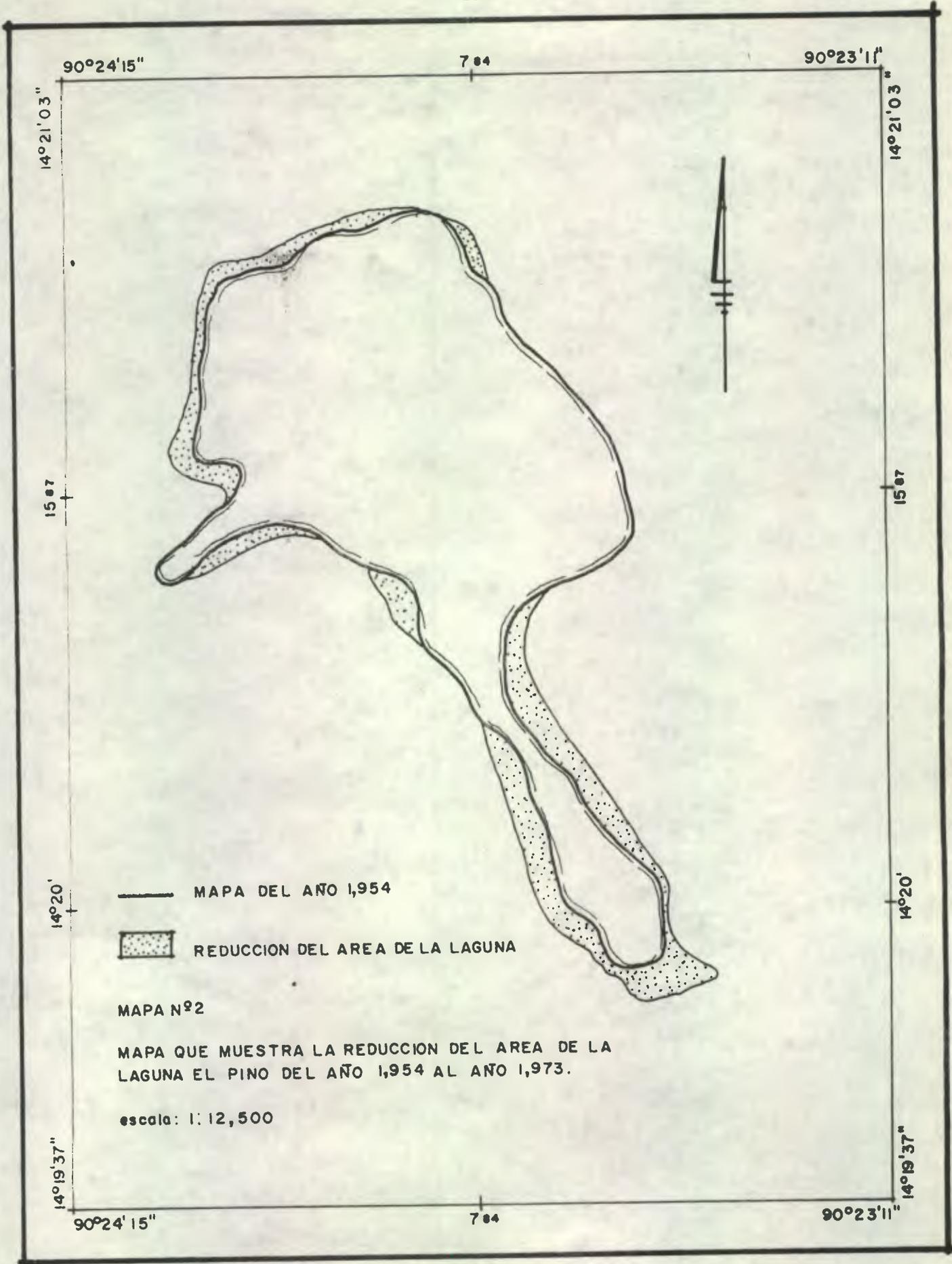
1.2.3 Quantificación de la composición vegetal. Esta cuantificación se obtuvo por medio de la determinación de la significancia ecológica de las especies, en términos de Valor de Importancia; para el efecto se tomaron muestras en el área de estudio, siendo ésta la Laguna, el pantano y la pradera, (ver mapa No. 3) ya que según Odum (10) estas son las áreas donde se dan los pasos de sucesión ecológica en los Lagos y Lagunas. El muestreo se hizo por el método cuantitativo denominado Muestreo por Parcelas; en este método se utilizan áreas definidas para la toma de datos y el tamaño es determinado por el tipo de vegetación existente en la comunidad; por lo tanto en las orillas de la Laguna se establecieron 15 parcelas de 4 metros cuadrados (2 metros x 2 metros); en el pantano se establecieron 10 parcelas de 16 metros cuadrados (4 metros x 4 metros), en la pradera se establecieron 10 parcelas de 16 metros cuadrados (4 metros x 4 metros) y en la zona arbustiva donde se inicia la sucesión ecológica terrestre se establecieron 10 parcelas de 100 metros cuadrados (10 metros x 10 metros). En este estudio se tomó en cuenta las especies arbustivas ya que éstas se encuentran habitando áreas que anteriormente eran ocupadas por las aguas de la Laguna, según información verbal obtenida de moradores de la Región.

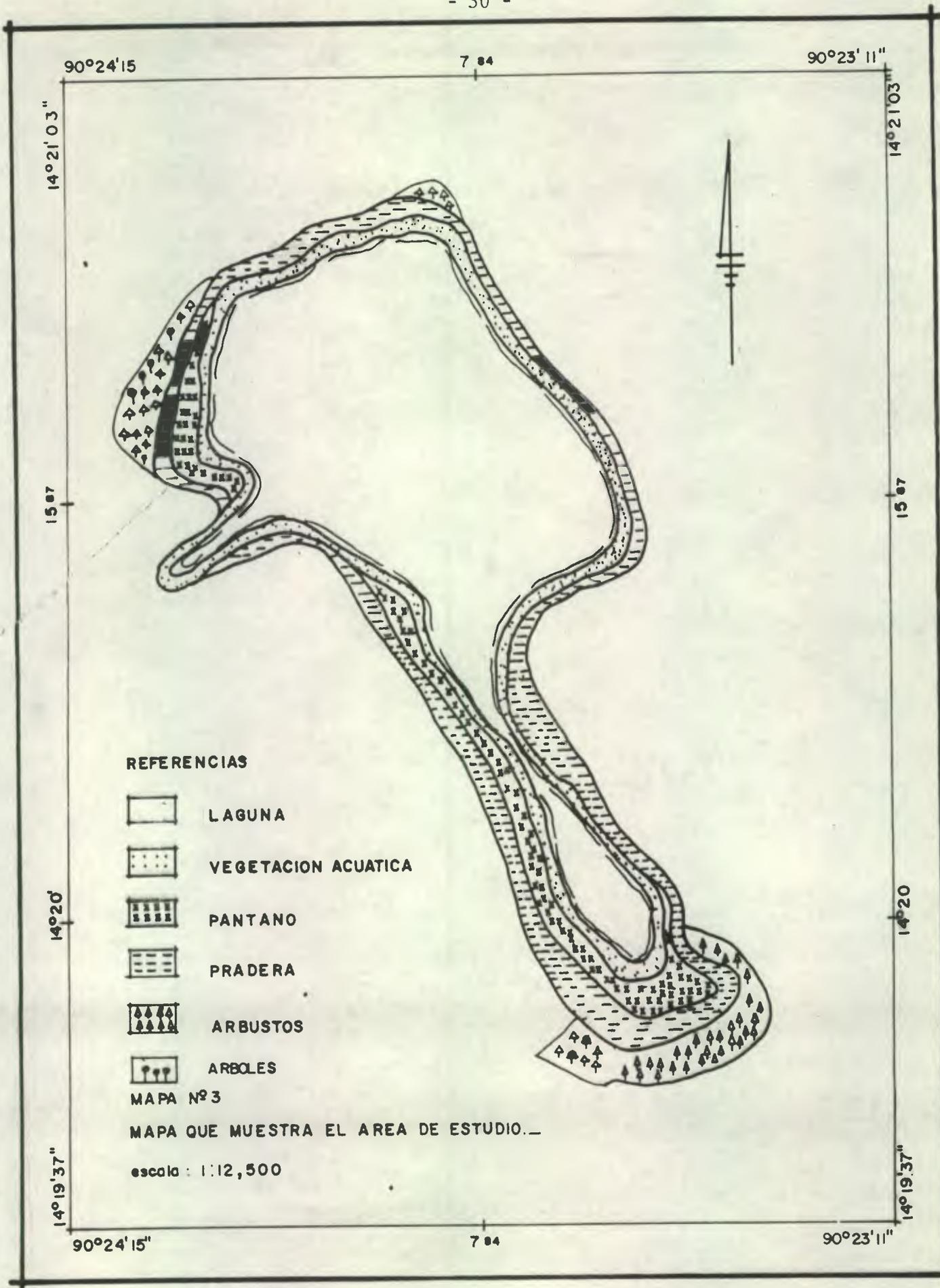
Las áreas y los puntos de donde se tomaron las muestras vegetales pueden verse en el mapa No. 4.

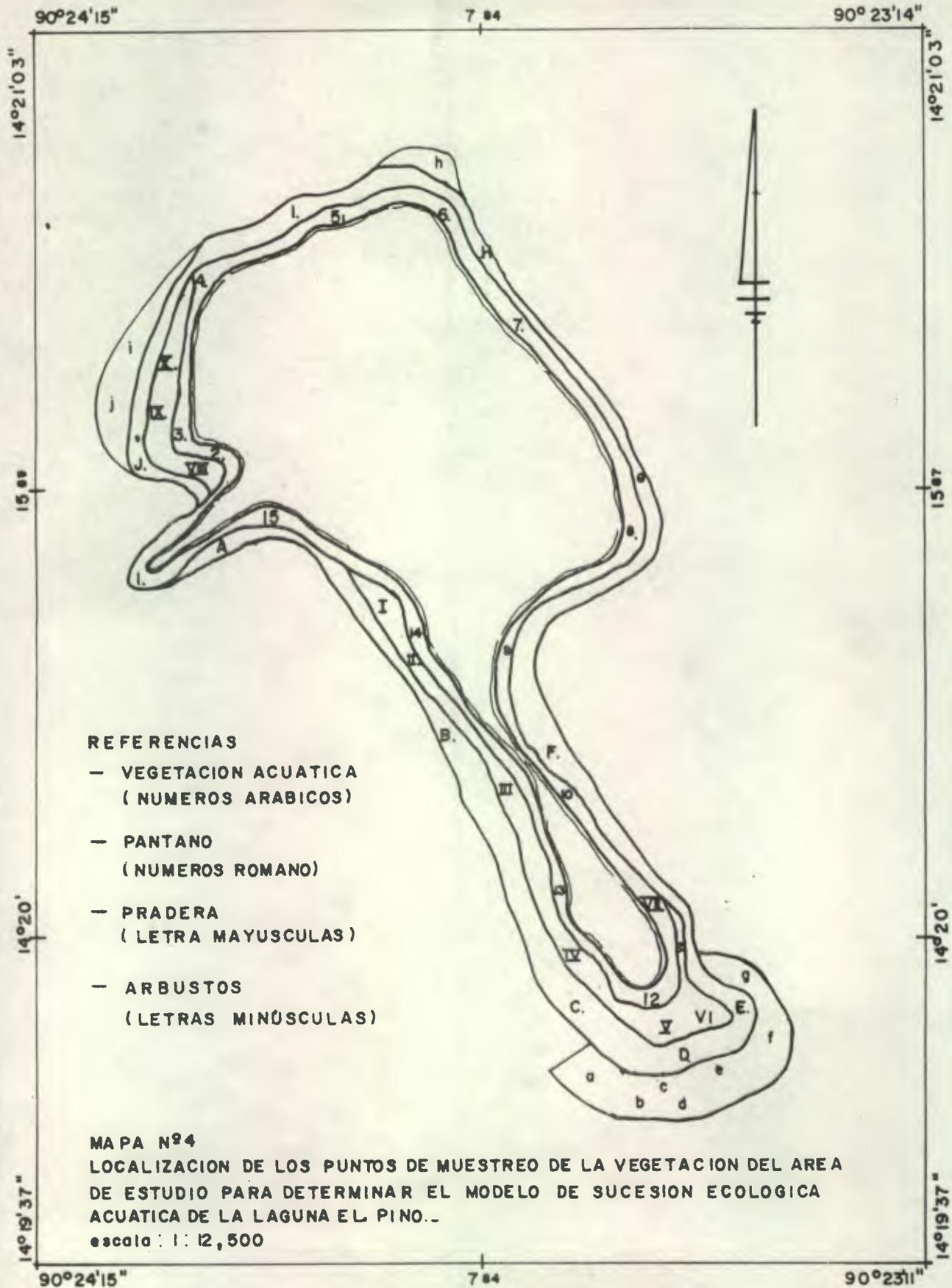
En cada parcela se tomaron los datos siguientes: especies presentes, número de individuos, porcentaje de cobertura, sociabilidad, altura máxima y mínima tomando en cuenta que en el área de estudio solo existen plantas herbáceas y arbustivas (Ver apéndice I).

1.2.4 Realización de encuestas con 50 moradores de la región, con los objetivos de conocer la historia de la Laguna, su opinión sobre el manejo actual de la misma y la incidencia de este en el proceso de sucesión ecológica, además recabar información sobre las fuentes contaminantes de la Laguna, (Ver apéndice II).







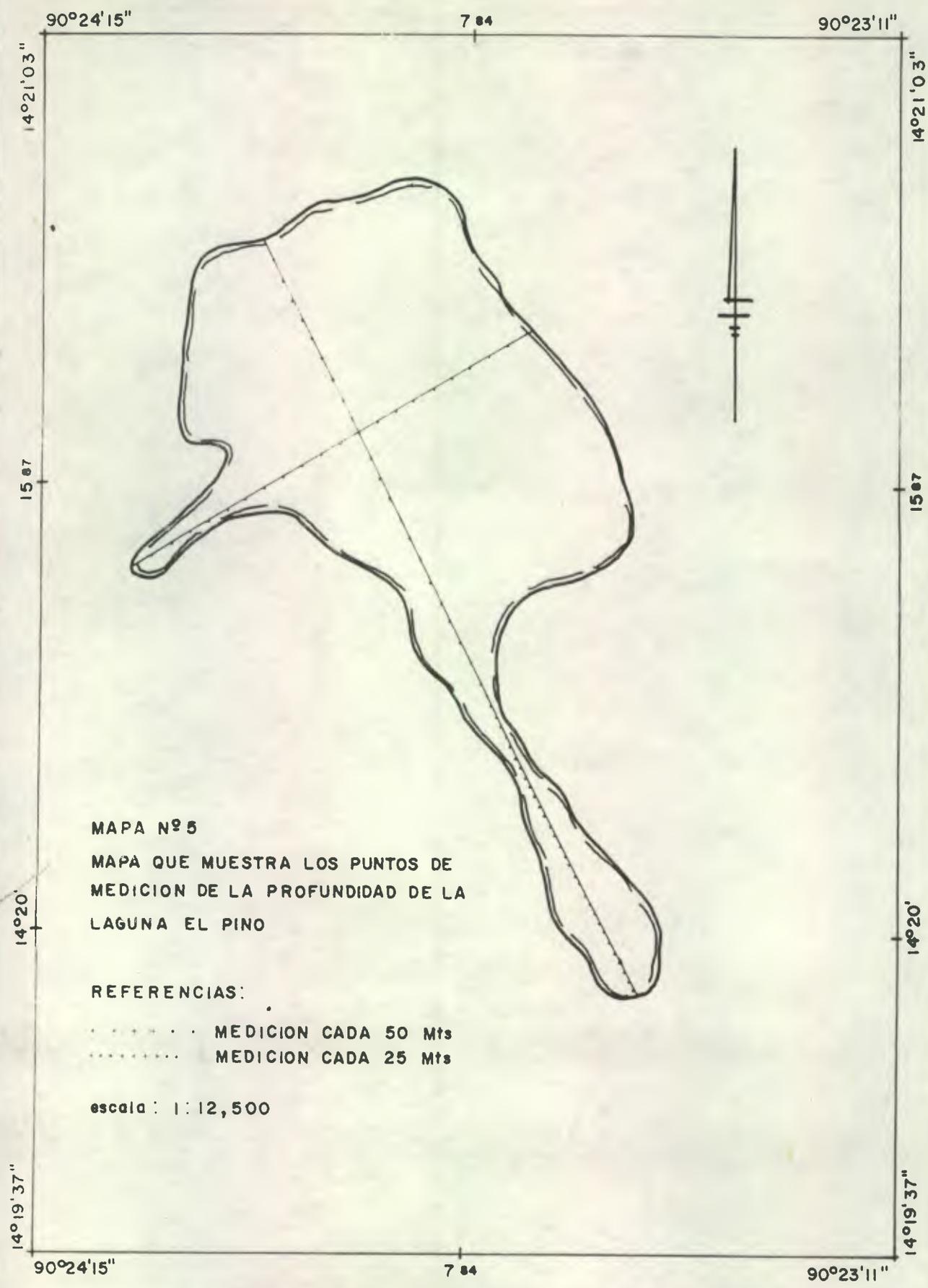


REFERENCIAS

- VEGETACION ACUATICA
(NUMEROS ARABICOS)
- PANTANO
(NUMEROS ROMANO)
- PRADERA
(LETRA MAYUSCULAS)
- ARBUSTOS
(LETRAS MINUSCULAS)

MAPA N°4

LOCALIZACION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA VEGETACION DEL AREA DE ESTUDIO PARA DETERMINAR EL MODELO DE SUCESION ECOLOGICA ACUATICA DE LA LAGUNA EL PINO.
escala : 1 : 12,500



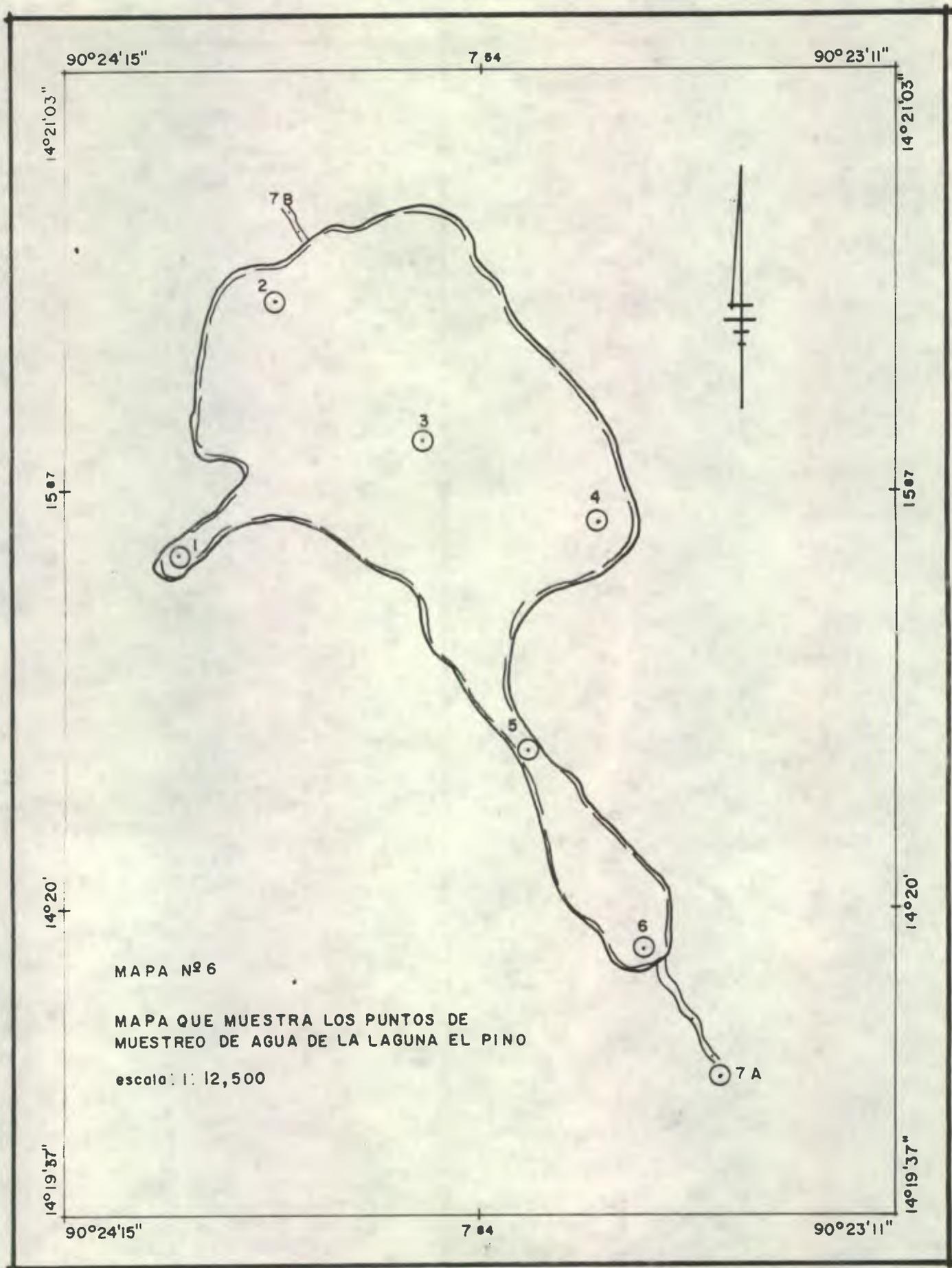
MAPA Nº 5

MAPA QUE MUESTRA LOS PUNTOS DE MEDICION DE LA PROFUNDIDAD DE LA LAGUNA EL PINO

REFERENCIAS:

- MEDICION CADA 50 Mts
- MEDICION CADA 25 Mts

escala : 1 : 12,500



MAPA Nº 6

MAPA QUE MUESTRA LOS PUNTOS DE
MUESTREO DE AGUA DE LA LAGUNA EL PINO

escala: 1:12,500

1.2.5 Se realizó un sondeo de la Laguna, usando un cordel con una plomada en el extremo, Lancha y mapa de la Laguna, con el fin de determinar la profundidad y la fisonomía de la misma, para el efecto se hizo una medición de la profundidad de Norte a Sur de la Laguna y otra medición de Este a Oeste, con esto se obtuvo dos perfiles de la Laguna. Las orientaciones de la medición se observan en el mapa No. 5; la distancia entre puntos de medición de la profundidad fue a cada 50 mts. pero en las partes más reducidas de la Laguna - como en el área Sur se hicieron mediciones a cada 25 metros.

1.2.6 Muestreos de agua de la laguna:

El muestreo de agua de la laguna se dividió en tres partes:

1.2.6.1 Muestreo de agua para análisis Químicos de Campo, estas muestras fueron analizadas directamente en el campo utilizando el equipo -- Hatch, através del cual se hicieron los siguientes análisis químicos: P^H , dureza total, Oxígeno disuelto y Bióxido de Carbono, además se determinó la temperatura ambiente y del agua por medio de un termómetro de escala centígrada; estos análisis químicos de campo del agua se hicieron en las seis estaciones que se observan en el mapa No. 6.

1.2.6.2 Muestreo de agua para análisis químicos de Laboratorio, se hicieron 5 muestreos superficiales y 5 a profundidad de 2 metros, los muestreos se realizaron en las 6 estaciones que se observan en el mapa No. 6 para la toma de estas muestras se uso Lancha, mapa de campo, botellas plásticas y muestreador especial para toma de muestras a profundidad. Las muestras de agua fueron enviadas al Laboratorio de Química y Microbiología de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria donde fueron realizados los siguientes análisis Químicos: P^H , Nitratos, Nitritos, Nitrógeno total, Ortofosfatos y fosfato total.

1.2.6.3 Muestreo de agua para análisis químico del drenaje de la finca -

llamada Nueva Linda y del drenaje de salida de la Laguna. Se hicieron 5 muestreos superficiales, en los puntos que se observan con una "A" y una "B" en el mapa No. 6. Estas muestras de agua se enviaron al Laboratorio de Química y Microbiología de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria para que fueran realizados los siguientes análisis Químicos: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Nitrógeno total y Fosfato total.

- 1.2.7 Colocación de parcelas de Sedimentación; estas se colocaron con el objetivo de analizar las salidas de las plantaciones, es decir el aporte de cada una de ellas en cantidad de Sedimentos y los nutrientes que estos contienen.

Se colocaron cuatro parcelas ubicadas en puntos estratégicos en base a las zonas de vegetación en la cuenca Laguna El Pino como puede observarse en el mapa No. 7.

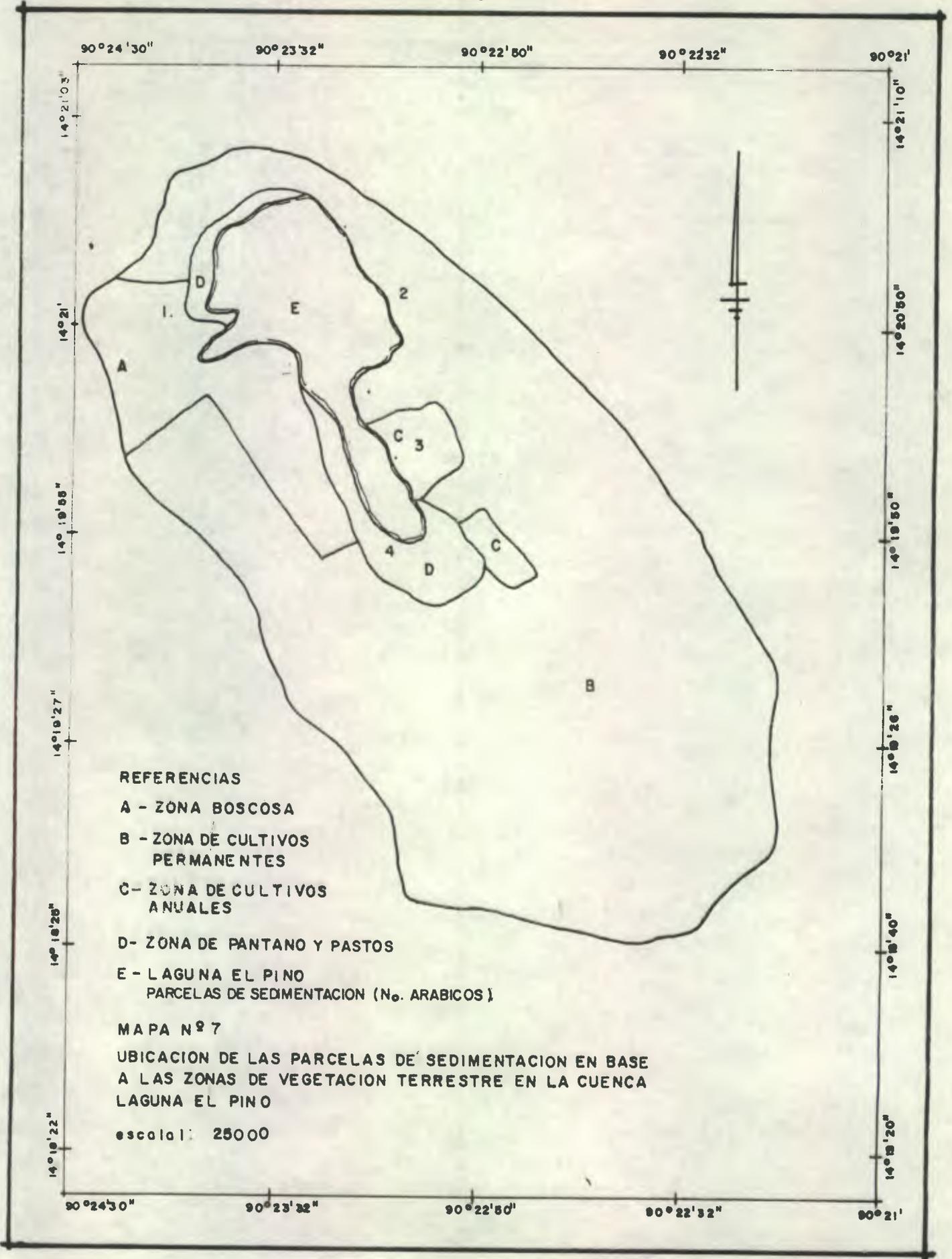
En cada parcela se hizo una descripción de los suelos en lo referente a Textura, Estructura, Profundidad y uso actual, además, se determinó la pendiente del área donde se encuentra la parcela.

El período de registro fue efectuado durante los meses de Julio a Septiembre de 1983, se tomaron datos de precipitación pluvial después de cada lluvia.

La parcela de Sedimentación tuvo una Longitud de 5m. y un ancho de 1m. por lo tanto el área total fue de 5 m². Al final de la parcela fue colocado un embudo de metal que condujo el agua y los sedimentos a un recipiente con una capacidad de 200 litros y enterrado en el suelo justo debajo de la boca del embudo, el recipiente tuvo una tapa de madera que evitó la entrada de lluvia y basuras (Ver apéndice No. III) (22).

1.3 Etapa de Laboratorio:

- 1.3.1 Determinación de las plantas acuáticas y terrestres, para lo cual se utilizó el herbario de la sub-área de Ciencias Biológicas de la



REFERENCIAS

- A - ZONA BOSCOSA
- B - ZONA DE CULTIVOS PERMANENTES
- C - ZONA DE CULTIVOS ANUALES
- D - ZONA DE PANTANO Y PASTOS
- E - LAGUNA EL PINO
PARCELAS DE SEDIMENTACION (N^o. ARABICOS)

MAPA N^o 7

UBICACION DE LAS PARCELAS DE SEDIMENTACION EN BASE A LAS ZONAS DE VEGETACION TERRESTRE EN LA CUENCA LAGUNA EL PINO

escala: 25000

Facultad de Agronomía y el Jardín Botánico de la Universidad de -- San Carlos. Se siguió el sistema de la Flora de Guatemala de Stanley (15).

1.3.2 Cálculo del valor de importancia (VI) para las especies herbáceas.

1.3.2.1 Cálculo de los siguientes parámetros: Cobertura y Frecuencia, se hizo en base a los datos obtenidos de los especímenes vegetales en los muestreos; se utilizó las siguientes fórmulas:

Frecuencia Absoluta (F.A.) y Relativa (F.R.): indican la distribución de las especies dentro del área muestreada.

$$F.A. = \frac{\text{No. de parcelas ocupadas por la especie}}{\text{No. Total de parcelas}}$$

$$F.R. = \frac{\text{F.A. de la especie}}{\sum \text{de F.A. de todas las especies}} \times 100$$

Cobertura Absoluta (C.A.) y Relativa (C.R.): indican el área cubierta por la especie dentro del área total de muestreo. Para arbustos y hierbas la cobertura se expresa en porcentaje (El dato absoluto - se llevó a cobertura por Hectárea).

$$C.A. = \frac{\sum \% \text{ de cobertura en cada parcela}}{\text{No. de parcelas muestreadas (o número de veces que se obtuvo)}}$$

$$C.R. = \frac{\text{C.A. de la especie}}{\sum \text{de las C.A. de todas las especies}} \times 100$$

Con los valores de frecuencia relativa y cobertura relativa, se obtuvo el valor de Importancia para cada especie. Este valor - indica la significancia de las especies, y se define como la suma de los valores relativos de la frecuencia y cobertura para el caso de especies herbáceas, para éstas el valor de importancia máximo - es de 200% (9).

1.3.3 Cálculo del Valor de Importancia (VI) para las especies arbustivas.

1.3.3.1 Cálculo de los siguientes parámetros: Frecuencia Absoluta, Frecuencia Relativa, Cobertura Absoluta, Cobertura Relativa, utilizando las mismas fórmulas empleadas en las especies herbáceas, además para las especies arbustivas es necesario el cálculo de la Densidad Absoluta (D.A.) y la Densidad Relativa (D.R.), para los cuales se utilizan las siguientes Fórmulas:

$$D.A. = \frac{\text{No. de individuos}}{\text{Área muestreada}}$$

$$D.R. = \frac{\text{D.A. de la especie}}{\sum \text{de la densidad de todas las especies (del área arbustiva)}} \times 100$$

Con los valores de Densidad Relativa, Frecuencia Relativa y cobertura Relativa se obtuvo el Valor de Importancia para las especies del área arbustiva.

1.3.4 Determinación del tiempo aproximado entre etapas serales; por estar el área de estudio compuesta solo de especies vegetales herbáceas y arbustivas, la determinación del tiempo de duración entre etapas serales se hizo principalmente en base a la información que proporcionó la encuesta general que se realizó con los habitantes de las áreas aledañas a la Laguna. Además se utilizaron las fotografías aéreas de diferentes épocas para determinar la duración aproximada de etapas arbustivas.

1.3.5 Determinación del modelo de sucesión ecológica de la Laguna:

Se elaboró un esquema donde se incluyó la Laguna, el pantano y la pradera, las diferentes fases de la Sucesión Ecológica acuática; además se enmarcó dentro de este esquema el inicio de la Sucesión Ecológica Terrestre a través de las etapas arbustivas; se utilizó fotografías Terrestres del área de estudio en sus diferentes etapas e información que se obtuvo mediante la interpretación

de fotografías aéreas. Luego se determinó el modelo lineal de la Sucesión Ecológica desde sus etapas herbáceas iniciales en las orillas de la Laguna, hasta las etapas herbáceas y arbustivas del pantano y pradera respectivamente.

- 1.3.6 En el Laboratorio de Química y Microbiología de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala se realizaron los análisis Químicos del agua de Laguna, siendo estos P^H , Nitratos, Nitritos, Nitrógeno Total, Ortofosfatos y fosfato total; además en dicho Laboratorio se realizaron los análisis Químicos del agua del drenaje de la finca Nueva Linda que desemboca en la Laguna y del drenaje de la Laguna; los análisis que se efectuaron fueron: Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

- 1.3.7 Las muestras de los Sedimentos provenientes de las parcelas de Sedimentación se enviaron al Laboratorio de Suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), donde se realizaron los siguientes análisis químicos: materia orgánica, Nitrógeno, fósforo, Potasio, y elementos menores, para el efecto se siguió la metodología de ICTA.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

1. ORIGEN E HISTORIA DE LA LAGUNA EL PINO:

Los datos históricos de la Laguna El Pino se obtuvieron por me dio de la encuesta efectuada a los habitantes de los alrededores de la Laguna, los habitantes le asignan al origen de la Laguna un as pecto religioso, atribuyendo el origen a un milagro divino.

Algunas personas encuestadas indican que la Laguna El Pino tie ne contacto con el lago de Amatitlán, aduciendo que dichos cuerpos de agua se encuentran al mismo nivel. Al comparar la altitud del Lago de Amatitlán (1,186 m.s.n.m.) (18) con la altitud de la Laguna El Pino (1,050 m.s.n.m.) se establece que el Lago de Amatitlán se encuentra 136 mts. más alto que La Laguna El Pino.

En 1,936 posiblemente a causa de alguna falla geológica la Laguna empezó a vaciarse en el área Nor-oeste, en el lugar conocido como el consumidor, pero los dueños de la Finca Viñas, de la que era parte laguna, rellenaron dicha área con distintos materiales co mo ripio, latas, madera, etc., a fin de que la Laguna no se secara.

Algunos datos históricos hacen pensar en el origen catastrófi co de los lagos, por lo tanto posiblemente el origen de la laguna - El Pino se debe a actividades volcánico-tectónicas.

Los encuestados indicaron que la laguna en épocas pasadas era más grande. Algunos coinciden en que ésta se redujo considerablemen te a causa del drenaje que se hizo en la parte norte en el año de - 1935, con el objetivo de causar corrimiento del agua de la Laguna, ya que ésta permanecía estancada y favoreciendo la proliferación del zancudo (Anopheles sp) insecto vector de la malaria, que causó mu chas muertes en los vecinos que habitaban el área. Algunos atribuyen que el drenaje ha provocado un desplazamiento del agua, creando

un vacío en el área Sur, el que ha sido ocupado por vegetación terrestre, ocasionando como consecuencia que ésta área sea donde se observa la mayor reducción de la laguna.

En 1,958 se sembró la especie de pez llamada Cichlasoma managuense (Guapote tigre), y se prohibió la pesca por espacio de ocho meses, la población de éste aumentó considerablemente, pero luego de haberse dado libertad para la pesca, se abusó y la cantidad de peces disminuyó grandemente. A raíz de lo anterior, en 1,962 se sembró la planta acuática Elodea canadensis con el objetivo de proteger los peces, pero desafortunadamente la planta Elodea al morir, va formando gran cantidad de materia orgánica que sirve como sustrato y medio favorable para el desarrollo de plantas superiores, provocando con ello la aceleración del proceso de sucesión ecológica, lo que implicó que la Laguna se cierre más rápidamente.

La Laguna ha tenido cierto mantenimiento de limpieza, ya que en el área conocida como El Consumidero en 1,972, se sacó gran cantidad de planta que formaba un pantano, además los administradores del parque nacional "Laguna El Pino" ordenan chapeos periódicamente para evitar que las plantas invadan la Laguna; sin embargo, ésta limpieza se limita únicamente al área ocupada por el parque, continuando las demás áreas sin mantenimiento. La vegetación sigue invadiendo en forma natural a la Laguna y esto se observa principalmente en el área Sur donde la reducción es mayor, en esta área ocurren grandes azolvamientos, e ingreso de aguas negras, fertilizando el medio acuático y favoreciendo el desarrollo de la vegetación en forma acelerada.

La vegetación que rodea a la Laguna en la actualidad no es la misma que hace aproximadamente 30 años, ya que la existente en esa época consistía en pastizales, granos básicos, especies forestales tropicales, frutales y hortalizas; esta vegetación fue substituida principalmente por plantaciones de cafeto, varias especies de Ingas

y especies forestales que han sido plantadas por el Instituto Nacional Forestal, INAFOR. Según información verbal de los moradores -- del área, las plantaciones de cafeto se iniciaron aproximadamente -- hace 50 años en la parte alta de la cuenca y hace 25 años en la parte baja.

2. DESCRIPCION Y DESARROLLO DE LA LAGUNA:

La Laguna tiene en la actualidad una forma irregular más o menos rectangular con dos golfetes o salientes, uno en el lado Nor-oeste conocido como "El Consumidero" y el otro en el lado Sur (Foto No. 1). La Laguna es poca profunda, tiene una profundidad promedio de 3.78 mts, una máxima de 6 mts., su longitud máxima es de 1,712.50 metros (Norte-Sur) su ancho máximo es de 900 metros (Este-Oeste), su ancho mínimo es de 25 metros en el área Sur (ver gráficas Nos. 1 y 2 y fotografía No. 1).

El área de la Laguna en 1,954 era de 72.50 hectáreas y en 1973 era de 58.25 hectáreas, de acuerdo a la planimetría que se efectuó en base a las fotografías aéreas de esos años (Fotografías Nos. 1 y 2). Lo anterior indica que en 19 años la Laguna perdió 14.25 hectáreas, principalmente en las áreas Sur y Nor-Oeste de la laguna.

En la actualidad se observan claramente los tres pasos de sucesión ecológica que se dan en los lagos y lagunas, siendo estos laguna, pantano y pradera (10). En la fotografía No. 1 y en el mapa No. 3, se pueden observar en el lado Nor-Oeste y en el lado Sur, los pasos desde laguna, vegetación acuática, pantanosa, de pradera y hasta arbustos y algunos árboles, estos últimos ya pertenecen a la sucesión ecológica terrestre.

Al analizar el desplazamiento de 14.25 hectáreas de laguna en 19 años, se considera que es una pérdida importante del área de la Laguna, como para poder inferir que se ha acelerado el proceso de -

sucesión ecológica acuática.

El área de la Laguna era anteriormente mayor y por lo tanto -- también su profundidad, la reducción de la profundidad se explica -- por el relleno gradual que ha sufrido a causa de la acumulación de sedimentos provocados por los procesos erosivos en la cuenca y por acumulación de materia orgánica producida por la vegetación acuática.

En relación al desplazamiento de la Laguna, actualmente se observa que tiende a cerrarse en el golfete del lado Sur.

El volumen de la laguna calculado en base al área de 58.25 hectáreas (1973) y a una profundidad promedio de 3.78 metros, es de -- 2,201,850 metros cúbicos.

Se sabe de la existencia de algunos nacimientos de agua de la laguna, estos son subterráneos, en la actualidad se han detectado -- seis, estando localizado el primero en el lado Oeste, el segundo y el tercero se encuentran en el área Sur-Oeste, el segundo está localizado contiguo al área de cipreses del Parque Nacional Laguna El -- Pino, y el tercero se encuentra en el área denominada de la Ceiba, el cuarto y el quinto se encuentran en el área Sur, el cuarto está ubicado frente al vivero de la Dirección General de Servicios Agrícolas (DIGESA) y el quinto es el llamado pozo Blanco que se encuentra en el lugar denominado "Los Monterroso", el sexto está localizado en el lado Este, los vecinos indican que el sexto nacimiento de agua es un túnel subterráneo al que no se le ha encontrado fin, se cree que es un río subterráneo que ingresa a la laguna.

El agua de la Laguna se usa para regar los viveros nacionales de INAFOR, DIGESA y los viveros particulares de café, para baño, para funcionamiento de los beneficios de café, para el lavado de vestuario y en forma indirecta para uso doméstico por los pozos que se

encuentran en la orilla de la Laguna.

Las especies de peces existentes en la Laguna son Astganax fasciatus (pepesca), Poeciliopsis gracilis (pupo siete puntos), poecilia sphenops (pupo negro), Cichlasoma guttulatum (mojarra), estas son nativas de la laguna, las especies introducidas son: Cichlasoma managuense (guapote tigre), Sarotherodon mosambicus (tilapia), Cyprinus carpio (carpa), entre otras especies animales existentes en la laguna se encuentran: Pomacea sp (caracol), Pachychilus sps (jute) y últimamente se introdujo la Pseudemix ornata (tortuga).

Las especies de aves existentes en la Laguna, El Pantano y la Pradera son la Fúlica americana (gallareta), Bubulcus ibis (garza blanca), Dendrocygna autumnalis (pijije), Jacana spinosa (gallineta), el Podylimbus podiceps (pato zambullidor mediano migratorio).

La cantidad de peces en la Laguna ha disminuido por falta de oxígeno debido a la competencia que efectúan las plantas, por este elemento, la cantidad de aves ha aumentado debido a que se ha prohibido la caza, por el aumento de la vegetación y porque algunas especies que han inmigrado hacia la laguna se han aclimatado quedándose habitando el área.

3. USO ACTUAL DE LA CUENCA LAGUNA EL PINO:

Valenzuela (20) determinó en 1982 que el área de la cuenca es de 710.465 hectáreas, además indica que la cuenca tiene fundamentalmente uso agrícola, el 64.66% del área se destina a este uso, el área ocupada por pastos es de 20.87%, el área ocupada por la laguna es de 8.20% y el área forestal ocupa el 5.71% del total de la cuenca.

Del 64.66% del área con uso agrícola, el 59.23% está ocupada por el cultivo del cafeto, siguiéndole el maíz con 2.57% y los cítri

cos con 1.46%.

Del 5.71% del área con uso forestal, el 2.65% está ocupada por Cupressus lucitanica, siguiéndole en importancia el Pinus montezumae con 1.89% y Casuarina cunninghamia con 0.93% (20).

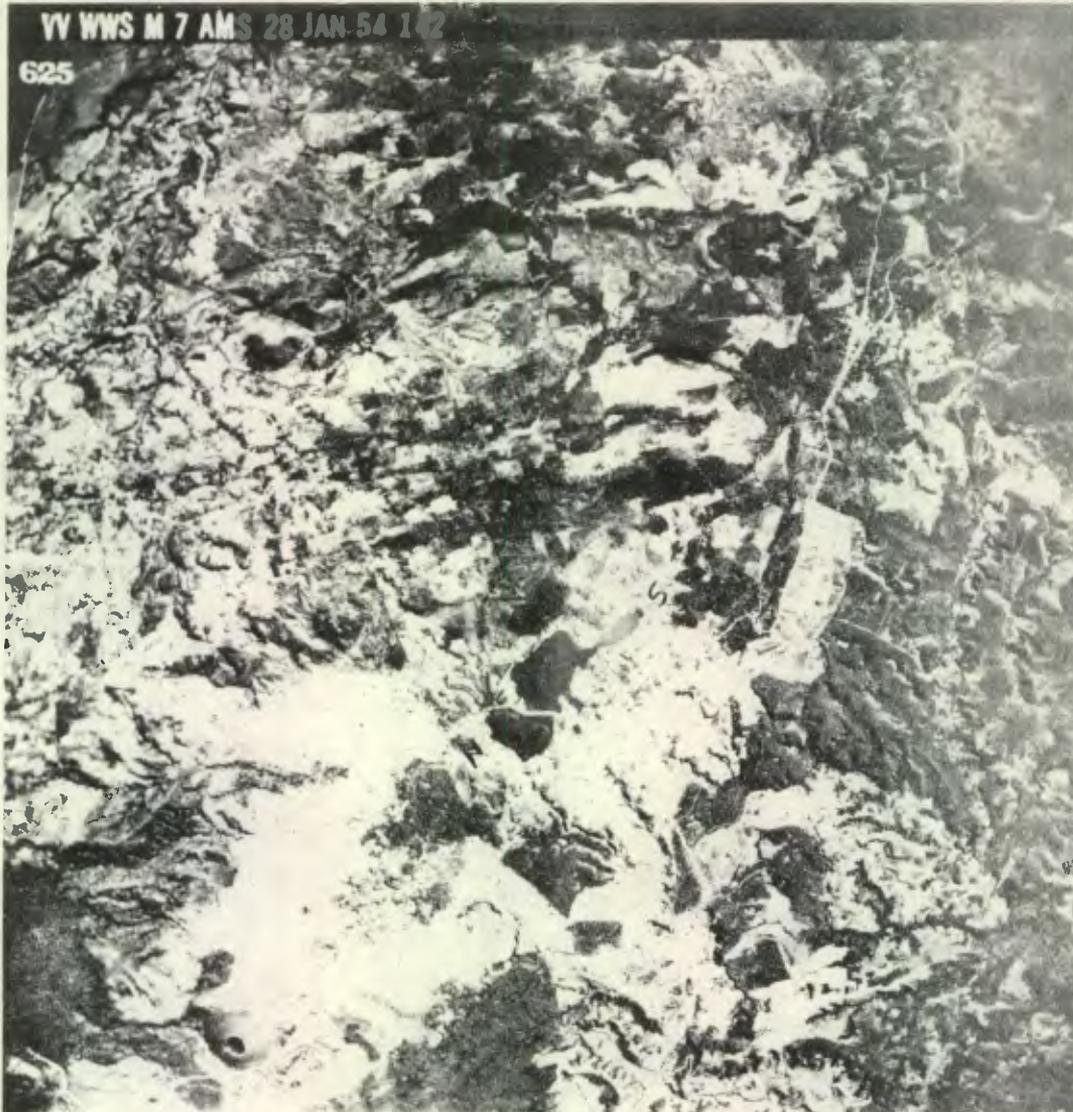
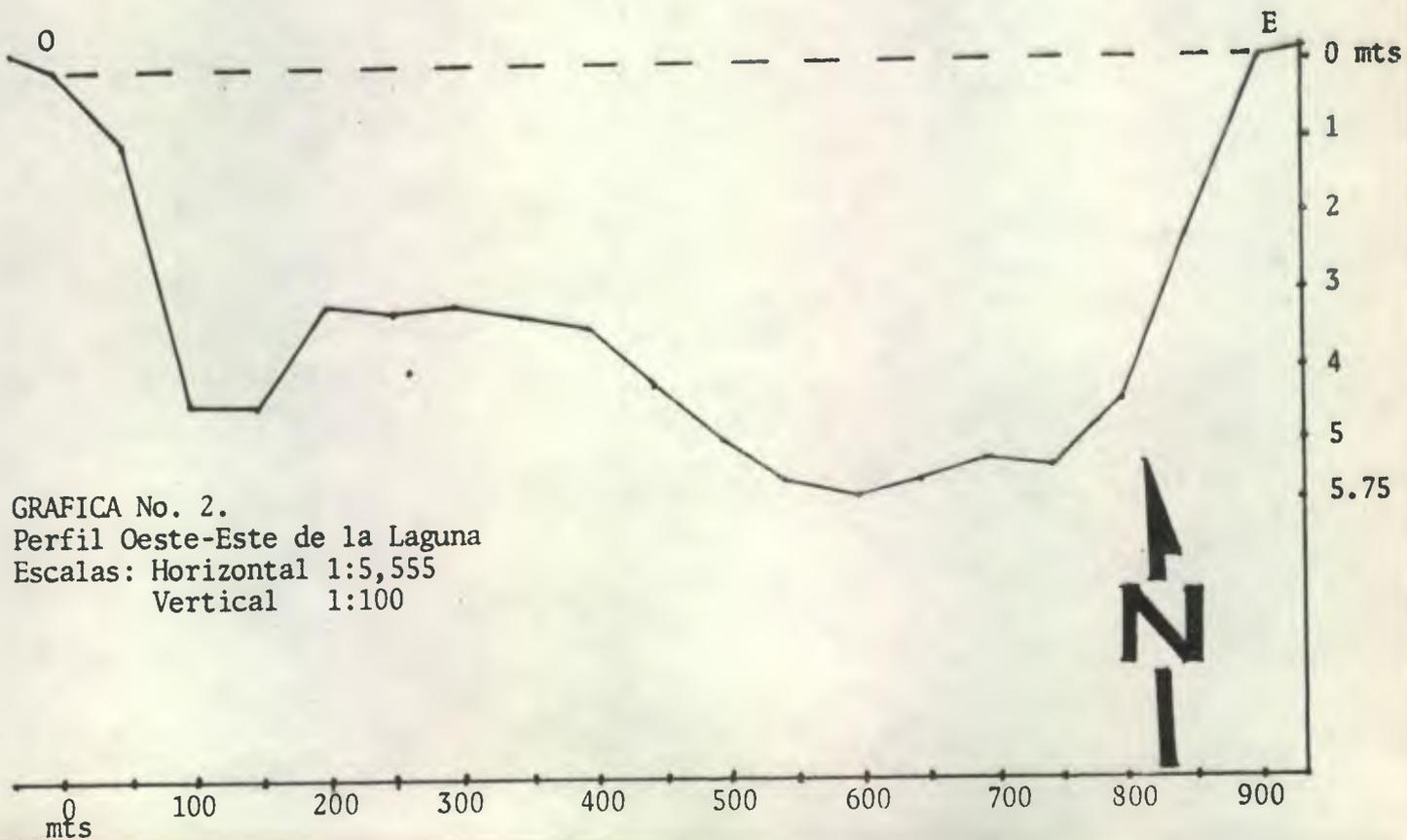
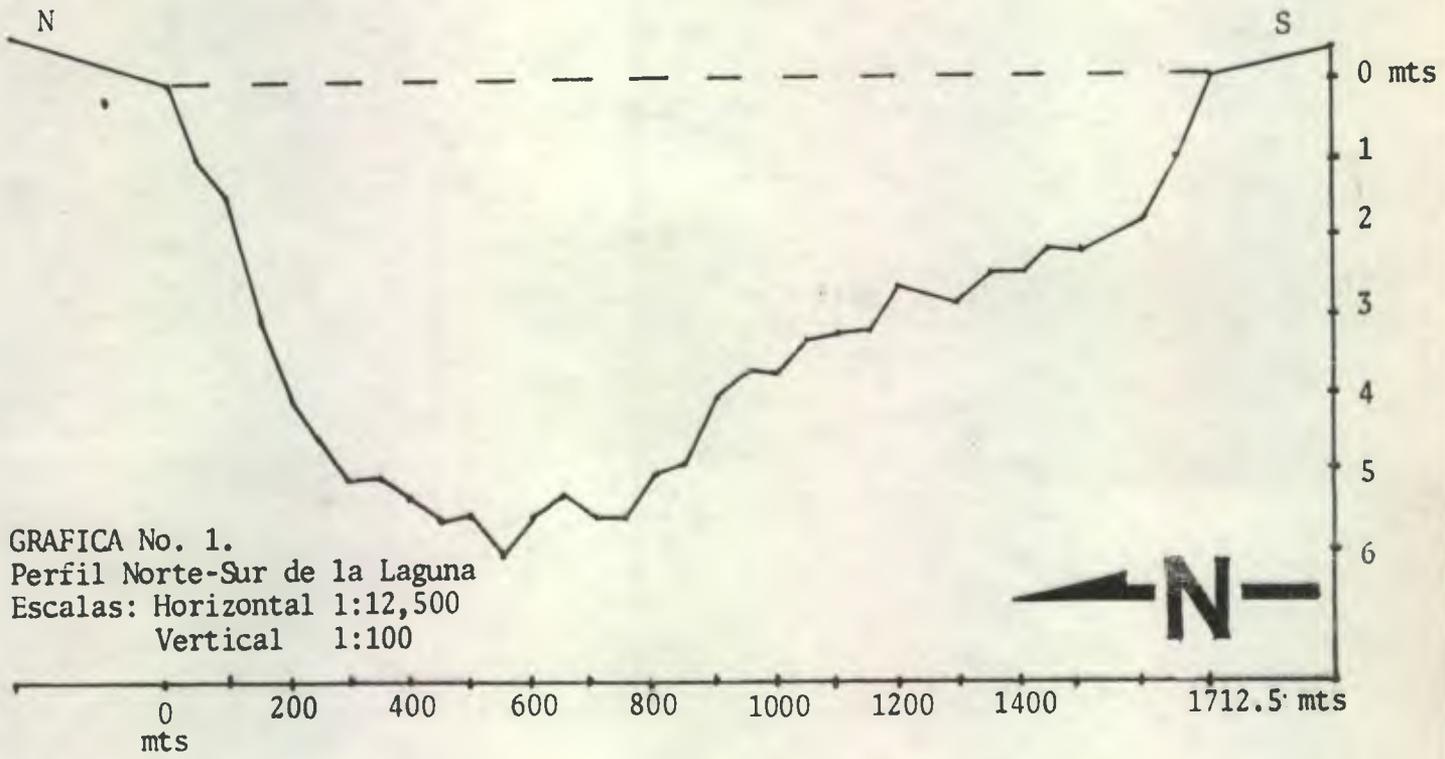


FOTO No. 1. Fotografía aérea de la Laguna El Pino del año 1954
obsérvese el área sur (S) donde se presenta la mayor reducción
del área.



FOTO No. 2. Fotografía aérea de la Laguna El Pino del año 1973, obsérvese la reducción en el golfete del lado Sur (S). Las fotografías 1 y 2 están a diferente escala.



4. COMPOSICION VEGETAL DEL AREA DE ESTUDIO:

En el área de estudio se llegaron a determinar un total de 19 familias que presentan la cantidad de 30 especies diferentes. Ver Cuadro No. 1.

La familia Graminaceae es la que tiene mayor número de especies de condición herbacea; la familia Cyperaceae presenta 4 especies diferentes en condición herbacea. En términos relativos la familia Graminaceae presenta una diversidad de 20% y la familia Cyperaceae con 13.33% (Ver gráfica No. 3).

En el estrato Herbaceo, están presentes un total de 17 familias que presentan una composición de 28 especies diferentes (Ver cuadro No. 2). La familia Graminacea resultó ser la más abundante, presentando un 21.48% de diversidad, siguiendole la familia Cyperaceae con un 14.29% de diversidad (Ver gráfica No. 4 y cuadro No. 3).

El estrato arbustivo presenta 5 familias, con un total de 6 especies diferentes (Ver cuadro 3), la familia Polygononaceae posee 2 especies para un valor de 33.33% y las familias Mimosaceae solanaceae salicaceae y onagraceae con una especie cada una poseen un 16.66% de diversidad. (Ver gráfica No. 5)

CUADRO No. 1. COMPOSICION DEL AREA DE ESTUDIO. POR FAMILIA

FAMILIA	NOMBRE TECNICO
1. Graminaceae	<u>Leersia hexandra</u> swarts <u>Cynodon dactilon</u> <u>Androposon bicornis</u> <u>Brachiaria mítica</u> <u>Di itaria sanguinalis</u> <u>Hiparhenia ruffa</u>
2. Cyperaceae	<u>Elocharis montana</u> HBK <u>Scripus cubensis</u> peopp, kunt <u>Elocharis fistulosa</u> poins, link <u>Rhynchospora corymbosa</u> L. Britton
3. Gentiaceae	<u>Nymphoides humboldtium</u> HBK
4. Pontederiaceae	<u>Eichornia crassipens</u> HBK
5. Mimosaceae	<u>Mimosa pigra</u>
6. Typhaceae'	<u>Typha dominguensis</u> <u>Typha sp</u>
7. Xiridaceae.	<u>Xyris jupiacai.</u> L.

CONT. CUADRO No. 1

FAMILIA	NOMBRE TECNICO
8. Hydrocaritaceae	<u>Elodea canadensis</u> Michx
9. Onagraceae	<u>Jussiaea leptocarpa</u> Nut <u>Jussiaea suffruticosa</u> L.
10. Verbenaceae	<u>Lantana camara</u>
11. Malvaceae	<u>Sida</u> sp.
12. Amarantaceae	<u>Iresine calea</u> Ibañes
13. Leguminosaceae	<u>Phaseolus</u> sp.
14. Asclepiadaceae	<u>Asclepias curasavica</u> .
15. Solanaceae	<u>Solanum globiferum</u> . Dunal
16. Polygonaceae	<u>Polygonum hispidum</u> HBK <u>Polygonum ocuminatum</u> HBK
17. Salicaceae	<u>Salix alba</u>
18. Begoniaceae	<u>Begonia</u> sp.
19. Polipodiaceae	<u>Polipodium</u> sp.

CUADRO No. 2. ESPECIES POR FAMILIA PRESENTES EN EL ESTRATO HERBACEO

NOMBRE TECNICO	FAMILIA
1. <u>Leersia hexandra</u> . Swarts 2. <u>Cynodon dactilon</u> 3. <u>Andropoaon bicornis</u> L. 4. <u>Brachiaria mítica</u> 5. <u>Digitaria sanguinalis</u> 6. <u>Hipharhenia ruffa</u>	Graminaceae
7. <u>Elocharis montana</u> HBK 8. <u>Scripus cubensis</u> . Poepp, Kunt 9. <u>Elocharis fistulosa</u> . Poinx Link 10. <u>Rhynchospora corymbosa</u> L. Britton	Cyperaceae
11. <u>Nymphoides humboldtianum</u> HBK	Gentiacaeae
12. <u>Eichornia crassipens</u> HBK	Ponte deriaceae
13. <u>Typha dominguensis</u> 14. <u>Typha sp.</u>	Typhaceae
15. <u>Xyris jupicai</u> L.	Xiridaceae
16. <u>Elodea canadensis</u> Michx	Hidrocaritaceae
17. <u>Jussiaea leptocarpa</u> Nut 18. <u>Jussiaea suffruticosa</u> L.	Onagraceae
19. <u>Sida sp.</u>	Malvaceae

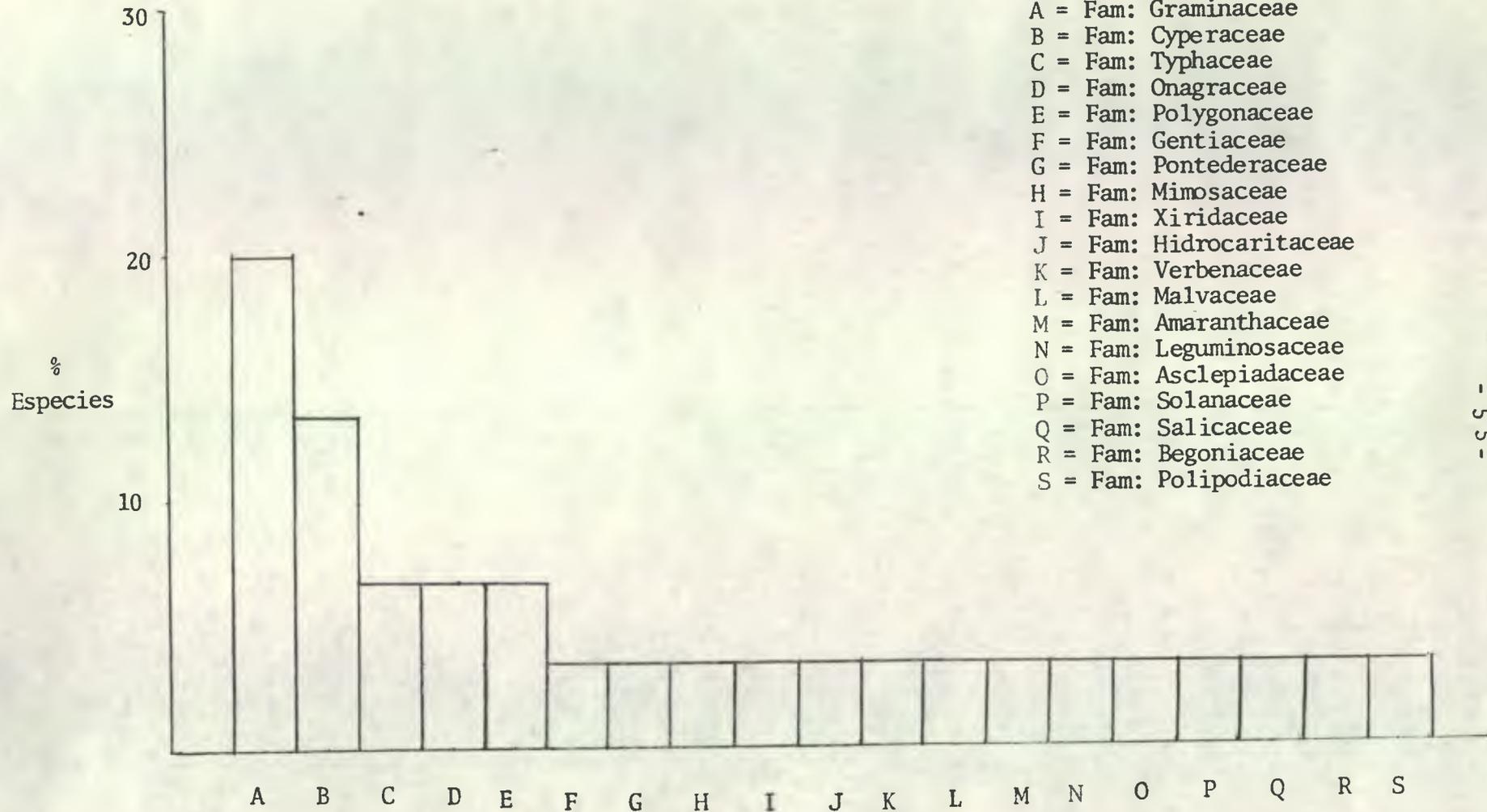
CONT. CUADRO No.2

NOMBRE TECNICO	FAMILIA
20. <u>Phaseolus</u> <u>sp.</u>	Leguminosaceae
21. <u>Asclepias</u> <u>curasavica</u>	Asclepiadaceae
22. <u>Solanum</u> <u>globiferum</u> Dunal	Solanaceae
23. <u>Polygonum</u> <u>hispidum</u> HBK 24. <u>Polygonum</u> <u>acuminatum</u> HBK	Polygonaceae
25. <u>Begonia</u> <u>sp.</u>	Begoniaceae
26. <u>Lantana</u> <u>cámara</u>	Verbenaceae
27. <u>Iresine</u> <u>calea</u> Ibañes	Amarantacea
28. <u>Polipodium</u> <u>sp.</u>	Polipodiaceae

CUADRO NO. 3. ESPECIES POR FAMILIA PRESENTES EN EL ESTRATO ARBUSTIVO

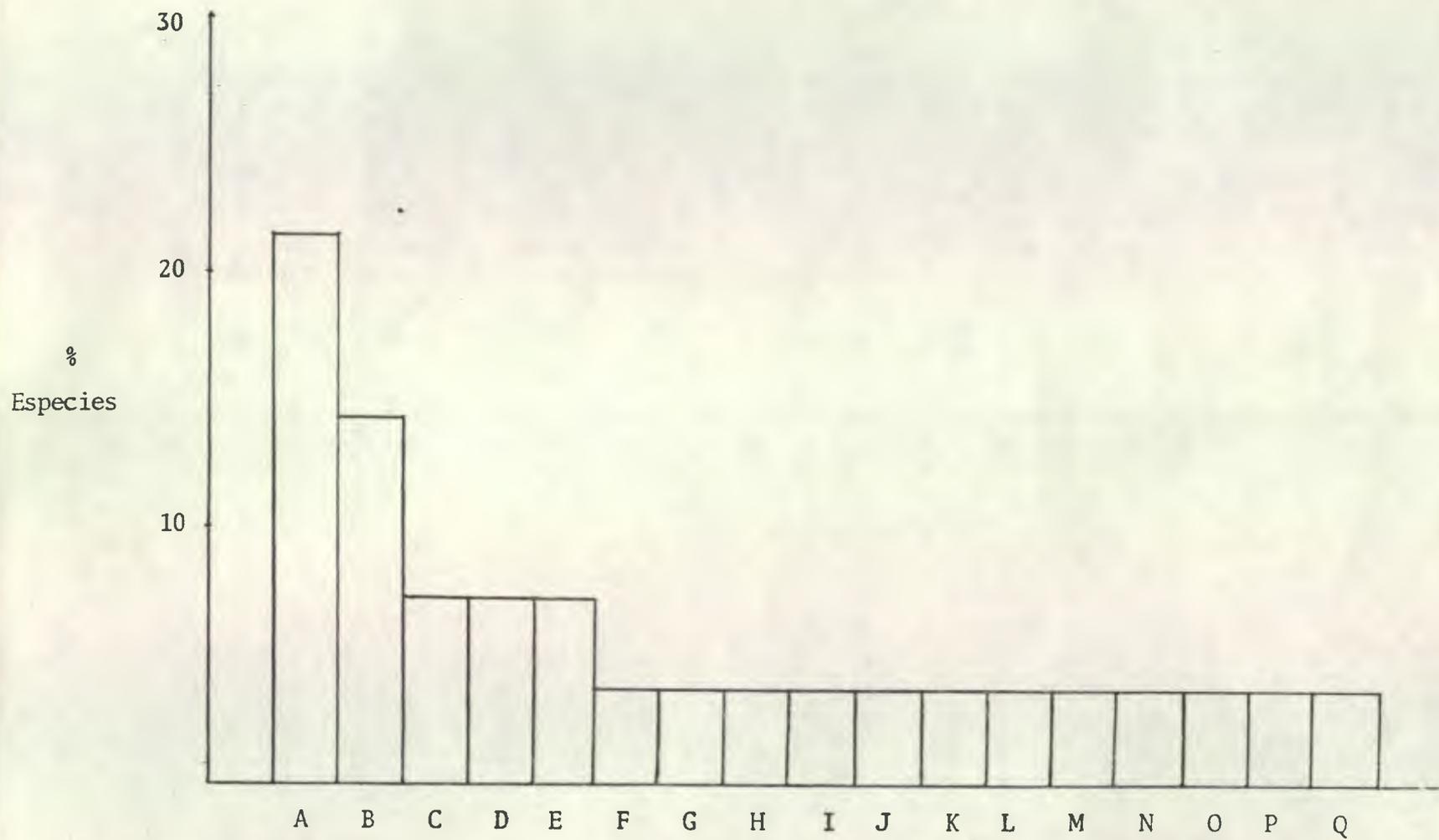
NOMBRE TECNICO	FAMILIA
1. <u>Mimosa pigra</u>	Mimosaceae
2. <u>Solanum globiferum</u>	Solanaceae
3. <u>Salix alba</u>	Salicaceae
4. <u>Polygonum hispidum</u>	Poligonaceae
5. <u>Polygonum globiferum</u>	
6. <u>Jussiaea leptocarpa</u>	Onagraceae

REFERENCIAS PARA LAS
GRAFICAS Nos. 1,2 y 3.

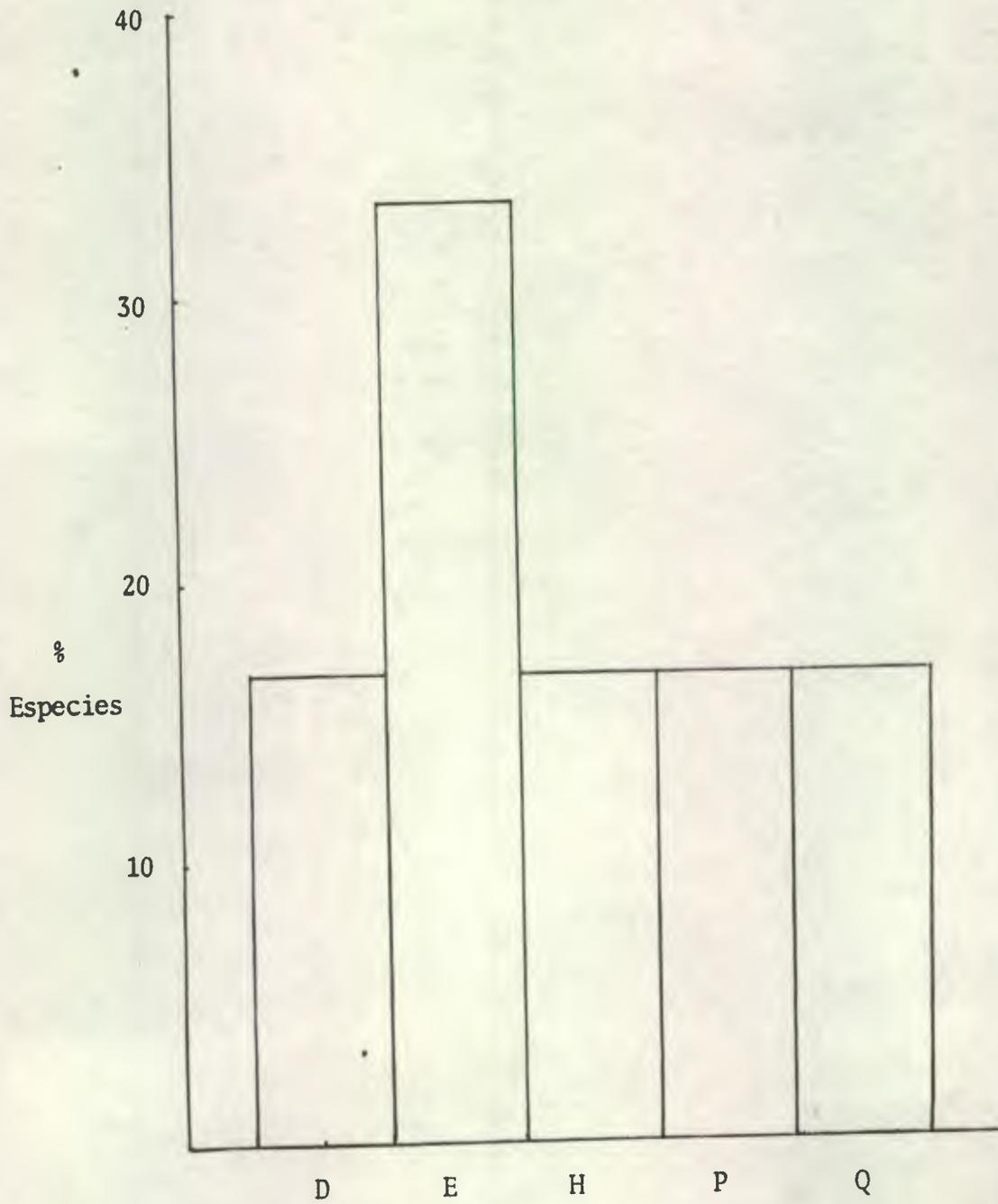


- A = Fam: Graminaceae
- B = Fam: Cyperaceae
- C = Fam: Typhaceae
- D = Fam: Onagraceae
- E = Fam: Polygonaceae
- F = Fam: Gentiaceae
- G = Fam: Pontederaceae
- H = Fam: Mimosaceae
- I = Fam: Xiridaceae
- J = Fam: Hidrocaritaceae
- K = Fam: Verbenaceae
- L = Fam: Malvaceae
- M = Fam: Amaranthaceae
- N = Fam: Leguminosaceae
- O = Fam: Asclepiadaceae
- P = Fam: Solanaceae
- Q = Fam: Salicaceae
- R = Fam: Begoniaceae
- S = Fam: Polipodiaceae

Gráfica No. 3. Diversidad de especies por familias en el área de estudio



Gráfica No. 4. Diversidad de especies por familia. Estrato herbáceo.



Gráfica No. 5. Diversidad de especies por familia.
Estrato arbustivo

5. CUANTIFICACION DE LA COMPOSICION VEGETAL:

En las etapas siguientes: Fitoplancton, Elodea y Salix, cuya cuantificación se hizo por simple inspección (o sea por el método cualitativo); ya que para el caso del fitoplancton es muy sofisticada su cuantificación y en Guatemala aún no se cuenta con el equipo necesario para hacerla; en el caso de la etapa de Elodea, esta especie es sumergida y se encuentra en toda la orilla de la Laguna formando una densa capa vegetal, por lo que no fue necesario cuantificarla. Para el caso de la etapa de Salix, en el presente estudio se hace la aclaración de que se estima que esta etapa es la precursora de la condición arborea, puesto que esta especie se encuentra diseminada entre los arbustos de Mimosa pigra, pero la cantidad de árboles de Salix es pequeña, por lo que fue necesario cuantificarla dentro de la etapa arbustiva de Mimosa. Por simple inspección se puede estimar que Salix es la etapa que continúa en el proceso de desarrollo del ecosistema.

Por el método cuantitativo (Muestreo por parcelas) fueron determinadas 5 etapas serales identificadas para efectos de estudio de acuerdo al nombre genérico de la especie de mayor valor de importancia dentro de la etapa seral. Quiere decir que en el estudio -- fueron determinadas un total de 8 etapas serales y 5 condiciones vegetales.

5.1 CONDICION HERBACEA ACUATICA:

5.1.1 ETAPA DE FITOPLANCTON:

En esta etapa se incluyen los organismos flotantes, integrados por diferentes especies de algas que se encuentran en la Laguna.

5.1.2 ETAPA DE ELODEA:

Esta etapa está integrada únicamente por la especie Elodea ca-

nadensis, que se encuentra sumergida en toda la orilla de la Laguna, aunque en el período de floración de la planta, las flores emergen por encima del agua.

5.1.3 ETAPA DE EICHORNIA:

Esta etapa es la última que se presenta en condición herbacea acuática. En esta etapa se encontraron 11 especies formando la comunidad, siendo la especie Eichornia crassipes, una pontederiaceae, la que presenta mayor significancia, presentando un valor de importancia de 44.85%. Las otras especies presentes, Elocharis montana, una ciperaceae, le sigue con un valor de importancia de 26.19%, luego Scripus cubensis, también Cyperaceae con un valor de importancia de 25.54%, a continuación le sigue Jussiaea leptocarpa una onagraceae con una significancia de 24.72%., el detalle de las demás especies puede observarse en el cuadro No. 4.

5.2 CONDICION HERBACEA DE PANTANO:

5.2.1 ETAPA DE ELOCHARIS:

Esta etapa es la primera de las dos que se encuentran en el -- pantano, la constituye una comunidad vegetal con 14 especies, siendo la que presenta el mayor V.I. la especie Elocharis fistulosa, una Cyperaceae con un valor de 44.68%, luego se encuentra la especie An dropogon bicornis, una graminaceae con un V.I. de 28.48%. Las demás especies de esta comunidad, presentan valores de importancia (V.I.) más bajos como puede observarse en el cuadro No. 5.

5.2.2 ETAPA DE TYPHA:

En esta etapa la comunidad está formada por 12 especies, siendo la especie Typha dominguensis, una Typhaceae, la que presenta mayor significancia, habiendo 47.61%, le sigue la especie Elocharis fistulosa con un V.I. de 30.64%, a continuación se encuentran las -

demás especies con significancia más baja como puede verse en el --
cuadro No. 6.

5.3 CONDICION HERBACEA DE PRADERA:

5.3.1 ETAPA DE HYPHARHENIA:

Esta etapa es la única que se presenta en la condición herba--
cea de pradera. La constituye una comunidad vegetal con 14 especies
siendo la de mayor V.I. la especie Hypharhenia ruffa con un valor -
de 37.32%. Luego se encuentra la especie Brachiaria mítica con --
33.32% de V.I., a continuación la especie Leersia exandra con una
significancia de 32.90%. Las otras especies presentes tienen baja
significancia en la comunidad, lo que puede observarse al analizar
el cuadro No. 7.

5.4 CONDICION ARBUSTIVA:

5.4.1 ETAPA DE MIMOSA:

Esta etapa es la única que se presenta en la condición arbusti
va. Está formada por 6 especies, siendo la especie Mimosa pigra -
una leguminosaceae de la sub-familia Mimosaceae la que presenta ma-
yor significancia con un V.I. de 191.42%, las otras especies presen
tes en esta etapa resultan ser insignificantes, respecto a la domi-
nancia mostrada por la Mimosa, como puede observarse en el cuadro -
No. 8.

5.5 CONDICION ARBOREA:

5.5.1 ETAPA DE SALIX:

Esta etapa fue estimada cualitativamente y cuantitativamente, -
ya que la especie Salix alba se encuentra diseminada en pequeños --
grupos de árboles dentro de la etapa de Mimosa, presentando una den

CUADRO No. 4. ANALISIS DE LA COMPOSICION HERBACEA ACUATICA
"ETAPA DE EICHORNIA"

ESPECIE	CA %	F.A.	CR %	FR %	VI
<u>Eichornia crassipens</u>	43.92	0.93	22.82	22.03	44.85
<u>Elocharis montana</u>	26.25	0.53	13.64	12.55	26.19
<u>Scripus cubensis</u>	25.00	0.53	12.99	12.55	25.54
<u>Jussiaea leptocarpa</u>	17.50	0.66	9.09	15.63	24.72
<u>Leersia exandra</u>	16.40	0.33	8.52	7.81	16.33
<u>Elocharis fistulosa</u>	11.60	0.33	6.02	7.81	13.83
<u>Nymphoides humboldtianum</u>	5.42	0.46	2.81	10.90	13.71
<u>Polipodium sp.</u>	20.00	0.06	10.39	1.42	11.81
<u>Thypa dominguensis</u>	15.00	0.06	7.79	1.42	9.21
<u>Thypa sp.</u>	8.00	0.13	4.15	3.08	7.23
<u>Jussiaea suffruticosa</u>	3.33	0.20	1.73	4.73	6.46

CUADRO No. 5. ANALISIS DE LA COMPOSICION HERBACEA DE PANTANO
"ETAPA DE ELOCHARIS"

ESPECIE	CA %	F.A.	CR %	ER %	VI
<u>Elocharis fistulosa</u>	65.00	0.8	31.35	13.33	44.58
<u>Andropogon bicornis</u>	38.33	0.6	18.48	10.00	28.48
<u>Elocharis montana</u>	25.00	0.4	12.05	6.66	18.71
<u>Leersia exandra</u>	30.00	0.2	14.47	3.33	17.70
<u>Jussiaea leptocarpa</u>	7.33	0.6	3.53	10.00	13.53
<u>Xyris jupicai</u>	20.00	0.2	9.64	3.33	12.97
<u>Jussiaea suffruticosa</u>	5.66	0.6	2.73	10.00	12.73
<u>Scripus cubensis</u>	3.00	0.6	1.44	10.00	11.44
<u>Begonia sp.</u>	1.00	0.6	0.48	10.00	10.48
<u>Eichornia crassipens</u>	2.50	0.4	1.20	6.66	7.86
<u>Polipodium sp.</u>	1.50	0.4	0.72	6.66	7.38
<u>Thypha dominguensis</u>	4.00	0.2	1.92	3.33	5.25
<u>Rhynchospora corymbosa</u>	2.00	0.2	0.96	3.33	4.29
<u>Nimphoides humboldtianum</u>	2.00	0.2	0.96	3.33	4.29

CUADRO No. 6. ANALISIS DE LA COMPOSICION HERBACEA DE PANTANO
"ETAPA DE TYPHA"

ESPECIE	CA %	F.A.	CR %	FR %	VI
<u>Typha dominguensis</u>	43.00	1.0	31.99	15.62	47.61
<u>Elocharis fistulosa</u>	20.20	1.0	15.02	15.62	30.64
<u>Rhynchospora corymbosa</u>	13.75	0.8	10.22	12.50	22.62
<u>Scripus cubensis</u>	16.66	0.6	12.39	9.37	21.76
<u>Jussiaea suffruticosa</u>	4.80	1.0	3.57	15.62	19.19
<u>Typha sp.</u>	15.00	0.2	11.15	3.12	14.27
<u>Jussiaea leptocarpa</u>	4.00	0.6	2.97	9.37	12.34
<u>Andropogon bicornis</u>	3.00	0.4	2.23	6.25	8.48
<u>Nymphoides humboldtium</u>	5.00	0.2	3.72	3.12	6.84
<u>Leersia exandra</u>	4.00	0.2	2.97	3.12	6.09
<u>Brachiaria mítica</u>	3.00	0.2	2.23	3.12	5.35
<u>Xyris jupicai</u>	2.00	0.2	1.48	3.12	4.60

CUADRO No. 7. ANALISIS DE LA COMPOSICION HERBACEA DE LA PRADERA
"ETAPA DE HIPHARHENIA"

ESPECIE	CA %	F.A.	CR %	FR %	VI
<u>Hypharhenia ruffa</u>	87.50	0.2	31.61	5.71	37.32
<u>Brachiaria mítica</u>	29.00	0.8	10.47	22.85	33.32
<u>Leersia exandra</u>	35.71	0.7	12.90	20.00	32.90
<u>Cynodon dactilon</u>	50.00	0.3	18.06	8.57	26.63
<u>Elocharis montana</u>	13.25	0.4	4.78	11.42	16.20
<u>Digitaria sanguinalis</u>	20.00	0.1	7.22	2.85	10.07
<u>Sida sp.</u>	20.00	0.1	7.22	2.85	10.07
<u>Polygonum acuminatum</u>	2.33	0.3	0.84	8.57	9.41
<u>Rynchospora corymbosa</u>	5.00	0.1	1.80	2.85	4.65
<u>Phaseolus sp.</u>	5.00	0.1	1.80	2.85	4.65
<u>Mimosa pigra</u>	5.00	0.1	1.80	2.85	4.65
<u>Jussiaea suffruticosa</u>	2.00	0.1	0.72	2.85	3.57
<u>Iresine calea</u>	1.00	0.1	0.36	2.85	3.21
<u>Lantana camara</u>	1.00	0.1	0.36	2.85	3.21

CUADRO No. 8. ANALISIS DE LA COMPOSICION ARBUSTIVA
"ETAPA DE MIMOSA"

ESPECIE	CA %	FA	D No. Ind/Ha	CR %	FR %	DR %	VI
<u>Mimosa pigra</u>	87.80	1.0	7250	74.56	45.55	71.41	191.42
<u>Jussiaea leptocarpa</u>	8.00	0.3	980	6.79	13.63	9.30	29.72
<u>Solanum globiferum</u>	10.00	0.2	1200	8.49	9.09	11.39	28.97
<u>Salix alba</u>	5.75	0.4	130	4.88	18.18	1.23	24.29
<u>Polygonum hispidum</u>	2.50	0.2	400	2.12	9.09	3.79	15.00
<u>Asclepias curasabica</u>	4.00	0.1	300	3.39	4.54	2.84	10.77

sidad de 130 individuos/Ha. y con un V.I. de 24.29% como puede verse en el cuadro No. 8, esta etapa se estimó cualitativamente porque los grupos de árboles que se encuentran entre la etapa de Mimosa sobresalen ya que presentan alturas, entre 0.50 mts y 6 mts, en contraposición de los arbustos de Mimosa que presentan alturas entre 0.30 mts y 3 mts, como puede verse en el cuadro No. 10, lo que por simple inspección denota el inicio de un nuevo estrato, el arboreo en este caso representado por la especie de Salix alba.

6. CARACTERIZACION DEL MODELO DE SUCECION ECOLOGICA Y TIEMPO DE DURACION APROXIMADO ENTRE ETAPAS SERALES:

La sucesión ecológica acuática de la Laguna El Pino, presenta 5 condiciones vegetales claramente definidas en el área de estudio, primero se presenta la condición acuática, donde se determinaron 3 etapas serales, siendo ellas las etapas de Fitoplancton, Elodea y Eichornia, a continuación se encuentra la condición pantanosa donde se determinaron 2 etapas serales, siendo ellas las etapas de Elodea y Typha, luego se encuentra la condición de pradera donde se determinó la etapa de Hypharhenia, seguidamente se presenta la condición arbustiva donde se determinó la etapa de Mimosa y por último se presenta la condición arborea donde se encuentra la etapa de Salix.

La sucesión ecológica de la Laguna El Pino también se divide en 2 grandes partes, la parte hídrica que comprende las condiciones acuática y pantanosa, es decir desde la etapa de Fitoplancton hasta la etapa de Typha y la parte terrestre o sea donde se inicia el suelo firme que comprende las condiciones de pradera, arbustiva y arborea, es decir desde la etapa seral de Hypharhenia hasta la etapa de Salix.

Lo anteriormente expuesto demuestra que en el área de estudio se presenta el fenómeno natural que ocurre en los cuerpos de agua -

pequeños, es decir se presenta una sucesión acuática al principio y finalmente se presenta la sucesión ecológica terrestre, que en el presente caso se inicia desde la etapa de Hypharhenia.

En la figura No. 1, se ilustra la secuencia que siguen las etapas en el proceso de sucesión y en el mapa No. 3, se puede observar la forma en que se encuentra el área de estudio mostrando las distintas condiciones del desarrollo del ecosistema.

6.1 ETAPA DE FITOPLANCTON:

Como en toda sucesión ecológica acuática vegetal, esta etapa resulta ser la pionera o inicial del proceso.

En el presente estudio no se cuantificó la presencia de algas, pero por simple inspección puede observarse la presencia de estos organismos no enraizados que se muestran flotantes y de coloración verde sobre la superficie del agua, tampoco se determinaron las especies presentes, pero por referencias bibliográficas puede estimarse que se trata de distintos grupos de algas como diatomeas (Bacillareaceae), algas verdes (Chlorophyta) y las algas verde azul (Cyanophyta), principalmente (1).

El tiempo de apareamiento y dominancia de esta etapa seral no se estableció, puesto que este análisis pertenece a otro tipo de estudio Biológico.

6.2 ETAPA DE ELODEA:

En esta etapa la única especie presente es la Elodea canadensis, que como se indicó anteriormente fue introducida a la Laguna en el año 1962 y desde esa época se integró al ecosistema, jugando un papel muy importante puesto que está influyendo en acelerar el proceso de sucesión, ya que esta planta al morir forma un substrato

adecuado para el desarrollo de plantas superiores. Lo anteriormente expuesto se confirma con lo indicado por los moradores de la región quienes afirman que desde que se introdujo la Elodea canadensis, la Laguna ha sufrido mayor reducción de su área.

Esta etapa tiene una dominancia aproximada de 1 a 2 años, hasta que se empieza a establecer la otra comunidad seral.

6.3 ETAPA DE EICHORNIA:

Esta comunidad aparece en el área a los 2 a 4 años de haberse iniciado el proceso, es decir, luego de haber pasado el área por -- las etapas de Fitoplancton y Elodea.

La especie dominante resulta ser Eichornia crasipens conocida como ninfa o lirio acuático, esta es una pontederiaceae, cuyas raíces se encuentran flotando bajo el agua y sus hojas emergen sobre el agua; aunque también se presenta enraizada en suelo firme. Esta especie contribuye grandemente en la aceleración del proceso de sucesión ecológica ya que tiene la característica de formar balsas de vegetación que se desprenden de las orillas y se desplazan hacia el interior de la Laguna, donde encallan y enraízan constituyendo pequeñas islas que aumentan de tamaño fusionándose entre sí y finalmente con la orilla, siendo esta la forma como la Eichornia crassipes invade la Laguna, reduciendo su área.

Otra especie importante de la comunidad es la Elocharis montana, conocida como Juncos acuáticos; en algunas áreas de la laguna - se presenta como la primer planta emergente sobre el agua.

El tiempo de dominancia de Eichornia crassipes en esta comunidad seral es de 1 a 2 años. Esta etapa es la última de la condición acuática, esto quiere decir que las comunidades herbáceas acuáticas declinan a los 3 o 4 años de iniciado el proceso.

6.4 ETAPA DE ELOCHARIS:

En esta comunidad seral, la especie dominante es Elocharis fistulosa, conocida como Pajía, es una planta herbacea con un tallo cilíndrico de 2 milímetros de grosor y una altura máxima de 1 metro.

Esta etapa es la primera que se encuentra en la condición de pantano, y además se diferencia de la etapa de Typha en que las especies de la etapa de Elocharis se encuentran formando un estrato más bajo en altura ya que estas poseen una altura media de 1 mt y las de Typha una altura media de 2.50 mt.

Esta etapa se establece de 5 a 8 años de iniciado el proceso y tiene una dominancia aproximada de 3 a 4 años, hasta que se empieza a establecer la siguiente comunidad.

6.5 ETAPA DE TYPHA:

La especie dominante en esta comunidad seral es la Typha dominguensis, conocida como Tul, es una Typhaceae que posee una altura máxima de 3 metros, antiguamente se utilizaban sus hojas para la fabricación de petates lo que constituye un ingreso económico para quienes se dedicaban a esta actividad.

Asociada a esta especie de Tul se desarrollan otras especies como Elocharis fistulosa, Rhynchospora corymbosa y Scripus cubensis pero estas se encuentran dominadas por la mayor altura de la Typha dominguensis.

La comunidad de Typha aparece en el proceso sucesional de 8 a 12 años y tiene una dominancia aproximada de 3 a 4 años.

6.6 ETAPA DE HIPHARHENIA:

En esta comunidad seral la especie dominante es Hipharhenia ru

ffa, conocida como Jaraguá, una gramínea de crecimiento vertical, - que amacolla y es bastante apetecida por el ganado vacuno que pasta en el área. Es importante resaltar que esta etapa es la última en que se encuentran especies herbáceas dominantes, y además es la etapa que enmarca el inicio de la sucesión terrestre, pues las especies que se desarrollan en esta comunidad lo hacen sobre suelo firme, por lo tanto es muy importante desde el punto de vista del pequeño ganadero del área, ya que a partir de esta comunidad el área es apta para pastoreo de ganado vacuno y caballar principalmente.

Otra especie importante en la comunidad es la Brachiaria mútica, una gramínea que en algunas áreas de la Laguna principalmente - en la parte Nor-oeste se encuentra como dominante.

El tiempo de dominancia de la etapa de Hipharhenia es de 4 a 6 años, es decir que las comunidades herbáceas declinan a los 12 o 18 años de iniciado el proceso, y a partir de este tiempo se inicia la sucesión ecológica terrestre.

6.7 ETAPA DE MIMOSA

En esta comunidad la especie dominante es Mimosa pigra, conocida como zarza, un arbusto que crece entre 0.30 mt y 3 mts. de altura.

Asociada a esta especie de zarza, se desarrolla esporádicamente la especie arborea Salix alba, pero presenta un valor de importancia relativamente bajo (ver cuadro No. 8).

La etapa de mimosa aparece en la sucesión ecológica a los 20 o 30 años después de haberse iniciado el proceso y se mantiene de 8 a 12 años. Esta etapa es la única que se presenta en condición arbustiva.

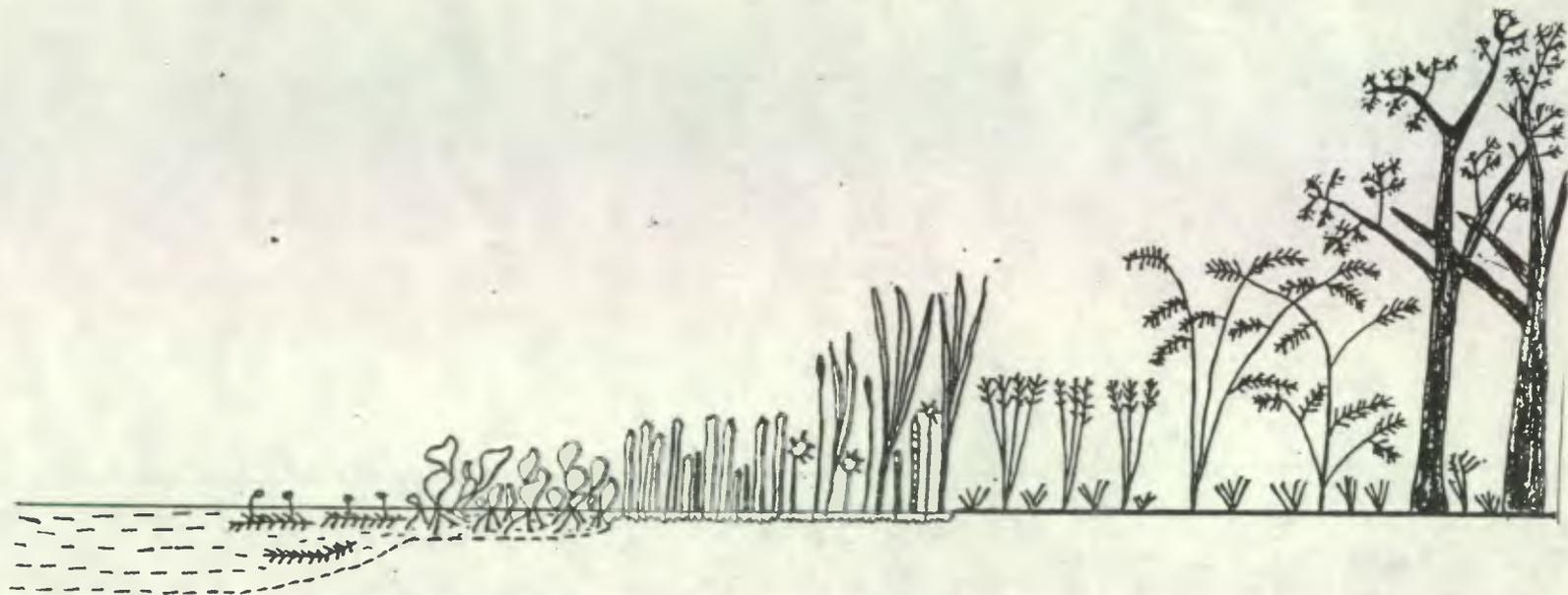
Esta comunidad juega un papel muy importante en el proceso de

de desarrollo del ecosistema ya que se encuentra invadiendo los pastizales y a la vez crea las condiciones adecuadas para que se inicie la etapa arborea.

6.8 ETAPA DE SALIX:

La etapa de salix inicia su establecimiento en pequeños grupos o árboles solos diseminados a distancias relativamente largas dentro de la comunidad de Mimosa, por lo que no fue necesario cuantificar la cantidad de árboles utilizando el método de parcelas, sino que por simple inspección se observó que la etapa arborea se inicia con la especie de Salix alba ya que es la única que se presenta dentro del área en condición natural, pues a partir de esta especie, el proceso de sucesión se encuentra disturbado, ya que a continuación de Salix alba se encuentran otras especies arboreas, pero estas han sido plantadas artificialmente, por lo tanto en la sucesión ecológica de la Laguna El Pino es difícil que alguna especie vegetal alcance el clímax, puesto que las áreas de la laguna que se van secando, son ocupadas para pastoreo y en algunos casos para el establecimiento de cultivos ya sea anuales o perennes por lo que el proceso de desarrollo el ecosistema es disturbado, además la tendencia es de preservar la Laguna y no permitir que esta sea invadida por vegetación en forma natural.

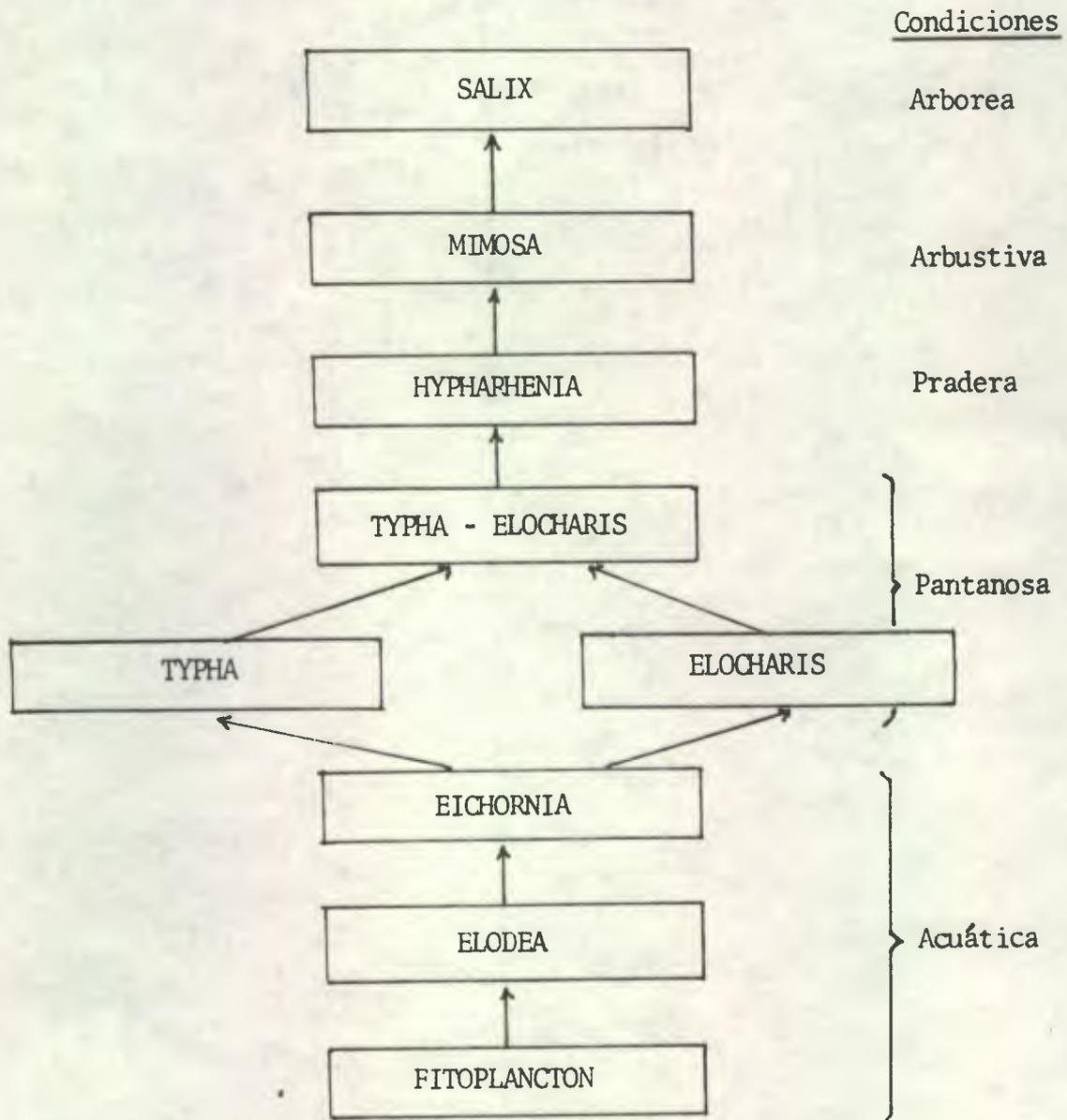
La comunidad de Salix se establece aproximadamente a los 35 años de iniciado el proceso; su tiempo de dominancia aún no se ha establecido exactamente, ya que se considera que esta etapa inicia su desarrollo y aún no se han establecido otras especies arboreas. Por entrevistas realizadas, la especie de Salix, en el área de la Laguna tiene corta vida debido a que en época de lluvia la Laguna alcanza su nivel máximo (7.5 mts de profundidad), es decir aumenta 1.5 mts más que su nivel mínimo en época seca (6 mts) por lo tanto el agua llega a posar sobre suelo firme ocupado por plantas arbusti



A	FITOPLANCTON	ELODEA	EICHORNIA	ELOCHARIS	TYPHA	HYPHARHENIA	MIMOSA	SALIX
B	ACUATICA	ACUATICA	ACUATICA	PANTANOSA	PANTANOSA	PRADERA	ARBUSTIVA	ARBOREA
C	--	--	2 - 4	5 - 8	8 - 12	12 - 18	20 - 30	35
D	--	1 - 2	1 - 2	3 - 4	3 - 4	4 - 6	8 - 12	--

FIGURA No. 1 Modelo de la sucesión ecológica acuática mostrando la secuenciación estimada de las etapas serales (A), la condición vegetal (B), el tiempo aproximado de apareamiento en años (C) y el tiempo aproximado de dominancia en años (D)

MODELO LINEAL DE LA DIRECCION DEL DESARROLLO DE LA
SUCESION ECOLOGICA ACUATICA DE LA LAGUNA EL PINO



ESQUEMA No. 1. Puede verse en el esquema, que la sucesión ecológica acuática de la Laguna El Pino, al llegar a la condición pantanosa puede seguir dos direcciones ya sea hacia Typha o hacia Elocharis y luego se dirige hacia la asociación Typha-Elocharis; lo anterior se observa en algunas áreas de la laguna debido al manejo que ocasionalmente se realiza.

vas y arboreas, esta agua provoca la asfixia y muerte de algunas plantas de Salix. Se calcula que la especie Salix alba tiene un tiempo aproximado de vida bajo las condiciones antes descritas de 15 años, pero a la vez que mueren, nacen nuevas plantas en distintas partes del área, esto quiere decir que las especies que se establezcan posteriormente y alcancen el clímax tendrán que hacerlo sobre áreas de suelo firme que anteriormente estaba ocupada por agua, pero que ésta ya no lo alcance ni cuando la Laguna llegue a su nivel máximo.

Dentro de la sucesión ecológica acuática de la Laguna El Pino, se presentan claramente definidos dos estratos vegetales, el Herbáceo y el Arbustivo, para los que se determinó un valor de sociabilidad, lo que permite tener una idea del modo de desarrollarse de los individuos, para lo que se utilizó la siguiente escala (9).

- 1 = individuos aislados
- 2 = individuos creciendo en pequeños grupos
- 3 = individuos creciendo en colonias o almohadillas
- 4 = individuos creciendo en rodales o en tapices
- 5 = individuos creciendo en población continua

En el cuadro No. 9 se presentan los datos del estrato herbáceo, puede observarse que dentro de éste se encuentran las condiciones vegetales siguientes: Acuática, pantanosa y de pradera; para cada especie se determinó su sociabilidad por condición vegetal y su sociabilidad media en el estrato, además se determinó para cada especie su altura por condición vegetal y su altura máxima y mínima en el estrato.

El cuadro No. 10 muestra la sociabilidad y alturas del estrato arbustivo, además puede observarse que dentro de este cuadro se incluye a la especie arborea Salix alba, por encontrarse esta desarrollándose asociada dentro de las especies del estrato arbustivo.

CUADRO No. 9. SOCIABILIDAD Y ALTURAS. ESTRATO HERBACEO

E S P E C I E S	SOCIABILIDAD				ALTURAS MAX. (MT).				ALTURAS MIN. (MT).			
	AC	PA	PR	\bar{X}	AC	PA	PR	MAX	AC	PA	PR	MIN
1. <u>Leersia hexandra</u>	2	3	3	3	6.70	0.75	0.75	0.75	0.05	0.15	0.05	0.05
2. <u>Cynodon dactilon</u>			4	4			0.30	0.30			0.02	0.02
3. <u>Elocharis montana</u>	3	2	2	2	1.00	0.75	1.00	0.75	0.10	0.30	0.10	0.10
4. <u>Nymphoides humboldtianum</u>	2	1		2	0.20	0.45		0.20	0.05	0.05		0.05
5. <u>Eichornia crassipens</u>	4	4		4	0.20	0.20		0.20	0.05	0.05		0.05
6. <u>Mimosa pigra</u>			1	1			1.00	1.00			0.50	0.50
7. <u>Andropogón bicornis</u>	1			1		2.50		2.50		0.50		0.50
8. <u>Rhychospora corymbosa</u>		2	2	2		2.00	2.00	2.00		0.40	0.05	0.05
9. <u>Brachiaria mítica</u>		2	3	3		0.75	1.00	1.00		0.20	0.10	0.10
10. <u>Typha dominguensis</u>	1	3		2	1.00	3.00		3.00	0.50	0.50		0.50
11. <u>Xyris jupicai</u>	2			2		0.75		0.75		0.05		0.05
12. <u>Scripus cubensis</u>	3	3		3	0.75	0.75		1.00	0.10	0.20		0.10
13. <u>Jussiaea leptocarpa</u>	2	2		2	0.70	1.50		1.50	0.05	0.20		0.05
14. <u>Jussiaea suffruticosa</u>	1	3	1	2	0.70	1.25	0.75	1.25	0.15	0.20	0.40	0.15

CONTINUA CUADRO No. 9

E S P E C I E S	SOCIABILIDAD				ALTURAS MAX. (MT)				ALTURAS MIN (MT)			
	AC	PA	PR	\bar{X}	AC	PA	PR	MAX	AC	PA	PR	MIN
15. <u>Lantana camara</u>			1	1			2.00	2.00			1.00	1.00
16. <u>Sida sp.</u>			2	2			0.40	0.40			0.20	0.20
17. <u>Iresine calea</u>			1	1			2.00	2.00			1.00	1.00
18. <u>Phaseolus sp.</u>			1	1			0.05	0.05			0.02	0.02
19. <u>Elocharis fistulosa</u>	3	4		3	0.40	1.00		1.00	0.05	0.10		0.05
20. <u>Digitaria sanguinalis</u>			4	4			0.75	0.75			0.30	0.30
21. <u>Polipodium sp.</u>	3	2		2	0.40	0.40		0.40	0.20	0.10		0.10
22. <u>Hiparhenia ruffa</u>			5	5			1.25	1.25			0.50	0.50
23. <u>Poligonum acuminatum</u>			1	1			2.00	2.00			0.20	0.20
24. <u>Begonia sp.</u>		3		3		0.75		0.75		0.30		0.30
25. <u>Typha sp.</u>	2	4		3	2.50	3.00		3.00	0.75	1.00		0.75

REFERENCIAS:

AC = Sociabilidad y altura de las especies vegetales acuáticas
 PA = Sociabilidad y altura de las especies vegetales de pantano
 PR = Sociabilidad y altura de las especies vegetales de pradera
 \bar{X} = Sociabilidad media de las especies en el estrato.

MAX = Altura máxima de las especies en el estrato.
 MIN = Altura mínima de las especies en el estrato.

CUADRO No. 10. SOCIABILIDAD Y ALTURAS
ESTRATO ARBUSTIVO

ESPECIE	SOCIABILIDAD	A L T U R A	
		MAXIMA	MINIMA
<u>Mimosa pigra</u>	4	3.00	0.30
<u>Solanum globiferum</u>	3	1.75	0.05
<u>Salix alba</u>	1	6.00	0.50
<u>Polygonum hispidum</u>	2	1.70	0.30
<u>Asclepias curasávica</u>	2	1.50	0.40
<u>Jussiaea leptocarpa</u>	2	2.00	0.50



FOTO No. 3. Secuencia de las etapas de Fitoplancton (I), Elodea (II) Eichornia (III), Elocharis (IV), Typha (V), Hypharhenia (VI), Mimosa (VII) y Salix (VIII), en el área sur de la laguna. (Esta fotografía muestra la sucesión ecológica acuática que se presenta en la Laguna el Pino).



FOTO No. 4. Etapas de Eiochomia (A) y Typha (B) en el área Nor-oeste de la Laguna



FOTO No. 5. Etapa de Elocharris (I) y Typha (II), ambas pertenecen a la condición pantanosa



FOTO No. 6. Etapa de Hypharhenia, puede observarse ganado vacuno pastando, en un área que anteriormente estaba ocupada por la laguna.



FOTO No. 7. Obsérvese el establecimiento de la etapa de Mimosa en el pastizal



FOTO No. 8. Etapa de Mimosa, este arbusto se encuentra habitando sobre suelo firme



FOTO No. 9. Cultivo limpio (maiz) sembrado a favor de la pendiente, favoreciendo la erosión de sedimento y nutrientes hacia la laguna.



FOTO No. 10. Etapa de Salix, obsérvese que se inició el desarrollo de condición arborea sobre la arbustiva.

7. ANALISIS QUIMICOS DEL AGUA:

Los resultados de los análisis químicos del agua realizados por el Laboratorio de Química y Microbiología de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, se presentan en los cuadros Nos. 11 al 14 y en las gráficas Nos. 6 a la No. 11.

Los resultados del afluente y efluente se presentan por el número de muestreos efectuados; los resultados de los análisis en la Laguna, se separan en muestreo superficial y en muestreo a profundidad, estos resultados se obtuvieron del promedio obtenido en cada punto de muestreo durante las cinco veces que se efectuó. Los muestreos se realizaron durante los meses de Enero, Abril, Mayo, Agosto y Diciembre.

7.1 AFLUENTE:

En el presente estudio se le denomina afluente a la entrada de agua a la laguna que la constituye un pequeño canal que en época de cosecha de café sirve como drenaje del beneficio Nueva Linda y desemboca directamente en la Laguna, este mismo canal en el invierno actúa como drenaje de la cuenca, introduciendo a la Laguna gran cantidad de agua y sedimentos.

7.1.1 NUTRIENTES:

En el afluente se pudo detectar que la concentración de fósforo fue en aumento, puesto que en el mes de Enero se tuvo una concentración de 0.03 mg/l, en Mayo 0.90 mg/l, en Agosto 1.0 mg/l y en Diciembre 5 mg/l.

En relación al Nitrógeno, se observó un incremento de éste ya que en el mes de Enero se tuvo una concentración de 0.269 mg/l, en Abril aumentó a 0.288, en Mayo llegó a 0.633 mg/l, pero luego en A-

gusto se observó una disminución brusca, encontrándose a una concentración de 0.182 mg/l, y en Diciembre aumentó considerablemente presentando una concentración de 2.07 mg/l.

7.1.2 DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO):

La DQO presentó un aumento en su concentración desde Enero - - (110 mg/l) hasta Mayo donde alcanzó una concentración de 160 mg/l, luego en Agosto se observó un descenso llegando a 140 mg/l y en Diciembre alcanzó su máxima concentración que fue de 900 mg/l.

7.1.3 DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO):

La DBO del afluente se presentó con 60 mg/l en Enero, luego -- descendió a 52 mg/l en Abril, posteriormente se presentó un aumento progresivo en los meses de Mayo, Agosto y Diciembre, llegando a alcanzar en éste último una concentración de 750 mg/l.

7.2 EFLUENTE:

El efluente de la Laguna fue construido artificialmente en el año de 1,938, por la finca Viñas quien en ese entonces era propietario de las áreas que circundan la Laguna, este efluente es funcional principalmente en época lluviosa, ya que se encarga de evacuar los excesos de agua que llegan a la laguna a través de drenajes efímeros. El efluente se encuentra ubicado en la parte Norte de la Laguna.

7.2.1 NUTRIENTES:

El fósforo en el efluente se mostró ascendente ya que en el mes de Enero presentó una concentración de 0.03 mg/l en Mayo 0.30 mg/l y en Agosto 0.40 mg/l y en Diciembre 0.85 mg/l.

El Nitrógeno también se mostró ascendente al inicio presentando concentraciones de 0.044 mg/l y 0.082 en los meses de Enero y Abril respectivamente, pero en el mes de Mayo la concentración bajó

levemente a 0.078 mg/1, aumentando posteriormente en Agosto alcanzando una concentración de 0.084 mg/1 y en Diciembre alcanzó su máxima concentración, siendo esta de 0.778 mg/1.

7.2.2 DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO DQO:

La DQO presentó un valor de 20 mg/1 en el mes de Enero, descendiendo a 15 mg/1 en Abril, posteriormente se mostró ascendente en los dos últimos muestreos, alcanzando 35 mg/1 en Agosto y 40 mg/1 en Diciembre.

7.2.3 DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO DBO:

La DBO se mostró ascendente en los dos primeros muestreos alcanzando en Abril un valor de 20 mg/1, luego en el mes de Mayo descendió a 12 mg/1, en Agosto incrementó su valor alcanzando 18 mg/1 y en Diciembre llegó a 90 mg/1.

Al analizar los promedios de concentración de nutrientes, en el afluente puede observarse que el promedio del nitrógeno 0.649 mg/1 es un valor crítico para la eutroficación, puesto que Sawyer, citado por Tabarinni (18) indica que un valor de 0.30 mg/1 de nitrógeno total es crítico para la eutroficación, sin embargo en el mes de Mayo la concentración de nitrógeno total fue de 0.433 mg/1 supera el valor crítico para la eutroficación, este aumento de concentración se debe a que en este mes se inician las lluvias provocando esta lixiviación de nutrientes y especialmente de nitrógeno que es conducido a través del afluente hacia la Laguna y en Diciembre la concentración de nitrógeno fue de 2.072 mg/1 debido a que se inicio el ingreso de pulpa de café a través del afluente. La concentración promedio de nitrógeno en el efluente 0.188 mg/1 no supera el valor crítico de 0.30 mg/1, sin embargo en Diciembre la concentración de nitrógeno total fue de 0.778 mg/1, que supera el valor crítico para la eutroficación.

En relación al fósforo, Sawyer sugiere que 0.015 mg/l de fósforo inorgánico dá origen a niveles críticos para la eutroficación. - En el afluente se obtuvo un valor promedio de 1.733 mg/l de fósforo total que equivale a 0.481 mg/l de fósforo inorgánico, esto supera al valor sugerido por Sawyer.

Para convertir fósforo total a fósforo inorgánico., Tabarinni (18) indica que "considerando que de una molécula de fosfato total se ha encontrado un valor medio de 0.36 mg/l da como resultado un valor de 0.1 mg/l de fósforo inorgánico". Al efectuar esta conversión utilizando datos del cuadro No. 11 se puede detectar que los valores de fósforo inorgánico obtenidos en los meses de Mayo, Agosto y Diciembre superan el valor limitativo sugerido por Sawyer, no así el valor del fósforo obtenido en el mes de Enero, similares condiciones en relación al fósforo se presentaron en el efluente, únicamente que la concentración de fósforo total fue mucho menor que en el afluente ya que en el efluente se tuvo una concentración media de 0.40 mg/l de fósforo total equivalente a 0.111 mg/l, que también supera al valor crítico.

En base a lo anterior puede observarse que a través del afluente ingresan altas concentraciones de fósforo y nitrógeno a la laguna, por lo tanto estos dos elementos son los causantes de la eutroficación.

En relación a la DQO y DBO puede observarse en los cuadros Nos. 11 y 12, que los valores medios del afluente son mayores que los del efluente, esto es lógico ya que la Laguna provoca una dilución en estos parámetros. Los valores de la DQO y DBO en el afluente son bajos como para producir una contaminación excesiva en la laguna ya que valores mayores de 350 mg/l se consideran críticos (18). Sin embargo en Diciembre la concentración de DQO fue de 900 mg/l y la de DBO 750 mg/l debido al ingreso de pulpa de cafeto. Los resultados de los análisis del afluente y el efluente pueden observarse

en las gráficas Nos. 6, 7, 8 y 9.

7.3 LAGUNA EL PINO:

La concentración de los diferentes parámetros en la Laguna es variable con respecto al afluente y el efluente ya que la Laguna -- tiene entradas de agua y sedimentos en forma natural durante la época lluviosa, el afluente también tiene un comportamiento variable -- puesto que durante la época lluviosa sirve como drenaje efímero de la cuenca y en época seca también sirve como drenaje de la finca -- Nueva Linda, transportando pulpa de café hacia la Laguna, en el caso del efluente se puede observar que su concentración de nitrógeno y fósforo son más bajas que en el afluente y la Laguna, esto se debe a que la laguna provoca dilución de estos elementos.

7.3.1 OXIGENO DISUELTO Y ANHIDRIDO CARBONICO:

La concentración de oxígeno disuelto y anhídrido carbónico -- muestran una gran diferencia como se observa en el cuadro No. 15. -- La concentración de oxígeno promedio en la Laguna es de 8.08 mg/l, la que se considera adecuada para fines piscícolas (4).

La concentración de Bióxido de Carbono presentó un valor promedio de 30.5 mg/l la que se considera alta, demostrando una elevada descomposición de material orgánico, esto se debe principalmente a la constante desintegración y descomposición de la planta Elo deo canadensis que se encuentra sumergida dentro del agua.

El valor máximo de la concentración de bióxido de carbono es de 32 mg/l y se encuentra en el área Sur de la Laguna, esto es lógico pues en esta área es donde se encuentra la mayor cantidad de vegetación acuática que provoca mayor respiración, además se presenta la descomposición de material orgánico proveniente del afluente de la laguna.

7.3.2 DUREZA:

La dureza promedio del agua en la laguna es de 68.06 ppm, por lo tanto se considera agua moderadamente dura ya que de acuerdo a la clasificación de dureza presentada por Tabarinni (17), el agua moderadamente dura se encuentra entre 50 y 150 ppm de dureza.

La dureza del agua de la Laguna El Pino es moderada y por lo tanto no es dañina para consumo humano, su efecto en la economía doméstica es la excesiva cantidad de jabón que debe emplearse en el lavado al usar este tipo de agua.

7.3.3 NUTRIENTES:

En la gráfica de concentración de nutrientes puede observarse claramente que en la laguna existe mayor concentración de fósforo que de nitrógeno.

Respecto al nitrógeno y adoptando el criterio sugerido por Sawyer, el cual da un valor de 0.30 mg/l de nitrógeno total como nivel crítico para la eutroficación, se encuentra que dicho valor no es superado por el promedio encontrado en la laguna, que es de 0.286 mg/l.

Sin embargo en el último muestreo efectuado en Diciembre, el nitrógeno presentó un aumento ostensible, ya que en los seis puntos muestreados superó el nivel crítico, como puede observarse en los cuadros Nos. 13 y 14 y en las gráficas Nos. 10 y 11.

En relación al fósforo su concentración presenta variaciones más bruscas que las del nitrógeno, puede notarse una mayor concentración en el punto No. 5 (0.696 mg/l) y en el punto No. 2 (0.680 mg/l), las cuales superan el promedio de la laguna (0.476 mg/l), esta concentración equivale a 0.13 mg/l de fósforo inorgánico, supera al valor sugerido por Sawyer de 0.015 mg/l de fósforo inorgánico co

mo nivel crítico para la eutroficación. En el punto No. 5 se observa la mayor concentración debido a que éste se encuentra ubicado en el área donde se erosionan los sedimentos de los cultivos limpios que son fertilizados anualmente. La erosión ocurre a causa de la falta de estructuras de conservación de suelos en esta área.

En los puntos Nos. 2 y 4 también se observa una elevada concentración de fósforo, debido a que estos puntos se encuentran ubicados en áreas en las que ocurre erosión del suelo proveniente de los cafetales que son fertilizados periódicamente, pero que también carecen de estructuras de conservación de suelos.

En el presente estudio el muestreo a profundidad no presentó mayor variación debido posiblemente a que la laguna es poco profunda. El promedio de la concentración de nitrógeno fue de 0.277 mg/l un poco menor que la concentración de nitrógeno superficial (0.286 mg/l), el promedio de la concentración de fósforo fue de 0.538 mg/l un poco mayor que la superficial (0.476 mg/l).

En base a lo anterior puede notarse que el fósforo es el principal causante del crecimiento y floración excesiva de la vegetación acuática, en cambio el nitrógeno tiene una influencia menor, ya que su concentración media no supera el valor limitativo. Por lo tanto el fósforo es el principal causante de la aceleración del proceso de sucesión ecológica que se observa actualmente en la laguna.

7.3.4 TEMPERATURA:

Esta se considera adecuada para la piscicultura, según lo establecido por Bard, citado por Alvírez (1) (Cuadros Nos. 13, 14 y 15).

7.3.5 pH:

De acuerdo a la Federal Water Pollution Control Administration, citada por Alvizures (1), el pH se considera adecuado para fines de mantener una población nativa de peces y otras vidas acuáticas. -- (cuadros Nos. 13, 14 y 15).

CUADRO No. 11. Promedios de resultados de análisis del agua del afluente de la laguna El Pino. Datos del Laboratorio de Química y Microbiología de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria.

Muestreo No.	Fecha	Hora	pH	Nitritos mg/L.	Nitratos mg/L.	N. total mg/L.	Ortofosfatos mg/L.	Fosfato total mg/L.	N. libre mg/L.	No. Al- buminoi- deo mg/L	DQO mg/L	DBO mg/L.	T°C
1	31-1-83	13.00	6.9	0.012	0.045	0.269	0.010	0.030	0.057	0.155	110	60	24
2	21-4-82	11.30	7.3	0.01	0.20	0.288	-	-	0.020	0.058	150	52	26
3	31-5-83	15.00	6.5	0.016	0.25	0.433	1.000	0.900	0.047	0.120	160	145	21
4	9-8-83	16.00	6.8	0.006	0.05	0.182	0.260	1.000	0.030	0.096	140	160	20
5	5-12-83	15.15	6.8	0.001	2.00	2.072	5.000	5.000	0.018	0.053	900	750	24
\bar{X}			6.9	0.009	0.509	0.649	1.564	1.733	0.034	0.096	290	233.4	23

CUADRO No. 12. Promedios de resultados de análisis del agua del efluente de la laguna El Pino. Datos del laboratorio de Química y Microbiología de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria.

Muestreo No.	Fecha	Hora	pH	Nitritos mg/L.	Nitratos mg/L.	N. total mg/L.	Ortofosfatos mg/L.	Fosfato total mg/L.	N. libre mg/L.	No. al- buminoi- deo mg/L	DQO mg/L.	DBO mg/L.	T°C
1	31-1-83	12.00	6.9	0.00	0.01	0.044	0.02	0.03	0.011	0.023	20.0	10.0	24
2	21-4-83	13.00	7.0	0.00	0.03	0.082	-	-	0.012	0.040	15.0	20.0	27
3	31-5-83	14.00	7.4	0.00	0.02	0.078	0.12	0.30	0.012	0.046	30.0	12.0	22
4	9-8-83	15.00	7.5	0.00	0.03	0.084	0.20	0.40	0.011	0.043	35.0	18.0	20
5	5-12-83	13.00	5.3	0.00	0.72	0.778	0.85	0.85	0.011	0.047	40.0	90.0	24
\bar{X}			6.8	0.00	0.16	0.188	0.30	0.40	0.011	0.040	28.0	30.0	23

CUADRO No. 13. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DEL AGUA DE LA LAGUNA EL PINO. DATOS DEL LABORATORIO DE QUIMICA Y MICROBIOLOGIA, DE LA ESCUELA REGIONAL DE INGENIERIA SANITARIA (MUESTREO SUPERFICIAL.)

Punto	muestreos	fecha	hora	T°C	pH	Nitri- tos mg/L.	Nitra- tos mg/L.	N. libre mg/L.	N. Albi- noideo mg/L.	Nitróge- no total mg/L.	Oriofos- fatos mg/L.	Fosfato total mg/L.
I	1	31-1-83	10.00	22	-	0.000	0.34	0.016	0.041	0.397	0.01	0.04
	2	21-4-83	9.00	28	9.8	0.000	0.05	0.012	0.045	0.107	0.10	0.40
	3	31-5-83	13.30	26	9.3	0.000	0.07	0.014	0.048	0.132	0.10	0.40
	4	9-8-83	11.00	26	8.2	0.001	0.10	0.014	0.057	0.172	0.21	0.60
	5	5-12-83	14.00	30	7.7	0.000	0.80	0.011	0.045	0.856	0.30	0.40
	\bar{X}				26	6.8	0.001	0.27	0.013	0.047	0.334	0.14
II	1	31-1-83	10.30	23	-	0.000	0.01	0.020	0.030	0.06	0.02	0.03
	2	21-4-83	11.00	29	8.8	0.001	0.04	0.022	0.055	0.118	0.10	0.99
	3	31-5-83	14.00	27	9.1	0.000	0.04	0.011	0.043	0.094	0.15	0.80
	4	9-8-83	11.30	26	7.5	0.000	0.06	0.011	0.046	0.117	0.29	0.70
	5	5-12-83	15.00	25	7.8	0.000	0.85	0.011	0.040	0.901	0.80	0.88
	\bar{X}				26	8.3	0.001	0.20	0.015	0.043	0.258	0.27
III	1	31-1-83	11.00	23	-	0.00	0.01	0.018	0.045	0.073	0.01	0.04
	2	21.4.83	10.00	29	8.1	0.00	0.07	0.012	0.036	0.118	0.10	0.90
	3	31-5-83	14.30	28	8.8	0.00	0.04	0.100	0.036	0.086	0.04	0.30
	4	9-8-83	11.10	26	7.7	0.00	0.05	0.010	0.034	0.094	0.03	0.30
	5	5-12-83	14.50	25	7.7	0.00	0.87	0.011	0.046	0.927	0.45	0.50
	\bar{X}				26	8.0	0.00	0.21	0.030	0.039	0.260	0.13

CONTINUA CUADRO 13.

Punto	muestreos	fecha	hora	T°C	pH	Nitri- tos mg/L.	Nitra- tos mg/L.	N. Libre. mg/L.	N. Albu- minoideo mg/L.	Nitróge- no total mg/L.	Ortofos- fatos mg/L.	Fosfato total mg/L.
IV	1	31-1-83	12.00	24	-	0.000	0.01	0.019	0.031	0.060	0.01	0.04
	2	21-4-83	10.30	26	7.9	0.000	0.10	0.011	0.033	0.144	0.06	0.08
	3	31-5-83	14-45	26	7.5	0.005	0.03	0.032	0.083	0.150	0.01	0.80
	4	9-8-83	10.50	24	7.2	0.000	0.08	0.011	0.043	0.134	0.19	0.70
	5	5-12-83	15.00	25	7.6	0.000	0.90	0.010	0.037	0.947	0.42	0.50
	\bar{X}				25	7.5	0.005	0.22	0.017	0.045	0.287	0.14
V	1	31-1-83	12.45	24	-	0.000	0.01	0.010	0.026	0.046	0.01	0.04
	2	21-4-83	14.30	27	8.6	0.000	0.12	0.011	0.032	0.163	0.06	0.99
	3	31-5-83	15.00	26	7.5	0.001	0.05	0.017	0.056	0.124	0.01	1.00
	4	9-8-83	10.00	25	6.6	0.000	0.10	0.011	0.047	0.158	0.11	1.00
	5	5-12-83	15.30	25	9.6	0.000	0.80	0.010	0.033	0.843	0.35	0.45
	\bar{X}				25	8.1	0.001	0.22	0.012	0.039	0.267	0.11
VI	1	31-1-83	13.00	23	-	0.000	0.05	0.028	0.051	0.129	0.01	0.03
	2	21-4-83	15.00	26	9.7	0.000	0.21	0.010	0.032	0.252	0.05	0.08
	3	31-5-83	15.20	28	6.9	0.004	0.06	0.030	0.072	0.166	0.02	0.30
	4	9-8-83	9.20	24	8.7	0.002	0.10	0.021	0.062	0.185	0.10	0.20
	5	5-12-83	15.40	26	9.8	0.000	0.75	0.011	0.048	0.808	0.60	0.80
	\bar{X}				25	8.8	0.003	0.23	0.020	0.053	0.308	0.16
	\bar{X} Tot.			26	7.9	0.002	0.23	0.018	0.044	0.286	0.16	0.476

CUADRO No. 14. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DEL AGUA DE LA LAGUNA EL PINO. DATOS DEL LABORATORIO DE QUIMICA Y MICROBIOLOGIA DE LA ESCUELA REGIONAL DE INGENIERIA SANITARIA (MUESTREO A PROFUNDIDAD).

PUNTO	Muestreo	Fecha	Hora	T°C	pH	Nitri- tos mg/L.	Nitra- tos mg/L.	N. libre mg/L.	N. Albu- minoideo mg/L.	Nitróge- no total mg/L.	Ortofos- fatos mg/L.	Fosfato total mg/L.
I	1	31-1-83	10.00	20	-	0.00	0.35	0.014	0.041	0.397	0.01	0.04
	2	21-4-83	9.00	25	8.7	0.00	0.05	0.011	0.043	0.104	0.10	0.40
	3	31-5-83	13.30	26	8.8	0.00	0.07	0.013	0.047	0.130	0.10	0.40
	4	9-8-83	11.00	24	7.4	0.002	0.10	0.020	0.060	0.182	0.21	0.60
	5	5-12-83	14.00	29	7.6	0.000	0.75	0.011	0.044	0.805	0.80	0.80
	\bar{x}				25	8.1	0.000	0.26	0.014	0.047	0.324	0.24
II	1	31-1-83	10.30	23	-	0.00	0.01	0.018	0.029	0.057	0.01	0.03
	2	21-4-83	13.00	26	8.8	0.00	0.05	0.011	0.034	0.095	0.10	0.99
	3	31-5-83	14.00	25	7.4	0.00	0.05	0.10	0.034	0.098	0.15	0.80
	4	9-8-83	11.30	26	7.8	0.00	0.07	0.011	0.047	0.128	0.29	0.70
	5	5-12-83	15.00	25	8.1	0.00	0.70	0.010	0.040	0.750	0.63	0.70
	\bar{x}				25	8.0	0.00	0.18	0.30	0.037	0.227	0.24
III	1	31-1-83	11.00	23	-	0.00	0.01	0.010	0.039	0.059	0.02	0.04
	2	21-4-83	10.00	26	8.2	0.00	0.05	0.010	0.031	0.091	0.10	0.90
	3	31-5-83	14.30	27	8.1	0.00	0.04	0.010	0.035	0.085	0.05	0.30
	4	9-8-83	11.10	25	7.6	0.00	0.06	0.010	0.035	0.105	0.04	0.30
	5	5-12-83	14.50	25	6.9	0.00	0.70	0.011	0.045	0.756	0.52	0.70
	\bar{x}				25	7.7	0.00	0.17	0.010	0.037	0.219	0.15

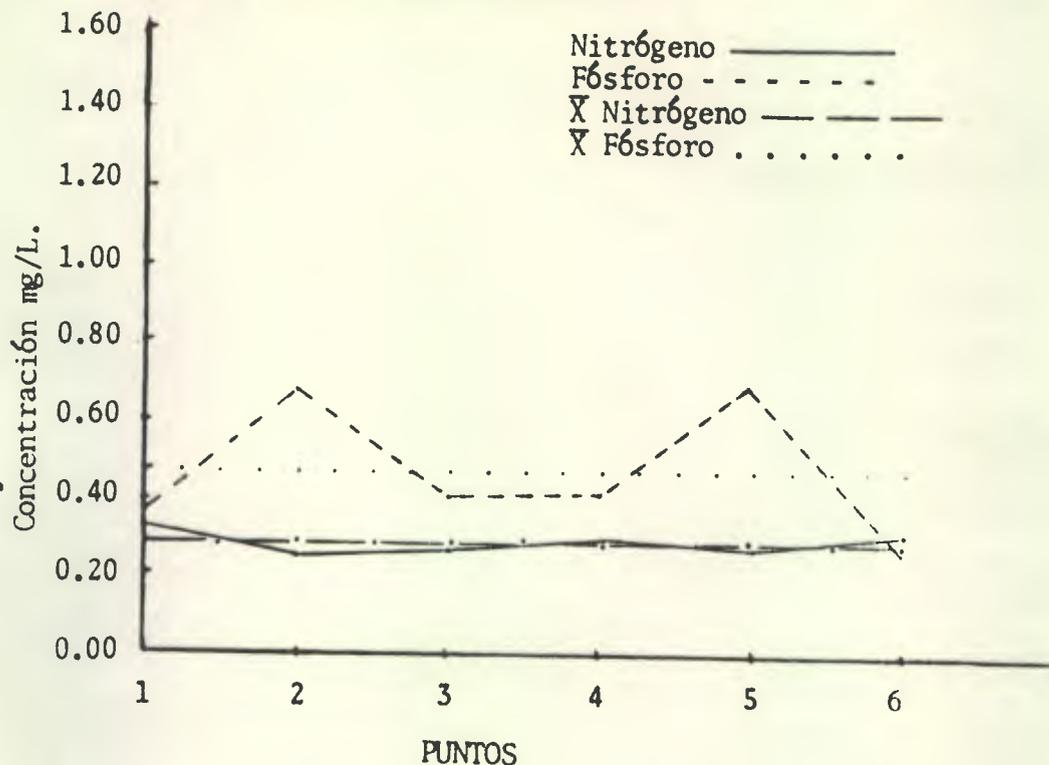
CUADRO No. 14. RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS DEL AGUA DE LA LAGUNA EL PINO. DATOS DEL LABORATORIO DE QUIMICA Y MICROBIOLOGIA DE LA ESCUELA REGIONAL DE INGENIERIA SANITARIA. (MUESTREO A PROFUNDIDAD). (CONTINUACION)

Punto	Muestreo	Fecha	Hora	T°C	pH	Nitri- tos Mg/L.	Nitra- tos mg/L.	N. libre mg/L.	N. Albu- minoideo mg/L.	Nitróge- no total mg/L.	Ortofos- fatos mg/L.	Fosfato total mg/L.
IV	1	31-1-83	12.00	24	-	0.00	0.01	0.026	0.035	0.071	0.01	0.030
	2	21-4-83	10.30	29	7.8	0.00	0.10	0.014	0.045	0.159	0.06	0.080
	3	31-5-83	14.45	27	8.2	0.00	0.03	0.012	0.046	0.088	0.01	0.800
	4	9-8-83	10.50	26	7.3	0.00	0.05	0.011	0.042	0.103	0.18	0.700
	5	5-12-83	15.00	25	7.7	0.00	0.88	0.010	0.036	0.926	0.72	0.850
	\bar{X}				26	7.8	0.00	0.21	0.015	0.041	0.269	0.20
V	1	31-1-83	12.45	24	-	0.000	0.01	0.021	0.048	0.079	0.01	0.040
	2	21-4-83	14.30	30	9.3	0.000	0.11	0.013	0.043	0.116	0.06	0.990
	3	31-5-83	15.00	28	9.5	0.000	0.05	0.010	0.037	0.097	0.01	1.000
	4	9-8-83	10.00	25	8.6	0.009	0.08	0.032	0.098	0.219	0.10	1.000
	5	5-12-83	15.30	26	7.3	0.000	0.95	0.010	0.032	0.992	0.63	0.690
	\bar{X}				27	8.7	0.009	0.24	0.017	0.052	0.301	0.16
VI	1	31-1-83	13.00	23	-	0.000	0.05	0.031	0.054	0.135	0.01	0.030
	2	21-4-83	15.00	30	10.3	0.000	0.20	0.011	0.035	0.246	0.05	0.800
	3	31-5-83	15.20	30	10.1	0.000	0.06	0.013	0.047	0.120	0.02	0.300
	4	9-8-83	9.20	25	9.6	0.000	0.10	0.010	0.033	0.143	0.09	0.200
	5	5-12-83	15.40	26	6.5	0.002	0.90	0.022	0.057	0.979	0.81	0.940
	\bar{X}				27	9.1	0.002	0.26	0.017	0.045	0.325	0.20
	\bar{X} Tot.			26	8.2	0.005	0.22	0.017	0.043	0.277	0.20	0.538

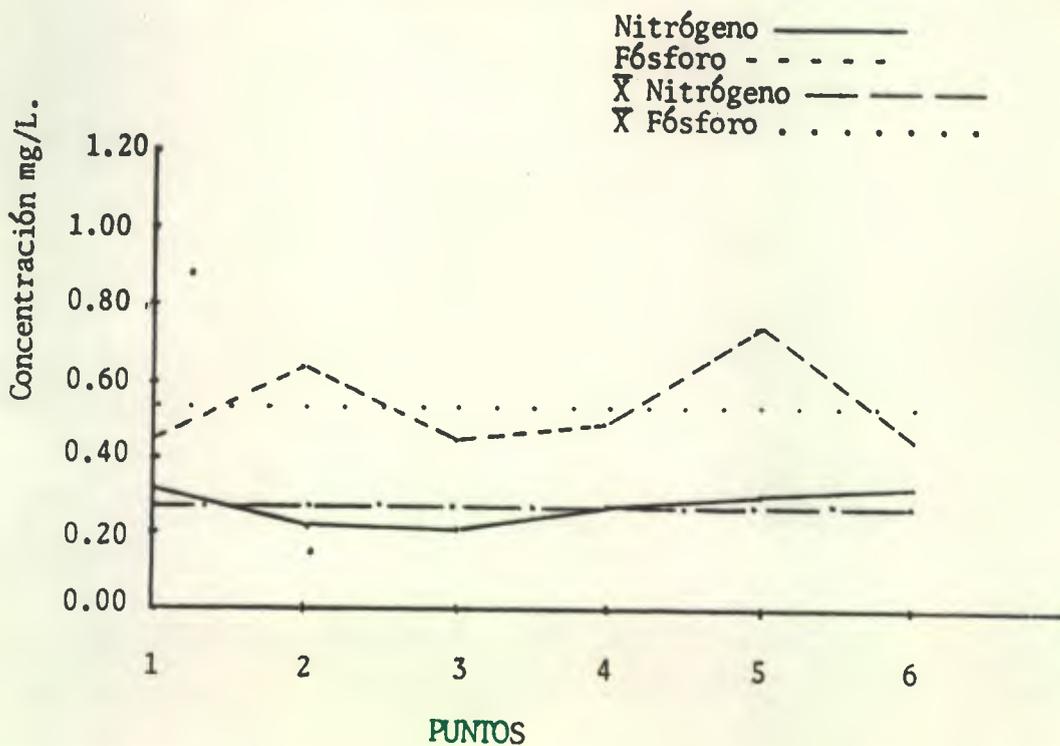
CUADRO No. 15. RESULTADOS DE LOS ANALISIS DEL AGUA DE LA LAGUNA EL PINO REALIZADOS CON EL EQUIPO DE CAMOO HATCH.

Punto	Muestras	Fecha	Hora	T°C ambiente.	T°C Agua	Oxígeno disuelto ppm	CO ₂ mg/l	Dureza ppm	pH
Norte	1	9-4-83	11.30	27	25	9	30	119.7	7.5
	2	23-5-83	14.45	28	26	8	30	51.3	9
	3	20-6-83	10.00	26	24	7	30	83.5	7
	\bar{X}			27	25	8	30	84.83	7.8
Centro	1	9-4-83	9.45	28	24	8	30	51.3	4
	2	23-5-83	14.45	29	27	5	30	51.3	8.5
	3	20-6-30	10.30	27	26	6	30	51.3	7
	\bar{X}			28	26	6.33	30	51.3	6.5
Oeste	1	9-4-83	10.45	26	24	9	30	83.5	8.5
	2	23-5-83	13.00	29	27	8	30	51.3	9
	3	20-6-83	10.30	27	25	7	30	119.7	6
	\bar{X}			27	25	8	30	84.83	7.8
Sur	1	9-4-83	11.45	31	26	10	32	51.3	8.5
	2	23-5-83	15.45	27	25	10	32	51.3	9
	3	20-6-83	13.30	25	23	10	32	51.3	9.5
	\bar{X}			28	25	10	32	51.3	9
	\bar{X} Tot.			27.5	25	8.08	30.5	68.06	7.7

GRAFICA No. 10. Variación por estación en la concentración de nitrógeno y fósforo en la Laguna El Pino (MUESTREO SUPERFICIAL)



GRAFICA No. 11. Variación por estación en la concentración de nitrógeno y fósforo en la Laguna El Pino (MUESTREO A PROFUNDIDAD)



8. PARCELAS DE SEDIMENTACION:

En las parcelas de sedimentación se obtuvieron datos de cantidades de sedimento y contenido nutricional de éstos en kg/Ha. La cantidad de sedimentos se calculó en dos períodos de registro, siendo el primero durante los meses de Julio y Agosto, al final de los cuales se recogieron los sedimentos, seguidamente se inició el segundo registro durante el mes de Septiembre. El cálculo de sedimentación se hizo en base a la precipitación caída durante los períodos de registro, a la cantidad de sedimento en peso que se recolectó en cada parcela por registro, y en base al área de la parcela -- (5 m²) se llevaron los datos a kg/Ha.

El cálculo de nutrientes que se encontraron en los sedimentos, se efectuó tomando como base los resultados que se obtuvieron de las muestras de sedimento de las parcelas que se enviaron al laboratorio del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, estos datos se llevaron a kg/Ha, tomando en cuenta la densidad y profundidad del suelo de las parcelas de sedimentación, ver cuadro No. 16.

Los resultados de sedimentación y nutrientes/Ha están expresados en base seca del suelo, estos pueden observarse en los cuadros Nos. 17, 18, 21 y 22.

En el cuadro No. 17 puede observarse que en el primer registro (60 días) de sedimentación, esta fué mayor en la parcela de café -- (14,010 kg/Ha) debido principalmente a que esta se colocó en un cafetal viejo sembrado muy espaciado (4x4 mts), además este cafetal se encuentra en un área inclinada con pendientes mayores del 30 %, donde no se encuentran estructuras de conservación de suelos y por lo tanto la erosión es severa.

En la parcela establecida en el área de cultivos limpios también se obtuvieron grandes cantidades de sedimento (10,614 kg/Ha) y

esto es lógico pues esta área se encontraba sembrada de maiz, la pendiente del terreno es de 25% la cual permite que ocurra deslizamiento del suelo.

En el segundo registro (efectuado durante los 30 días de septiembre), aunque el tiempo fue menor, se observó mayor sedimentación en las parcelas de café, pasto y bosque, debido a que la intensidad de lluvias fue mayor, en la parcela de maiz la cantidad de sedimentos disminuyó pero esto se debió al aporque que se efectuó al cultivo, contribuyendo a evitar en parte la erosión (cuadro No. 18).

En relación a la cantidad de nutrientes presentes en los sedimentos, se puede observar claramente que en la parcela de maiz el elemento fósforo se presentó en mayor cantidad (> 50 ppm) que en las demás parcelas, esto debido a que al maiz se le aplican fertilizantes compuestos, cuyos elementos son arrastrados con facilidad. El dato del fósforo en la parcela de maiz es muy importante pues concuerda con el dato de fósforo presente en el punto No. 5 del muestreo de agua, en que ambas, cantidades son las mayores que se obtuvieron en los muestreos de sedimentos y de agua, y a la vez estos puntos se encuentran ubicados en el área Sur de la laguna, esto comprueba que gran cantidad de fósforo presente en el agua, llega a ésta procedente del área de cultivo de maiz, conducido por la erosión hídrica.

Haciendo un análisis general de los resultados de los nutrientes, se puede detectar que en la parcela de maiz se encuentra mayor cantidad de elementos mayores (N,P,K) y de elementos secundarios (Ca y Mg) en los dos registros que se hicieron, la cantidad de nutrientes encontrados en los dos registros no variaron considerablemente.

En relación a los elementos menores (Fe, Cu, Mn, Zn), se encontraron altas concentraciones de hierro en las parcelas de pasto, maiz y café en el primer registro, pero en el segundo se redujeron

aproximadamente en un 50%.

El cobre (Cu) presentó una concentración alta en la parcela de pasto en el primer registro, en las demás parcelas las concentraciones oscilan entre 4 y 7.5 partes por millón en el primer y segundo registros respectivamente.

El manganeso (Mn) presentó mayor concentración en la parcela de maíz en el primer y segundo registro, la menor concentración se presentó en el segundo registro en la parcela de café (81 ppm); en términos generales, la concentración de Mn bajó considerablemente en el segundo registro.

El zinc (Zn) presentó concentraciones entre 4 y 7 ppm, no habiendo existido variaciones considerables en las 4 parcelas ni en los dos registros efectuados.

El pH no presentó mayor variación ya que se encontró entre valores de 5.7 y 6, presentándose el pH más ácido en la parcela de café. En términos generales, se considera que los suelos que rodean a la laguna tienen un pH ligeramente ácido.

La materia orgánica presentó concentraciones ligeramente bajas en las parcelas de pasto y café, concentración baja en la parcela de maíz y adecuada en la parcela de bosque.

Los niveles de nitrógeno se encuentran bajos entre 22 y 23 ppm en las parcelas de maíz y café, medianas en las parcelas de pasto y bosque (28 y 36 ppm).

Los niveles de fósforo en términos generales se encuentran bajos (2.08 a 8.5 ppm) en las parcelas de pasto, café y bosque, pero en la parcela de maíz se encuentra alto (>50 ppm).

Los niveles de potasio (K) se presentan altos en el primer registro y adecuados en el segundo para todas las parcelas.

El calcio (Ca) presentó niveles medianos en las parcelas de -
pasto, café y bosque; alto en la parcela de maiz.

El Magnesio (Mg) se presentó bajo en la parcela de pasto, me-
diano en la de café y bosque, adecuado en la parcela de maiz.

Los resultados de los nutrientes pueden observarse en los cua-
dros Nos. 19 y 20.

CUADRO No. 16. Algunas características de los suelos de las parcelas de sedimentación.

PARCELA No.	TEXTURA	ESTRUCTURA	PENDIENTE %	PROFUNDIDAD mt	DENSIDAD gr/cm ³	USO ACTUAL
1	Franco	Amorfa	8%	0.20	1.2	Bosque
	Arcillosa					Ciprés
2	Franco	Amorfa	30%	0.25	1.4	Cultivo
	Arcillosa					Café
3	Franca	Amorfa	25%	0.22	1.3	Cultivo
						Maiz
4	Franco	Granular	10%	0.20	1.1	Pasto
	Arenosa					Jaraguá

CUADRO No. 17. Promedio de sedimentación kilogramos por hectárea. Primer registro durante los meses de Julio y Agosto de 1983.

Parcela	Peso de suelo húmedo kg/5m ²	Base seca %	Peso de suelo seco kg/5m ²	Precipitación pluvial m.m.	Sedimentos kg/Ha
Pasto	0.890	87	0.774	302.3	1,548
Maiz	6.394	83	5.307	260.7	10,614
Café	8.440	83	7.005	260.7	14,010
Bosque	3.944	75	2.958	315.1	5,916

CUADRO No. 18. Promedio de sedimentación kilogramos por hectárea. Segundo registro durante el mes de Septiembre de 1983.

Parcela	Peso de suelo húmedo kg/5m ²	Base seca %	Peso de suelo seco kg/5m ²	Precipitación pluvial m.m.	Sedimentos kg/Ha
Pasto	2.638	83	2.190	268.2	4,380
Maiz	4.438	82	3.639	268.2	7,278
Café	8.938	80	7.150	268.2	14,300
Bosque	4.340	80	3.472	200.4	6,944

CUADRO No. 19. Resultados de los análisis químicos de los nutrientes presentes en los sedimentos. Datos del laboratorio de suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas ICTA. Primer Registro efectuado el 31 de Agosto de 1983

PARCELA	pH	Microgramos / ml		Meq/100 ml de suelo		M.O. %	N (Total) %	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn ppm
		P	K	Ca	Mg						
Pasto	5.9	4.17	180	5.22	1.38	4.15	0.28	495.0	14.0	210.0	5.0
Maiz	5.9	42.57	225	12.96	2.92	2.87	0.22	124.5	5.5	435.0	6.5
Café	5.9	5.00	232	6.36	2.10	3.29	0.23	199.5	8.5	351.0	7.0
Bosque	6.0	9.75	360	8.10	2.01	5.58	0.36	25.0	4.0	112.5	5.0

CUADRO No. 20. Segundo Registro efectuado el 30 de Septiembre de 1983.

PARCELA	pH	Microgramos / ml		Meq/100 ml de suelo		M.O. %	N (Total) %	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn ppm
		P	K	Ca	Mg						
Pasto	5.9	2.08	198	6.87	1.92	4.15	0.39	264.0	7.5	171.0	4.5
Maiz	6.0	> 50	253	12.96	2.92	3.86	0.24	61.0	4.0	316.5	6.5
Café	5.7	8.50	190	6.87	2.37	3.29	0.21	55.0	6.0	81.0	4.5
Bosque	5.8	2.08	180	8.24	2.01	5.01	0.23	48.0	4.5	148.5	4.0

CUADRO No. 21. Elementos presentes en los sedimentos. Expresados en kilogramos por hectárea (Primer registro)

PARCELA	P	K	Ca	Mg	MO	N	Fe	Cu	Mn	Zn
Pasto	9	396	2296	369	913	61	1089	30	462	11
Maiz	121	643	7413	1015	820	62	356	15	1244	18
Café	17	812	4452	893	1151	80	698	29	1228	24
Bosque	23	864	3888	856	1339	86	60	9	270	12

CUADRO No. 22. Elementos presentes en los sedimentos. Expresados en kilogramos por hectárea (segundo registro)

PARCELA	P	K	Ca	Mg	MO	N	Fe	Cu	Mn	Zn
Pasto	4	435	3022	513	913	85	580	16	376	9
Maiz	143	723	7413	1015	1103	68	174	11	905	18
Café	29	665	4809	1008	1151	73	192	21	283	15
Bosque	4	432	3955	586	1202	55	115	10	356	9

VIII. CONCLUSIONES

1. Las fuentes principales que causan la eutroficación de la laguna El Pino son el ingreso de nutrientes a través del afluente y los sedimentos erosionados hacia la laguna en el área Sur de ésta, donde la sucesión ecológica se encuentra en un proceso acelerado de desarrollo.
2. Los principales factores físicos que afectan el fenómeno de la eutroficación son:
 - a. La poca profundidad de la laguna, ya que su profundidad media es de 3.78 mtros.
 - b. El área total de la laguna es pequeña (58.25 Has. en 1973).
 - c. El poco oleaje en la parte Sur de la laguna.
3. Los principales factores químicos que afectan el fenómeno de la eutroficación se estudiaron en el afluente, la laguna, el efluente y en las parcelas de sedimentación, llegándose a concluir que:
 - a. A través del afluente ingresan altas concentraciones de fósforo y nitrógeno a la laguna.
 - b. La concentración de fósforo en el agua de la laguna supera los límites reconocidos internacionalmente (0.015 mg/l), por lo tanto es el principal causante del crecimiento de la vegetación acuática; en cambio el nitrógeno tiene una influencia menor, ya que su concentración media no supera el valor limitativo (0.3 mg/L), esto quiere decir que el fósforo es el principal nutriente en el proceso de la eutroficación que favorece la aceleración del proceso de sucesión ecológica que se observa actualmente

laguna El Pino.

- c. En el efluente las concentraciones de nitrógeno y fósforo son más bajas que en el afluente y la laguna. En el caso del fósforo la concentración aún supera los límites establecidos internacionalmente.
 - d. La mayor cantidad de sedimentos erosionados se obtuvieron en las parcelas de café y maiz que se ubicaron en el área Sur-Este de la laguna, donde los suelos están en áreas con pendiente, mayores del 30%, donde no se realizan trabajos de conservación de suelos. Los nutrientes se presentan en mayor cantidad en la parcela de maiz, sobresaliendo principalmente la alta concentración de fósforo, esto comprueba que gran cantidad de este nutriente presente en el agua de la laguna, en el área Sur, llega a ésta procedente del área de cultivo de maiz.
4. El área de la laguna anteriormente era mayor, habiéndose producido una acelerada disminución de la misma, lo que ha provocado que extensiones que anteriormente estaban ocupadas con agua actualmente sean áreas cenagosas o ya se encuentran completamente secas e irreparables, ocupadas por pastizales, algunas especies arbustivas y arboreas inclusive. En el área Sur se manifiesta este fenómeno con mayor claridad. El índice de reducción del área de la laguna equivale a 1.03% anual ya que en 19 años se redujo 19.65% de su área, habiendo perdido un total de 14.25 hectáreas, durante el período comprendido de 1954 a 1973.
 5. En el proceso de sucesión ecológica acuática de la laguna El Pino se observó una secuencia de ocho etapas serales caracterizadas, las cuales se nombraron con el nombre genérico o tipo de la especie dominante de la comunidad: Etapa de Fitoplancton, etapa de Elodea, etapa de Eichornia, etapa de Elocharis, etapa de Typha, etapa de Hy-

pharhenia, etapa de Mimosa, etapa de Salix. Las etapas de Fitoplanc_{ton}, Elodea y Eichornia son de condición herbacea acuática, las etapas de Elocharis y Typha son de condición herbacea de pantano, la etapa de Hypharhenia es de condición herbácea de pradera y la etapa de Mimosa es de condición arbustiva y la etapa de Salix es de condición arborea.

6. La etapa de Fitoplancton, como en toda sucesión ecológica acuática vegetal, resulta ser la pionera o inicial del proceso.
7. En la etapa de Elodea, la única especie que se observó fue Elodea canadensis, esta especie fue introducida a la laguna en el año 1962 y ha contribuido considerablemente a la aceleración del proceso de sucesión ecológica acuática y en la reducción del área de la laguna. Esta etapa tiene una dominancia aproximada de 1 a 2 años.
8. En la etapa de Eichornia, la especie significativa de la comunidad es Eichornia crassipes, siguiéndole en orden Elocharis montana, Elocharis fistulosa, Nymphoides humboldtianum, Polipodium sp., Typha dominguensis, Typha sp. y Jussiaea suffruticosa. Esta etapa se establece a los 2 ó 4 años de iniciado el proceso y permanece de 1 a 2 años.
9. La etapa de Elocharis presenta como especie significativa a Elocharis fistulosa, estando presentes también en la comunidad: Andropogon bicornis, Elocharis montana, Leersia exandra, Jussiaea leptocarpa, Xyris jupicai, Jussiaea suffruticosa, Scripus cubensis, Begonia sp., Eichornia crassipes, Polipodium sp., Typha dominguensis, Rhynchospora corymbosa, y Nymphoides humboldtianum. La comunidad se establece de 5 a 8 años de iniciado el proceso y permanece como dominante 3 o 4 años.

10. En la etapa de Typha la especie dominante resultó ser Typha domin--guensis, siguiéndole en su orden Elocharis fistulosa, Rhynchospora corymbosa, Scripus cubensis, Jussiaea suffruticosa, Typha sp., Jussiaea leptocarpa, Andropogon bicornis, Nymphoides humboldtianum, Leersia exandra, Brachiaria mítica y Xyris jupicai. La comunidad - aparece en el proceso sucesional de 8 a 12 años y tiene una dominan- cia aproximada de 3 a 4 años.
11. En la etapa de Hipharhenia la especie significativa resultó ser: Hyparhenia ruffa, estando presentes también en la comunidad: Brachia- ría mítica, Leersia exandra, Cynodon dactylon, Elocharis montana, Digitaria sanguinalis, Sida sp., Poligomun acuminatum, Rhynchospora corymbosa, Phaseolus sp., Mimosa pigra, Jussiaea suffruticosa, Ire- sine calea y Lantana camara. Esta comunidad se establece de los 12 a 18 años de iniciado el proceso y permanece de 4 a 6 años.
12. La etapa de Mimosa, resulta ser la comunidad transitiva entre las - condiciones arbustiva y arborea. La especie significativa de la comunidad es Mimosa pigra, siguiéndole en su orden: Jussiaea lepto- carpa, Solanum globirefum, Salix alba, Polygomun hispidum, Asclepias curasábica. Se establece a los 20 a 30 años y permanece 8 a 12 años.
13. La etapa de Salix presenta como única especie a Salix alba, además es la única que se presenta en condición arborea en forma natural, - ya que a continuación se encuentran establecidas otras especies ar- boreas pero estas han sido plantadas artificialmente, por lo que el proceso de sucesión ha sido disturbado.
14. La influencia de la eutroficación en la sucesión ecológica acuática de la laguna El Pino, se observa con mayor intensidad en el área Sur de la laguna, porque en esta se determinó lo siguiente:
 - a. Mayor concentración de fósforo en el agua y en el sedimento pro- veniente de la parcela de cultivo limpio (maiz).

- b. Está ubicado el ingreso del afluente que transporta hacia la laguna desechos de un beneficio de café.
- c. La mayor pendiente de la cuenca está ubicada en esta área.
- d. La vegetación se encuentra en un proceso acelerado de desarrollo.
- e. En la parte Sur es donde se observa la mayor reducción del área de la laguna.
- f. Se presenta el mayor azolvamiento.
- g. La laguna en esta zona presente poca profundidad y poco oleaje.

IX. RECOMENDACIONES

Por ser la Laguna El Pino un recurso natural no renovable y además, un centro turístico de importancia nacional, es necesaria su preservación por lo que se recomienda a las instituciones gubernamentales realizar lo siguiente:

1. Controlar las fuentes que causan la eutrofización, recomendándose lo siguiente:
 - a. Realizar trabajos de conservación de suelos en las áreas de mayor inclinación de la cuenca que se encuentran cultivadas con maiz y café, para evitar en gran parte la erosión de sedimen--tos y nutrientes hacia la laguna.
 - b. Diseñar una planta de tratamiento para las aguas negras del a--fluente.
 - c. Vigilar el arrojado de desechos sólidos (basura) a la laguna, provenientes de los visitantes al parque.
 - d. Promover el uso y manejo correcto de los fertilizantes y pesti--cidas en las áreas de cultivos limpios y cafetaleras, con el -propósito de disminuir la erosión de nutrientes hacia la lagu--na.
2. Continuar el estudio de sedimentación durante un período anual y aumentar el número de parcelas, para determinar con más detalle la --cantidad de sedimentos y nutrientes que ingresan anualmente a la la--guna.
3. Realizar limpiezas periódicas de la vegetación que está invadiendo la laguna.
4. Mantener estudios de eutrofización más completos en la laguna El Pi--no.

5. Realizar estudios sobre eutroficación y sucesión ecológica acuática en otros cuerpos de agua del país, lo que permitirá establecer alternativas de manejo racional de los lagos y lagunas de Guatemala.

X. BIBLIOGRAFIA

1. ALBIZURES P; J.R. Estudio ecológico de la Laguna Chichoj. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1978. 63 p.
2. CLARKE, G.L. Elementos de ecología. 4a. ed. Barcelona, Omega, 1971. 632 p.
3. CRUZ, R. DE LA. Clasificación de zonas de vida en Guatemala basado en el Sistema Holdrige. Guatemala, Instituto Nacional Forestal, 1976. 24 p.
4. FERNANDEZ P; C.R. Estudio ecológico de la Laguna Ocubilá para su habilitación con fines de piscicultura extensiva. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1976. 55 p.
5. GALLOPIN, G.C. Recursos naturales renovables; ecología e ideología. Revista Comercio Exterior (México) 26(1): 45-49. 1976.
6. GUATEMALA. DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS. Parque Nacional Laguna El Pino. Guatemala, 1972. 8 p.
7. _____. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. Atlas nacional de Guatemala. Guatemala, 1972. 104 p.
8. HOLDRIGE, L.R. Ecología basada en zonas de vida. Trad. por Humberto Jiménez Saa. San José de Costa Rica, IICA, 1978. 216 p.
9. NATARENO F; J.J. Caracterización y modelo de la sucesión ecológica de una región del Altiplano Occidental de Guatemala bajo ataque severo por gorgojo (*Dendroctonus sp.*) del pino (*Pinus sp.*) Guatemala. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1981. 80 p.
10. ODUM, E.P. Ecología. 3a. ed. México, Limusa, 1973. 639 p.
11. _____. Ecología; el vínculo entre las ciencias naturales y las sociales. Trad. Miguel Angel Marrón Aguilar. México, Continental, 1981. 295 p.
12. PELAES M; D.Y. Estudio epidemiológico de esporotricosis en una población de la Laguna El Pino. Tesis. Químico Biólogo. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 1980. 28 p.
13. SANCHEZ, M.G. Análisis de la reforestación nacional. Guatemala, Dirección de Recursos Naturales Renovables, 1980. 13 p. (mimeo).

Documento presentado al primer Seminario-Taller de Conservación de Suelos "Marcos Orosco Miranda".

14. SEMINARIO DE educación ambiental USIPE-UNESCO-DITEPESCA-DIGESEPE. Guatemala, 1981. s.p'. (mimeo).
15. STANDLEY, P. C. Flora of Guatemala. Chicago, Chicago. Natural History Museum, 1958. Fieldiana Botany. V. 24.
16. SUTTON, B. Y HARMON, P. Fundamentos de ecología. Versión española de J.G. Velasco. México, Limusa Wiley, 1973. 290 p.
17. TABARINI DE ABREU, A. Eutroficación del Lago Amatitlán. Guatemala, Universidad de San Carlos, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria, 1975. 84 p. (mimeo)
18. _____. Eutroficación del Lago de Amatitlán. Guatemala, Universidad de San Carlos, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria, 1981. 64 p. Documento presentado al 13o. Congreso Centro Americano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.
19. THE UNIVERSITY OF WISCONSIN PRES. El hombre en el medio ambiente vivo. México, Continental, 1975. 271 p.
20. VALENZUELA B; R.A. Caracterización ecológica de la Cuenca Laguna El Pino. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1982. 72 p.
21. VILLEE, C.A. Biología. Trad. Jorge Wrigt. 14a. ed. Buenos Aires, EUDEBA, 1973. 719 p.
22. WOUTERS, R. Resultados de un proyecto de investigación de la erosión en la cuenca Los Laureles. Trad. R. Pérez. SCH. Tegucigalpa Honduras, Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (COHDEFOR), 1980. 40 p.



APENDICE II

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

AREA DE CIENCIAS

SUB AREA DE C.C. BIOLÓGICAS

HISTORIA DE LA LAGUNA - MANEJO DE LA MISMA Y SU INFLUENCIA EN LA SUCESION
ECOLÓGICA ACUÁTICA

PREGUNTAS BASICAS PARA LA ENCUESTA

1. Tiene alguna información acerca del origen de la Laguna?
Qué información? _____

2. Ha observado que la Laguna halla disminuido de área?
Desde hace cuánto tiempo? _____

3. Si ha observado que la Laguna ha sufrido una reducción en su área.
A qué causas cree que se deba? _____

4. Sabe qué uso le dan al agua de la Laguna algunos vecinos? _____

5. Conoce entradas de aguas negras que desembocan a la Laguna. Cuántas?

6. Sabe de la existencia de algunos nacimientos de agua propios de la
Laguna? _____

7. Cuántas salidas de agua conoce de la Laguna? _____

8. Qué uso se daban a los terrenos que rodeaban a la Laguna, hace aproximadamente treinta años? _____

9. La vegetación natural que rodea a la Laguna en la actualidad, es la misma que hace aproximadamente treinta años? _____

10. Ha observado que la existencia de peces en la Laguna ha aumentado ó disminuido? _____

11. Considera que la existencia de aves en la Laguna ha aumentado o disminuido? _____

12. Créa que la presencia de animales en la Laguna, principalmente peces, aves y caracoles, influyen en la abundancia de plantas que la invaden? Por qué? _____

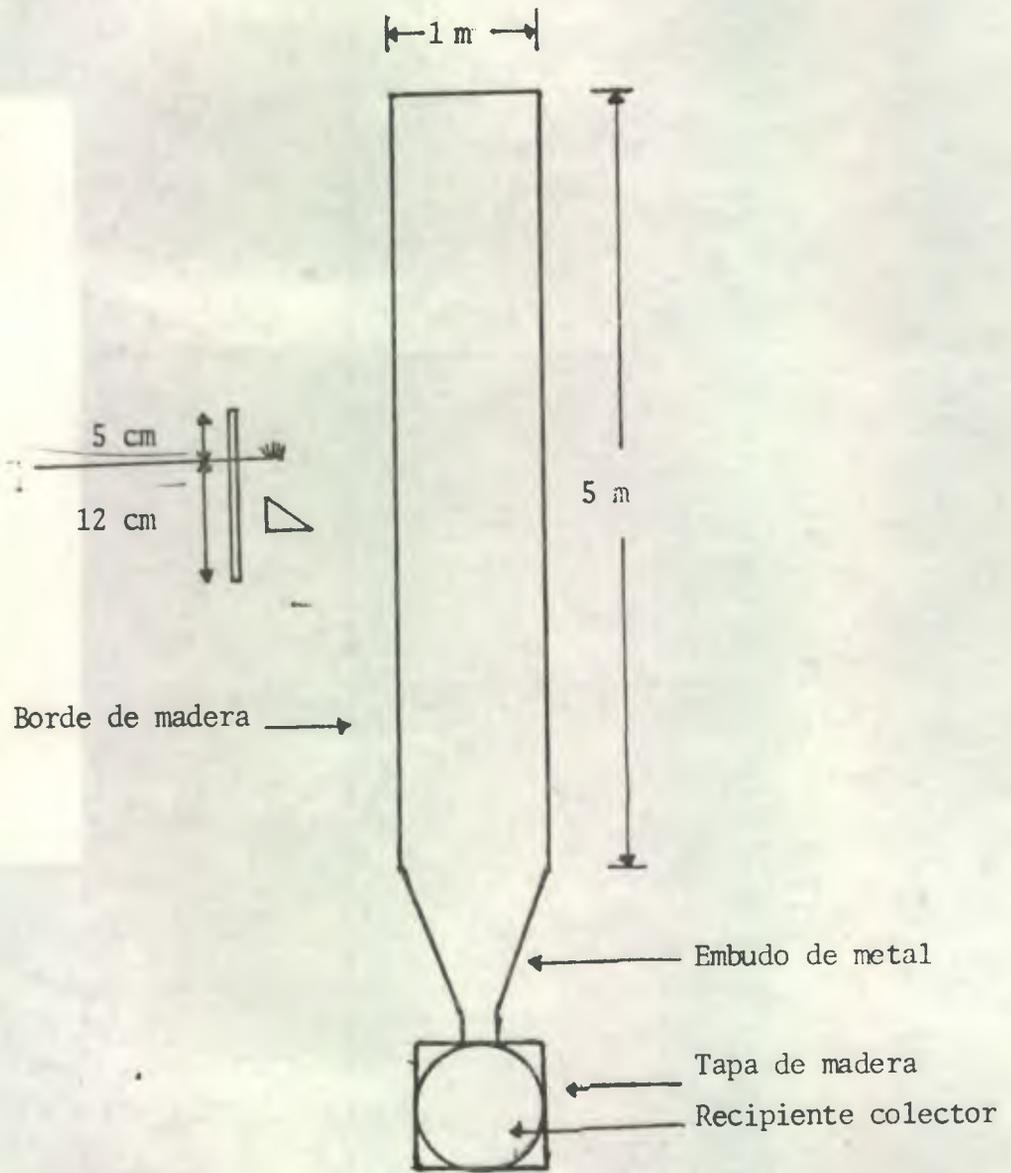
13. Qué plantas crecen primero en la orilla de la Laguna? _____

Qué plantas crecen después? _____

14. Aproximadamente qué tiempo transcurre para que:
 - La vegetación de la orilla de la Laguna se transforme en Pantano? _____
 - El Pantano se transforme en Pradera? _____
 - La pradera se transforme en arbustos? _____
 - Los arbustos se transformen en árboles? _____

APENDICE III

DIAGRAMA DE LA PARCELA DE SEDIMENTACION (22)



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

" I M P R I M A S E "



[Handwritten signature]

ING. AGR. CESAR A. CASTAÑEDA S.
DECANO