

20/ 40-A



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

**FORMACION DE UNA SUBCOLECCION
DE ALGAS**

**TESIS MANCOMUNADA
QUE PRESENTAN:**

GARCIA SOTELO VERONICA ANGELICA
ALVAREZ BAUTISTA MA. TERESA
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO



México, D. F.

1987

EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Página
1.- RESUMEN	1
2.- OBJETIVOS	3
3.- INTRODUCCION	4
4.- ANTECEDENTES	7
5.- GENERALIDADES	10
6.- ECOLOGIA	12
7.- TAXONOMIA	15
8.- IMPORTANCIA DE LAS ALGAS	17
8.1. Fertilizantes	17
8.2. Forraje	18
8.3. Alimento	18
8.4. Productos extracelulares	19
8.5. Pigmentos carotenoides	20
8.6. Polisacáridos	20
8.7. Isótopos	20
8.8. Ingeniería Genética	21
8.9. Energía y Oxígeno	21
8.10. Las algas en abastecimientos de agua	22
8.10.1. En la purificación de aguas negras	23
8.10.2. Alimento para animales	23
8.10.3. Como índice de la calidad del agua	23
8.10.4. Causantes del mal olor y sabor, así como problemas en la filtración de aguas.	24
8.10.5. Efectos tóxicos y de mortalidad	24

	Página
9.- PARTE EXPERIMENTAL	25
9.1. Selección del lugar de muestreo	25
9.2. Descripción de lagos, presas y lagunas	27
9.3. Toma de muestras	64
9.4. Análisis químico	64
9.5. Medio y condiciones de cultivo	65
9.5.1. Medio de cultivo	65
9.5.2. Condiciones de cultivo	66
9.6. Aislamiento	67
9.7. Identificación	71
9.8. Conservación de las cepas	72
10.- RESULTADOS	73
10.1. Análisis químico	73
10.2. Selectividad del Medio.	81
10.3. Características morfológicas de las cepas	82
10.4. Ubicación taxonómica de los géneros y especies aisladas	106
10.5. Géneros y especies aisladas y su lugar de procedencia	109
11.- ANALISIS DE RESULTADOS	118
12.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
13.- BIBLIOGRAFIA	126

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. Resultados del Análisis Químico.

TABLA 2. Selectividad del Medio.

TABLA 3. Características Morfológicas de las cepas aisladas.

TABLA 4. Ubicación taxonómica de los géneros y especies aisladas.

TABLA 5. Géneros y especies aisladas y su lugar de procedencia.

TABLA 6. Relación del lugar muestreado y las algas aisladas.

ABREVIATURAS

WDCC.- Directorio Mundial de Colección de Cultivos Microbianos (World Directory of Culture Collections).

UNAM-48.- Clave que le corresponde dentro del WDCC a la Colección de Cultivos Microbianos del Cepario del Departamento de Biotecnología del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

MR-2 Clave con la que se identifica el aparato de incubación para el cultivo de algas.

wm Equivale a 250 ml de aire/min/100 ml de medio.

°C Grados Centígrados

Q.P. Químicamente puro

ppm Partes por millón

E.E.U.U. Estados Unidos

Fig Figura

Km Kilómetro

g Gramo

ml Mililitro

1.- RESUMEN

El presente estudio consiste en el aislamiento e identificación de algas unicelulares presentes en todos los lagos, presas y lagunas que se ubican dentro de un radio de 100 km a partir del centro del Distrito Federal.

Se incluye un análisis químico, donde se realizan las determinaciones de las fuentes de Carbono, Nitrógeno y Fósforo en forma de CO₂ libre, nitratos, nitritos y fosfatos respectivamente. Asimismo, se muestra el aspecto de la zona, ubicación y características de las zonas muestreadas.

Las muestras recolectadas se llevan al laboratorio, para realizar el aislamiento e identificación de las cepas presentes, para lo cual se cultivan en medio líquido de Knop modificado y en condiciones ambientales que favorezcan el crecimiento algal. Una vez identificadas las cepas, se integrarán a la Colección de Cultivos Microbianos del Cepario del Departamento de Biotecnología del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM el cual está incorporado al WDCC (World Data of Culture of Microorganisms), y tiene la clave UNAM-48.

Como resultado de este trabajo se obtienen 94 cepas de algas comprendidas en 28 géneros y se conservan en tubos de ensayo utilizando medio de Knop tanto líquido como sólido, acompañadas de los informes sobre su aislamiento, cultivo y características macro y microscópicas.

Esta subcolección ya está siendo utilizada, ya que actualmente a dos de las cepas de la colección: Chlorella sp y Scenedesmus quadricauda, se está optimizando su crecimiento y efectuando tratamientos químicos y bio-

lógicos que permitan una mayor digestibilidad del alga y un mejor aprovechamiento de la proteína contenida.

De esta manera, el trabajo constituye una valiosa aportación en los procesos de investigación y desarrollo de la Biotecnología.

2.- OBJETIVOS

La finalidad de este trabajo es aislar e identificar las especies de algas unicelulares presentes en diferentes lagos, presas y lagunas para formar una Subcolección de Algas para el Cepario del Departamento de Biotecnología del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM.

La Subcolección de Algas quedará a disposición de los interesados de manera más accesible al integrarse a la Colección de Cultivos UNAM-48 la cual servirá de apoyo en el desarrollo de la investigación biotecnológica e industrial, así como para la enseñanza.

3.- INTRODUCCION

Ninguna máquina puede realizar tantas funciones tan distintas como el organismo vivo. La diferencia entre las máquinas, los animales y las plantas, es que estas pueden alimentarse y repararse así mismas, adaptarse a nuevas condiciones externas y reproducirse. Sin embargo, con todos sus mecanismos de vida incorporados, las plantas y los animales individuales no pueden existir en entidades aisladas, sino que dependen de su medio ambiente y en ocasiones de otros organismos con los que se relacionan. (29)

La microbiología acuática estudia a los microorganismos como: virus, bacterias, algas, protozoarios y hongos, que habitan en estuarios, mares manantiales, lagos y ríos; así como su comportamiento en el ecosistema. Algunos microorganismos son habitantes naturales de las aguas, en tanto que otros son transitorios, ya que penetran a ellas, al ser transportados por el aire, el suelo o bien de desechos industriales y domésticos. Las actividades de las algas revisten gran importancia en muchos sentidos; afectan la salud del hombre y de los animales, constituyen parte de las cadenas alimentarias de la vida acuática, participan en reacciones bioquímicas mediante las cuales se efectúan algunos ciclos naturales, como lo es el de la mineralización. La microbiología acuática, que en las primeras décadas fue poco estudiada, ahora surge como una de las más importantes ramas de la microbiología aplicada. (18)

La población microbiana en un depósito de agua natural, se determina por las condiciones físicas y químicas que prevalecen en ese habitat. Al conglomerado de vida microbiana que flota y se mueve en la región superficial de un ecosistema acuático se denomina plancton y está formado

principalmente por algas (fitoplancton) y por los protozoarios y otros tipos de vida animal de tamaño pequeño (zooplancton). (5,7,18)

Bajo condiciones naturales, crecen diferentes tipos de organismos que incluyen varios géneros de algas, existiendo diferentes especies; por lo que para estudiar especies individuales, el organismo se debe cultivar en medios selectivos y en un ambiente apropiado para su crecimiento, lo cual permitan aislarlas. (30)

Cuando los lagos y lagunas se encuentran enriquecidos con nutrientes, particularmente compuestos de nitrógeno y fósforo, y si el agua está expuesta a la luz lo suficiente para la realización de la fotosíntesis, se favorece el desarrollo de las algas; cuando el proceso de enriquecimiento es acelerado por la acción del hombre al arrojar aguas negras y desperdicios o por los fertilizantes lixiviados en los terrenos agrícolas vecinos, provocan el crecimiento masivo de las algas y se produce el fenómeno conocido como eutroficación (18)

Las algas tienen gran interés para los biólogos porque una sola célula algal es un organismo capaz de realizar la fotosíntesis y sintetizar una multitud de compuestos que la constituyen. Los genetistas y evolucionistas encuentran a las algas interesantes y útiles para el estudio por sus patrones de evolución los cuales son muy especializados. (18)

Hoy en día, las algas presentan gran importancia, ya que mediante la investigación, se les encuentra un amplio espectro de aplicaciones, tales como: fertilización del suelo, la síntesis de vitaminas, la alimentación tanto para el hombre como para los animales. Actualmente tienen gran

importancia en el campo de la Acuicultura, (3,26) esto es, el crecimiento de organismos acuáticos bajo condiciones controladas, enfocándolo principalmente a la producción de alimentos de mejor calidad que los convencionales (como lo son los artículos alimenticios de fécula) ya que los organismos acuáticos constituyen principalmente una de las fuentes protéicas utilizables como alimento primordial o como complemento alimenticio. (16)

4.- ANTECEDENTES

Desde tiempos muy remotos, se estudian a nivel laboratorio las propiedades de las algas, para realizar estos estudios es necesario aislarlas y conservarlas.

Tiempo atrás, se establece que un cultivo puro implica la presencia de sólo una especie, libre de otros organismos vivientes. En 1922, Urskov, define como cultivo puro aquel organismo que desciende de una sola célula. En 1897, Tischutkin lo llama cultivo unialgal o uniespecífico. (30)

En 1926, Pringsheim -un famoso fitólogo que toma mucho interés en el estudio de las algas- define un cultivo puro o cultivo axénico, como aquel que contiene solo una especie de alga, libre de otros organismos; en tanto que un cultivo unialgal es aquel que tiene sólo una especie de alga en presencia de otros organismos. (30)

En 1871, Famintzin parece ser el primero en reportar resultados sobre el crecimiento de algas en cultivos puros.

En 1890, el botánico Beijernick comienza a trabajar con Chlorella y Scenedesmus creciéndolas en agua de su habitat natural y para aislarlas en cultivos libres de bacterias usa agua de su habitat con gelatina; animado por este trabajo, empieza a enriquecer el agua con varias sales orgánicas e inorgánicas como nitratos y fosfatos principalmente. (30) Posteriormente Tischutkin, introduce el agar-agar como agente gelificante para el cultivo de algas, lo cual es un paso importante en los métodos de aislamiento, de aquí que en adelante se realicen una serie de ensayos por diferentes inves.

tigadores para obtener cultivos libres de bacterias, hasta que en 1900, Zwi^g tein es el primer investigador que obtiene algas libres de bacterias, para lo cual hace diluciones del cultivo y al mismo tiempo baja el pH del medio a un nivel tolerable para las algas. (30)

En 1914, Pringsheim obtiene el primer cultivo puro del género Myxophyceae, empleando extracto de suelo, por el métodos de diluciones. (30)

En los últimos años, se aísla un gran número de algas utilizando diferentes tipos de medios y se obtienen cultivos libres de bacterias empleando diferentes técnicas como son: siembra en placas de sílica gel, tratamiento con cloro, luz ultravioleta, utilización de antibióticos y tratamiento con cloruro mercúrico. (27, 30)

Dado el interés que despierta el estudio de las algas, se realizan programas de investigación para el mantenimiento de cepas de algas, llegando a formar pequeñas o grandes colecciones. En 1928, el Profesor E. G. Pringsheim forma una colección de algas en Praga, Checoslovaquia y más tarde en 1947, E. A. George la forma para la Universidad de Cambridge, Inglaterra. En 1970, se forma el Centro de Cultivos de Algas y Protozoarios (CCAP) en Inglaterra, y en 1975 el centro llegó a ser parte del Instituto de Ecología Terrestre. En E.E.U.U. se encuentra una colección de cultivos similar a la de Cambridge, establecida por el Dr. R. C. Starr en la Universidad de Indiana, Bloomington. (4, 30)

Algunas de las principales colecciones de algas en el mundo se encuentran en la India, Paris, Brasil, E.E.U.U., Japón y otros países de Europa, tales como:

- "Colección de Cultivos de Microalgas", en el Instituto de Investigaciones de Agricultura, India.
- "Colección de Cultivos de Algas y Protozoarios", en la Escuela de Botánica, Inglaterra.
- "Colección de Cultivos de Algas", del Instituto de Fisiología de Plantas, Checoslovaquia.
- "Colección de Cultivos de Algas", en el Departamento de Botánica en la Universidad de Indiana, E.E.U.U.
- "Colección de Cultivos de Algas", del Instituto de Microbiología Aplicada de la Universidad de Tokyo, Japón. (30)

El WDCC (Directorio Mundial de Colecciones de Cultivos Microbianos) controla 566 colecciones, las cuales se encuentran distribuidas en diferentes partes del mundo, y en él se encuentran enlistados los microorganismos que poseen tales como: algas, algas verde-azules (cianobacterias), bacterias, hongos, levaduras, líquenes y protozoarios.

De las 566 colecciones, sólo 14 manejan cultivos algales.

5.- GENERALIDADES

Las algas son un grupo heterogéneo en cuanto a su tamaño, hábitat y procesos de reproducción. Su tamaño varía desde formas unicelulares microscópicas, a veces más pequeñas que algunas bacterias, hasta agregados pluricelulares de varios metros de largo como es el caso de algunas algas marinas. Las especies unicelulares presentan distintas formas: esféricas, bacilar, de clavo o puntiaguda. (18,22)

Hay algas procarióticas, que también son llamadas azul-verdes o cianobacterias; las demás son eucarióticas, es decir, que presentan núcleo verdadero y otras inclusiones como granulos de almidón, gotas de aceite y vacuolas. La mayor parte de ellas tienen paredes celulares finas y rígidas. Sus paredes se encuentran rodeadas por una sustancia externa, flexible y gelatinosa que se secreta a través de la pared celular. (18)

A diferencia de otros microorganismos, las algas contienen clorofila. La clorofila y otros pigmentos en las algas eucariotas, se encuentran en los cloroplastos, los cuales se presentan como estructuras masivas cerca de la pared (parietales) o embebidas en el seno del citoplasmas (asteroidales). En el caso de las algas procariotas o cianobacterias, estos pigmentos se encuentran en el citoplasma. (18)

Algunas algas son móviles por tener uno o más flagelos, pero las que no los tienen, solo pueden moverse al ser arrastradas por las corrientes de agua y/o aire. De algunas, sólo son móviles las zoosporas, gametos y las esporas asexuales. (18)

En cuanto a su reproducción puede ser tanto sexual como asexual. Algunas especies se limitan a uno de los procesos, pero muchas tienen complicados ciclos en los que emplean los dos tipos de multiplicación. (18)

El pH óptimo para el crecimiento de las algas se encuentra generalmente entre 7.5 a 9.0 y la temperatura entre 30 y 45°C. En climas fríos el crecimiento de ellas es muy pobre. (18)

6.- ECOLOGIA

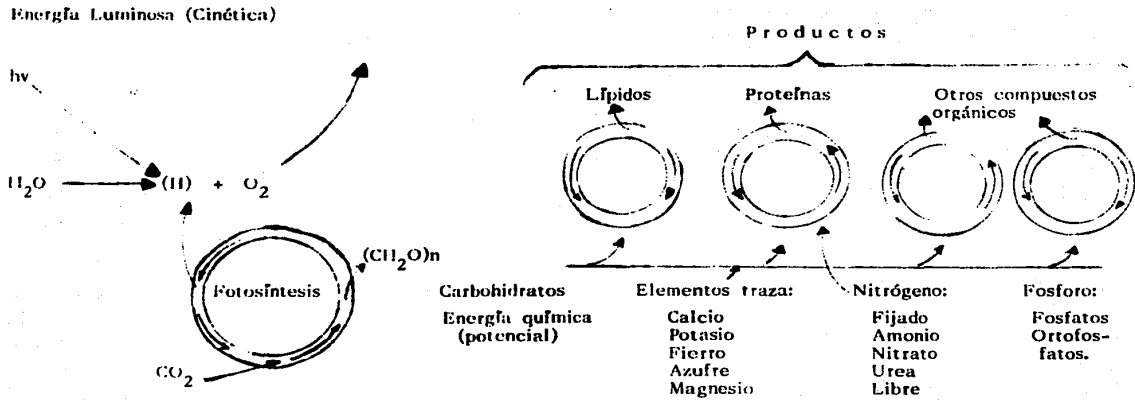
En la naturaleza se encuentra gran variedad de algas y son muy pocos los lugares de la Tierra en donde no existe alguna especie de ellas. Las algas abundan en los oceanos, mares, lagos salados o de aguas dulces, lagunas y arroyo; muchas viven en los suelos húmedos, rocas piedras, corteza de árboles, plantas y animales. (18, 20, 31, 32)

Las algas utilizan agua, luz solar y CO_2 de la naturaleza, así como nutrientes disueltos para la formación de sus estructuras y llevar a cabo su biosíntesis celular. (Fig 1) Entre los nutrientes necesarios para el crecimiento de las algas, se encuentran: compuestos de nitrógeno, fósforo y trazas de calcio, magnesio, potasio, hierro y azufre; estos son abundantes en las aguas de desecho tanto domésticas como industriales. (5,22,32). El oxígeno, elemento indispensable para el hombre y otros heterótrofos, es uno de los principales productos de excreción en su biosíntesis. (24,30)

El fitoplancton se incrementará cuando los compuestos nitrogenados, fosfatados y otros constituyentes orgánicos son abundantes, especialmente las especies de la división Chlorococcales como: Chlorella, Scenedesmus, Oocystis, Tetradium y Golankinia. (22)

Si los elementos nutritivos son suficientemente abundantes, las algas crecen rápidamente y llegan a cubrir la superficie del agua; como sucede por el empleo de detergentes modernos debido a su contenido de fosfatos los cuales contribuyen en gran parte a la sobre alimentación y crecimiento de algunas algas, cuando sucede esto, se presenta el fenómeno de Eutrofización. (17, 29, 31)

Fig 1 BIOSINTESIS DE CELULAS ALGALES. (24)



Ocasionalmente las masas de color verde-negro que flotan sobre la superficie de lagos eutróficos, son filamentos enmarañados de la división Cyanophyta, que usualmente son de los géneros Oscillatoria, Lyngbya o Phormidium. (22)

Cuando algunos elementos nutritivos esenciales se agotan o por otras causas, algunas algas mueren, se convierten en alimento para las bacterias y otras formas acuáticas presentes. (7,25)

Existen varios factores que influyen sobre el crecimiento de las algas dentro de su habitat. como son: forma de la laguna, profundidad, posición de entradas y salidas, naturaleza de la superficie, sólidos en depósitos, la flora de la tierra circundante, condiciones climatológicas, nutrientes y composición química; su estudio es demasiado complejo y difícil de llevar a cabo en su totalidad. Además existen interacciones bióticas que también influyen en el desarrollo de las algas. (25)

No obstante que gran variedad de algas se encuentran distribuidas en diferentes partes, algunas de ellas están presentes durante todo el año y otras son estacionales, debido principalmente a los factores ecológicos que prevalecen en el habitat. (25)

7.- TAXONOMIA

La taxonomía se refiere a la "Clasificación" o agrupamiento "sistemático" de los organismos en grupos o categorías. Para entender el alcance y las funciones de la taxonomía, es necesario comprender el significado de los términos: proceso de identificación, clasificación y nomenclatura. (18,21)

El proceso de identificación, es la determinación de la categoría taxonómica de un organismo, mediante cultivos o ejemplares tipo, o atendiendo a su descripción en publicaciones, tales como: claves, libros, artículos, monografías, etc. Si el organismo es diferente a cualquier otro ya conocido se tratará de un nuevo taxón y entonces se procede a determinar la categoría taxonómica a la que pertenece, siendo este el objeto de estudio de la clasificación. (21)

Por último, se recurre a la nomenclatura, que consiste en dar un nombre correcto al organismo que es identificado; el sistema binomial es el método científico que se usa para denominar plantas, animales y microorganismos y consiste en dos vocablos que indican el género y la especie del organismo. (18,21)

La clasificación de las algas no se considera como "natural" en virtud de que existen múltiples orígenes, sin embargo se ha diseñado una por conveniencia, ya que no se cuenta con los estudios sobre la validez de los criterios taxonómicos. En la antigua clasificación, todas las algas pertenecen al reino vegetal; en clasificaciones más recientes, un phylum o división Cyanophyta o algas verde-azules, está separado, ya sea como miembro del reino Protista o Monera y en ocasiones se clasifican entre las bacterias

como Cianobacterias. De ahí que existan de ocho a nueve divisiones o phylum de algas, por lo que la mayoría de los libros y monografías presentan su propia clasificación. (31)

Actualmente los criterios y procedimientos en la taxonomía de algas consisten básicamente en estudios comparativos de las historias de ciclos de vida de cultivos axénicos; esta metodología requiere de mucho tiempo, sin embargo, da resultados razonables y satisfactorios. (21)

8.- IMPORTANCIA DE LAS ALGAS

En habitats acuáticos las algas son el primer eslabón de la cadena alimentaria para crustáceos y peces; en lugares agrícolas son un importante constituyente de la flora del suelo; en reservorios abastecedores, plantas de purificación y en plantas de distribución de agua, juegan un papel importante en la oxigenación de aguas residuales. Ocasionalmente el crecimiento algal llega a ser perjudicial, por ejemplo, por la producción de malos olores y sabores, así como de toxinas que afectan a los peces. Además cuando el crecimiento es excesivo causan problemas en las plantas de purificación de aguas. Las algas son importantes indicadores de contaminación en habitats acuáticos, por la presencia de compuestos de desechos tanto domésticos como industriales que favorecen su crecimiento; bajo otras circunstancias éstas llegan a ser agentes de contaminación. (18,22,25,28,31,32)

En trabajos científicos, se utilizan como organismos para el ensayo de vitaminas; adsorción de CO_2 y provisión de O_2 en vehículos espaciales. Son importantes herramientas en la investigación de muchos procesos fisiológicos como: la fotosíntesis, fijación de nitrógeno, captación de iones.(22)

A continuación se describen algunos de los aspectos sobresalientes de la importancia de las algas:

8.1. FERTILIZANTES.

En los suelos agrícolas, algunas cianobacterias aumentan el contenido de nitrógeno del suelo, reduciendo la cantidad de fertilizantes químicos necesarios. Por otro lado, estimulan la síntesis de promotores de crecimiento.

to; previenen el establecimiento de microorganismos patógenos en las plantas; algunas son fuente de minerales; mejoran la naturaleza física de suelos inundados y ayudan a la incorporación de nutrientes como fósforo y carbono. (5,13,18,31)

Las algas como fertilizantes, se aplican con mayor interés en los países del Tercer Mundo, debido a que los fertilizantes químicos son más caros que los biológicos (13,22,32)

8.2. FORRAJE.

La biomasa algal se usa como forraje con efectos benéficos relacionados con el alto contenido de proteínas, vitaminas y micronutrientes. (22,32)

8.3. ALIMENTO.

En las costas orientales de India, China y Japón, entre otras, las algas constituyen una fuente de alimento; por lo que hoy en día, se prueban procesos para el cultivo de algas unicelulares como: Chlorella, Scenedesmus, Spirulina y otras cianobacterias (algas verde-azules) para el mismo fin. (24)

Las algas contienen gran proporción de proteínas, como es el caso de los siguientes géneros: 50-56% para Scenedesmus 51% para Chlorella, y del 65-70% para Spirulina; sin embargo para la completa evolución de un alimento no sólo se debe considerar su alto contenido proteico, sino también debe contener los aminoácidos esenciales en una proporción adecuada al organismo, así como una buena digestibilidad, una palatabilidad aceptable y la ausencia de sustancias tóxicas. (24)

La relación de eficiencia de proteína consumida (PER) nos da el valor nutricional de una proteína, si para Chlorella, Scenedesmus y Spirulina, los valores del PER son de 1.62, 1.84 y 2.3-2.5 respectivamente y si lo comparamos con el de la caseína (2.5), que es el patrón de referencia usado, se ve que la calidad de la proteína que contienen estos géneros es buena. En cuando a su digestibilidad nos permite conocer la proporción aprovechable de la proteína presente, si para Chlorella 70%, Scenedesmus 60%, Spirulina 83% y Anabaena cilíndrica 65%, es significativa si la comparamos con la de harina de pescado que es del 77%, siendo este un alimento de alta calidad. También el contenido vitamínico de las algas es considerable; ya que contienen vitaminas como ácido ascórbico, ácido pantoténico, biotina, carotenos, B₁₂, B₆, B₂, B₁, etc. que son adecuadas para una buena nutrición, constituyendo de esta manera un buen alimento por su cantidad y calidad proteica y vitamínica. (6,10,13,15,20,22,24)

A pesar de que las algas contienen muchos de los valores nutricionales necesarios para consumo humano, no se aceptan en su totalidad, aún cuando se usan como complemento de otros alimentos, debido a que tienen color verdoso y su sabor, olor y textura difieren a los usuales. Se hacen intentos para modificar estas características, sin tener éxito, ya que esto afecta el valor nutritivo del alga, provocando alteraciones de las grasas; además el tratamiento de blanqueo que se aplica a los pigmentos no es efectivo. (32)

8.4. PRODUCTOS EXTRACELULARES.

Las algas excretan numerosas sustancias como: polisacáridos, aminoácidos, vitaminas, factores de crecimiento, esteroides, ácidos grasos (saturados

e insaturados), factores tóxicos, antibióticos. (10) Por ejemplo, el Chlorellin que es extraído de Chlorella y es un antibiótico efectivo contra bacterias tanto gram (+) como gram (-). (22,32)

8.5. PIGMENTOS CAROTENOIDES.

Se desarrollan una variedad de procesos para la producción de β -carotenos y xantofilas, a partir del cultivo de algas de los géneros Chlorococcum y Chlorella especialmente vulgaris y pyrenidosa. (32)

Otro pigmento es el "Lutein" que es un compuesto con alto valor de pigmentación y de baja toxicidad muy utilizado en la coloración de huevos y víveres comestibles. (32)

8.6. POLISACARIDOS.

Algunas algas son fuente de obtención de varios polisacáridos como el agar y carragenina. El agar es extraído principalmente de algas marinas pertenecientes a la división Rhodophyceae y la carragenina especialmente de Chlorella pyrenoidosa y el alga roja Porphyridium cruentum. Estos productos se usan como agentes gelificantes, espesantes, gomas y estabilizantes de emulsiones, principalmente en las industrias de alimentos, textil, cervecera y farmacéutica. (22,26,31,32)

8.7. ISOTOPOS.

Las algas constituyen la forma más fácil de obtener carbohidratos marcados, ya que es fácil de suministrar los isótopos de carbono en el CO₂ que utilizan para la fotosíntesis y así obtener moléculas con isótopos de

carbono, en el CO_2 que utilizan para la fotosíntesis y así obtener moléculas con isótopos de Carbono. (13)

El organismo mas usado para absorber el C^{14} es Chlorella. (13)

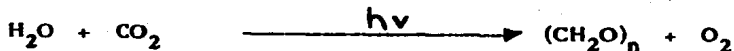
8.8. INGENIERIA GENETICA.

Las algas son microorganismos relativamente fáciles de manipular debido a la estabilidad de sus células, lo que permite emplearlas en inmunoensayos, estudios de cáncer, manipulaciones genéticas, etc. Estos se reportan en Anacystis nidulans principalmente y otras cianobacterias. (13)

En Chlorella Industry Co., el doctor Kumamoto, ha desarrollado un extracto microalgal, que puede reemplazar al suero animal en el cultivo de células humanas. (13)

8.9. ENERGIA Y OXIGENO.

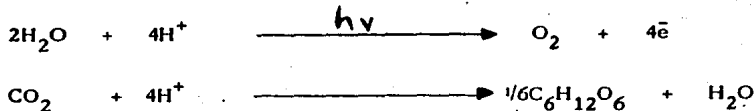
La fotosíntesis es el proceso por el cual las plantas que contienen clorofila, utilizan CO_2 y agua, cuando ellas son expuestas a la luz y bajo apropiado ambiente de temperatura, dan como resultado carbohidratos y oxígeno.



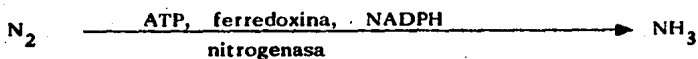
Siendo las algas las que contribuyen la mayor parte del material vegetal sobre la Tierra, éstas efectuan del 60 al 90% de la fotosíntesis total en el planeta. (31)

Las algas captan energía solar y la convierten en energía química en

forma de ATP, reduciendo la ferredoxina y el NADP. Como consecuencia de capturar energía solar y realizar el subsecuente transporte de electrones, hidrolizan el agua produciendo oxígeno.



Además, las algas fijan Nitrógeno produciendo amonio mediante la enzima nitrogenasa y energía química.



Por otro lado, las algas son eficientes productoras de H_2 y NH_3 los cuales pueden ser utilizados como fuentes de energía química por otros microorganismos. Esto se prueba con Scenedesmus (H_2), Anabaena (NH_3) y otras cianobacterias. (13)

Gracias a la liberación de oxígeno durante las horas diurnas, las algas hacen posibles importantes cambios químicos y actividades metabólicas en el agua; ayudando a impedir actividades de putrefacción, al estimular la vida bacteriana aeróbica en lugar de anaeróbica, debido a la liberación de O_2 . (13,32)

8.10. LAS ALGAS EN ABASTECIMIENTOS DE AGUAS.

Dentro de este campo, las algas presentan gran importancia ya que son tanto benéficas como perjudiciales.

8.10.1. En la purificación de las aguas negras.

Las algas colaboran en la purificación de aguas negras, (22,25, 28) ya que en éstas pueden crecer y formar grandes masas, empleando los nutrientes que contienen estas aguas como compuestos de nitrógeno y fósforo, los cuales las algas aprovechan y así se reduce la concentración en el agua en tratamiento.

También se emplean para reducir la cantidad de sólidos totales suspendidos en el efluente. Para este propósito se utiliza principalmente Chlorella pyrenoidosa. (25)

También se aplican para la eliminación del fósforo presente en aguas residuales con alto contenido de desechos animales líquidos; siendo Chlorella vulgaris la más efectiva. (9,25)

8.10.2. Alimento para animales.

El crecimiento algal sobre abastecimientos de agua, sirven de alimento a los animales que viven en ellas; cuando el crecimiento es excesivo, se recolectan y sirven de alimento para ganado. (22,25,32)

8.10.3. Como índice de la calidad del agua.

Los efectos de la contaminación en los abastecimientos de agua, pueden ser medidos químicamente, pero esto implica la adición de sustancias tóxicas o de desechos orgánicos que al descomponerse agotan el oxígeno y producen efectos perjudiciales sobre los organismos del sistema. (22)

El grado de contaminación se mide más exactamente por un análisis biológico, en el cual las algas son importantes indicadores ya que son sen-

sibles al grado de actividad tanto oxidante como reductora en el agua. (22)

La presencia o ausencia de ciertos géneros y especies de algas en el agua indican no sólo el grado de contaminación sino también la calidad de la fuente. Ciertas especies de diatomeas y algas verdes son características de aguas no contaminadas, mientras que otras viven a expensas del enriquecimiento del drenaje. (22,31,32)

8.10.4. Causantes del mal olor y sabor, así como problemas en la filtración del agua.

En varias plantas de tratamiento donde se han empleado algas, se presentan algunos inconvenientes como malos olores y sabores en el agua, así como una disminución en su capacidad de filtración, debido al crecimiento de algas; estos problemas aún no se resuelven satisfactoriamente. (22,28)

8.10.5. Efectos tóxicos y de mortalidad.

Bajo ciertas circunstancias y en particular cuando hay crecimiento excesivo en masa del alga, esta y sus productos tóxicos pueden causar daño y enfermedades, así como la muerte. La mortalidad es causada particularmente por la deficiencia de oxígeno debido al crecimiento de masas y filamentos, que cubren la superficie del agua y dificultan la solubilización del oxígeno, afectando a los organismos que se encuentran en esas aguas, y por la producción de toxinas especialmente para aquellos animales que beben agua de la superficie donde es más grande la concentración del plancton. (22)

9.- PARTE EXPERIMENTAL

9.1. SELECCION DEL LUGAR DE MUESTREO.

Se delimita una zona con un radio de 100 km a partir del cual se de terminan las lagunas, presas y lagos a muestrear. Esta zona comprende par te de los estados de: Hidalgo, México, Morelos, Puebla, Tlaxcala y todo el Distrito Federal. (Fig 2)

DISTRITO FEDERAL

- '1) Lago de Chapultepec (1a. Sec.)
- '2) Lago de Chapultepec (2a. Sec.)
- '3) Lago de San Juan de Aragón
- 4) Lago de Xochimilco

HIDALGO

- 5) Laguna de Apan
- 6) Presa Endho
- 7) Presa Requena
- 8) Presa de Taximay

MORELOS

- 25) Laguna de Coatetelco
- 26) Laguna del Rodeo
- 27) Laguna de Tequesquitengo

ESTADO DE MEXICO

- 9) Presa Danxho
- 10) Presa de Guadalupe
- 11) Laguna de Huapango
- 12) Laguna la Huaracha
- 13) Presa Ignacio Ramfrez
- 14) Presa el Ojuelo
- 15) Laguna de Salazar
- 16) Presa San Juanico
- 17) Presa Sin-Nombre
- 18) Lago de Texcoco
- 19) Laguna de la Trinidad
- 20) Presa Valle de Bravo
- 21) Presa Villa del Carbón
- 22) Presa Villa Victoria
- 23) Laguna de Zempoala
- 24) Laguna de Zumpango

' Lagos artificiales

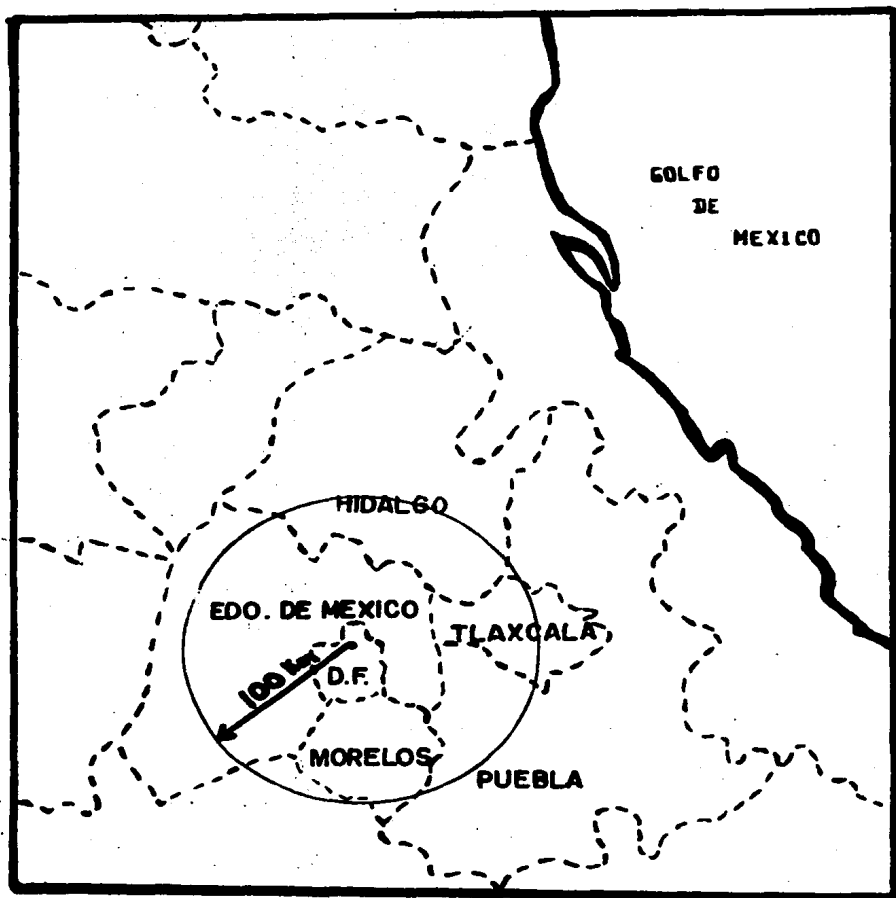


Fig. 2 ZONA DE MUESTREO

TLAXCALA

28) Laguna de Tolchaé

29) Laguna de Atlanga

PUEBLA

30) Presa Manuel Avila Camacho

9.2. DESCRIPCION DE LAGOS, PRESAS Y LAGUNAS.

A continuación se presentan los esquemas de cada lugar estudiado, incluyendo la siguientes información:

- Una fotograffa, que presenta el aspecto de la zona.
- Un dibujo a escala para mostrar la forma del lago, presa o laguna, en él están marcadas las estaciones de muestreo y mediante un rayado se indican las condiciones particulares en que se encuentra.
- Una escala para señalar la extensión aproximada de la zona.
- La ubicación aproximada.
- Una breve descripción de las caracterfsticas de la zona.

Los lugares de estudio se encuentran agrupados por estados y en orden alfabético.

Las estaciones de muestreo son elegidas arbitrariamente y se seleccionan de acuerdo a la accesibilidad que hay para llegar a la orilla de la zona de estudio y que permitan la toma de muestras; dependiendo de la extensión y forma del lago o laguna, son las estaciones de muestreo elegidas.

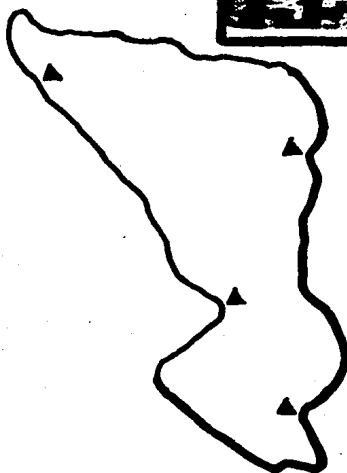
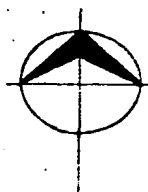
D. F.

ASPECTO DE LA ZONA



L. CHAPULTEPEC

(1a. Sección)



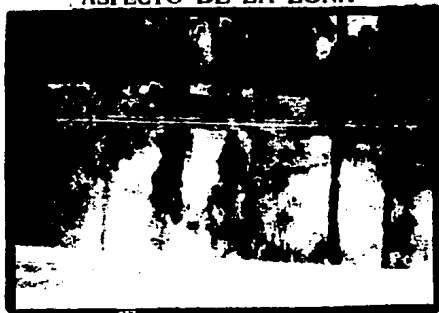
ESCALA

▲ ESTACION DE MUESTREO

UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra en el Bosque de Chapultepec al Noroeste de la Ciudad de México y pertenece a la Delegación Miguel Hidalgo.

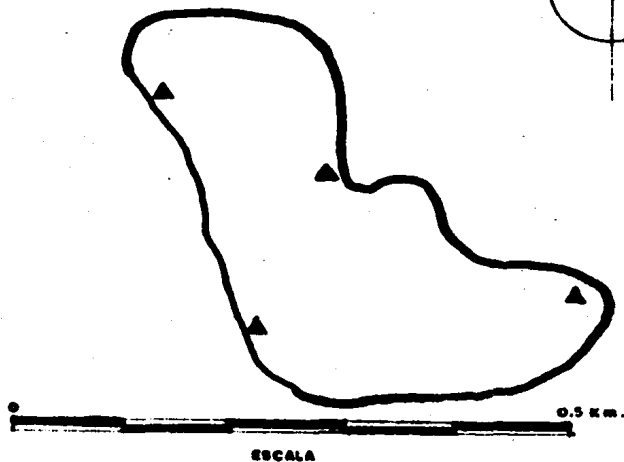
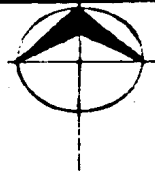
CARACTERISTICAS DE LA ZONA: Es un lugar recreativo en el que hay lanchas para el entretenimiento de sus visitantes.

ASPECTO DE LA ZONA



L. CHAPULTEPEC

(2a. Sección)



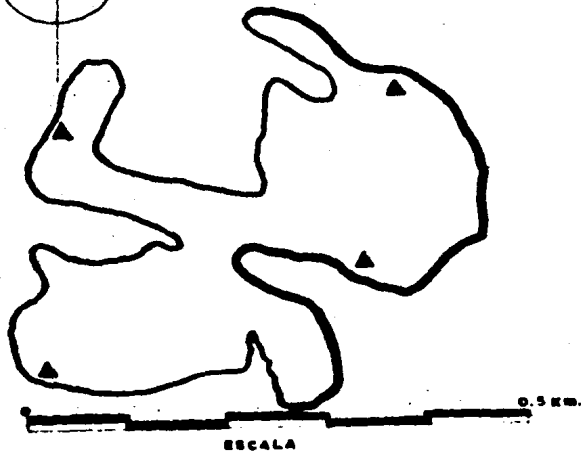
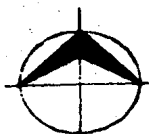
▲ ESTACION DE MUESTREO

UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra en el Bosque de Chapultepec al Noroeste de la Ciudad de México y pertenece a la Delegación Hidalgo.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: Es un lugar recreativo en el que hay un restaurante y lanchas para el entretenimiento de sus visitantes.

L. SAN JUAN DE ARAGON

ASPECTO DE LA ZONA



▲ ESTACION DE MUESTREO

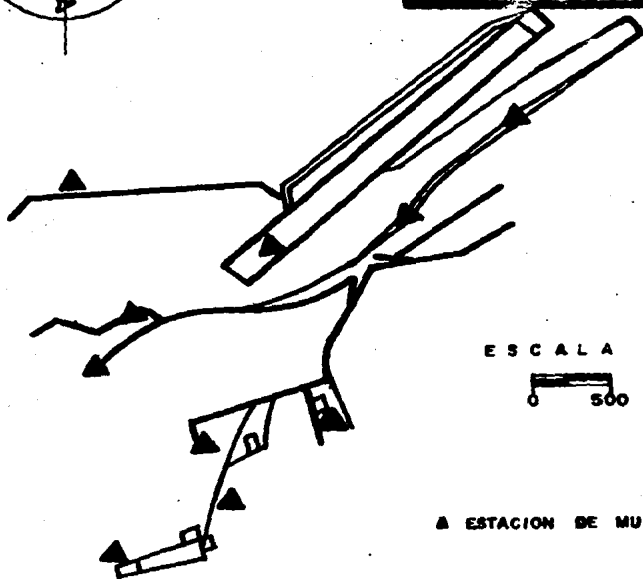
UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra en el bosque de San Juan de Aragón al norte de la Ciudad de México en la Delegación Gustavo A. Madero.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: A sus alrededores hay juegos, así como lanchas para el entretenimiento de sus visitantes. Es un lugar recreativo.

L. DE XOCHIMILCO.



ASPECTO DE LA ZONA



ESCALA



▲ ESTACION DE MUESTREO.

UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra al Sureste de la Ciudad de México y pertenece a la Delegación Xochimilco.

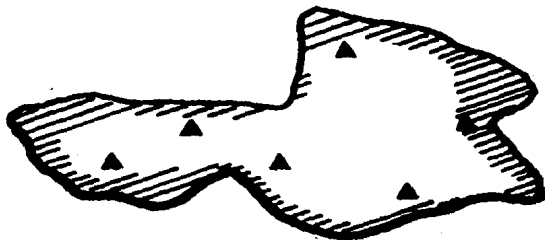
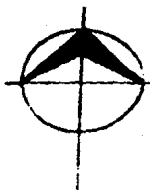
CARACTERISTICAS DE LA ZONA: Es un lugar turístico, densamente poblado. El lago está casi en su totalidad cubierto por lirio.

HIDALGO

ASPECTO DE LA ZONA



L. DE APAN

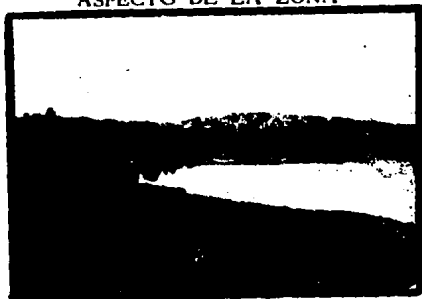


▲ ESTACION DE MUESTREO
% TERRENO PERDIDO

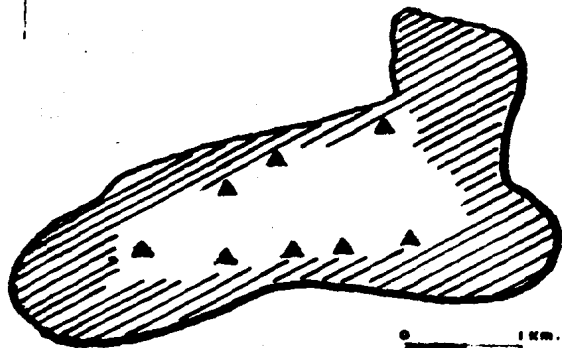
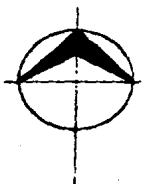
UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra aproximadamente a 15 kilómetros al Sur de Ciudad Sahagún.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: La gente tiene fácil acceso a ella, sin embargo sus orillas son fangosas, lo que sus pobladores aprovechan para utilizarlas como campo de cultivo.

ASPECTO DE LA ZONA



P. ENDHO



▲ ESTACION DE MUESTREO

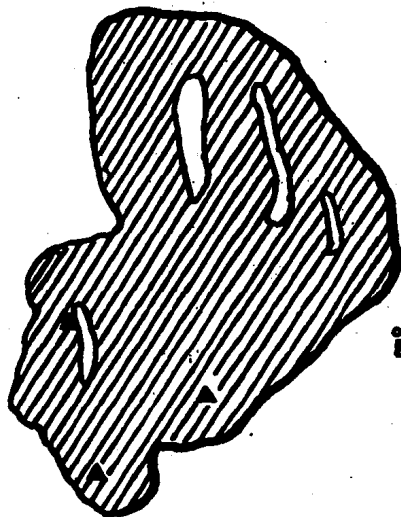
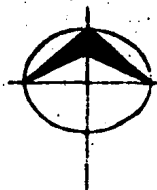
▨ ZONA DE SIEMBRA

UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra a 11 kilómetros al Norte de Tula.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: Aquí desembocan aguas negras de poblaciones vecinas. La gente no tiene acceso a ella, pues sus alrededores están muy fangosos y el lirio prolifera notoriamente.

P. REQUENA

ASPECTO DE LA ZONA



▲ ESTACION DE MUESTREO

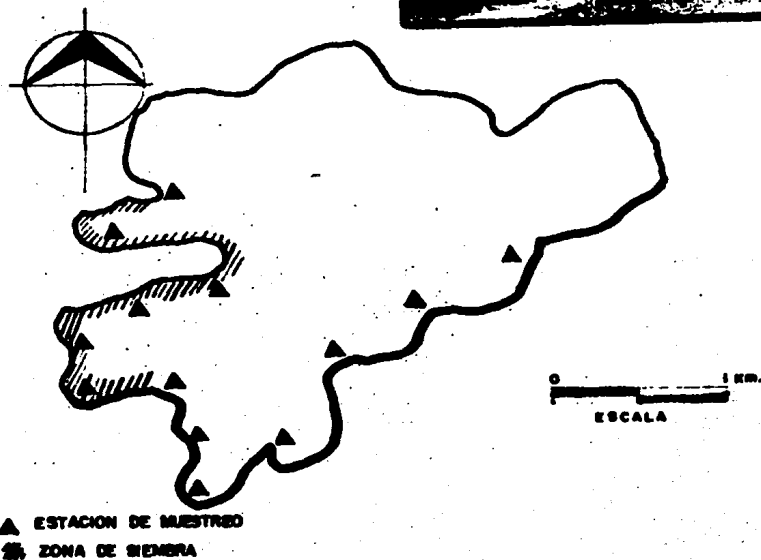
/// ZONA EUTROFICA

UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra aproximadamente al Este del Kilómetro 36 de la carretera México-Querétaro.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: No existe un verdadero camino para llegar a la presa, por lo que no es fácil su acceso. Es una zona eutrófica ya que en la superficie de ella prolifera el crecimiento de lirio y alga cubriéndola casi en su totalidad. No es una zona muy poblada.

P. TAXIMAY

ASPECTO DE LA ZONA

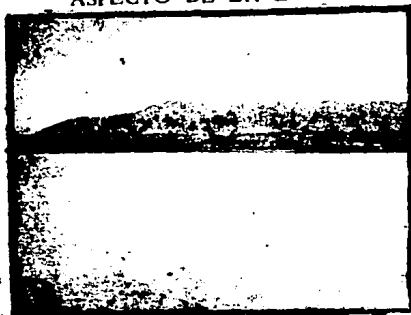


UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra aproximadamente al Oeste del Kilómetro 29 de la carretera México-Querétaro.

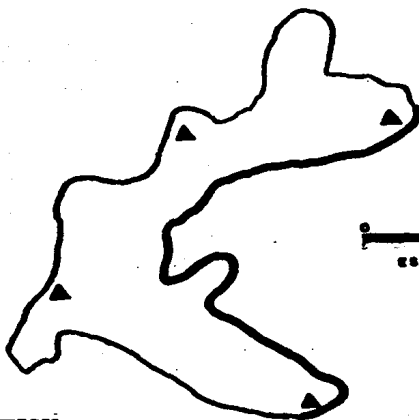
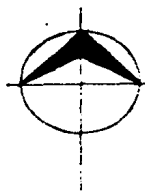
CARACTERISTICAS DE LA ZONA: No hay caminos que hagan accesible la comunicación entre la laguna y las poblaciones de su alrededor, además desembocan varias corrientes de las mismas.

EDO. DE MEXICO

ASPECTO DE LA ZONA



P. DANXHO

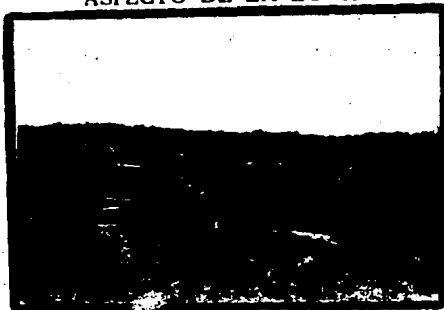


▲ ESTACION DE MUESTREO

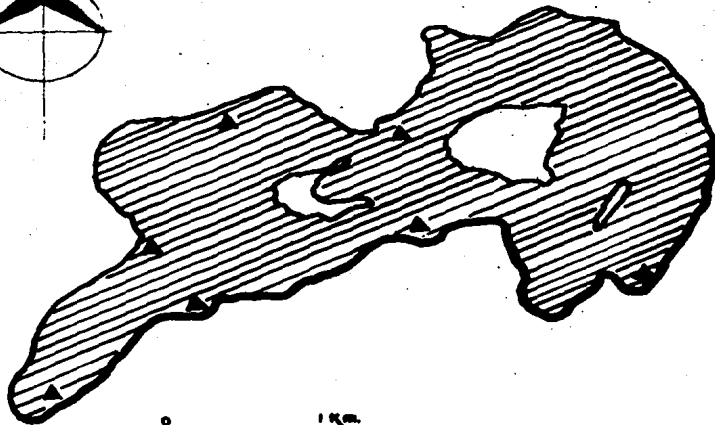
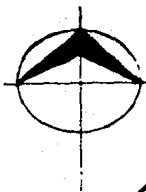
UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra aproximadamente en el kilómetro 9 de la carretera Chapa de Mota-jilotepec.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: Gran parte de su perímetro se encuentra limitada por la carretera. Es poco visitada por la gente.

ASPECTO DE LA ZONA



P. DE GUADALUPE



▲ ESTACION DE MUESTREO

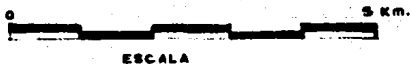
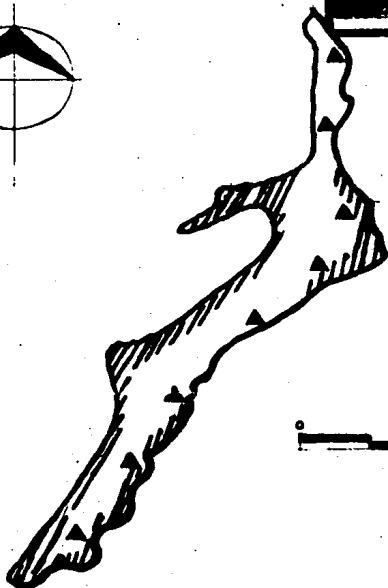
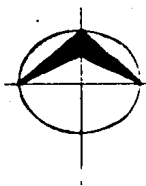
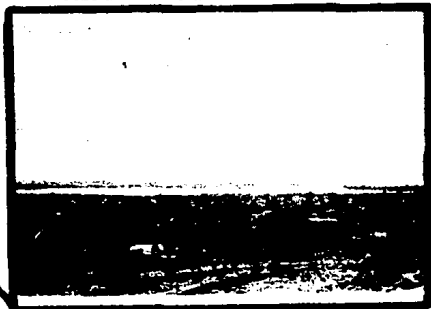
≡ ZONA EUTROPICA

UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra aproximadamente en el kilómetro 15 de la carretera México-Querétaro.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: Cuenta con una gran extensión, sin embargo, no es apreciable ya que se encuentra en un estado de eutrofización muy avanzado. En años anteriores, fué un centro recreativo muy visitado.

L. HUAPANGO

ASPECTO DE LA ZONA



▲ ESTACION DE MUESTREO
■ TERRENO PERDIDO

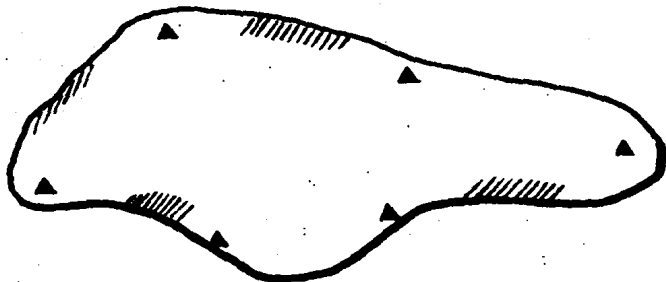
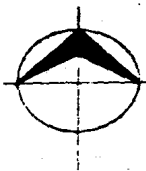
UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra aproximadamente al Oeste del Kilómetro 63 de la carretera México-Querétaro.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: Es de difícil acceso por lo cual no es muy visitada por la gente.

ASPECTO DE LA ZONA



P. HUARACHA



ESCALA

▲ ESTACION DE MUESTREO

/// ZONA DE SIEMBRA

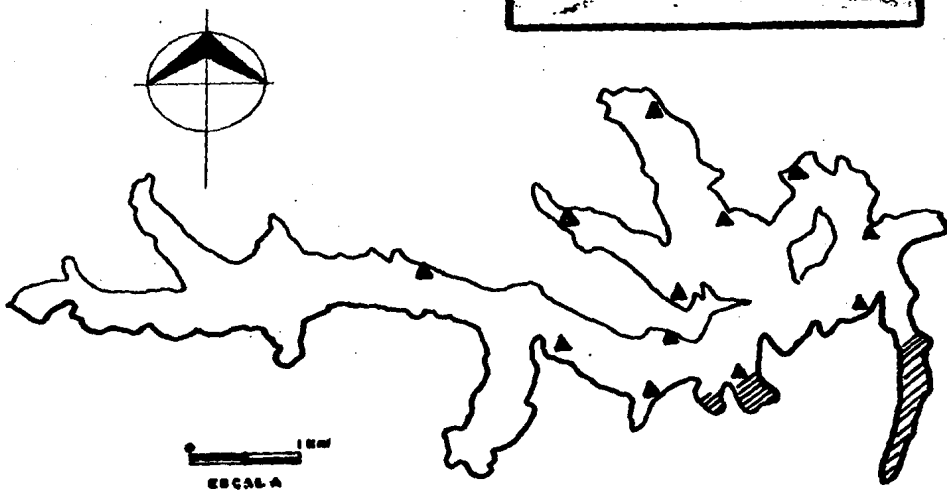
UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra aproximadamente al este del kilómetro 12 de la carretera Atlacomulco-Acambay.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: No hay poblados cerca y tampoco existe una carretera adecuada para llegar a ella, por lo que no es muy visitada; en sus alrededores hay campos de cultivo.

ASPECTO DE LA ZONA



P. IGNACIO RAMIREZ

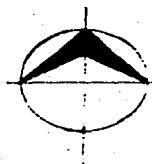


- ▲ ESTACION DE MUESTREO
- /// TERRENO PERDIDO

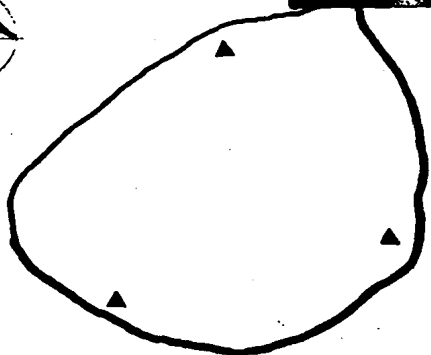
UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra al Este del kilómetro 48 de la carretera Toluca-Morelia.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: Se encuentran pequeños poblados en sus alrededores y el acceso es muy difícil, ya que no existe un camino para llegar a ella.

P. EL OJUELO



ASPECTO DE LA ZONA



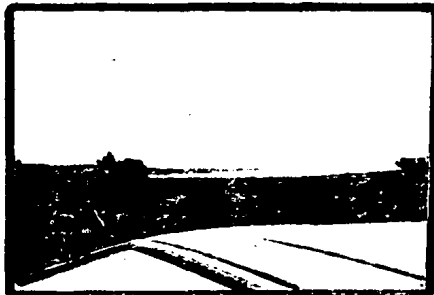
ESCALA

▲ ESTACION DE MUESTREO

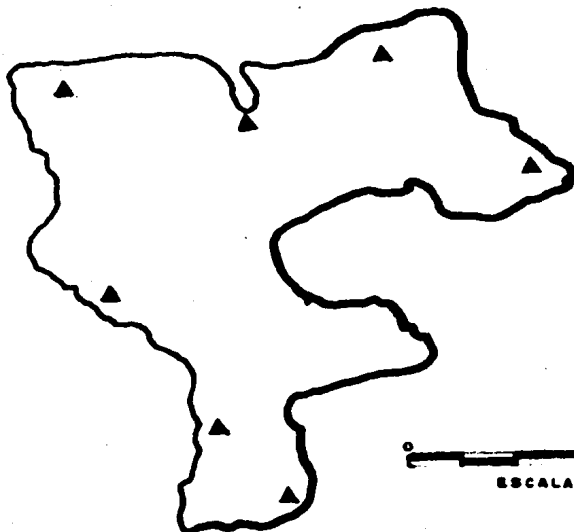
UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra aproximadamente a un kilómetro del centro de Toluca por la carretera hacia Morelia.

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA: Dada su ubicación es muy visitada, ya que es un sitio de recreo.

ASPECTO DE LA ZONA



P . SAN. JUANICO



▲ ESTACION DE MUESTREO

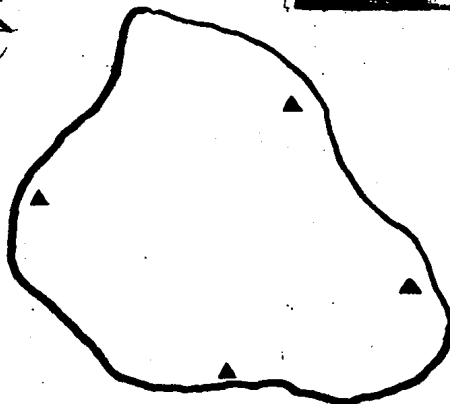
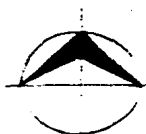
UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra aproximadamente en el kilómetro 18 a orillas de la carretera Atlacomulco-Acambay.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: A sus alrededores existen pequeños terrenos que se utilizan tanto para sembrar como para el pastoreo.

ASPECTO DE LA ZONA



L. SALAZAR



ESCALA

▲ ESTACION DE MUESTREO

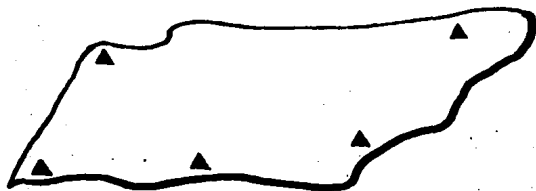
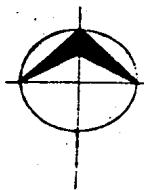
UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra aproximadamente en el kilómetro 32 de la carretera México-Toluca.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: Es un lugar muy visitado ya que en sus alrededores hay campos de Fut-bol y parque recreativos. Tiene comunicación directa con la carretera.

ASPECTO DE LA ZONA



P. SIN - NOMBRE



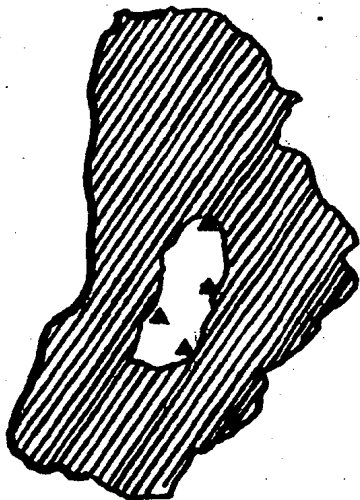
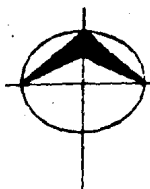
▲ ESTACION DE MUESTREO

UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra a las orillas del kilómetro 54 de la carretera Toluca-Atlacomulco.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: La densidad de población en esta zona es muy baja

L. TEXCOCO

ASPECTO DE LA ZONA



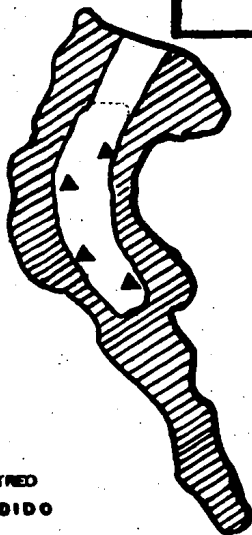
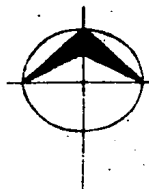
- ▲ ESTACION DE MUESTREO
- ▨ TERRENO PERDIDO

UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra aproximadamente a 17.3 kilómetros al Noroeste del Distrito Federal.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: Su extensión ha disminuido en gran parte por la cantidad de desechos que contiene. En sus alrededores existen poblados y circulación de vehículos de motor.

P. TRINIDAD

ASPECTO DE LA ZONA



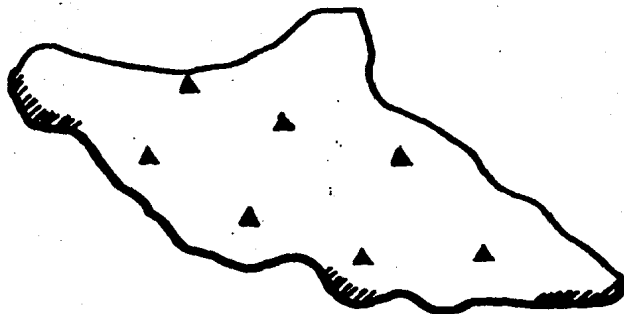
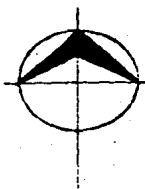
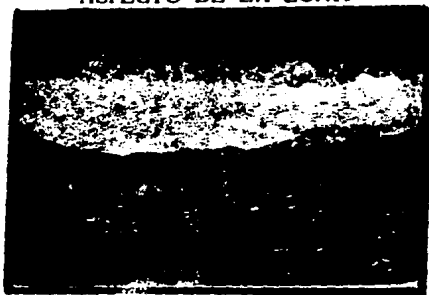
▲ ESTACION DE MUESTREO
▨ TERRENO PERDIDO

UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra aproximadamente en el kilómetro 7 de la carretera Toluca-Morelia.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: Es un lugar poco visitado por la gente y sólo una pequeña porción de ella colinda con la carretera.

P. VALLE DE BRAVO

ASPECTO DE LA ZONA



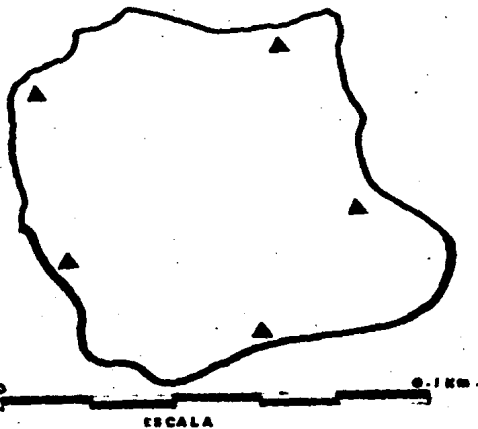
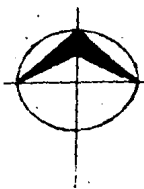
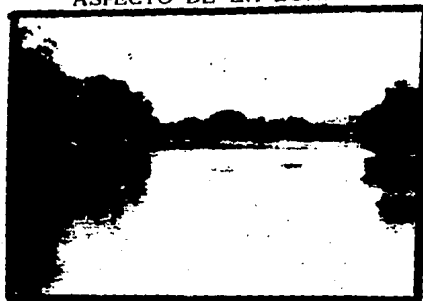
▲ ESTACION DE MUESTREO
■ ZONA EUTROFICA

UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra aproximadamente al Oeste del Kilómetro 15 de la carretera Toluca-Morelia.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: Su alrededor está densamente poblado por considerarse un sitio turístico.

**P. DE VILLA
DEL CARBON**

ASPECTO DE LA ZONA.



▲ ESTACION DE MUESTRO

UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra al Este del kilómetro 37 de la carretera Tlanepantla-Villa del Carbón.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: Dada su ubicación es de fácil acceso y sus alrededores se utilizan como centro recreativo.

ASPECTO DE LA ZONA



P. VILLA VICTORIA



0 1 Km.
ESCALA

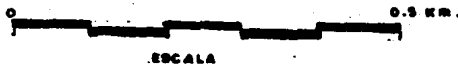
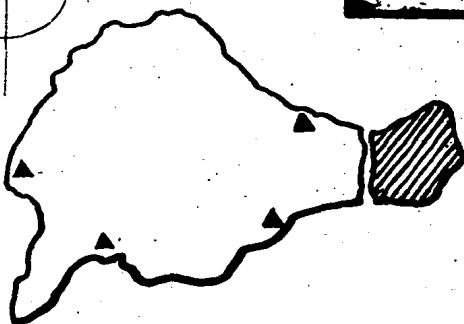
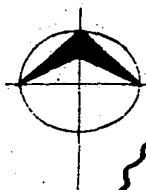
- ▲ ESTACION DE MUESTREO
- ZONA DE SIEMBRA

UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra en el kilómetro 97 de la carretera Toluca-Morelia.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: Solo una pequeña porción de la misma colinda con la carretera, en la otra parte existen varios poblados pequeños.

L. ZEMPOALA

ASPECTO DE LA ZONA



▲ ESTACION DE MUESTREO

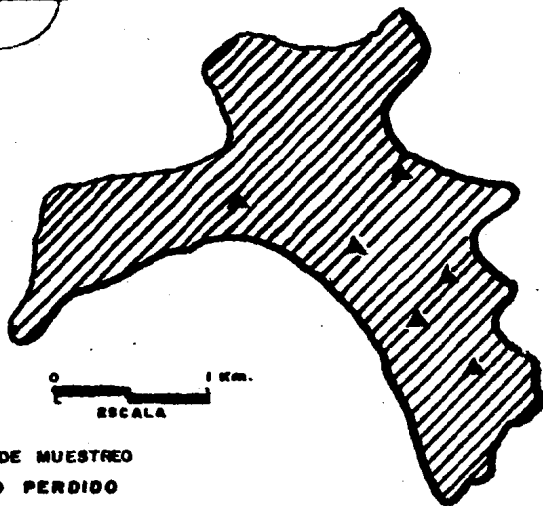
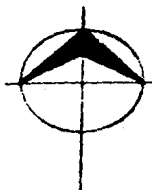
▨ TERRENO PERDIDO

UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra aproximadamente al Este del kilómetro 34 del camino Tres Marias-Malinalco.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: Es un lugar de reserva ecológica protegido por SEDUE. Se utiliza como parque recreativo.

L. ZUMPANGO

ASPECTO DE LA ZONA



▲ ESTACION DE MUESTREO
/// TERRENO PERDIDO

UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra aproximadamente en el kilómetro 35 camino a Cuautitlan-Apasco.

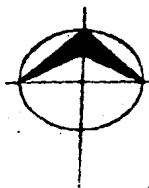
CARACTERISTICAS DE LA ZONA: Prácticamente no existe ya que el municipio la ha secado y solamente quedan algunas zonas encharcadas.

MORELOS

ASPECTO DE LA ZONA



L. COATETELCO



ESCALA

▲ ESTACION DE MUESTREO

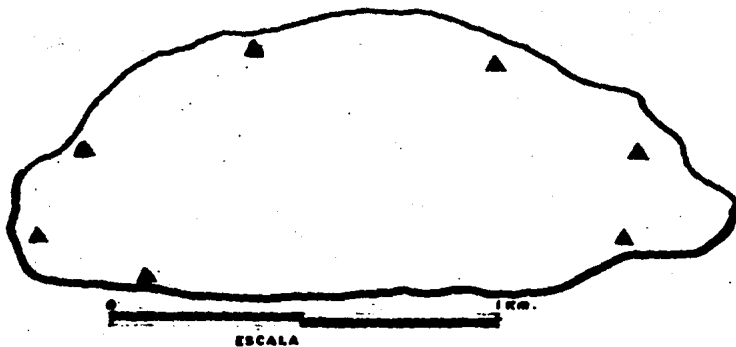
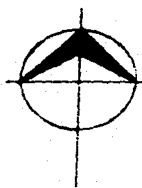
UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra aproximadamente al Este del kilómetro 25 de la carretera Cuernavaca-Taxco.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: En sus alrededores existen varios poblados, los cuales dan un servicio turístico, existen puestos de comida y la gente la utiliza para nadar.

ASPECTO DE LA ZONA



L. DEL RODEO



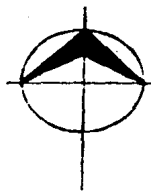
UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra aproximadamente al Este del kilómetro 20 de la carretera Cuernavaca-Taxco.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: Se encuentra rodeada por diferentes poblados y su gente emplea sus orillas para el pastoreo. Es no toria la presencia de gran cantidad de pequeños peces muertos, lo cual puede ser indicio de que existe un problema ecológico.

ASPECTO DE LA ZONA



L. DE TEQUESQUITENGO



▲ ESTACION DE MUESTREO .



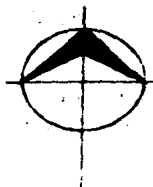
UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra aproximadamente al Este del kilómetro 38 de la carretera Cuernavaca-Taxco.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: Se considera un centro vacacional y existen varias atracciones en sus alrededores.

TLAXCALA

L. ATLANGA

ASPECTO DE LA ZONA



▲ ESTACION DE MUESTREO

▨ ZONA DE SIEMBRA

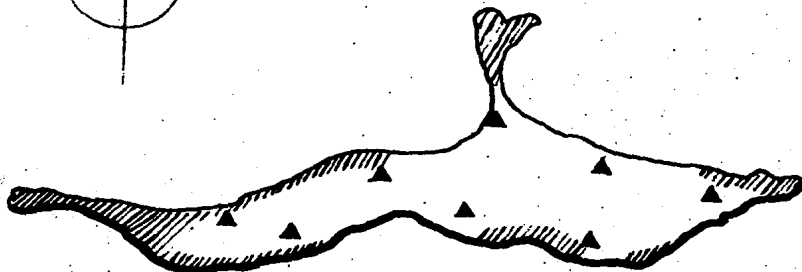
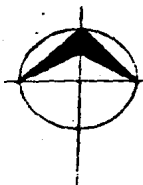
UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra en el kilómetro 61 al este de la carretera Texcoco-Tlaxcala.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: La zona es de fácil acceso ya que existen algunos caminos para llegar a ella. El lugar es poco poblado. Gran parte de la laguna será usada para estuarios. Además, hay grandes extensiones de terreno que se utilizan como campos de cultivo.

ASPECTO DE LA ZONA



L. DE TOLCHAE



▲ ESTACION DE MUESTREO

▨ ZONA DE SIEMBRA

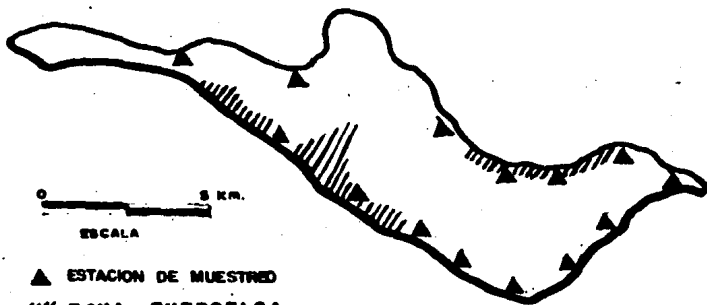
UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra a 36 kilómetros al Este de la carretera de Texcoco a Tlaxcala.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: Es de difícil acceso ya que en sus alrededores existen grandes extensiones de campos de cultivo, además es un lugar poco poblado.

PUEBLA

**P. MANUEL AVILA
CAMACHO**

ASPECTO DE LA ZONA



0 5 KM.
ESCALA

▲ ESTACION DE MUESTRO

/// ZONA EUTROFICA

UBICACION DE LA ZONA: Se encuentra aproximadamente a 15 kilómetros de la Ciudad de Puebla camino a Valsequillo.

CARACTERISTICAS DE LA ZONA: Es un lugar turístico que ofrece varios atractivos. Algunas zonas de la laguna se están convirtiendo actualmente en basureros.

9.3. TOMA DE MUESTRAS.

El número de muestras recolectadas depende de la extensión y forma del lago, laguna o presa. Las muestras se toman de la orilla y superficie de las mismas, siendo muestras únicas, es decir, sólo se realiza un muestreo sin considerar estacionalidad y cambios ecológicos en el transcurso del tiempo, ya que el objetivo del trabajo es la obtención de las cepas presentes y no el estudio ecológico de las mismas.

Las muestras se toman en frascos de vidrio de aproximadamente 300 ml con tapa de rosca, los cuales se lavan con detergente libre de fosfatos, y se esterilizan a 121°C y 15 lb de presión durante 15 min.

Los frascos se destapan en el momento de tomar la muestra en la laguna, lago o presa, se sumergen hasta que esten perfectamente llenas y se guardan en una caja de poliuretano con hielo para su transporte hasta llegar al laboratorio, donde se guardan y mantienen a temperatura de refrigeración con la finalidad de preservar las muestras para su análisis y el aislamiento de las algas.

9.4. ANALISIS QUIMICO.

El análisis químico consiste en el análisis de las muestras de agua para la determinación de algunos nutrientes necesarios para el crecimiento de las algas. Entre las fuentes nutricionales analizadas se encuentran: Carbono, Fósforo y Nitrógeno. En el siguiente cuadro se encuentran las determinaciones que se realizan y los métodos que se emplean.

DETERMINACIONES	MÉTODOS
- pH	Potenciométrico
- Dióxido de Carbono (CO ₂)	Tritimétrico
- Fosfatos (PO ₄)	Amino-naftol-sulfónico
- Nitritos (NO ₂)	Por diazotización del ácido sulfanílico con clorhídrico de naftilamina
- Nitratos (NO ₃)	Brucina

Los métodos vienen ampliamente descritos en el Manual de Análisis de Aguas (1), siendo los tres últimos métodos colorimétricos.

9.5. MEDIO Y CONDICIONES DE CULTIVO.

Para seleccionar el medio y las condiciones de cultivo se hace una revisión bibliográfica.

9.5.1. Medio de Cultivo.

Se elige el medio de Knop modificado para el aislamiento y cultivo de las algas, ya que presenta la composición necesaria para el crecimiento de un amplio espectro de algas.

**COMPOSICION DEL MEDIO DE KNOP
(Modificado) (2, 8, 16)**

KNO₃	0.25 g
K₂HPO₄	0.03 g
FeCl₃·6H₂O	0.015 g
MgSO₄·7H₂O	0.035 g
Ca(NO₃)₂	0.01 g
Agua destilada	100 ml
Ajustar el pH a 7	

Para la preparación de los medios de cultivo se utilizan reactivos Q.P. para evitar inhibiciones en el crecimiento de las algas por la interacción de otras sustancias. Una vez elaborados los medios, se esterilizan a 121°C y 15 lb de presión durante 15 minutos.

El medio de Knop se prueba con distintos compuestos e inhibidores con el fin de hacerlo selectivo, los cuales son:

- Urea al 0.5%
- Urea + Benzal
- Antibiótico al 0.01%
- Urea + Antibiótico
- Benzal al 0.1%
- Urea + Antibiótico + Benzal
- Benzal + Antibiótico

Los resultados de la Tabla 2, muestran que el medio a utilizar es el medio de Knop mas antibiótico.

9.5.2. Condiciones de Cultivo.

El aparato de incubación para el cultivo de algas seleccionado, es el diseñado por Ortiz Jfmenez-Garduño Ochoa, denominado MR-2. (17)

Las condiciones de cultivo se establecen, según los datos de la literatura (2,8,26), los cuales son:

- Aireación: 1 vvm
- Intensidad luminosa: 1732 lux
- Temperatura de incubación: Ambiente (entre 18-27°C)

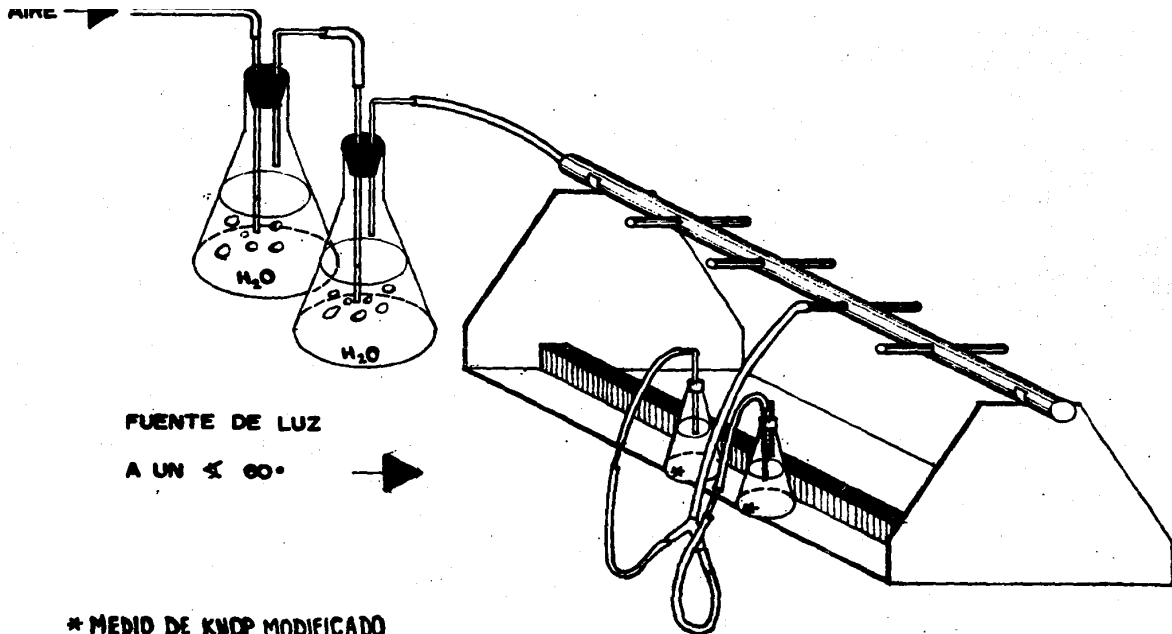
9.6. AISLAMIENTO.

Primeramente se efectúa una etapa de enriquecimiento de las muestras para facilitar el aislamiento posterior de las algas.

El enriquecimiento se efectúa en 100 ml de medio de Knop modificado con 1 ml de penicilina al 0.01% contenidos en matraces de 250 ml al cual se le adicionan 50 ml de muestra, que se incuban en el MR-2 durante 3 días, conectando el sistema como lo indica la Fig 3, en las condiciones antes mencionadas.

Cabe señalar que todo el trabajo se realiza en condiciones asépticas y que las conexiones y tapones que se emplean en el MR-2, se esterilizan en autoclave a 121°C y 15 lb de presión durante 15 minutos, y en las entradas de aire, se utilizan pequeños filtros de algodón. (Fig 4)

Después del enriquecimiento de las muestras, existen diferentes tipos de microorganismos, por lo cual es necesario aislar las algas presentes. Para la primera etapa del aislamiento, se siembra por duplicado alicuotas de 0.1 ml de las muestras enriquecidas, sobre la superficie de cajas petri que contienen el medio de Knop modificado + penicilina, por crecimiento masivo y se incuban en una cámara de crecimiento durante 2 o 3 semanas (Fig 5)



* MEDIO DE KNOP MODIFICADO
 + PENICILINA + MUESTRA.

Fig. 3

ESQUEMA DEL MR-2 (66)

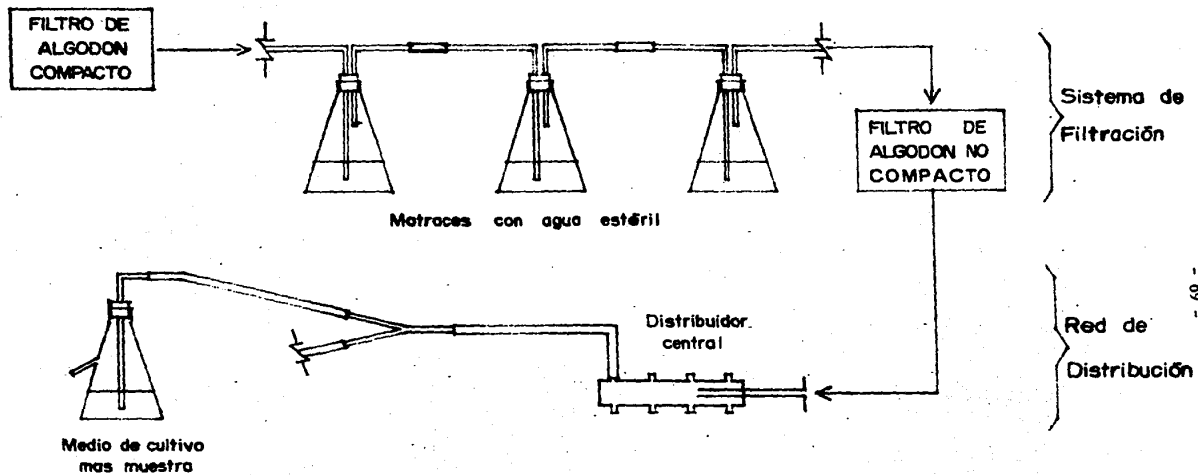


Fig. 4 SISTEMA DE FILTRACION DEL MR-2

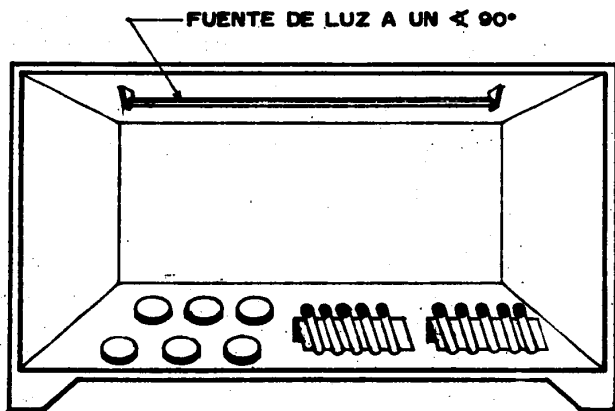


Fig. 5 CAMARA DE CRECIMIENTO

Transcurrida la incubación, se seleccionan las colonias diferentes de las cajas correspondientes a una sola estación y de la misma zona de estudio, se marcan dichas colonias para evitar confusiones entre las diferentes muestras, se observan en un microscopio de contraste de fases (marca Reichert Nr-327 027) con el objetivo de inmersión que permite 1000 aumentos, en preparaciones en fresco con el propósito de observar las cepas que sean diferentes de la misma laguna. Una vez seleccionadas las cepas que son diferentes, se siembran en tubos de ensayo con medio de Knop modificado mas antibiótico con agar para su conservación.

Antes de iniciar la etapa de identificación y clasificación, es necesario contar con cultivos axénicos y libres de bacterias; dadas las condiciones de los cultivos, se procede hacer un lavado de las colonias obtenidas, para lo cual se emplean tubos de ensayo con 5 ml de medio de Knop modificado líquido mas 0.1 ml de una mezcla de estreptomycin-ampicilina (10 g/ml de cada uno), se siembra a partir de una colonia, con ayuda de una asa bacteriológica, y se incuban hasta que el cultivo haya proliferado visiblemente, aproximadamente 2 semanas.

Después de este tiempo se hacen preparaciones en fresco y se observa el estado del cultivo. Si se obtiene el cultivo unialgal y libre de bacterias, se procede a resembrarlo en tubos con medio de Knop modificado con agar para su conservación.

9.7. IDENTIFICACION.

Primero se observa la tonalidad y coloración aparente del cultivo: verde, verde-azul, amarillo-verdoso, etc. La forma del crecimiento: filamentoso,

colonial, adherencia al vidrio, crecimiento en película o racimos y la forma que toma la colonia en el medio sólido. Este análisis permite ubicar al alga dentro de la división y clase que le corresponde.

Después se observan las características microscópicas forma, tamaño, agrupación, cloroplastos, pirenoides, ya que con estas y por medio de claves en base a la bibliografía, sirven para identificarlas. (19)

9.8. CONSERVACION DE LAS CEPAS.

Una vez identificadas las cepas, se procede a sembrar en tubos con medio de Knop modificado sólido y líquido, etiquetados de acuerdo al sistema de la Colección de Cultivos UNAM-48, es decir, las iniciales del Instituto al cual pertenece la colección Biomédicas (BM), seguida de la primera inicial del tipo de microorganismo, en este caso será "A", por tratarse de algas y por último el número que se le asigna dentro de la colección. (Tabla 5)

10.- RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos:

10.1. ANALISIS QUIMICO.

Los datos de la Tabla 1, corresponden al Análisis químico que se realiza para cada estación en las 30 presas, lagos y lagunas seleccionadas para su muestreo en el cual se indica el estado al que corresponde así como las estaciones o número de muestras para cada uno. Como primer dato, se tiene el pH, en seguida la cantidad en ppm de CO_2 , NO_2^- , NO_3^- y $\text{PO}_4^{=}$ que se encuentran en cada muestra.

En los lagos del D.F. se observa que el pH es alcalino, y que no hay CO_2 libre. El nitrógeno presente está en forma de nitritos y nitratos, y es relativamente baja, con excepción del L. de Xochimilco, en donde la cantidad de nitratos es elevada. Los fosfatos estan presentes en todas ellas y es abundante en el L. de Xochimilco.

En las zonas de muestreo del Edo. de México existe gran variación en los datos obtenidos, como es el caso del pH donde la mayoría tienden a la neutralidad con excepción de la P. el Ojuelo, del L. de Texcoco, la Presa de Valle de Bravo y la de Villa del Carbón, que son ligeramente alcalino (como sucede en las del D.F.), en general se presentan en cantidades variables, y es en mayor proporción en la P. de Guadalupe y en la P. Sin-Nombre. La cantidad de nitrógeno está en mayor proporción en forma de nitratos que de nitritos y los fosfatos se presentan en todas ellas en cantidades variables siendo mayor en el L. de Texcoco.

En las zonas de muestreo que corresponden al Edo. de Hidalgo, en cuanto a pH se refiere, tienden a la neutralidad, con excepción del L. de Apan que es alcalino. El CO_2 libre se encuentra en mayor proporción en la P. Endho y la P. de la Requena, siguiendo la de Taximay y la L. de Apan. El nitrógeno se presentan en mayor proporción en forma de nitritos, sin dejar de existir en la otra forma (NO_3^-). Los fosfatos se encuentran en mayor proporción en la P. Endho.

En las zonas de muestreo del Edo. de Morelos, el pH es alcalino y no existe CO_2 libre, a excepción del Rodeo, donde el pH tiende a la neutralidad. El nitrógeno está en mayor proporción en forma de nitratos, que de nitritos, en comparación con otras lagunas, esta proporción no es muy grande. En cuanto a fosfatos, existen en pequeña proporción si la comparamos con otras lagunas que tienen un pH similar a ellas y es más notorio en la L. de Tequesquitengo.

En las zonas de muestreo del Edo. de Tlaxcala, hay tendencia a la neutralidad, con excepción de algunas estaciones de la L. de Tolchaé, donde el pH es alcalino, como consecuencia de esto no hay CO_2 libre. El nitrógeno es mayor en forma de nitratos y menor en forma de nitritos, sin embargo los primeros varían mucho. La concentración de fosfatos son muy diferentes.

En la P. Manuel Avila Camacho de Puebla, el pH es neutro y ligeramente alcalino por lo que el CO_2 libre existe en cantidades variables. El nitrógeno se presenta en mayor proporción en forma de nitratos que de nitritos y no es muy grande si la comparamos con otras zonas. Los fosfatos se encuentran en cantidades variables.

TABLA I

RESULTADOS DEL ANALISIS QUIMICO

Estado	Lugar de Muestreo	Estación	pH	CO ₂	NO ₂	NO ₃	PO ₄
D.F.							
	L. Chapultepec (1a. Sección)	1	9.3	0.0	0.20	0.0	9.90
		2	9.7	0.0	0.34	0.0	4.88
		3	9.4	0.0	0.22	1.6	1.24
		4	9.6	0.0	0.21	0.0	4.88
	L. Chapultepec (2a. Sección)	1	9.4	0.0	0.10	0.0	15.61
		2	9.6	0.0	0.11	0.0	9.12
		3	9.7	0.0	0.13	0.0	26.42
		4	9.1	0.0	0.12	1.6	22.95
	L. San Juan de Aragón	1	10.4	0.0	0.07	0.0	2.55
		2	10.4	0.0	0.07	0.0	2.55
		3	10.4	0.0	0.05	0.0	2.70
		4	10.7	0.0	0.08	0.0	1.53
	L. de Xochimilco	1	7.7	0.0	0.05	16.0	24.98
		2	8.3	0.0	0.08	18.2	16.11
		3	8.1	0.0	0.05	16.0	30.44
		4	8.3	0.0	0.07	9.8	21.68
		5	8.1	0.0	0.07	5.9	19.89
		6	8.4	0.0	0.06	7.8	18.69
		7	8.7	0.0	0.03	3.3	32.24
		8	8.0	0.0	0.03	20.8	31.34
		9	8.4	0.0	0.06	17.7	37.90
		10	10.0	0.0	0.05	14.9	6.56
		11	8.0	0.0	0.09	8.3	30.44
ESTADO DE MEXICO							
	P. Danxho	1	7.0	2.13	0.35	21.4	1.53
		2	6.9	2.13	0.14	15.6	2.25
		3	6.1	4.27	0.09	5.9	0.41

Lugar de Muestreo		Estación	pH	CO ₂	NO ₂	NO ₃	PO ₄
Estado	Laguna Presa Lago						
p p m							
P. Guadalupe	1	6.4	15.36	0.09	0.0	3.6	
	2	6.3	7.25	0.10	3.7	2.1	
	3	5.6	13.35	0.30	0.0	4.8	
	4	6.8	8.96	0.11	3.3	19.29	
	5	6.4	3.50	0.09	0.1	21.68	
	6	6.5	17.07	0.09	3.0	24.27	
	7	6.4	15.80	0.10	2.0	1.25	
L. de Huapango	1	6.9	3.00	0.07	1.8	0.0	
	2	7.0	3.00	0.10	4.6	0.0	
	3	7.1	2.13	0.07	1.6	0.4	
	4	6.9	2.60	0.13	3.7	12.4	
	5	7.0	2.60	0.19	0.0	0.0	
	6	6.9	3.80	0.16	2.0	2.1	
	7	6.9	27.32	0.12	2.9	1.53	
	8	7.5	2.13	0.08	3.3	3.9	
L. Huaracha	1	6.7	5.80	0.14	1.6	1.24	
	2	6.6	5.12	0.15	0.0	4.6	
	3	6.7	5.12	0.09	0.0	1.24	
	4	6.8	4.70	0.10	0.0	0.41	
	5	7.1	3.00	0.10	8.0	0.70	
P. Ignacio Ramírez	1	6.3	0.85	0.05	12.4	2.1	
	2	6.3	0.85	0.08	9.8	0.0	
	3	6.2	1.28	0.15	15.6	0.0	
	4	6.8	0.85	0.15	12.4	1.24	
	5	6.7	1.28	0.07	11.9	0.0	
	6	5.9	4.27	0.08	6.9	0.1	
	7	6.5	0.85	0.05	4.6	5.03	
	8	6.3	0.85	0.06	11.3	0.0	
	9	6.3	1.28	0.06	11.1	0.0	
	10	6.5	1.28	0.07	5.5	1.53	
	11	6.2	1.71	0.08	9.3	3.30	
P. El Ojuelo	1	8.2	0.0	0.07	2.4	0.13	
	2	8.4	0.0	0.28	1.2	2.1	
	3	7.8	3.4	0.05	0.0	0.0	
L. Salazar	1	6.8	1.71	0.05	0.8	0.0	
	2	6.9	2.13	0.05	2.4	1.0	
	3	6.9	2.13	0.08	2.4	0.0	
	4	6.3	5.13	0.06	2.0	0.13	

Lugar de Muestreo Estado	Estación	pH	CO ₂	NO ₂	NO ₃	PO ₄
P. San Juanco	1	6.2	4.30	0.05	0.0	1.81
	2	6.8	5.54	0.12	2.4	0.13
	3	6.3	2.80	0.06	3.7	1.40
	4	6.9	4.70	0.12	2.9	1.81
	5	5.9	5.80	0.70	20.8	1.00
	6	6.9	3.00	0.17	2.0	0.82
	7	6.4	3.41	0.15	4.6	2.10
P. Sin Nombre	1	6.7	15.80	0.06	3.1	7.62
	2	6.1	23.48	0.06	4.6	2.10
	3	6.8	15.36	0.09	6.0	23.60
	4	6.5	47.80	0.10	1.6	12.80
	5	6.9	6.83	0.08	9.8	3.30
L. de Texcoco	1	9.2	0.0	0.07	2.0	28.80
	2	9.2	0.0	0.06	1.2	43.80
	3	9.0	0.0	0.23	1.6	43.80
	4	8.6	0.0	0.22	3.7	46.80
L. Trinidad	1	7.1	3.0	0.07	9.5	1.81
	2	7.0	3.4	0.08	4.4	1.81
	3	7.2	3.0	0.09	7.3	0.40
	4	7.0	2.13	0.08	11.1	1.24
P. Valle de Bravo	1	8.1	0.0	0.07	1.6	1.11
	2	8.1	0.0	0.08	4.6	1.24
	3	8.1	0.0	0.11	2.9	0.40
	4	8.1	0.0	0.08	1.6	0.13
	5	8.1	0.0	0.09	2.4	0.40
	6	8.2	0.0	0.08	2.0	0.00
	7	8.1	0.0	0.09	5.5	0.40
P. Villa del Carbón	1	7.2	2.56	0.07	4.2	0.13
	2	8.9	0.0	0.08	2.0	0.70
	3	8.9	0.0	0.09	3.3	0.10
	4	7.9	0.85	0.11	4.2	0.70
	5	8.5	0.0	0.09	32.3	0.41
P. Villa Victoria	1	6.4	4.27	0.05	3.7	0.00
	2	6.2	4.7	0.07	3.3	0.00
	3	6.3	4.7	0.17	4.6	0.00
	4	6.3	4.27	0.07	1.6	0.00
	5	6.8	15.36	0.23	4.6	0.13
	6	7.4	3.8	0.09	3.7	6.6
	7	6.6	17.1	0.12	7.8	12.0
	8	6.1	7.25	0.16	2.9	3.0
	9	6.3	9.4	0.08	2.0	4.5
	10	6.7	6.0	0.11	5.0	2.4

Lugar de Muestreo	Estación	pH	CO ₂	NO ₂	NO ₃	PO ₄
Estado	Laguna Presa Lago	p p m				
L. Zempoala	1	6.9	2.60	0.10	2.9	0.40
	2	7.4	2.13	0.07	2.9	0.13
	3	7.8	2.13	0.08	2.4	0.70
	4	6.7	2.13	0.08	2.4	0.70
L. Zumpango	1	6.3	7.25	0.05	0.8	4.90
	2	7.9	0.00	0.05	1.6	1.80
	3	6.6	3.80	0.12	0.0	16.10
	4	6.5	4.70	0.12	0.0	4.55
	5	7.6	0.00	0.13	0.0	17.13
	6	7.0	0.00	0.16	0.8	15.12
HIDALGO						
L. de Apan	1	8.0	0.43	0.07	6.0	2.4
	2	7.8	0.64	0.08	5.0	2.4
	3	8.2	0.21	0.07	5.7	2.1
	4	7.8	0.85	0.03	6.2	2.4
	5	7.6	0.64	0.03	5.0	3.9
	6	8.4	0.42	0.03	4.6	2.7
P. Endho	1	6.9	31.15	0.11	0.0	31.34
	2	7.0	0.0	0.07	0.0	0.0
	3	6.8	24.33	0.05	0.0	23.6
	4	8.5	0.0	0.10	0.8	45.26
	5	6.9	25.61	0.06	0.8	25.70
	6	7.0	0.0	0.05	0.8	26.40
	7	7.0	0.0	0.09	0.0	8.40
	8	6.8	0.0	0.07	0.0	38.50
P. Requena	1	6.7	21.34	0.24	0.0	3.0
	2	8.0	0.0	0.05	1.6	3.0
	3	6.7	21.34	0.09	0.0	5.2
P. Taximay	1	7.2	4.27	0.05	0.0	0.0
	2	7.3	2.60	0.05	0.0	0.0
	3	6.9	3.40	0.05	0.0	1.53
	4	7.0	3.80	0.02	0.0	0.13
	5	7.1	2.60	0.05	0.0	0.4
	6	7.3	2.60	0.05	0.0	0.0
	7	7.0	2.13	0.05	0.0	0.0
	8	7.6	1.28	0.03	0.0	0.0
	9	7.5	2.13	0.04	2.0	2.4
	10	7.3	3.80	0.05	0.0	2.4
	11	6.8	4.27	0.12	0.0	1.0
	12	7.7	25.61	0.14	0.8	3.0
	13	6.6	4.27	0.07	2.0	3.0

Lugar de Muestreo Estado	Estación	pH	CO ₂	NO ₂	NO ₃	PO ₄
MORELOS						
L. Coatetelco	1	7.8	0.0	0.17	2.4	2.4
	2	8.3	0.0	0.07	1.6	1.5
	3	8.2	0.0	0.04	0.0	2.7
	4	8.3	0.0	0.07	1.6	1.8
	5	8.1	0.0	0.07	1.6	2.7
	6	8.1	0.0	0.06	1.2	2.7
	7	7.6	0.0	0.10	1.2	4.6
	8	8.3	0.0	0.13	0.0	3.0
L. del Rodeo	1	7.0	5.80	0.07	6.0	1.24
	2	7.0	2.60	0.09	2.4	1.81
	3	6.9	2.56	0.09	2.4	1.81
	4	6.6	4.27	0.14	2.4	3.60
	5	7.5	4.27	0.09	1.6	3.30
	6	8.2	0.00	0.18	1.6	17.12
	7	6.9	5.12	0.09	4.2	2.40
L. de Tequesquitengo 1	1	8.4	0.0	0.10	5.5	0.13
	2	8.5	0.0	0.07	4.2	0.0
	3	8.5	0.0	0.07	2.4	0.0
	4	8.4	0.0	0.02	2.0	0.13
	5	8.5	0.0	0.07	2.9	0.0
	6	8.6	0.0	0.07	3.3	0.7
	7	8.5	0.0	0.06	2.0	0.0
	8	8.5	0.0	0.06	2.9	0.13
	9	8.6	0.0	0.05	2.0	0.13
	10	8.5	0.0	0.05	1.6	0.41
	11	8.5	0.0	0.04	2.4	0.0
	12	8.4	0.0	0.04	3.3	0.13
	13	8.5	0.0	0.07	2.4	0.13
	14	8.4	0.0	0.05	2.4	0.96
	15	8.5	0.0	0.05	2.9	0.96
TLAXCALA						
L. Tolchaé	1	6.6	1.28	0.04	0.8	2.4
	2	7.6	0.85	0.05	5.9	2.4
	3	7.6	0.42	0.06	5.5	2.1
	4	7.7	0.43	0.04	9.8	2.7
	5	8.3	0.0	0.08	4.6	2.7
	6	7.1	0.43	0.04	8.3	2.4
	7	8.4	0.0	0.05	8.1	2.1
	8	8.0	0.21	0.06	5.6	5.9

Lugar de Muestreo Estado	Estación	pH	CO ₂	NO ₂	NO ₃	PO ₄
L. Atlanga	1	7.7	0.64	0.09	3.7	3.24
	2	7.3	0.85	0.05	5.0	3.90
	3	7.3	0.64	0.07	2.4	1.24
	4	7.6	0.64	0.06	2.9	2.70
	5	7.0	1.06	0.08	3.7	2.10
	6	7.3	0.85	0.06	4.2	0.95
	7	7.6	0.85	0.05	3.3	0.70
	8	7.8	0.85	0.04	2.9	2.10
	9	7.1	1.06	0.05	3.3	1.81
	10	7.4	0.85	0.07	4.2	1.50
	11	7.3	1.06	0.07	4.6	1.24
	12	6.9	0.85	0.09	0.8	2.70
	13	6.9	0.85	0.07	0.0	2.70
	14	7.1	0.64	0.07	0.8	6.70

PUEBLA

P. Manuel Avila Camacho	1	7.2	8.10	0.09	0.0	2.80
	2	7.9	2.13	0.00	0.0	0.0
	3	7.8	7.90	0.04	4.6	0.0
	4	7.4	0.42	0.08	5.0	0.0
	5	7.1	21.34	0.09	3.7	4.20
	6	6.8	4.70	0.22	4.2	11.11
	7	7.0	8.50	0.35	2.4	4.24
	8	8.0	2.13	0.10	3.3	1.81
	9	6.8	9.80	0.10	2.4	1.24
	10	7.7	0.85	0.12	5.0	7.63
	11	7.3	7.25	0.11	0.0	3.30
	12	7.0	23.50	0.15	5.9	6.00
	13	7.0	19.2	0.12	4.2	6.60
	14	7.4	4.3	0.09	6.9	1.80

10.2. SELECTIVIDAD DEL MEDIO.

El medio seleccionado es Knop modificado, ya que su composición permite el crecimiento de un amplio espectro de algas.

Debido al habitat acuático de donde se toma la muestra, a la composición del medio y al tiempo de incubación, se presenta el problema de contaminación por bacterias, para lo cual se trata de hacer selectivo al medio de Knop modificado empleando compuestos que favorezcan el crecimiento to algal e inhibidores que impidan el crecimiento bacteriano.

Los compuestos e inhibidores que se prueban con el medio de Knop modificado son: urea, antibiótico (penicilina), benzal y sus combinaciones. Para seleccionar el compuesto o inhibidor se compara el crecimiento algal y bacteriano, como se muestra en la Tabla 2.

TABLA 2 **SELECTIVIDAD DEL MEDIO**

Medio de Knop Modificado + Compuesto o Inhibidor	Crecimiento		OBSERVACIONES
	ALGAL	BACTERIANO	
Sin Inhibidor (Control)	+++	+++	Crecimiento lento
Urea 0.5%	++	++++	No hay aislamiento
Antibiótico 0.01%	++++	+	Colonias aisladas
Benzal 0.1%	+++	+	Formación de espuma
Benzal + Antibiótico	+	+	
Urea + Benzal	++	++	
Urea + Antibiótico	+	++	Crecimiento lento
Urea + Antibiótico + Benzal	+++	+	Formación de espuma

De acuerdo a los resultados se decide emplear el medio de Knop mas antibiótico.

10.3. CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DE LAS CEPAS.

Una vez aisladas las cepas, se observan sus características macroscópicas (Color y Tipo de Colonia) en medio sólido y sus características microscópicas (forma, tamaño, agrupación, cloroplastos, membrana y pirenoides), mismas que con ayuda de los manuales de taxonomía (19) a través de claves, se puede identificar y clasificar el género y en algunos casos la especie a la que pertenecen.

Borodinellopsis sp

Células esféricas de alrededor de $30\mu\text{m}$ de diámetro.

Tiene cloroplastos asteroidal o axial con pirenoides centrales.

Su colonia es verde-amarilla, circular, plana y butirosa.



Characium sp

Sus células son ligeramente largas y achatadas.

Su colonia es verde-amarillo, puntiforme, plana y butirosa.



Pseudocharacium sp

Sólo difiere de Characium en que en su zoospora tiene 4 flagelos.

Su colonia es verde-amarilla y butirosa.



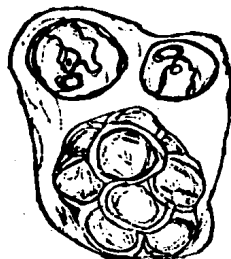
Chlorococcum sp

Células de tamaño variable.

Se encuentran agrupadas en un mucilagino delgado.

Sus cloroplastos están cubiertos casi en su totalidad por la pared celular.

Su colonia es verde-amarilla, puntiforme, plana y butirosa.



Fasciculochloris sp

Células ovoides y llegan a ser esféricas, hasta de 14 μ m de diámetro.

Cloroplastos parietales.

Tienen uno o más pirenoides.

Su colonia es verde, puntiforme, plana y butirosa.



Neochloris sp

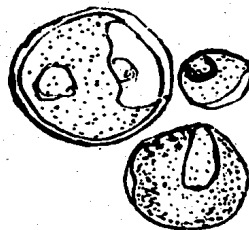
Células esféricas, por debajo de 65 μ m de diámetro.

Su pared es delgada y laminada.

Cloroplastos en forma de taza y parietales.

De uno a más pirenoides.

Su colonia es verde, circular, convexa y butirosa.



Schroederia sp

Células fusiformes, ligeramente curvadas, en cada polo tienen una robusta y estendida espina.

Su colonia es verde, circular, plana y se adhiere al medio.

Su tamaño es de 25 a 40 μm de longitud.



Tetracystis sp

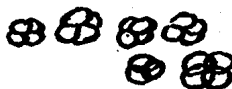
Células esféricas o subsféricas.

Se encuentra sola o en agregados, forma tetraedros de células.

Su diámetro está por debajo de 20 μm .

Tiene cloroplasto parietal.

Su colonia es verde, circular, plana y se adhiere al agar.

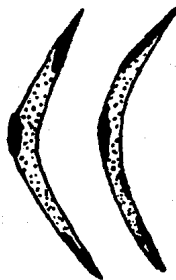


Ankistrodesmus fractus

Su tamaño es de 20 a 35 μm , son largas y delgadas y sus extremos son en punta.

Cada célula tiene un núcleo en el centro y cloroplastos parietales, sin pirenoides.

Su colonia es verde, circular, convexa y butirosa.



Ankistrodesmus convolutus

En comparación a la especie fractus, es corta y curvada, con las puntas en rizo.

Su colonia es verde, circular, convexa y se adhiere al medio a la pared del tubo.

Su tamaño va de 25 a 35 μm de diámetro.



Ankistrodesmus falcatus

Células sueltas o juntas y torcidas, pueden ser rectas o curvas, puntiagudas en ambos extremos.

No están embebidas en una matriz gelatinosa.

Su colonia es verde, circular, convexa y butirosa.



Chlorella sp

Sus células son pequeñas de 2 a 12 μm , son esféricas o elipsoidales. Usualmente se encuentran aisladas y en ocasiones agrupadas.

Su cloroplasto es parietal con un pirenoide.

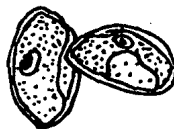
Sus células son de pared delgada.

Su colonia es verde, puntiforme, convexa y butirosa.



Chlorella ellipsoidea

Sus células son elipsoidales y ovoides.
Su colonia es verde, puntiforme, convexa y butirosa.



Chlorella vulgaris

El diámetro de sus células es de 5
a 10 μ .

Tiene un pirenoide no muy claro.

Su forma es esférica.

Su colonia es verde, puntiforme,
convexa y butirosa.



Selenastrum sp

Células firmemente en forma de media
luna.

Su colonia es verde-amarilla, circular,
plana y butirosa.



Oocystis sp

Células ovales, generalmente se encuentran dentro de una funda mucilaginoso.

Tienen uno o más cloroplastos parietales.

Su colonia es verde, puntiforme, convexa y butirosa.



Kirchiniella sp

Células en forma de luna, curveadas.

Generalmente se encuentran agrupadas en un mucilago.

Su colonia es verde-amarilla, irregular, plana y butirosa.

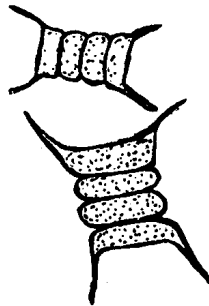


Scenedesmus quadricauda

Células ovoides o fusiformes colocadas lado a lado en una hilera o en 2 alternando ambas.

Se encuentran agrupadas de 4 a 12 células. Tienen puntas cortas sobre su pared. Las células tienen un cloroplasto laminar que contiene un pirenoide.

Su colonia es verde, circular, convexa y butirosa.



Closterium parvulum

Células en forma de luna, sin punta.

Tiene dos cloroplastos axiales, uno en cada punta, tiene diversos pirenoides y vacuolas con movimientos.

Su colonia es verde, butirosa y se adhiere al vidrio.



Cylindrocystis sp

Sus células son cortas o largas cilíndricas.

Contiene 2 cloroplastos axiales, cada uno con un pirenóide.

Su colonia es verde, circular, convexa y butirosa.



Koliella sp.

Sus células son fusiformes, sus polos son cónicos. Su pared celular es oblicua.

Se encuentra sola o en pares y en línea.

Su colonia es verde, irregular, plana y butirosa.

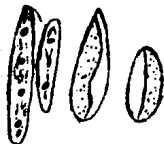


Mesotaenium sp

Sus células son cortas (en forma de bastón) o cilíndricas largas, dependiendo de su edad y la frecuencia de su división celular.

Contiene un núcleo simple y un cloroplasto parietal con un pirenoide.

Su colonia es verde, irregular, convexa y butirosa.



Caloneis sp

Sus células son elongada en forma de puro, con marcas transversales de líneas continuas, pero ligeramente anchas en el centro.

Hay nódulos centrales y polares.

Su colonia es verde, circular, convexa y butirosa.



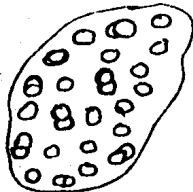
Anacystis sp

Sus células son ovoide-cilíndrica.

En ocasiones están aisladas y otras en pares.

Cada una es envuelta por una delicada membrana.

Su colonia es verde oscuro, irregular, convexa y se adhiere al agar.



Chlorosphaeropsis sp

Células esféricas, alrededor de 17μ m de diámetro.

Se encuentran solas o agrupadas.

Sus cloroplastos primero son planos parietales, pero pronto llegan a ser reticulados y a cubrir la pared. Varios pirrenoides.

Su colonia es verde, irregular, plana butirosa y crece por debajo del agar.



Dactylococcopsis sp

Células fusiformes y elongadas, punteadas en las orillas.

Su colonia es verde olivo, circular, convexa, se adhiere al agar.

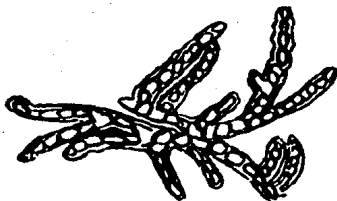


Hyella sp

Filamentos largos y cortos con separaciones que pueden ser horizontales o verticales.

Algunas se dividen para formar endosporas.

Su colonia es verde oscuro, filamentosa y se adhiere al agar.

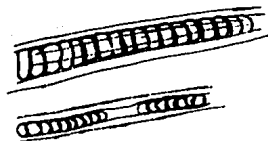


Lyngbya sp

Tiene un tricoma largo o filamento por vaina o envoltura compuesta por células y es claramente visible.

Son cónicas o redondeadas sus puntas. Difiere de Oscillatoria solo en sus puntas.

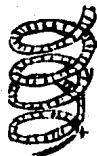
Su colonia es verde ligeramente obscura, filamentososa y se adhiere al medio y paredes del tubo.



Lyngbya contorta

Filamento largo que generalmente está en espiral, su vaina es delgada y no muy clara.

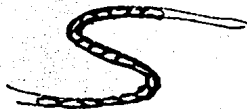
Su colonia es verde obscura, filamentososa y se adhiere fuertemente al agar.



Lyngbya largerheimii

Filamentos con células cilíndricas cortas y forma en ciertas partes espirales.

Su colonia es verde-amarilla, filamentososa y se adhiere al agar.



Lyngbya digueti

Filamento cuya longitud máxima de sus células es de 3.5μ y tiene su envoltura delgada.

Filamentos curvos o rectos, pero en espiral.

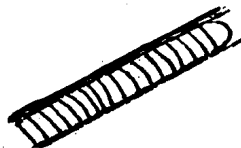
Su colonia es verde-amarilla, filamentosa y se adhiere al agar.



Lyngbya ocracea

Filamento largo, el cual sus puntas son redondas.

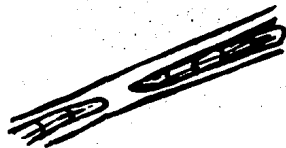
Su colonia es verde azul, filamentosa y se adhiere al agar.



Lyngbya versicolor

Filamento cuya longitud máxima es de 6.5μ y tiene una envoltura gruesa.

Su colonia es verde-azul, filamentosa y se adhiere al agar.



Oscillatoria chlorina

Tiene un tricoma solitario o entremezclado con otra alga, a veces en agregados de racimos..

Su funda es larga y definida. Son células con una longitud de más de la mitad del diámetro del filamento.

No hay granulos prominentes en el centro de las células.

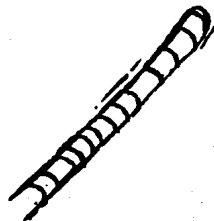
Su colonia es verde-amarilla y verde-azul, filamentososa y se adhiere al agar.



Oscillatoria formosa

Tiene un tricoma en el que sus paredes transversales no estan estrechas.

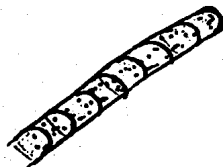
Su colonia es verde amarilla, filamentososa y se adhiere al agar.



Oscillatoria ornata

Tricoma en el que sus paredes celulares estan costreñidas.

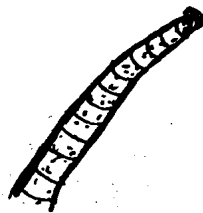
Su colonia es verde olivo, filamentososa y se adhiere al agar.



Oscillatoria princeps

Filamentos que tienen un grosor de 16 a 60 μ .

Su colonia es verde-amarilla, filamentosa, se adhiere al agar y es de membrana quebradiza.

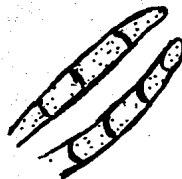


Oscillatoria pseudogeminata

Células de 1.5 a 2 veces más grande que el diámetro del filamento.

Las paredes intercelulares son gruesas y transparentes.

Su colonia es verde-amarilla, filamentosa, se adhiere al agar y su membrana es quebradiza.

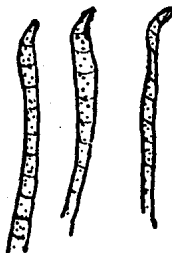


Oscillatoria splendida

Sus células son de 2 a 3 veces más largas que el diámetro del filamento.

El extremo del filamento termina en punta achatada.

Su colonia es verde-amarilla, filamentosa, se adhiere al agar y su membrana es quebradiza.

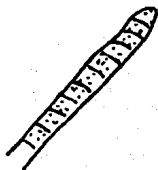


Oscillatoria tenuis

Filamentos ligeramente gruesos en el que sus extremos son curvados.

Con gránulos prominentes especialmente a ambos extremos de cada célula.

Su colonia es verde azul, filamentososa y su membrana es quebradiza.

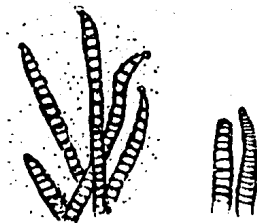


Phormidium sp

Filamentos compuestos de células rectangulares o cilíndricas en series continuas, su funda no es cerrada, irregularmente mezcladas entre una y otra.

Las fundas de los tricomas son muy delgadas y viscosas o pegajosas y llegan a formar una masa compacta.

Su colonia es verde-azul, filamentososa y se adhiere al agar.



Phormidium retzii

Sus filamentos son de 5 a 12 μ de ancho.

Su colonia es verde azul, filamentososa y se adhiere al medio.



Symploca sp

Masa de células que tiene el copete o cresta erecta.

Su colonia es verde-amarilla, de forma irregular, se adhiere al medio y es de textura seca.



Anabaena sp

Tricoma compuesto de células como gotitas o en forma de barril con heterocistos presentes y redondeados. Son células vegetativas y los heterocistos son mas largos que el ancho del filamento.

Su colonia es verde-azul, puntiforme, convexa y butirosa.

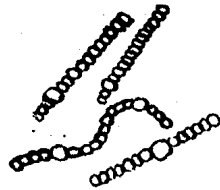


TABLA 3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LAS CEPAS

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS			CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS							
COLOR	COLONIA	CONSIST.	FORMA CELULAR	TAMAÑO	AGRUPACION	CLORO-PLASTOS	PIRENOIDES	OTRAS	GENERO	ESPECIE
Verde-Amarillo	Circular plana	Butirosa	Esférica	Aprox. de 30 μ m de diámetro	Gralmente. no se agrupa	Asteroidal o axial	Centrales en cloroplastos	---	<u>Borodinellopsis</u>	sp
Verde-Amarillo	Circular convexo	Butirosa	Ligeramente largas y achatadas	---	Gralmente. no se agrupa	---	---	---	<u>Characium</u>	sp
Verde Amarillo	Circular convexo	Butirosa	Ligeramente largas y achatadas	---	Gralmente. no se agrupa	---	---	En sus zoosporas tiene 4 flagelos	<u>Pseudocharacium</u>	sp
Verde-Amarillo	Puntiforme plana	Butirosa	Redondeadas	Variable	Pueden estar solas o en agrupación	Cubiertos casi en su totalidad por la pared celular.	---	---	<u>Chlorococcum</u>	sp
Verde	Puntiforme plana	Butirosa	Ovoides y esféricas	14 μ m de diámetro	---	Parietales	Tiene uno o mas pirenoides	Su pared celular es en zoosporas	<u>Fasciculochloris</u>	sp
Verde	Circular convexa	Butirosa seca	Esférica	Por debajo de 65 μ m de diámetro	---	Parietal y en forma de taza	Tiene uno o mas pirenoides	Su pared es delgada laminada	<u>Neochloris</u>	sp

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS				CARACTERISTICAS MICROSCOPICAS						
COLOR	COLONIA	CONSIST.	FORMA CELULAR	TAMAÑO	AGRUPACION	CLORO-PLASTOS	PIRENOIDES	OTRAS	GENERO	ESPECIE
Verde	Circular plana	Se adhiere al medio, seca.	Fusiformes lig. curvada cada punta con forma de espina.	Es de 25 a 40 μ m de longitud	---	---	---	---	<u>Schorederia</u>	sp
Verde	Circular plana	Se adhiere poco al agar.	Esféricas ó subsférica	Su diámetro está por debajo de 20 μ m	Se encuentra sola o en agregados formando tetrahedros..	Parietal	---	---	<u>Tetracystis</u>	sp
Verde	Circular convexa	Butirosa	Células largas, delgadas rectas y curvas	Su diámetro es de 20 a 35 μ m	Puede estar sola o agrupadas	Parietal	No tiene	Tiene un núcleo en el centro	<u>Ankistrodesmus falcatus</u>	
Verde	Circular convexa	Butirosa	Largas, delgadas, cilíndrica con punta en los extremos	Su diámetro es de 20 a 35 μ m.	Generalmente no se agrupa	Parietal	No tiene	Tiene un núcleo en el centro	<u>Ankistrodesmus fractus</u>	
Verde	Circular convexa	Se adhiere al medio y a la pared del tubo	Ligeramente anchas, curvadas, puntas en rizo.	Su diámetro es de 25 a 40 μ m	Generalmente no se agrupa	Parietal	No tiene	Tiene un núcleo en el centro	<u>Ankistrodesmus convolutus</u>	
Verde	Puntiforme convexa	Butirosa	Esférica ó elipsoidal	Son peq. de 2 a 12 μ m de diámetro	Puede estar sola, pero generalmente está agrupada	Parietal	1 pirenoide	Tiene pared delgada y una pequeña matriz gelatinosa a su alrededor.	<u>Chlorella</u>	sp

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS					CARACTERISTICAS MICROSCOPICAS					
COLOR	COLONIA	CONSIST.	FORMA CELULAR	TAMAÑO	AGRUPACION	CLORO-PLASTO	PIRENOIDES	OTRAS	GENERO	ESPECIE
Verde	Puntiforme convexa	Butirosa	Elipsoidal y ovoide	Son pequeñas de 2 a 12 μ m de diámetro.	Puede estar sola pero gralmente agrupada	Parietal	1 pirenoide	---	<u>Chlorella</u>	<u>ellipsoidea</u>
Verde	Puntiforme convexa	Butirosa	Esférica	Diámetro de 5 a 10 μ m.	Puede estar sola pero gralmente agrupada	Parietal	1 pirenoide no muy notable.	---	<u>Chlorella</u>	<u>vulgaris</u>
Verde	Puntiforme convexa	Butirosa	Ovales	---	Gralmente. se encuentra agrupada dentro de una funda mucilaginosa.	1 ó 2 parietales	---	---	<u>Oocystis</u>	sp
Verde-Amarilla	Circular plana	Butirosa	De media luna	Muy peq.	Estrechamente agrupadas pero no enmarañadas	---	---	---	<u>Selenastrum</u>	sp
Verde Amarilla	Irregular plana	Butirosa	Curvadas en forma de luna	---	Gralmente. agrupadas en un mucilagino	---	---	---	<u>Kitchineriella</u>	sp
Verde	Circular convexa	Butirosa	Ovoides ó fusiformes con puntas cortas en su pared	---	De 4 a 12 células en 1 hilera o en 2 alternadas.	laminal	solo 1	---	<u>Scenedesmus</u>	<u>quadricauda</u>

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS				CARACTERISTICAS MICROSCOPICAS						
COLOR	COLONIA	CONSIST.	FORMA CELULAR	TAMAÑO	AGRUPACION	CLORO-PLASTOS	PIRENOIDES	OTRAS	GENERO	ESPECIE
Verde	Irregular plana	Butirosa	Fusiforme, sus puntas son cónicas	---	Estan solas o en pares y en líneas	---	---	Su pared celular es oblicua	<u>Koliella</u>	sp
Verde	Circular convexa	Butirosa	Cilíndricas	Variable	---	2 axiales	solo 1	---	<u>Cylinrocystis</u>	sp
Verde	Irregular convexa	Butirosa	Cilíndricas cortas o largas	---	---	Parietal	1 ó mas	Tiene un núcleo simple	<u>Mesotaenium</u>	sp
Verde	Circular convexo	Butirosa	En forma de luna con punta achatada	---	Generalmente no se agrupa	2 axiales 1 en cada extremo	Diversos	Vacuolas con movimientos de gránulos en los polos de la célula	<u>Closterium parvulum</u>	
Verde	Irregular plana	Butirosa y crece por debajo del agar	Esféricas	Alrededor de 17 µm de diámetro	Está sola o agrupada	Planos y parietales	De 1 a varios	---	<u>Chlorosphaeropsis</u>	sp
Verde	Circular convexa	Butirosa	Elongadas en forma de pino, y son ligeramente anchas en el centro	---	---	---	---	Nódulos centrales y polares.	<u>Caloneis</u>	sp

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS					CARACTERISTICAS MICROSCOPICAS					
COLOR	COLONIA	CONSIST.	FORMA CELULAR	TAMAÑO	AGRUPACION	CLORO-PLASTOS	PIRENOIDES	OTRAS	GENERO	ESPECIE
Verde obscuro	Irregular convexa	Se adhiere al agar	Ovoide y cilíndrica	---	En ocasiones solitarias y otras en pares	---	---	Cada célula está envuelta por una delgada membrana	<u>Anacystis</u> sp	
Verde olivo	Circular convexa	Se adhiere al agar.	Rasiformes y elongadas, punteadas en sus extremos.	---	---	---	---	<u>Dactilococcopsis</u> sp		
Verde	Filamentosa	Se adhiere al agar	Tiras largas	---	---	---	---	Se divide para formar endosporas.	<u>Hyella</u> sp	
Verde	Filamentosa	Se adhiere al agar y a la pared	Tiene un tritricoma largo filamento por vaina compuesto por células, sus puntas son cónicas o redondeadas.	---	Solas pero gralmente se agrupa	---	---	Su envoltura es visible.	<u>Lyngbya</u>	
Verde	Filamentosa	Se adhiere fuertemente al agar	Regularmente es un filamento en espiral	---	Solas y gralmente agrupadas.	---	---	---	<u>Lyngbya contorta</u>	
Verde-Amarillo	Filamentosa	Se adhiere al agar	Filamento recto o curvo pero no en espirales	Longitud máxima de 3.5 micras	"	---	---	---	<u>Lyngbya digueti</u>	

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS			CARACTERISTICAS MICROSCOPICAS							
COLOR	COLONIA	CONSIST.	FORMA CELULAR	TAMAÑO	AGRUPACION	CLORO-PLASTOS	PIRENOIDES	OTRAS	GENEROS	ESPECIE
Verde amarillo	Filamentosa	Se adhiere al agar	Filamento con células cilíndricas	Longitud máxima de 3.5 micras	Solas y gralmente agrupadas.	---	---	---	<u>Lyngbya</u>	<u>lagerheimii</u>
Verde azul	Filamentosa	Se adhiere al agar	Células redondeadas	---	"	---	---	---	<u>Lyngbya</u>	<u>ocracea</u>
Verde-azul	Filamentosa	Se adhiere al agar	Filamentos con envoltura gruesa	Longitud máxima de 6.5 micras.	"	---	---	---	<u>Lyngbya</u>	<u>versicolor</u>
Verde-amarillo	Filamentosa	Se adhiere al agar	Tiene un tricoma solitario. Sus puntas son cónicas larga y definida	Su longitud es mas de la mitad del diámetro	Solas y gralmente agrupadas.	---	---	No hay granulos prominentes en el centro de las células	<u>Oscillatoria</u>	<u>chlortina</u>
Verde-amarillo	Filamentosa	Se adhiere al agar	Paredes transversales no estrechas	---	Solas y gralmente agrupadas	---	---	---	<u>Oscillatoria</u>	<u>formosa</u>
Verde-olivo	Filamentosa	Se adhiere al agar	Paredes transcostrenidas	---	"	---	---	---	<u>Oscillatoria</u>	<u>ornata</u>

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS			CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS						
COLOR	COLONIA	CONSIST.	FORMA CELULAR	TAMAÑO	AGRUPACION	CLORO-PLASTOS	PIRENOIDES OTRAS	GENERO	ESPECIE
Verde-Amarillo	Filamentosa	Se adhiere al agar.	Filamentosa con un grosor de 16 a 60 micras.	---	Solas y gralmente agrupadas.	---	---	---	<u>Oscillatoria princeps</u>
Verde-Amarillo	Filamentosa	Se adhiere al agar.	Paredes intercelulares gruesas y transparentes.	Células de 1.5 a 2 veces más grandes de que el diámetro del filamento	Solas y gralmente agrupadas.	---	---	---	<u>Oscillatoria pseudinata</u>
Verde-Amarillo	Filamentosa	Se adhiere al agar	El extremo del filamento termina en una punta larga.	Células de 2 a 3 veces más largas que el diámetro.	Solas y gralmente agrupadas.	---	---	---	<u>Oscillatoria splendida</u>
Verde-Azul	Filamentosa	Se adhiere al agar	Los extremos de los filamentos son curvos.	---	Solas y gralmente agrupadas.	---	---	Gránulos prominentes, especialmente a ambos extremos de c/célula.	<u>Oscillatoria tenuis</u>
Verde-Azul	Filamentosa	Se adhiere al agar.	Filamentos compuestos de células rectangulares ó cilíndricas en serie	---	Mezcladas en forma irregular entre una y otra y llegan a formar una masa	---	---	Su funda es abierta y delgada.	<u>Phorsidium sp</u>

CARACTERISTICAS MACROSCOPICAS			CARACTERISTICAS MICROSCOPICAS							GENERO	ESPECIE
COLOR	COLONIA	CONSIST.	FORMA CELULAR	TAMARO	AGRUPACION	CLORO-PLASTOS	PIRENOIDES	OTRAS			
Verde azul	Filamentosa	Se adhiere al agar	Filamentos compuestos de células, anchos rectangulares 5 cilíndricas en serie.	Filamentos de 5 a 12 micras de ancho	Mezcladas en forma irregular entre una y otra y llegan a formar una masa.	---	---	---		<u>Phormidium retzii</u>	
Verde-Amarillo	Irregular	Se adhiere al agar	Tiene el copete o cresta erecta.	---	---	---	---	---		<u>Symploca sp</u>	
Verde-	Puntiforme convexa	Butirosa	Tricoma compuesto de células como gotitas o en forma de barril	Sus células vegetativas y heterocistos mas largos que el filamento	Forman masas gelatinosas	---	---	---		<u>Anabaena sp</u>	

10.4. UBICACION TAXONOMICA DE LOS GENEROS Y ESPECIES AISLADOS.

La Tabla 4 indica los géneros y especies aislados, así como su ubicación taxonómica. Se muestra el Reino, División, Orden, Familia, Género y en algunos casos la Especie.

De acuerdo al Manual de Taxonomía de algas de agua dulce consultado existen nueve divisiones de éstas (19). Las algas que se aislan en este estudio pertenecen a las divisiones: Chlorophyta, Chrysophyta y Cyanophyta.

De la división Chlorophyta, se tienen algas de 3 ordenes, 6 familias, 18 géneros y sólo se logra identificar hasta su especie a 7 de ellas. En esta división predomina el género Chlorella.

De la división Chrysophyta, se tienen algas de 2 ordenes, 2 familias, 2 géneros y de ninguna se identifica su especie.

De la división Cyanophyta se tienen algas de 4 ordenes, 4 familias, 8 géneros y sólo se logra identificar su especie a 13 de ellas. Se hace notoria la presencia de los géneros Lyngbya y Oscillatoria.

De esta manera, se tiene un total de 94 cepas diferentes de algas aisladas, mismas que conforman la Subcolección de Algas.

TABLA 4

UBICACION TAXONOMICA DE LOS GENEROS
Y ESPECIES AISLADAS

ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
Chlorococcales	Chlorococcaceae	<u>Borodinellopsis</u>	<u>sp</u>
(Chlorosphaerales)	(Chloropaeraceae)	<u>Characium</u>	<u>sp</u>
		<u>Pseudocharacium</u>	<u>sp</u>
		<u>Chlorococcum</u>	<u>sp</u>
		<u>Fasciculochloris</u>	<u>sp</u>
		<u>Neochloris</u>	<u>sp</u>
		<u>Schroederia</u>	<u>sp</u>
		<u>Tetracystis</u>	<u>sp</u>
	Oocystaceae	<u>Ankistrodesmus</u>	<u>facaltus</u>
		<u>Ankistrodesmus</u>	<u>fractus</u>
		<u>Ankistrodesmus</u>	<u>convolutus</u>
		<u>Chlorella</u>	<u>sp</u>
		<u>Chlorella</u>	<u>ellipsoidea</u>
		<u>Chlorella</u>	<u>vulgaris</u>
		<u>Oocystis</u>	<u>sp</u>
		<u>Selenastrum</u>	<u>sp</u>
		<u>Kirchineriella</u>	<u>sp</u>
	Scenedesmaceae	<u>Scenedesmus</u>	<u>quadricauda</u>
Ulotrichales	Ulotrichaceae	<u>Koliella</u>	<u>sp</u>
Zygnematales	Mesotaeniaceae	<u>Cylindrocystis</u>	<u>sp</u>
		<u>Mesotaenium</u>	<u>sp</u>
	Desmidiaceae	<u>Closterium</u>	<u>parvulum</u>

DIVISION: Cryosophyta

SUBDIVISION: Bacillariophyceae

ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
Chaetophorales	Chlorosarcinaceae	<u>Chlorosphaeropsis</u>	<u>sp</u>
Pannales	Naviculaceae	<u>Caloneis</u>	<u>sp</u>

DIVISION: Cyanophyta

ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
Chroococcales	Chroococcaceae	<u>Anacystis</u>	<u>sp</u>
		<u>Dactylococcopsis</u>	<u>sp</u>
Chamaesiphonales	Pleurocapsaceae	<u>Hyella</u>	<u>sp</u>
Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<u>Lyngbya</u>	<u>sp</u>
		<u>Lyngbya</u>	<u>contorta</u>
		<u>Lyngbya</u>	<u>digueti</u>
		<u>Lyngbya</u>	<u>lagerheimii</u>
		<u>Lyngbya</u>	<u>ocracea</u>
		<u>Lyngbya</u>	<u>versicolor</u>
		<u>Oscillatoria</u>	<u>chlorina</u>
		<u>Oscillatoria</u>	<u>formosa</u>
		<u>Oscillatoria</u>	<u>ornata</u>
		<u>Oscillatoria</u>	<u>princeps</u>
		<u>Oscillatoria</u>	<u>pseudogeminata</u>
		<u>Oscillatoria</u>	<u>splendida</u>
		<u>Oscillatoria</u>	<u>tenuis</u>
		<u>Phormidium</u>	<u>sp</u>
		<u>Phormidium</u>	<u>retzii</u>
<u>Symploca</u>	<u>sp</u>		
Nostocales	Nostocaceae	<u>Anabaena</u>	<u>sp</u>

10.5. GENEROS Y ESPECIES AISLADAS Y SU LUGAR DE PROCEDENCIA

En la Tabla 5 se hace una relación de las 94 cepas aisladas entre género y especie al que pertenecen y su lugar de procedencia; así como la clave que le corresponde dentro de la Colección de Cultivos UNAM-48.

Se observa que es más frecuente la presencia de Chlorella sp y la especie vulgaris; así como Lyngbya digueti, versicolor, largerheimii, ocracea, también el género Oscillatoria de diferentes especies.

Al mismo tiempo se hace una relación del lugar de procedencia y las cepas aisladas (Tabla 6) que permite conocer el número de cepas aisladas de cada una de las zonas estudiadas.

En las presas, lagos y lagunas hay aislamiento de al menos una cepa a excepción del lago de Chapultepec (1a. Sección) en el D.F.; la Presa el Ojuelo y la L. de la Trinidad en el Edo. de México en donde no se aisló ninguna. En la P. Manuel Avila Camacho de Puebla es donde se obtiene el mayor número de cepas diferentes, que es de 7.

TABLA 5

GENEROS Y ESPECIES AISLADAS
Y SU LUGAR DE PROCEDENCIA

CLAVE	GENERO Y ESPECIE	LAGO, PRESA O LAGUNA DE DONDE SE AISLO.
BM-A-1	<u>Borodinellopsis</u> sp	P. Manual Avila Camacho (Pue)
BM-A-2	"	P. San Juanico (Edo Méx)
BM-A-3	"	L. Requena (Hidalgo)
BM-A-4	<u>Characium</u> sp	L. Huapango (Edo Méx)
BM-A-5	"	L. Rodeo (Edo Morelos)
BM-A-6	<u>Pseudocharacium</u> sp	L. Texcoco (Edo Méx)
BM-A-7	<u>Chlorococcum</u> sp	P. Manuel Avila Camacho (Pue)
BM-A-8	"	L. Chapultepec (2a. Sección)(D.F.)
BM-A-9	"	L. de Zempoala (Edo Méx)
BM-A-10	<u>Fasciculochloris</u> sp	L. Xochimilco (D.F.)
BM-A-11	<u>Neochloris</u> sp	L. Huaracha (Edo Méx)
BM-A-12	"	L. de Aragón (D.F.)
BM-A-13	"	L. Chapultepec (2a. Sección) (D.F.)
BM-A-14	<u>Schroederia</u> sp	P. Requena (Hidalgo)
BM-A-15	<u>Tetracystis</u> sp	P. Requena (Hidalgo)
BM-A-16	<u>Ankistrodesmus</u> <u>facaltus</u>	L. Xochimilco (D.F.)
BM-A-17	<u>Ankistrodesmus</u> <u>fractus</u>	L. Chapultepec(2a. Sección) (D.F.)
BM-A-18	<u>Ankistrodesmus</u> <u>convolutus</u>	L. Xochimilco (D.F.)
BM-A-19	<u>Chlorella</u> sp	L. Taximay (Hidalgo)
BM-A-20	"	L. de Salazar (Edo Méx)
BM-A-21	"	L. de la Requena (Hidalgo)
BM-A-22	"	L. Chapultepec (2a. Sección)(D.F.)

CLAVE	GENERO Y ESPECIE	LAGO, PRESA O LAGUNA DE DONDE SE AISLO.
BM-A-23	<u>Chlorella</u> sp	P. San Juanico (Edo Méx)
BM-A-24	"	L. Huapango (Edo Méx)
BM-A-25	"	L. Huaracha (Edo Méx)
BM-A-26	"	P. Villa Victoria (Edo Méx)
BM-A-27	"	L. de Tolchae (Tlaxcala)
BM-A-28	"	P. Endho (Hidalgo)
BM-A-29	"	P. Villa del Carbón (Edo Méx)
BM-A-30	<u>Chlorella ellipsoidea</u>	L. Texcoco (Edo Méx)
BM-A-31	"	L. Aragón (D.F.)
BM-A-32	<u>Chlorella vulgaris</u>	L. Coatetelco (Morelos)
BM-A-33	"	L. Salazar (Edo Méx)
BM-A-34	"	P. Valle de Bravo (Edo Méx)
BM-A-35	"	P. Guadalupe (Edo Méx)
BM-A-36	"	P. Endho (Hidalgo)
BM-A-37	<u>Selenastrum</u> sp	L. Rodeo (Morelos)
BM-A-38	<u>Oocystis</u> sp	P. Manuel Avila Camacho (Pue)
BM-A-39	<u>Kirchiniella</u> sp	P. Danxho (Edo Méx)
BM-A-40	<u>Scenedesmus quadricauda</u>	L. Atlanga (Tlaxcala)
BM-A-41	"	L. Salazar (Edo Méx)
BM-A-42	<u>Closterium parvulum</u>	L. Coatetelco (Morelos)
BM-A-43	"	L. Apan (Hidalgo)
BM-A-44	<u>Cylindrocystis</u> sp	P. Manuel Avila Camacho (Pue)
BM-A-45	"	P. Villa Victoria (Edo Méx)
BM-A-46	"	P. Ignacio Ramfrez (Edo Méx)
BM-A-47	"	L. Salazar (Edo Méx)

CLAVE	GENERO Y ESPECIE	LAGO, PRESA O LAGUNA DE DONDE SE AISLO
BM-A-48	<u>Koliella</u> sp	P. Villa Victoria (Edo Méx)
BM-A-49	"	L. Xochimilco (D.F.)
BM-A-50	<u>Mesotaenium</u> sp	P. Villa Victoria (Edo Méx)
BM-A-51	<u>Chlorosphaeropsis</u> sp	L. de Tolchae (Tlaxcala)
BM-A-52	"	L. Apan (Hidalgo)
BM-A-53	<u>Calonies</u> sp	L. Huapango (Edo Méx)
BM-A-54	<u>Anacystis</u> sp	L. Rodeo (Morelos)
BM-A-55	<u>Dactylococcopsis</u> sp	L. Xochimilco (D.F.)
BM-A-56	<u>Hyella</u> sp	P. Sin-Nombre (Edo Méx)
BM-A-57	<u>Lyngbya</u> sp	L. Huapango (Edo Méx)
BM-A-58	"	P. Requena (Hidalgo)
BM-A-59	<u>Lyngbya contorta</u>	L. Coatetelco (Morelos)
BM-A-60	"	P. Taximay (Hidalgo)
BM-A-61	<u>Lyngbya digueti</u>	L. Huapango (Edo Méx)
BM-A-62	"	L. de Tequesquitengo (Morelos)
BM-A-63	"	L. Xochimilco (D.F.)
BM-A-64	<u>Lyngbya largerheimii</u>	L. Aragón (D.F.)
BM-A-65	"	L. de Tolchae (Tlaxcala)
BM-A-66	<u>Lyngbya ocracea</u>	L. Texcoco (Edo Méx)
BM-A-67	"	L. Atlanga (Tlaxcala)
BM-A-68	"	L. Zumpango (Edo Méx)
BM-A-69	<u>Lyngbya versicolor</u>	L. Salazar (Edo Méx)
BM-A-70	"	P. Manuel Avila Camacho (Pue)
BM-A-71	"	P. Requena (Hidalgo)
BM-A-72	"	P. Villa del Carbón (Edo Méx)
BM-A-73	"	L. Rodeo (Morelos)

CLAVE	GENERO Y ESPECIE	LAGO, PRESA O LAGUNA DE DONDE SE AISLO
BM-A-74	<u>Lyngbya versicolor</u>	L. Texcoco (Edo Méx)
BM-A-75	"	P. San Juanico (Edo Méx)
BM-A-76	"	P. Taximay (Hidalgo)
BM-A-77	"	L. Atlanga (Tlaxcala)
BM-A-78	"	P. Endho (Hidalgo)
BM-A-79	"	P. Ignacio Ramírez (Edo Méx)
BM-A-80	"	L. Zempoala (Edo Méx)
BM-A-81	"	P. Sin-Nombre (Edo Méx)
BM-A-82	<u>Oscillatoria chlorina</u>	L. Zumpango (Edo Méx)
BM-A-83	<u>Oscillatoria formosa</u>	P. Villa Victoria (Edo Méx)
BM-A-84	<u>Oscillatoria ornata</u>	L. Atlanga (Tlaxcala)
BM-A-85	<u>Oscillatoria princeps</u>	L. Zumpango (Edo Méx)
BM-A-86	<u>Oscillatoria pseudogeminata</u>	P. Sin-Nombre (Edo Méx)
BM-A-87	<u>Oscillatoria splendida</u>	L. Chapultepec (2a. Sección) (D.F.)
BM-A-88	"	L. Coatetelco (Morelos)
BM-A-89	<u>Oscillatoria tenuis</u>	L. Zumpango (Edo Méx)
BM-A-90	<u>Phormidium sp</u>	L. Chapultepec (2a. Sección) (D.F.)
BM-A-91	"	L. Atlanga (Tlaxcala)
BM-A-92	<u>Phormidium retzii</u>	P. Manuel Avila Camacho (Pue)
BM-A-93	<u>Synplocia sp</u>	P. Ignacio Ramírez (Edo Méx)
BM-A-94	<u>Anabaena sp</u>	P. Manuel Avila Camacho (Pue)

TABLA 6

RELACION DEL LUGAR MUESTREADO
Y LAS ALGAS AISLADAS

DISTRITO FEDERAL

- L. Chapultepec (1a. Sección)	Ninguna
- L. Chapultepec (2a. Sección)	<u>Chlorococcum sp</u>
	<u>Neochloris sp</u>
	<u>Ankistrodesmus fractus</u>
	<u>Chlorella sp</u>
	<u>Oscillatoria splendida</u>
	<u>Phormidium sp</u>
- L. San Juan de Aragón	<u>Neochloris sp</u>
	<u>Chlorella ellipsoidea</u>
	<u>Lyngbya largerheimii</u>
- L. Xochimilco	<u>Fasciculochloris sp</u>
	<u>Ankistrodesmus falcatus</u>
	<u>Ankistrodesmus convolutus</u>
	<u>Koliella sp</u>
	<u>Dactylococcus sp</u>
	<u>Lyngbya digueti</u>

HIDALGO

- L. Apan	<u>Closterium parvulum</u>
	<u>Chlorosphaeropsis sp</u>
- P. Endho	<u>Chlorella sp</u>
	<u>Chlorella vulgaris</u>
	<u>Lyngbya versicolor</u>

- P. Requena

Borodinellopsis sp

Lyngbya sp

Lyngbya versicolor

Schoroederia sp

Tetracystis sp

Chlorella sp

- P. Taximay

Chlorella sp

Lyngbya contorta

Lyngbya versicolor

ESTADO DE MEXICO

- P. Dancho

Kirchiniella sp

- P. Guadalupe

Chlorella sp

- L. Huapango

Characium sp

Chlorella sp

Caloneis sp

Lyngbya sp

Lyngbya digueti

- L. La Huaracha

Neochloris sp

Chlorella sp

- P. Ignacio Ramirez

Cylindrocystis sp

Lyngbya versicolor

Symploca sp

- P. el Ojuelo

Ninguna

- L. de Salazar

Chlorella sp

Scenedesmus quadricauda

Cylindrocystis sp

- P. San Juanico
 - Lyngbya versicolor
 - Borodinellopsis sp
 - Chlorella sp
 - Lyngbya versicolor
- P. Sin-Nombre
 - Hyella sp
 - Lyngbya versicolor
 - Oscillatoria pseudogeminata
- L. de Texcoco
 - Lyngbya versicolor
 - Pseudocharacium sp
 - Chlorella ellipsoidea
 - Lyngbya ocracea
- L. de la Trinidad
 - Ninguna
- P. Valle de Bravo
 - Chlorella vulgaris
- P. Villa del Carbón
 - Chlorella sp
 - Lyngbya versicolor
- P. Villa Victoria
 - Chlorella sp
 - Cylindrocystis sp
 - Koliella sp
 - Mesotaenium sp
 - Oscillatoria formosa
- L. de Zempoala
 - Chlorococcum sp
 - Lyngbya versicolor
- L. de Zumpango
 - Lyngbya ocracea
 - Oscillatoria chlorina
 - Oscillatoria princeps
 - Oscillatoria tenuis

MORELOS

- L. de Coatetelco

Chlorella vulgaris

Closterium parvulum

Lyngbya contorta

Oscillatoria splendida

Characium sp

Selenastrum sp

Anacystis sp

Lyngbya versicolor

Lyngbya digueti

- L. del Rodeo

- P. de Tequesquitengo

TLAXCALA

- L. de Atlanga

Scenedesmus quadricauda

Lyngbya ocracea

Lyngbya versicolor

Oscillatoria ornata

Phormidium sp

Chlorella sp

Chlorosphaeropsis sp

Lyngbya largerheimii

- L. de Tolchaé

PUEBLA

- P. Manuel Avila Camacho

Borodinellopsis sp

Chlorococcum sp

Oocystis sp

Cylindrocystis sp

Lyngbya versicolor

Phormidium retzii

Anabaena sp

11.- ANALISIS DE RESULTADOS

Todos los organismos necesitan estar en condiciones adecuadas para su desarrollo, entre ellas, las algas deben encontrar en su habitat los requerimientos nutricionales indispensables y condiciones ambientales adecuadas para su crecimiento.

Para conocer los requerimientos y condiciones óptimas que influyen en el desarrollo del alga, es necesario realizar un estudio ecológico completo, el cual es muy complejo de realizar y por otro lado no es parte del objetivo de este trabajo, por lo que se efectúa tan sólo un pequeño estudio de algunos de los factores que influyen en el crecimiento del alga, al que se le denomina Análisis Químico, el cual comprende: la determinación del pH, el Carbono en forma de CO_2 libre, el Nitrógeno como Nitritos y Nitratos y el Fósforo como fosfatos, ya que son parte de sus requerimientos nutricionales básicos para el desarrollo de las algas.

Los resultados obtenidos, muestran que existe una gran variabilidad en la cantidad de nutrientes tanto dentro del mismo sitio en estudio como en las diferentes zonas, aún cuando tengan una ubicación similar, ya que las condiciones ecológicas que prevalecen, no son constantes en todos los puntos, sino que van en función de diversos factores físicos como: el tamaño, profundidad, corrientes, estancamientos, etc; químicos, presencia de desechos domésticos, industriales y fertilizantes; y biológicos como la densidad de población de los alrededores, sembrados y pastoreo de animales y desechos orgánicos entre otros.

El pH óptimo para las algas va de 7.5 a 9.0 (3), por debajo o arriba

de este rango, se disminuye o inhibe su crecimiento. Los resultados permiten observar que el pH se encuentra aproximadamente en este rango, por lo que en la mayoría de las zonas estudiadas hay desarrollo algal. Además el pH tiene gran influencia sobre la forma y disponibilidad en que se encuentren los nutrientes, para que los utilicen las algas; como es el caso del Carbono que a pH menor a 7 se encuentra como CO_2 libre, a pH entre 7 y 9 está como bicarbonato y a pH mayor a 9 como carbonatos.

El Carbono, principalmente lo utilizan como CO_2 libre, bicarbonato y carbonatos, mismos que emplean para llevar a cabo la fotosíntesis. Por lo que al no estar presentes o su cantidad es mínima, se reduce el crecimiento algal.

El Nitrógeno, es utilizado principalmente en forma de nitrógeno inorgánico como: nitratos, sales de amonio y en menor proporción como nitritos, además también emplean el nitrógeno de compuestos orgánicos y algunas Cyanophytas utilizan el nitrógeno elemental. En los resultados, las cantidades son variables afectando así el crecimiento algal, ya sea inhibiendolo o estimulandolo dependiendo de la cantidad y forma en que se encuentre.

El Fósforo, principalmente lo utilizan como ortofosfatos, fosfatos y de compuestos orgánicos aunque de estos últimos en menor proporción. Los fosfatos presentes en las zonas estudiadas favorecen el crecimiento algal, sin embargo, cuando se encuentran en altas concentraciones, inhiben su crecimiento. (22,30)

Cuando los nutrientes mencionados anteriormente se encuentran por debajo de los requerimientos mínimos necesarios para las algas, se inhibe

su crecimiento.

Para efectuar una mejor comparación entre los requerimientos nutricionales y las especies algales aisladas, el número de muestras recolectadas tendrían que ser iguales, sin embargo, estas no lo son para todos los lagos, presas o lagunas, ya que la toma de éstas depende de su extensión y forma, así como de la facilidad de acceso a ella, puesto que algunas no cuentan con caminos reales, en ocasiones sus orillas son lodosas y/o fangosas, otras se encuentran en estado de eutroficación avanzado, lo que dificulta o impide la toma de la muestra.

Ahora bien, dependiendo del contenido y la disponibilidad de los requerimientos nutricionales con que cuente la zona, así como los factores ambientales que prevalecen, son los géneros y especies de algas que se encuentran y puedan aislarse, ya que cuentan con los requerimientos básicos de CO_2 , NO_2^- , NO_3^- y $\text{PO}_4^{=}$ mínimos necesarios para su crecimiento.

El análisis químico, nos da una idea de la presencia de algunos requerimientos de las algas, así como la posible causa de su ausencia, es decir, si comparamos la Tabla 1 con la 4, podemos observar que en el L. de Chapultepec (1a. Sec.), La P. el Ojuelo y la P. la Trinidad, no se aísla ninguna cepa, debido a que la cantidad de CO_2 , NO_2^- , NO_3^- y $\text{PO}_4^{=}$ es baja o nula y no alcanzan a cubrir los requerimientos mínimos para su crecimiento.

También se observa que en algunas zonas de estudio en donde la cantidad de fosfatos es más notable, el número de cepas aisladas es mayor: ya que la presencia de fosfatos favorece el crecimiento de algunos géneros de algas, además esto también puede deberse a que son zonas recreativas por

lo que al intrvenir el hombre se incrementa la cantidad de materia orgánica. Esto sucede para el L. de Xochimilco y la P. Manuel Avila Camacho.

Para el aislamiento, se selecciona el medio de Knop modificado, ya que su composición permite el crecimiento de un amplio espectro de algas (30), sin embargo se observa que los cultivos presentan una gran carga bacteriana, esto es debido al habitat acuático de donde se toma la muestra, la composición del medio y al tiempo de incubación, por lo que se trata de hacer selectivo al medio empleandose compuestos como la urea que estimula el crecimiento algal ya que la utiliza como fuente de nitrógeno e inhibidores como el benzal y antibiótico que impidan el crecimiento bacteriano. El antibiótico empleado es Penicilina, ya que actúa sobre bacterias tanto Gram (+) como (-) a una concentración de 0.01% que es la recomendada por la literatura (30)

De acuerdo con los resultados de la Tabla 2, se decide usar el medio de Knop mas penicilina ya que si se compara el control, que contiene el medio de Knop modificado, cuando se emplea urea, se favorece el crecimiento bacteriano inhibiendo el algal, en tanto que el benzal y el antibiótico reducen la carga bacteriana al igual que cuando se usan combinaciones. El benzal presenta la desventaja de formar espuma en el medio, lo cual es desfavorable para el aislamiento algal.

En la mayoría de las zonas de estudio, el número de cepas aisladas va de una hasta siete y esto se debe a que en las zonas prevalecen principalmente cantidades variables de Nitrógeno y Fósforo, mismos que son favorables para su desarrollo.

Mediante el uso de las claves y atendiendo a sus características macroscópicas y microscópicas, se logra identificar las cepas aisladas y se determina el género al que pertenecen, sin embargo no a todas se les define su especie, ya que existen gran variedad de especies por cada género, además no se cuenta con un microscopio de alta resolución que permita observar las diferencias entre sus estructuras y así determinar la especie a la que pertenecen.

Por otro lado, como método de conservación para las cepas aisladas, se decide hacerlo en medio de Knop modificado sólido y líquido, ya que algunos autores mencionan que estas formas son las más adecuadas para la conservación de las algas y que la liofilización a pesar de ser muy eficiente para otro tipo de microorganismos como: bacterias, hongos, células y demás, no lo es para las algas (11), puesto que se reporta que al tratar de recuperar el liofilizado algal, después de 24 h, se tiene que el número de células viables es menor al 1% y que con el tiempo de almacenamiento, este porcentaje va disminuyendo considerablemente, esto se debe principalmente al medio de recuperación o al soporte empleado, a la temperatura de almacenamiento o bien porque la célula no resiste la temperatura del tratamiento (-50°C) y la baja presión, entre otras cosas.

Lo anterior marca puntos interesantes a investigar para la resolución en la conservación de la biomasa algal, principalmente a mediano y largo plazo.

12.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El medio de Knop adicionado de penicilina (0.01%) resulta efectivo para el aislamiento de algas a partir de muestras naturales con un plancton abundante y variado.

Mediante el uso de claves de identificación y atendiendo a las características macro y microscópicas, se logra identificar el género al que pertenecen las 94 cepas de algas aisladas, así como la especie de 20 de ellas.

La Subcolección de Algas del Cepario del Departamento de Biotecnología del Instituto de Investigaciones Biomédicas, queda integrada por 94 cepas aisladas de las 30 zonas de estudio: incluye 27 géneros diferentes y 20 especies plenamente identificadas. Se recomienda continuar este trabajo con la determinación de la especie de las 48 cepas restantes y desde luego la utilización de estas algas, como ya se está haciendo en el Instituto de Investigaciones Biomédicas, donde se trabaja con Chlorella sp y Scenedesmus quadricauda para optimizar su cultivo y obtener una proteína unicelular con una mayor digestibilidad, puesto que constituyen un alimento de alto contenido proteico y de buena calidad.

De esta manera la Subcolección sirve de apoyo y participa en la investigación, docencia y desarrollo biotecnológico.

Respecto al Análisis Químico se puede concluir que las condiciones prevalentes en los habitats estudiados favorecen el desarrollo de las algas pertenecientes a las divisiones: Cyanophyta, Chrysophyta y Chlorophyta.

En todas las lagunas, lagos y presas estudiadas se aislaron miembros de estas divisiones, predominando los géneros: Lyngbya (26.32%), Chlorella (18.45%) y Oscillatoria (8.42%) a excepción del L. de Chapultepec (1a. Sección) y las presas del Ojuelo y la Trinidad, donde no se aísla ninguna cepa. En el primero tal vez, porque los lagos artificiales reciben saneamiento periódico, lo que no permite que haya desarrollo algal, lo mismo puede suceder en la presa el Ojuelo, ya que esta surte de agua al Municipio de Toluca; y en la presa la Trinidad, quizás se debe a que es una zona aislada y la cantidad de nutrientes por contaminantes o enriquecimiento (eutroficación) es reducida, como se aprecia en las concentraciones de NO_2^- , NO_3^- y PO_4^- , y aunque la concentración de CO_2 libre es buena, no hay desarrollo algal, pues éste requiere también de las fuentes de Nitrógeno y Fósforo.

Por otro lado, el mayor número de cepas aisladas provienen de la P. Manuel Avila Camacho y los lagos de Xochimilco y Chapultepec (2a. Sección), tal vez porque son zonas recreativas, donde el hombre interviene en el enriquecimiento de nutrientes que favorecen el desarrollo algal; si bien estas son las zonas de donde se aisló el mayor número de cepas, los demás lagos con actividad recreativa también tienen una mayor variedad de especies que los cuerpos de agua dedicados a otras actividades.

En el 90% de los lugares estudiados, se aislaron algas; en el 74% se encontró Lyngbya, en el 59% Chlorella y en el 22% Oscillatoria.

Los géneros Lyngbya y Oscillatoria crecen donde predomina el pH ligeramente alcalino y existen pequeñas cantidades de CO_2 libre y concentraciones mayores de NO_2^- , NO_3^- y PO_4^- ; mientras que el género Chlorella

crece en habitats con pH neutro, así como en presencia de CO_2 libre y pequeñas cantidades de NO_2^- , NO_3^- y $\text{PO}_4^{=}$, pero suficiente para su desarrollo.

Por último, se recomienda buscar un método de conservación a largo plazo para los cultivos algales, ya que hasta ahora sólo se tienen resultados satisfactorios para conservarlos a corto y mediano plazo.

13.- BIBLIOGRAFIA

1. A.P.H.A. AWWA, WPS. 1963. "Métodos estandar para el examen de aguas de desecho". Interamericana, México.
p. 54-63, 150-157, 191-199, 295-306.
2. ASIAN, R. E., Lemus, P. A. 1978. "Optimización del medio de Knop para el cultivo de Chlorella sp." Resumen del trabajo presentado en la Reunión Bianual de Microbiología. Toluca, México.
Del 25 al 28 de abril.
3. BARDACH, J. E., Ryther, J. H., Mc. Larney, W. O. 1972. "Aquaculture. The Farming and Husbandry of fresh water and marine organisms". Wiley Interscience. John. Wiley & Sons Inc. New York, U.S.A.
p. 1-28, 670, 691, 775, 815-819.
4. BOLD, H. C., Wynne, M. J. 1978. "Introduction to the Algae". Prentice Hall, New Jersey, U.S.A.
p. 1-578.
5. CHAPMAN, V. J. 1975. "The Algae". The McMillan Co., New York, U.S.A.
p. 465-473.
6. DAM, R., Et. Al. 1965. "Utilización of Algae as a protein source for humans". J. Nutr. 86 (4).
p. 376-382.
7. FOGG, G. E. 1975. "Algal Cultures and Phytoplankton Ecology". The University of Wisconsin Press, Wisconsin, U.S.A.
p. 11-32.
8. GARDUÑO, O. R. 1980. "Factores Físicos y Químicos que afectan el cultivo de Chlorella sp. Establecimiento de las condiciones óptimas de cultivo". Tesis. IPN - ENCB, México.
p. 2-6, 8-12, 15, 16.
9. GARRET, M. K. 1976. "Photosynthetic purification fo the liquid phase of animal slurry". Env. Pollution, Feb. 76. V. 19, N. 2.
p. 127.
10. JACKSON, D. F. 1964. "Algae and Man". Plenum Press, N. Y.
p. 123-137, 221-229, 337, 434.
11. KIRSOP, B. E., Sneel, J. J. 1984. "Maintenance of Microorganisms. A Manual of Laboratory Methods". Academic Press, London.
p. 98-118.

12. KUZNETSOV, S. F. 1975. "The Microflora of Lakes and Its Geochemical Activiti". University of Texas, Austin.
13. LEM, N. W., Glick, B. R. 1985. "Biotechnological uses of Cyanobacteria". Biotech. Adv. Vol. 3.
p. 192-208.
14. McGOWAN, V. F., Skerman, V. B. 1982. "World Directory of Collections of Cultures of Microorganisms". World Data Center on Microorganisms, University of Queensland, Brisbane, Australia.
p. iii-xviii.
15. MYOSHY, T. 1970. "Studies on the digestion and absorpition of algae (Chlorella, Scenedesmus). III. Digestion, absorpition of original colored Scenedesmus in the human body". Shikokv. Acta Med. 16 (1).
p. 76-89.
16. ORTIZ, J. M. 1980. "Análisis Químico del alga Chlorella sp, en un estudio sobre su crecimiento". Tesis, IPN - ENCB, México.
p. 2, 3, 15, 16, 18.
17. ORTIZ, J. M., Garduño, O. R. 1985. "El MR-2: Un aparato que facilita el manejo de cultivos de Algas Unicelulares". Rev. Lat. Amer. Microbiol. 27.
p. 293-299.
18. PELCZAR, M. J., Reid, R. D., Chan, E. C. 1982. "Microbiología". 4a. ed. Mc. Graw Hill Bool Co., México.
p. 288, 289, 293, 294, 304, 305, 664, 668-672.
19. PRESCOTT, G. W. 1980. "How to know the Freswater algae". 3a. ed. The Pictured Key Nature Series, Wm. C. Brown Co. Publishers.
p. VII, IX, X,
20. PRIESTLEY, G. 1976. "Algal proteins in: Food from waste". G. G. Birch, K. J. Porter & J. T. Wergan Editors. Applied Science Publishers, London.
p. 114-131.
21. RIVERA, G. L. 1985. "Aislamiento e Identificación de Algas muestreadas de las Atmósfera de una zona urbana "Ciudad Universitaria". Tesis, Facultad de Ciencias - U.N.A.M. México.
p. 5, 9, 12, 16, 20.
22. ROUND, B. T. 1973. "The Biology of the Algae". Edward Arnold, London.
p. 57-81, 151-160, 214-229.
23. ROUND, F. E. 1981. "The ecology of algae". Cambridge University Press, London.
24. SANTILLANA, C. 1971. "Las algas microscópicas como nueva fuente de alimentos para animales y humanos". Rev. Tecnología de Alimentos. Año 6, Núm. 5, Sept.-Oct.
p. 15-37.

25. SARH. Planta de entrenamiento. 1986. "Manual de Tratamiento de aguas. México.
26. SMITH, G. M. 1983. "Fresh Water Algae of the United States". Mc. Graw-Hill Book, New York.
p. 716.
27. STEIN, J. R. 1973. "Handbook of phycological methods". University Press, Cambridge.
p. 53, 195.
28. TARZWELL, C. M. 1980. "Algas en Abastecimientos de Aguas". Cincinnati, Ohio.
p. 3-7, 50-59.
29. TURK, A., Turk, J., Wittes, J., Wittes, R. 1976. "Tratado de Ecología" Interamericana, México.
p. 9-14, 201, 202, 326-329, 333, 335, 339.
30. VENKATARAMAN, G. S. 1960. "The cultivation of algae". Indian Council of Agricultural Research, New Delhy.
p. 1-16, 34-38, 111-123, 138-146.
31. WALTER, M. T. 1980. "Introducción a la Microbiología". C.E.C.S.A. México.
p. 341-346, 363-365.
32. WATSON, A. S. 1979. "Aquaculture and Algae Culture". Process and Products". Food Technology Review No. 53. Noyes Data Co., New Jersey, U.S.A.
p. 204-265.