

T  
589.4  
ORT



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar**

**“EFECTOS E INFLUENCIAS QUE PRESENTAN LOS  
CAMPOS MAGNETICOS D. C. EN EL CULTIVO DE  
FITOPLANCTON”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la Obtención del Título de:**

**ACUICULTOR**



**Presentada por:**

**Franklin E. Ortiz Intriago**

**BIBLIOTECA,  
FAC. ING.  
MARITIMA**

**Guayaquil - Ecuador**

**1993**

## AGRADECIMIENTO



BIBLIOTECA  
FAC. ING.  
MARITIMA

MUY ESPECIALMENTE A LA MEMORIA DE MSC. EDGAR ARELLANO, POR TODO SU APOYO Y COOPERACIÓN BRINDADO, COMO DIRECTOR DE TESIS Y AMIGO, AL ACUICULTOR FABRICIO MARCILLO M. POR SUS CONSEJOS Y COLABORACIÓN, AL ACUACULTOR HENRY ALVAREZ A. POR SU GUÍA Y APOYO. Y A MI MADRE POR TODO SU CARIÑO, COMPRENSIÓN Y PACIENCIA.

DEDICATORIA



BIBLIOTECA  
FAC. ING.  
MARITIMA

A MI FAMILIA,  
MUY ESPECIALMENTE A MI MADRE  
Y A LA MEMORIA DE QUIEN EN VIDA FUE  
EL MSC. EDGAR ARELLANO MONCAYO.



BIBLIOTECA  
FAC. ING.  
MARITIMA

## DECLARACIÓN EXPRESA

"LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS, IDEAS Y DOCTRINAS EXPUESTOS EN ESTA TESIS, ME CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE; Y EL PATRIMONIO INTELECTUAL DE LA MISMA, A LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

-----  
Franklin Ernesto Ortiz Intriago

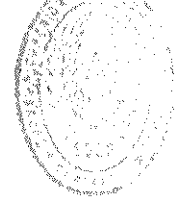


## RESUMEN

BIBLIOTECA  
182, 186,  
MARTINEZ

El presente trabajo de investigación expone los resultados obtenidos al experimentar con varias especies de fitoplancton, al exponerlas a un equipo que brindó un campo magnético homogéneo de 46,36 gauss, con dos modalidades de exposición al campo magnético (norte hacia arriba y norte hacia abajo), durante 15 minutos de exposición. En los crecimientos de los cultivos de las especies *Tetraselmis maculata* y *Tetraselmis chui*, existieron diferencias entre las medias de crecimiento en los tratamientos expuestos al campo magnético; tanto con norte hacia arriba como con el norte hacia abajo, frente a los controles, que no fueron expuestos a ningún campo magnético, no así con la especie *Chaetoceros gracilis*.

De igual forma se presenta evidencia de ciertas características que se presentan en el comportamiento de determinadas especies, tal es el caso de una nueva modalidad de taxismo para algunas especies de microalgas, así como los resultados de crecimiento de las algas, obtenidos frente a las exposiciones del campo magnético relacionándolos con los crecimientos diarios de las poblaciones de microalgas de los controles.



# ÍNDICE GENERAL

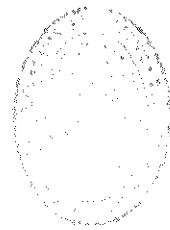
BIBLIOTECA  
FAC. ING.  
MARIÍMA

PÁG

INTRODUCCIÓN .....	1
I. GENERALIDADES .....	3
1.1.- ALGAS .....	3
1.1.1.- Reproducción .....	4
1.1.2.- Factores ambientales .....	5
1.1.3.- Medios y nutrientes .....	6
1.2.- BACTERIAS .....	9
1.2.1.-Navegación magnética de las bacterias ....	9
1.3.- BIOMAGNETISMO .....	12
1.3.1.-Historia del Biomagnetismo.....	14
1.3.2.-Influencias directas de los campos magnéticos .....	16
II.-MATERIALES Y METODOLOGÍA .....	21
2.1.- DESCRIPCIÓN .....	21
2.1.1.- Diseño experimental .....	23
2.1.2.- Descripción de muestreos y conteos ....	26
2.2.- Enumeración y descripción de equipos y materiales .....	28
2.3.- Tipos de exposiciones .....	29
2.3.1.- Descripción del circuito usado .....	31
2.4.- Fórmulas y cálculos .....	32
2.4.1 Fórmula para el cálculo de la intensidad	



del campo de la bobina .....	32
2.4.2 Fórmula para el cálculo de densidad en hemocitómetro .....	33
2.4.3 Fórmula para el cálculo de la tasa de divisiones célula día .....	34
2.4.4.- Análisis estadístico .....	35
III.-DESARROLLO DE EXPERIMENTOS PRELIMINARES .....	36
3.1.- ESQUEMA Y DESGLOSE INDIVIDUAL DE CADA BIOENSAYO .....	36
3.1.1. Bioensayo UNO .....	38
3.1.2. Bioensayo DOS .....	39
3.1.3. Bioensayo TRES .....	41
IV.- RESULTADOS Y TABLAS .....	56
4.1.- ANÁLISIS DE DATOS .....	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	69
ANEXOS .....	77
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS .....	84



ÍNDICE DE TABLAS

BIBLIOTECA  
NAC. DE  
MÉXICO

	Pág
TABLA # I.- MEDIO WALNE .....	24
TABLA # II.-MEDIO F/2 .....	25
TABLA # III.-BIOENSAYO 1 <i>Chaetoceros gracilis</i> .....	44
TABLA # IV.-BIOENSAYO 2 <i>Tetraselmis maculata</i> .....	45
TABLA # V.-BIOENSAYO 3 <i>Tetraselmis chui</i> .....	46
TABLA # VI.-RESULTADOS GENERALES DE TODOS LOS BIOENSAYOS...	59
TABLA # VII.-RELACIONES DE CRECIMIENTOS, MEDIAS, D.S. INTERVALOS DE CONF. DEL BIOENSAYO UNO .....	60
TABLA # VIII.-RELACIONES DE CRECIMIENTOS, MEDIAS, D.S. INTERVALOS DE CONF. DEL BIOENSAYO DOS .....	61
TABLA # IX.-RELACIONES DE CRECIMIENTOS, MEDIAS, D.S. INTERVALOS DE CONF. DEL BIOENSAYO TRES .....	62
TABLA # X.-TABLA DE MEDIAS E INTERVALOS DE CONF. PARA CRECIMT. DE <i>Ch. gracilis</i> DIAS DEL 1 al 4 .....	63
TABLA # XI.-TABLA DE MEDIAS E INTERV. DE CONF. PARA CRECIMT. DE <i>Ch. gracilis</i> DIAS DEL 5 al 8 .....	64
TABLA # XII.-TABLA DE MEDIAS E INTERV. DE CONF. PARA CRECIMT. DE <i>T. maculata</i> DIAS DEL 1 al 4 .....	65
TABLA # XIII.-TABLA DE MEDIAS E INTERV. DE CONF. PARA CRECIMT. DE <i>T. maculata</i> DIAS DEL 5 al 8 .....	66
TABLA # XIV.-TABLA DE MEDIAS E INTERV. DE CONF. PARA CRECIMT. DE <i>T. chui</i> DIAS DEL 1 al 4 .....	67



TABLA # XV.-TABLA DE MEDIAS E INTERV. DE CONF. PARA CRECIMT.  
 DE *T. chui* DIAS DEL 5 al 8 .....68

TABLA # XVI.-TABLA DE ANOVA DEL BIOENSAYO UNO PARA LOS DIAS  
 DEL 1 AL 4 .....78

TABLA # XVII.-TABLA DE ANOVA DEL BIOENSAYO UNO PARA LOS DIAS  
 DEL 5 AL 8 .....79

TABLA # XVIII.-TABLA DE ANOVA DEL BIOENSAYO DOS PARA LOS DIAS  
 DEL 1 AL 4 .....80

TABLA # XIX.-TABLA DE ANOVA DEL BIOENSAYO DOS PARA LOS DIAS  
 DEL 5 AL 8 .....81

TABLA # XX.-TABLA DE ANOVA DEL BIOENSAYO TRES PARA LOS DIAS  
 DEL 1 AL 4 .....82

TABLA # XXI.-TABLA DE ANOVA DEL BIOENSAYO TRES PARA LOS DIAS  
 DEL 5 AL 8 .....83

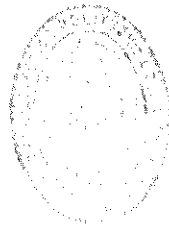


BIBLIOTECA  
 UNIV. PR,  
 SAN JUAN

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA # 1.- EXPOSICIONES DEL CAMPO MAGNÉTICO .....	13
FIGURA # 2.- ALGAS UTILIZADAS .....	22
FIGURA # 3.- HEMOCITOMETRO .....	27
FIGURA # 4.- DESCRIPCION DEL CIRCUITO .....	32
FIGURA # 5.- CONTROLES <i>Chaetoceros gracilis</i> , DIVISIONES DIA, E INTERVALOS DE CONFIANZA .....	47
FIGURA # 6.- C. M. NORTE ARRIBA <i>Ch. gracilis</i> , DIVISIONES DIA, E INTERVALOS DE CONFIANZA .....	48
FIGURA # 7.- C. M. NORTE ABAJO <i>Ch. gracilis</i> , DIVISIONES DIA, E INTERVALOS DE CONFIANZA .....	49
FIGURA # 8.- CONTROLES <i>Tetraselmis maculata</i> , DIVISIONES DIA, E INTERVALOS DE CONFIANZA .....	50
FIGURA # 9.- C. M. NORTE ARRIBA <i>T. maculata</i> , DIVISIONES DIA, E INTERVALOS DE CONFIANZA .....	51
FIGURA # 10.-C. M. NORTE ABAJO <i>T. maculata</i> , DIVISIONES DIA, E INTERVALOS DE CONFIANZA .....	52
FIGURA # 11.-CONTROLES <i>Tetraselmis chui</i> , DIVISIONES DIA, E INTERVALOS DE CONFIANZA .....	53
FIGURA # 12.-C. M. NORTE ARRIBA <i>T. chui</i> , DIVISIONES DIA, E INTERVALOS DE CONFIANZA .....	54
FIGURA # 13.-C. M. NORTE ABAJO <i>T. chui</i> , DIVISIONES DIA, E INTERVALOS DE CONFIANZA .....	55

INDICE DE FOTOS



LA BIBLIOTECA  
NACIONAL  
MEXICO

Foto # 1.-Laboratorio de Fitoplancton .....74  
Foto # 2.-Equipo generador del campo .....74  
Foto # 3.-Bacteria magnetotáctica .....75  
Foto # 4.-Partículas de magnetita .....75  
Foto # 5.-Agrupamiento de algas I.....76  
Foto # 6.-Agrupamiento de algas II.....76

**INTRODUCCIÓN.-****BIBLIOTECA  
FAC. ING.  
MARITIMA**

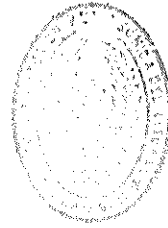
Existen ciertas áreas de la investigación que durante muchos años han permanecido sin mayor desarrollo, son áreas que se encuentran en la frontera de varias ciencias y en ocasiones interrelacionadas entre sí, y es en la mayoría de estos puntos en donde no se puede llegar a comprender aún, toda la magnitud de sus relaciones y tampoco el como poder sacarle el mejor provecho a esas relaciones.

Estas áreas forman parte de un grupo de la investigación que bien podría llamarse "No tradicional", puesto que utiliza para su desarrollo ciertos factores que generalmente no se utilizan en la investigación convencional o tradicional, por ser en ocasiones ubicuos, no visibles, no susceptibles a fácil medición o manejo y hasta mal interpretados. Pero que a pesar de todo esto han estado influyendo de uno u otro modo en nuestra evolución e inclusive muchos de ellos actuando desde inicios o incluso antes de la formación de nuestro Universo. Por tal motivo se decidió el tratar de orientar esta investigación y todos los recursos en ella aplicados hacia nuevos tópicos, tratando de explorar nuevas interrelaciones del medio con organismos vivos, para poder aplicar sus resultados; y es por ello que nace la presente investigación

en la cual se enfrentan, por un lado, un factor del medio que siempre ha estado presente en la evolución de nuestro mundo; que es el campo magnético que actuara incidiendo, por otro lado, sobre organismos vegetales unicelulares tal es el caso de las algas, planteándonos inicialmente como finalidad el tratar de determinar una intensidad de campo magnético y un tiempo de exposición adecuado y en el presente trabajo el experimentar para tratar de lograr un crecimiento de población más estable y controlado en menor tiempo.

En tal sentido el presente trabajo expone los resultados obtenidos al experimentar con tres especies de fitoplancton, al exponerlas a un equipo que brinda el campo más homogéneo, con dos modalidades de exposición al campo magnético, de igual forma se presenta una nueva modalidad de taxismo para algunas especies, ciertas características que se presentan en el comportamiento de determinadas especies y de igual forma en el medio de crecimiento frente al campo magnético generado. La vida ha evolucionado en un campo magnético. El comportamiento de los microorganismos, sus orientaciones y movimientos en respuesta a productos químicos o a la luz, constituye una ventaja adaptativa para su supervivencia. La magnetotaxia, pudo ser en algún momento uno de estos valores de supervivencia.

## CAPITULO I.



### I. GENERALIDADES

BIBLIOTECA  
NACIONAL  
DE MEXICO

#### 1.1.- ALGAS.-

Normalmente las algas habitan preferentemente los ambientes húmedos, en la tierra, aire, el mar y en las lagunas, hielo y nieve, las hay microscópicas y macroscópicas, con variados colores y formas según su especie. Ocupan las capas más superficiales, hasta los niveles donde hay penetración de luz solar. Su función dentro de la naturaleza destaca cuando vemos que forman parte del primer eslabón dentro de la cadena trófica.

Las algas son protistas clorofilados fotosintéticos que producen oxígeno como un producto de su metabolismo. Las divisiones están definidas en base a dos tipos de propiedades bioquímicas: a) el tipo de pigmento y, b) la reserva alimenticia. Sobre la base de estas características parece que las algas procarióticas dan origen a las formas eucarióticas. Cada división se caracteriza por su propia distribución de pigmentos,

además de la presencia de clorofila A (Krueger, 1971).

En cuanto a su morfología, la típica célula algal posee paredes ligeramente rígidas y pueden también presentar laminas que cubren la parte exterior de las paredes.

Los organelos que contienen pigmentos de las clorofíceas y euglenofíceas son designados cloroplastos, un nombre que indica que su color típicamente predominante es el verde. Otros organelos pigmentados de las algas se los designa como cromatóforos. Además de los cloroplastos y los cromatóforos estas células poseen sistemas enzimáticos relacionados con la fotosíntesis (Alexopoulos, 1967).

#### 1.1.1. Reproducción.-

En muchas ocasiones la reproducción de las algas ocurren sin un cambio en su ploidía, es decir, son asexuales. Los mecanismos asexuales incluyen fisión, esporulación y liberación de fragmentos nucleados en formas multicelulares. La fisión es comúnmente binaria y ocurre dentro de la pared celular parenteral, sí esta se encuentra



BIBLIOTECA  
FAC. ING.  
MARITIMA

presente. En otros tipos, la pared original es descartada y cada uno de los progenitores construye una nueva pared antes o después de liberarse de la pared de la célula madre. En otros tipos, especialmente en ciertas diatomeas y ciertos dinoflagelados, la pared original es repartida por el progenitor y cada nuevo individuo construye la porción faltante. Los procesos asexuales no han sido reportados para algas procarióticas e inequívocamente demostrado en algas eucarióticas. (Fritsch, 1952)

#### **1.1.2. Factores ambientales.-**

Existen factores ambientales que ejercen influencia en la variación de crecimiento de las algas, como la intensidad de la longitud de onda en la iluminación, la temperatura, la disponibilidad de nutrientes minerales, particularmente fuentes de nitrógeno y fósforo, la salinidad y el pH. El pH se encuentra directamente relacionado a la disponibilidad de iones de minerales tales como el hierro, magnesio



y calcio, así como la presencia de carga orgánica y metabolitos. (Krueger et al, 1973)

Teniendo en cuenta el cuidado de cada uno de estos factores, podremos brindar las condiciones ideales para el desarrollo de cualquier tipo de alga (Rodina, 1972).

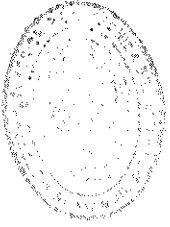
La mayoría de las algas son de vida libre, pero muchas aparecen asociadas con otras algas y como compañeras simbióticas con otros organismos. Las algas son parasitadas por bacterias, hongos, protozoarios y protistas mucilaginosos o mucosos (Stainer et al. 1970).

### 1.1.3.- Medios y nutrientes.-

Alexopoulos y Bold (1967) definieron los cultivos algales como poblaciones de algas creciendo bajo condiciones de laboratorio.

El término crecimiento es comúnmente aplicado a bacterias y otros microorganismos y usualmente se refiere a cambios en el cultivo de células, antes

que a cambios en un organismo individual. El término cultivo es usualmente usado en referencia a un deliberado crecimiento de microorganismos en condiciones de laboratorio (Provasoli, et al. 1956).

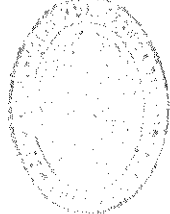


BIBLIOTECA  
FAC. ING.  
MARITIMA

Los varios tipos de cultivos incluyen: Cultivos enriquecidos -cultivos no purificados, donde se favorece el crecimiento rápido-, cultivos unialgales -pueden estar presentes otros organismos asociados-, cultivos axénicos -todos los otros organismos vivos se encuentran ausentes-, cultivos clonales -poblaciones algales descendientes asexuales de un sólo individuo- (Taub, 1968).

El crecimiento constante para una especie dada tiene un valor máximo cuando es medido bajo condiciones óptimas de crecimiento. Este decrece marcadamente por desestimación de las condiciones óptimas con relación a la temperatura, luz y la cantidad de micronutrientes presentes. El cultivo en laboratorios de organismos se los realiza brindando un ambiente favorable para su

crecimiento. Esto significa que los nutrientes necesarios deben encontrarse disponibles y adecuados al uso como materiales de construcción para nuevas células; con cada tipo de medio la concentración de nutrientes, la presión osmótica, y otros factores circundantes del cultivo deben de ser suministrados, una fuente de energía debe de ser brindada y varias condiciones ambientales como el Ph y una temperatura apropiada deben de ser ideales tanto como sean posibles como para soportar el crecimiento de microorganismos. Un medio definido usualmente contiene cantidades conocidas de fuentes de carbono, nitrógeno, azufre, fósforo y sales inorgánicas, además algún elemento adicional, particularmente metales en ínfimas cantidades que son requeridos en cantidades trazas. Estos tipos de medios pueden ser reproducidos exactamente en cualquier momento a causa de que las fórmulas químicas de sus constituyentes son conocidas exactamente, siendo adecuados para el crecimiento específico de ciertos microorganismos (Taub, 1970).



## 1.2.- BACTERIAS.

BIBLIOTECA  
FAC. ING.  
MARITIMA

### 1.2.1.-Navegación magnética de las bacterias.

Según lo reportado por Blakemore y Frankel, ciertas bacterias acuáticas son magnetotácticas; poseen pequeñas brújulas internas que las orientan en el campo magnético terrestre. El fenómeno quizá pueda ser extrapolado a otros organismos, como en el caso de este trabajo con micro-algas.

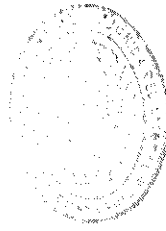
Las bacterias se cuentan entre los organismos más sencillos, lo que no ha sido impedimento para que desplegaran una amplia gama de adaptaciones sensoriales y motoras denominadas respuestas tácticas por las que interaccionan con su entorno. Muchas bacterias son quimiotácticas, otras presentan fototaxia. A lo largo de los últimos años se han realizado investigaciones lográndose determinar y confirmar una nueva respuesta táctica, esto es que tienden a nadar a lo largo de líneas de campos magnéticos. Se

hallan sujetas por tanto al influjo del campo magnético terrestre. Se ha demostrado de igual forma que las bacterias magnetotácticas sintetizan, para luego acarrear en su interior, pequeños cristales de magnetita ( $Fe_3O_4$ ) el óxido de hierro o piedra imán. La primera indicación de que las bacterias eran sensibles al campo geomagnético la advirtió, en 1975 Richard F. Blakemore en el Departamento de Microbiología de la Universidad de Massachusetts en Amherst, observó que algunos microorganismos nadaban persistentemente en un mismo sentido, a través del campo visual del microscopio, para concentrarse en el borde de una gota de agua fangosa; no se trataba de una respuesta fototáctica; nadaban en una misma dirección geográfica. Todo indicaba que estaban dirigidas por algo ubícuo posiblemente el campo magnético de la tierra (Blakemore y Frankel, 1982).

Las bacterias por tanto actúan a modo de pequeños dipolos magnéticos biológicos. Se ha hallado más de una docena de tipos morfológicamente distintos

de bacterias en muestras que comprenden cocos, bacilos y espirilos (ver fotos 3 Y 4). Dentro de ellas se revela la presencia en el citoplasma de aproximadamente 20 partículas, opacas al haz de electrones de forma cúbica u octaédrica, miden unos 500 amgstrons de anchura, y se conocen con el nombre de magnetosomas. Puesto que el hierro que se aportó al medio de cultivo de estas bacterias estaba en forma de complejo orgánico soluble, la magnetita de las partículas era, sin la menor duda, producto de la síntesis bacteriana. La capacidad de sintetizar magnetita está codificada genéticamente, no así la polaridad de las bacterias magnetotácticas; la forma de magnetismo observada en la magnetita se denomina ferromagnetismo (Blakemore y Frankel, 1982).

Con los años se ha ido encontrando magnetita en muchos organismos además de las bacterias. Por ahora la lista registra a los quitones (molusco marino), abejas melíferas, mariposas, palomas mensajeras y recientemente, delfines.



### 1.3.-BIOMAGNETISMO.

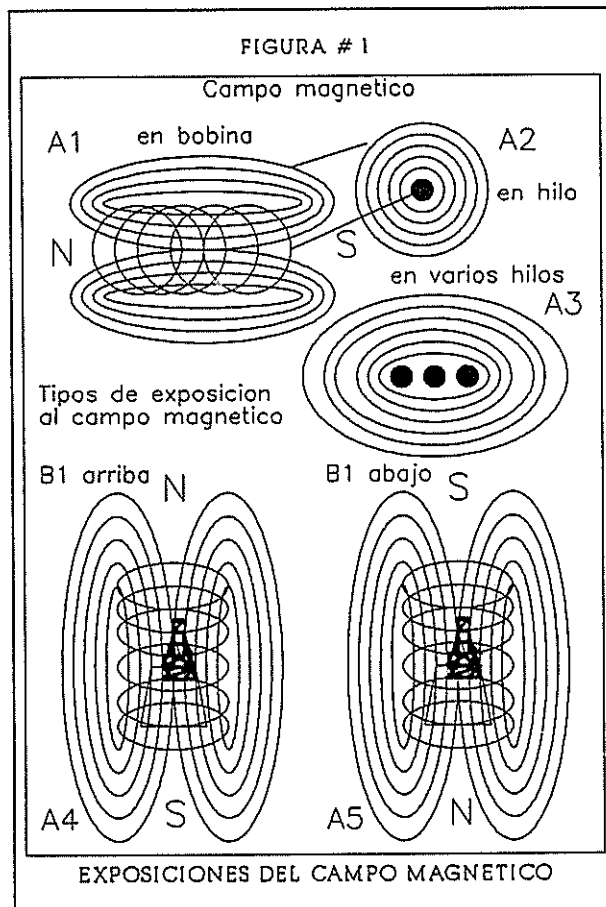
BIBLIOTECA  
FAC. ING.  
MARITIMA

El Biomagnetismo o el Bioelectromagnetismo es un método de investigación no tradicional, combinación de ciencias biológicas y físicas (electrónicas), especialmente en el área de equipos y sistemas (Ing. C. Becerra, comunicación personal). Por la estrecha relación existente entre la electricidad y el magnetismo, ya que ambas se complementan en las aplicaciones prácticas de la primera se dará una ligera explicación de ciertos términos del magnetismo a continuación.

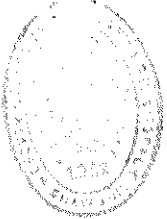
- Imanes naturales, son una variedad del óxido de hierro conocido con el nombre de magnetita o piedra imán.

- Imanes artificiales o electroimanes, son el conjunto formado por un trozo de hierro o acero (núcleo), que también puede ser otro material no ferromagnético -tal es el caso del aire- y el enrollamiento de hilo conductor, todo lo cual se conoce con el nombre de electroimán (bobina o solenoide) (figura # 1, A1). En tal sentido es lógico admitir la analogía entre los campos magnéticos creados por la bobina y un imán.

Los extremos de una barra imantada o de un electroimán o solenoide, en los que se manifiestan con mayor intensidad las propiedades magnéticas, reciben el nombre de polos y es en donde se concentran las líneas de fuerza (figura # 1; A2, A3), a medida que nos separamos de los polos va siendo menor la concentración de las líneas de fuerza (figura # 1, B1).







Se denomina campo magnético, a la región que rodea a un imán, en la que se manifiestan las fuerzas magnéticas. Un campo magnético se caracteriza por el número de sus líneas de fuerza, su intensidad y su dirección, en cada uno de sus puntos. Se dice que un campo magnético es uniforme cuando la intensidad es la misma en todos sus puntos. Si se substituye un imán por un solenoide o bobina en la que circula energía eléctrica, las imágenes de los campos presentarán una semejanza sorprendente (Barona, 1980), como es el caso de los campos del presente trabajo.

### 1.3.1.-Historia del Biomagnetismo.

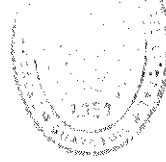
La vida, como normalmente la conocemos en la tierra, se encuentra sujeta a un campo geomagnético, el cual tiene una fuerza de campo de 0,3 a 0,6 gauss (Liboff, 1985). Los efectos biológicos de la radiación electromagnética, incluidos los posibles efectos debidos a diferentes estados gravitacionales en el desarrollo de organismos y sus interacciones con efectos radiactivos son actualmente investigados.

Se conoce que desde la época arcaica en la medicina fue usado el magnetismo para tratar varias enfermedades.

Más de mil años antes de la invención de la brújula magnética en la edad media, chinos y griegos de la antigüedad conocían ya las propiedades magnéticas de la magnetita.

Durante el siglo XIX diversos artículos fueron inventados, especialmente aparatos magnetoterapéuticos para tratar pacientes que sufrían desórdenes nerviosos, circulatorios y reguladores del metabolismo. A pesar de todos estos experimentos, los primeros realmente científicos de la influencia de los campos magnéticos fueron hechos en el laboratorio de Thomas Edison en el año de 1892, trabajando con perros y algunos experimentadores humanos sin encontrar ningún efecto (Aceto, et al., 1970).

El interés en estos fenómenos se inició cuando se empezaron a comprender las investigaciones básicas realizadas en base a respuestas orgánicas frente al espacio circundante.



El magnetismo, siendo una fuerza fundamental, esparce en el Universo una amplia variedad de intensidades de fuerza.

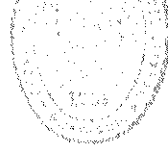
Es considerado concebible que el campo magnético de la tierra juega un rol significativo tanto en el origen de la evolución de la vida y en el mantenimiento de los procesos biológicos normales. Aún existe la pregunta sobre qué influencia real y tangible tiene en sí el campo magnético en los cuerpos vivientes y en los procesos de vida.

### 1.3.2.-Influencias directas de los campos magnéticos.

Por literatura (Neurath, 1985) conocemos que los organismos expuestos a campos eléctricos o magnéticos pueden responder con un cambio en la función fisiológica o actividad de su comportamiento. Los efectos que han sido investigados van desde el rango de los campos eléctricos y comportamientos condicionados en trabajos con peces hasta efectos en ritmos biológicos y otros efectos en seres humanos

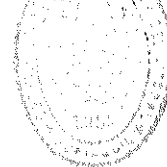
(Schwartz, 1979), mamíferos, aves, anfibios, insectos (Ramirez et al., 1983), levaduras, mohos e inclusive bacterias (Monteagudo et al., 1986, 1987). Esta diversidad en las áreas de investigación es complementada con una amplia variedad en la forma en que estos campos fueron usados en estos estudios. Tanto los campos AC (corriente alterna) y DC (corriente continua), eléctricos y/o magnéticos son usados a distintas intensidades (Liboff, 1985), las cuales varían desde los valores típicamente bajos de el ambiente natural, hasta valores tan amplios que ellos sólo pueden ser encontrados en situaciones muy especializadas de laboratorio (Frei, 1972).

Se ha demostrado que un campo magnético constante puede incrementar la tasa de reacción química con ciertos compuestos en algunas circunstancias. La reacción debe ser iónica y limitada por algunos procesos tales como la difusión iónica (Frei, 1972). Pero los efectos orientadores del campo son pequeños comparados con los efectos desorientadores de las colisiones que en aquella



se encuentran involucrados. Cualquier proceso que involucre movimiento de iones puede ser influenciado a causa de que el camino de un ión puede cambiar en un campo magnético, y esto puede ser de importancia para los iones que pasan a través de las membranas biológicas ya que existen indicadores de que la acción de las enzimas es modificada en presencia de un campo magnético (Aceto, et al., 1970).

Huevos de anfibios y embriones expuestos a un campo inhomogéneo de gran intensidad, produjo grandes anormalidades en el desarrollo genético, todas ellas realizadas en las regiones del Kilogauss, apareciendo los estadios de gástrula como los más sensitivos (Frei, 1972). En trabajos con la mosca *Drosophila melanogaster* (Ramirez, et al., 1983), pudo demostrar que las alteraciones en el desarrollo morfogenético inducido en las moscas por campos magnéticos persistían por más de treinta generaciones, cuando el campo fue aplicado a sólo un padrote. Se han efectuado experimentos más perfeccionados,



tratando de orientar las explicaciones de los resultados como un movimiento de materiales paramagnéticos, posiblemente ferritina, causados por un campo inhomogéneo. Kimball, reportó disminución significativa en tasas de crecimiento en cultivos de levaduras expuestos a magnetos (Frei, 1992). Los efectos se produjeron sólo en cultivos de menos de dos horas de edad. Cultivos más viejos no exhibieron ninguna inhibición, y presumiblemente el efecto es mayor en los estados iniciales de la fase de crecimiento de las células (Frei, 1972).

Con excepción en el caso de los iones, las fuerzas magnéticas dependen de la susceptibilidad magnética, la cual es muy pequeña para casi todos los elementos, con excepción de los materiales ferromagnéticos. Las influencias directas de los campos magnéticos son sólo parcialmente comprendidas, pero con la base de estos datos, es posible el poder especular tanto en la asociación del fenómeno de campo magnético para el

entendimiento del proceso fisiológico y en el posible efecto destructivo o pernicioso que este fenómeno pueda tener en un sistema biológico.

El desarrollo actual de la ciencia apenas ha estudiado la relación entre el ser humano y otros organismos con el entorno natural, quedando aún por esclarecer muchos problemas y misterios.



## CAPITULO II

### II.-MATERIALES Y METODOLOGÍA

BIBLIOTECA  
FAC. ING.  
SANTANA

#### 2.1.-DESCRIPCIÓN:

Los experimentos fueron realizados en las instalaciones de el Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas "Edgar Arellano" CENAIM, de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, en San Pedro de Manglaralto, en el Departamento de Fitoplancton. (Foto 1)

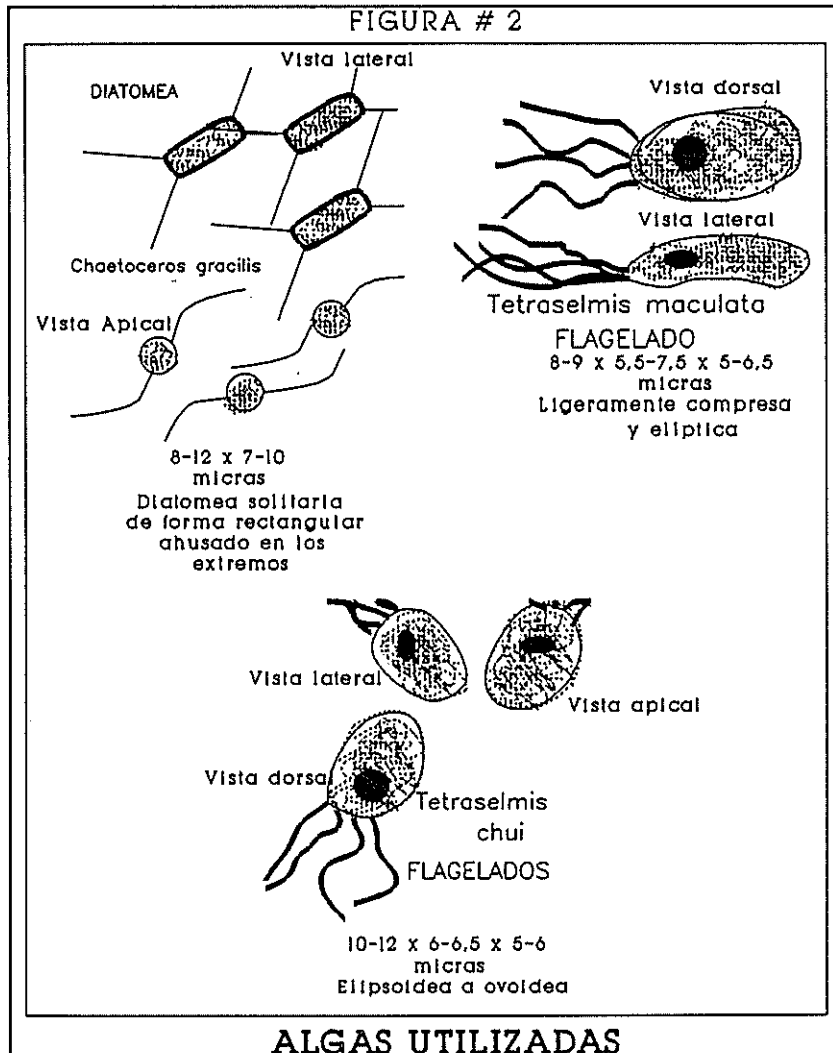
Los bioensayos realizados con *Chaetoceros gracilis* (Figura 2) se iniciaron desde el día 6 de Diciembre de 1990 hasta el día 15 de Diciembre de 1990, la especie provino de las cepas del laboratorio Ecuatex de San Pablo.

Los bioensayos para la *Tetraselmis maculata* (Figura 2) se realizaron desde el día 2 de Enero de 1991 y finalizaron el día 12 de Enero de 1991, la especie provino de las cepas del laboratorio Semacua en Anconcito.

Los bioensayos para la *Tetraselmis chui* (Figura 2) se iniciaron desde el 8 de Enero de 1991 y finalizaron el



día 18 de enero de 1991, la especie provino de las cepas del laboratorio Inbiosa de Punta Barandua.





### 2.1.1. Diseño experimental.

BIBLIOTECA  
FAC. ING.  
MARITIMA

Se realizaron 3 experimentos para determinar el efecto de campos electromagnéticos generados por bobinas en el crecimiento de tres especies de microalgas. El experimento número I se lo realizó con *Chaetoceros gracilis*, cultivada en medio F/2 de Guillard (tabla # 2). El segundo experimento se lo hizo con *Tetraselmis maculata* cultivada con medio Walne. y el tercero con *Tetraselmis chui*, también con medio Walne (tabla # 1). Cada experimento constó de tres tratamientos, los cuales fueron:

**Tratamiento I.-** Campo electromagnético continuo de 46.36 Gauss, con Norte ascendente, por 15 minutos una vez al día.(Figura # 1, A4)

**Tratamiento II.-** Campo electromagnético continuo de 46.36 Gauss, con Norte descendente, por 15 minutos un a vez al día.(Figura # 1, A5)

**Tratamiento III.-** Control, cultivado sin

exposición al campo electromagnético generado por la bobina. Cada tratamiento en cada experimento contó con 5 réplicas.

TABLA # I  
MEDIO WALNE

## Walne's Medium (1000 x)

### 1. Solución Walne (1000 x)

Na NO <sub>3</sub> -----	100,0 g
Na H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> . H <sub>2</sub> O -----	20,0 g
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> -----	33,6 g
Na <sub>2</sub> EDTA -----	45,0 g
Fe Cl <sub>3</sub> . 6H <sub>2</sub> O -----	1,30 g
Mn Cl <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O -----	0,36 g
Vitaminas Stock primario -----	100,0 ml
Metales traza stock primario -----	1 ml/l
Agua destilada -----	1 litro
Uso -----	1 ml/l

### 2. Solución Vitaminas Stock primario.

B 1 -----	200,0 mg
B 12 -----	10,0 mg
Agua destilada -----	200 ml

### 3. Solución Metales Traza Stock primario.

Zn Cl <sub>2</sub> -----	2,10 g
Co Cl <sub>2</sub> . 6H <sub>2</sub> O -----	2,0 g
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> . 4H <sub>2</sub> O -----	0,90 g
Cu SO <sub>4</sub> . 5H <sub>2</sub> O -----	2,00 g
Agua destilada -----	100 ml

TABLA # II  
MEDIO F/2

Gulliard and Ryther's modified F medium F/2  
Soluciones Stock.

1. Solución Nitrato Fostato Stock (500x)

Na NO <sub>3</sub> .....	42.074 g
Na H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> . H <sub>2</sub> O .....	5.000 g
Agua destilada .....	1 litro
Uso .....	2 ml/l

2. Solución Silicato Stock (500x)

Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> . 9H <sub>2</sub> O .....	16.50 g
Agua destilada .....	1 litro
Uso .....	2 ml/l

3. Solución Hierro Stock (500x)

Fe Cl <sub>3</sub> . 6H <sub>2</sub> O .....	1.45 g
Agua destilada .....	1 litro
Uso .....	2 ml/l

4. Solución EDTA Stock (1000x)

Na <sub>2</sub> EDTA .....	10.0 g
Agua destilada .....	1 litro
Uso .....	1 ml/l

5. Solución Vitaminas Stock (1000x)

B <sub>1</sub> .....	0.2 g
B <sub>12</sub> stock primario .....	10 ml
Biotina stock primario .....	10 ml
Agua destilada .....	1 litro
Uso .....	1 ml/l

6. Solución Metales Traza Stock (1000x)

Metales traza stock primario: A, B, C, D .....	1 ml
Agua destilada .....	1 litro
Uso .....	1 ml/l

7. Solución Biotina Stock Primario

Biotina .....	0.1 g
Agua destilada .....	1 litro

8. Solución B<sub>12</sub> Stock Primario

B <sub>12</sub> .....	0.1 g
Agua destilada .....	1 litro

9. Solución Metales Traza Stock Primario A

Cu SO <sub>4</sub> . 5H <sub>2</sub> O .....	1.96 g
Zn SO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O .....	4.40 g
Agua destilada .....	100 ml

10. Solución Metales Traza Stock Primario B

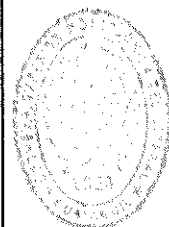
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> . 2H <sub>2</sub> O .....	1.26 g
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> . 4H <sub>2</sub> O .....	6.43 g
Agua destilada .....	100 ml

11. Solución Metales Traza Stock Primario C

Mn Cl <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O .....	36.00 g
Agua destilada .....	100 ml

12. Solución Metales Traza Stock Primario D

Co Cl <sub>2</sub> . 6H <sub>2</sub> O .....	2.0 g
Agua destilada .....	100 ml



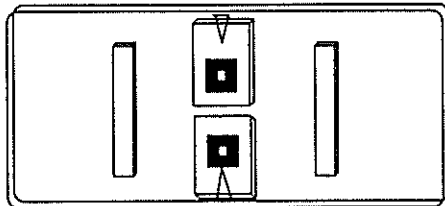
BIBLIOTECA  
FAC. INS.  
MANILA

### 2.1.2.- Descripción de muestreos y conteos.-

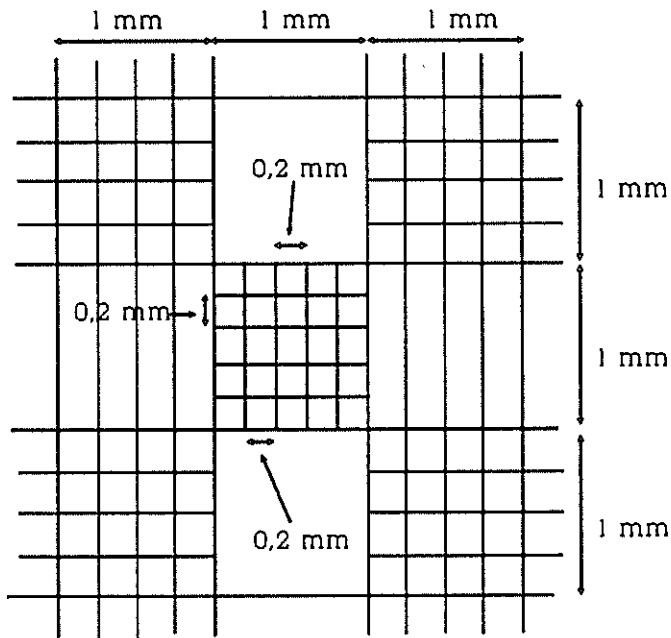
Se tomaron diariamente muestras de 1 ml. a cada recipiente de cultivo con una pipeta Pasteur después de haber homogeneizado correctamente la fiola. Con esta muestra se llenaban las dos cámaras del Hemocitómetro (Figura 3). se dejaba sedimentar 3 minutos, realizando seguidamente el conteo bajo un microscopio a 200X de aumento según el método descrito por Guillard (1971) y por Aujero (1982). Los conteos se los realizaba inmediatamente después de la aplicación del campo electromagnético. Todos estos procedimientos se lo realizaban con completa asepsia para evitar el ingreso de contaminantes en los cultivos.

En el caso de los experimentos con *Tetraselmis* spp. las muestras eran fijadas con una gota de lugol para facilitar el conteo, corrigiendo el volumen agregado según el método descrito en Standard Methods.

FIGURA # 3



Vista macroscópica del Hemocitómetro



Dimensiones de la cámara de conteo del Hemocitómetro

**HEMOCITOMETRO**



BIBLIOTECA  
DE INGENIERIA  
MANIZALES

## 2.2.- Enumeración y descripción de equipos y materiales.

Se trabajó con un transformador de corriente alterna a continua marca CATERPILLAR, que arroja una corriente de 12 voltios, con una intensidad de 4 amperios, esta corriente presenta una frecuencia de cero hertz; en contraposición con la corriente de alimentación del transformador que es la normal de la red eléctrica de 110 voltios y 60 ciclos por segundo.

En segundo lugar, la otra parte del equipo lo conforma la bobina con espiras de alambre de cobre esmaltado número 18 y núcleo de aire. La bobina, tiene 210 espiras de forma cilíndrica, un diámetro de 16,2 cm de espira a espira y una longitud de enrollamiento del alambre de 16 cm, el alambre se encuentra sujeto al cuerpo plástico de la bobina por medio de piolas de nylon, que facilitaron su enrollamiento (foto 2).

Además se utilizó: Un microscopio compuesto marca Olympus binocular, modelo BH-2, un hemocitómetro de 0,1 mm de profundidad de cámara; pipetas tipo Pasteur, seleccionadas por su uniformidad y largo diámetro, que

es el instrumento ideal usado para llenar el hemocitómetro. Recipientes Erlen Meyer, botellas tipo piseta con agua destilada, botella tipo piseta con alcohol, recipientes para agua o materiales de desecho, tubos de ensayo para las muestras fijadas, mecheros de alcohol, fijativos (lugol), para inmovilizar a los flagelados previo al contaje.

### 2.3.- Tipos de exposiciones.-

Se utilizaron en cada experimento dos tipos de campo electromagnético de corriente continua y de frecuencia nula, perpendiculares al campo de la tierra, el primero perpendicular ascendente (Norte arriba, Sur abajo) (Figura # 1,A4) y el segundo perpendicular descendente (Norte abajo, Sur arriba) (Figura # 1,A5). Ambos campos fueron de idéntica intensidad, 46.36 Gauss, pero de polaridad opuesta.

El tratamiento de control no contó con la exposición a los campos electromagnéticos inducidos por las bobinas, sino solo con el campo electromagnético natural de la tierra, el cual posee una intensidad de 0.3 a 0.6 Gauss



BIBLIOTECA  
FAC. ING.  
MARITIMA



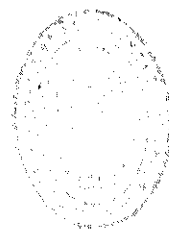
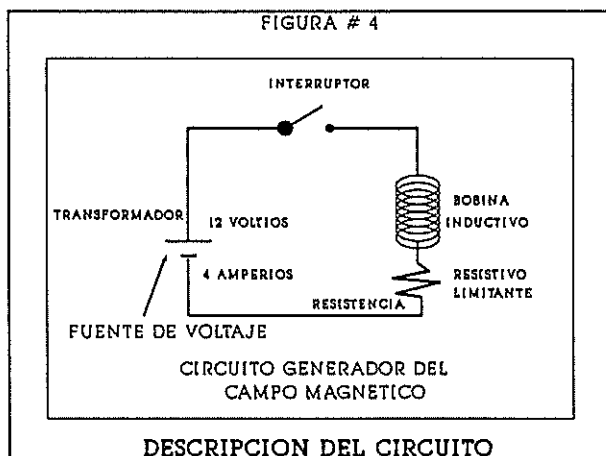
a nivel del mar.

No se usaron los campos de forma paralela al campo geomagnético en estos experimentos, ya que cuando se trato de implementar esta metodología existió siempre el inconveniente de que se podían regar las muestras a causa de la forma cilíndrica de la bobina.

Para las exposiciones y los bioensayos, como contenedores de las muestras, se usaron siempre recipientes Erlenmeyer de vidrio de 200 mililitros, los cuales eran colocados en el centro de la bobina a una distancia de 5,0 a 7,0 centímetros del fondo de la bobina, ayudándonos para esto con el uso de un recipiente plástico que servía de base para las muestras, puesto que en el centro del solenoide el campo es más homogéneo que en el resto de la bobina. La bobina fue colocada durante las exposiciones, sobre estructuras de madera o de cartón, evitando en lo posible los materiales ferromagnéticos para evitar desviaciones o alteraciones del campo. Durante las exposiciones al campo electromagnético se suspendía la incidencia de luz directa a los cultivos, para evitar el efecto del fototaxismo.

### 2.3.1.- Descripción del circuito usado.-

El tipo de circuito usado en este trabajo con la bobina, es un circuito inductivo resistivo en serie, en el cual su fuente de alimentación es el transformador de corriente que envía los 12 voltios y 4 amperios que a su vez actúa como interruptor, y la bobina que es la región inductiva del circuito. En este punto tenemos un circuito netamente inductivo, pero como en este circuito, netamente inductivo, una parte de su energía tiene en algún momento que ser menos útil y eficiente y por tanto disiparse en alguna forma, la cual es luego disipada en forma de calor, ya que los conductores atravesados por la corriente eléctrica se calientan. Para producir este calor se gasta una energía que depende de la resistencia del conductor y de la intensidad de la corriente. Apareciendo entonces el circuito inductivo resistivo, Figura # 4 (Comunicación Personal del Ingeniero Electrónico Angel Salazar, 1992).



BIBLIOTECA  
NAC. MEX.  
MEXICO

## 2.4.- Fórmulas y cálculos.-

### 2.4.1 Fórmula para el cálculo de la intensidad del campo de la bobina.

Para el cálculo de la intensidad del campo magnético originado en un determinado punto dentro de la bobina o en determinados sectores fuera de ella se uso la siguiente formula; la

cual pasamos a detallar a continuación.

$$B_p = \frac{U_o N I}{2 \left( R^2 + (L/2)^2 \right)^{1/2}}$$

Donde:

$U_o = 4 (3.1416) * (10)^{-7}$  (diez a la menos 7)

$N$  = Número de espiras

$I$  = Intensidad de la corriente dada en amperios.

$R$  = Radio de la bobina

$L$  = Longitud de la bobina

En donde el resultado que se origina viene dado en unidades Tezla que es la unidad de intensidad de campos magnéticos, los cuales los reducimos a Gauss, multiplicando los Tesla por diez mil (Comunicación personal del Ing. Carlos Becerra Escudero). Todo lo cual nos da resultados que en el caso de la bobina están en los 46,36 gauss.

#### 2.4.2 Fórmula para el cálculo de densidad en hemocitómetro.

Para conocer la densidad necesitamos saber el número total de células en los bloques

individuales contados, (Figura # 3) luego de lo cual aplicamos la siguiente fórmula (Handbook SEAFDEC, 1984).

$$\text{Densidad (cel/ml)} = \frac{\text{Contaje total}}{\text{\# de bloques}} \times 10.000$$



BIBLIOTECA  
FAC. ING.  
MARITIMA

#### 2.4.3 Fórmula para el cálculo de la tasa de divisiones célula día.

La tasa de crecimiento es expresada como unidades de logaritmo de base 10 de incremento por día, o como unidades de logaritmo base 2 de incremento por día. Para cultivos algales, es usualmente mas conveniente el usar logaritmos de base 2, los cuales brindan un resultado de K en forma de divisiones por día; en este caso usamos la siguiente formula ( Janet R. Stein, 1973):

$$K = \frac{\log_2 (N1/N0)}{t1 - t0}$$

Donde:

K = Taza de crecimiento

NO = Concentración inicial de células

N1 = Concentración final de células

t0 = Tiempo inicial

t1 = Tiempo final

#### 2.4.4.- Análisis estadístico.-

Para cada experimento y para cada día se realizaron análisis de varianza de una vía para comparar las diferencias existentes en medias de divisiones celulares por día entre tratamientos. Después de realizado el ANOVA, y en caso de existir diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) se realizaron pruebas de rango múltiple de Student-Newman-Keuls para detectar diferencias entre tratamientos individuales con un nivel de confianza del 95%. (Ac. Marcillo F., comunicación personal)



III.- DESARROLLO DE EXPERIMENTOS PRELIMINARES

3.1.- ESQUEMA Y DESGLOSE INDIVIDUAL DE CADA BIOENSAYO.

Para los cultivos se utilizaron recipientes Erlen Meyer de vidrio de 200 mililitros de capacidad con 125 ml de muestra. Todos los recipientes con los cultivos se mantuvieron bajo similares condiciones de temperatura, entre 19 a 21 grados centígrados, e iluminación constante sin fotoperiodo, no se les suministró aireación artificial a los cultivos, pero se los agitaba ligeramente a diario por 3 ocasiones.

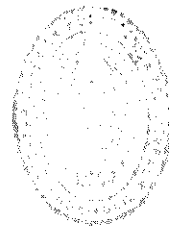
Durante las exposiciones de las muestras a los campos magnéticos, al finalizar el tiempo de incidencia, se registró un ligero incremento de la temperatura en todas las réplicas (de 0.8, un grado y hasta 1.2 grados centígrados) cuando se las mantenía en el interior de la bobina. Este incremento de temperatura era provocado por la resistencia eléctrica que es inherente al enrollamiento de la bobina, la cual a su vez gradualmente aumentaba la temperatura, dependiendo del período de tiempo de uso de la misma. Incremento que en ningún momento fue superior al rango anteriormente citado y que por lo general se encontraba al finalizar la exposición cercano a los 0.8 grados centígrados.

Para los contajes se utilizaron 2 Hemocitómetros marca Reichert - Jung. Las unidades de las tablas # III, IV y V, se obtuvieron con contajes en Hemocitómetro y están dadas en células por mililitro. Se contaron diez cuadros en las dos cámaras (cinco en cada una) para cada contaje con el hemocitómetro, se esperó en todos los casos tres minutos antes de proceder a contar para permitir el asentamiento de las células para un mejor y más rápido contaje de las células.

Se utilizó una bobina cilíndrica que brindó el campo magnético mas Homogéneo, se trabajó con un tiempo de exposición de 15 minutos al campo magnético y se optó por realizar tres bioensayos cada uno de ellos con una especie distinta.

Se usaron en todos los casos 5 replicas de cada uno de los tratamientos, para poder apreciar mejor los efectos y evitar los posibles errores que pudieran arrojar los contajes del Hemocitómetro.





### 3.1.1. Bioensayo UNO.

BIBLIOTECA  
ING. ING.  
MARITIMA

El bioensayo uno con la especie *Chaetoceros gracilis*, fue realizado entre el 6 de diciembre de 1990 al 15 de diciembre de 1990. Los contajes se encuentran en la tabla # III. Los gráficos de estos datos, del comportamiento de las divisiones de las células día de los mismos cultivos y los datos del comportamiento de las medias con los errores y sus intervalos de confianza se encuentran en las figuras # 5, 6 y 7.

Los cultivos presentaron un desarrollo normal durante todo el bioensayo, sin la presencia de contaminantes externos y en general presentando un buen desarrollo. Las células al iniciarse este bioensayo se presentaban en un estado óptimo; no se encontraban en plasmólisis, se observó de igual forma la presencia de muchas células alargadas durante la mayor parte del tiempo que duró todo el bioensayo. Es de hacer notar que existió la presencia de burbujas de gas en las paredes internas de los recipientes

sujetos a la exposición, luego de ser sacados de la bobina en donde se los mantuvo a oscuras, las burbujas empezaron a manifestarse luego de 1 a 3 minutos; se suponen son dióxido de carbono y se producen, con escasa presencia de luz, especialmente en las fiolas con gran cantidad de células.

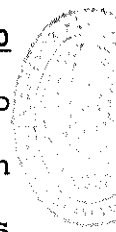
### 3.1.2. Bioensayo DOS.

El bioensayo dos con la especie *Tetraselmis maculata*, fue realizado entre el 2 de enero de 1991 y culminó el día 12 de enero del mismo año. Los contajes se encuentran en la tabla # IV. Los gráficos de estos datos, del comportamiento de las divisiones de las células día de los mismos cultivos y los datos del comportamiento de las medias con los errores y sus intervalos de confianza se encuentran en las figuras # 8, 9 y 10.

Los cultivos presentaron un desarrollo normal sin contaminantes, con formación de burbujas de gases

en el interior de los recipientes, se notó claramente la presencia de líneas de fuerzas en los cultivos al sexto y séptimo día, estas líneas de fuerza eran acumulaciones de células que se distribuían preferentemente en el sector cercano a la superficie de la columna de agua, acumulándose inicialmente y posteriormente distribuyéndose en las líneas de fuerza que pasaban por el medio de cultivo, foto # 5 y 6.

En el día 4 en los cultivos sujetos a exposición al campo magnético, se observó la presencia de burbujas de aire. En donde se notó la aparición de una gran cantidad de burbujas a los 9 minutos de exposición en la bobina, las mismas manifestaciones se hicieron aparentes en todos los cultivos expuestos al campo hasta el quinto y sexto día en algunos casos, luego del cual la presencia de las burbujas no fue notable, pero la de las líneas de fuerza continuó manifestándose. De igual forma se notó luego de ser sacadas las muestras de la bobina y al ser colocadas en presencia de la luz, la aparición de una gran cantidad de pequeñas burbujas de gases



en las paredes internas de los recipientes, muy notorias a partir del quinto día en algunos de los cultivos expuestos a los campos magnéticos. Al décimo día se notó la presencia de grumos en algunos controles y en algunas de las fiolas expuestas al campo magnético, indicando que estos cultivos entraban en la fase desmejoramiento de las condiciones y posterior muerte del mismo.

### 3.1.3. Bioensayo TRES.

El bioensayo tres con la especie *Tetraselmis chui*, fue realizado entre el 8 de enero de 1991 al día 18 de enero de 1991. Los contajes se encuentran en la tabla # V. Los gráficos de estos datos, del comportamiento de las divisiones de las células día de los mismos cultivos y los datos del comportamiento de las medias con los errores y sus intervalos de confianza se encuentran en las figuras # 11, 12 y 13.

Los cultivos tuvieron un desarrollo normal sin contaminantes, con formación de burbujas en el

interior de los recipientes y sin presencia de deformidades en las células del cultivo. Al sexto día se notó la presencia de líneas de fuerzas en los cultivos con poblaciones cercanas al millón de células por mililitro y expuestas al campo magnético, sin importar la orientación de su norte. En algunos casos no se apreció claramente la existencia de burbujas, ni la de las líneas de fuerza bien definidas, en parte causado por el apiñamiento de las células provocado por las densidades del cultivo en los recipientes, en donde no se formaron las líneas de fuerza, pero en su lugar se formó un sector de mayor coloración por un grupo de células apelotonadas en la parte superior y central del contenedor de vidrio, y por otra parte, presumiblemente a causa de la elevación de temperatura (de 1.0 a 1.2 grados centígrados luego de los 15 minutos) que era provocado por el calentamiento de la resistencia que produce la bobina; de igual forma se observó a partir del tercero y cuarto día una gran cantidad de burbujas de aire en las paredes internas de las



SIBLIOT  
FAC. IN  
MOSCU

fiolas, que se suponen son dióxido de carbono y que se producen cuando casi no están en presencia de luz, esto se dio en las muestras expuestas a los campo magneticos.

Con relación a la motilidad de las dos especie de *Tetraselmis*, se observaron muestras no fijadas para contajes y se determinó que las células de estas especies luego de salir del campo magnético nadaban a una velocidad mayor que aquellas del control, de igual forma su natación era más inconstante, ya que en ocasiones se detenían y empezaban a girar muy rápidamente sobre su propio eje, para posteriormente iniciar con un rápido impulso otro período de natación de gran velocidad y de nado errático, por periodos de tiempo de uno a tres minutos en que recuperaron su comportamiento normal. Particularidad que no es común en las especies de flagelados que comúnmente se cultivan en los laboratorios de nuestro país, díganse: *Isocrisis* sp., *Dunnaliela* sp., *Chromonas* sp., ni en las *Tetraselmis* sp..

## TABLA # III

### BIOENSAYO UNO *Chaetoceros gracilis*

Del 6 de diciembre de 1990 al 15 de diciembre de 1990  
Medio nutritivo: F/2.

CONTROLES					
Día	Control1	Control2	Control3	Control4	Control5
0	268000	252000	263000	261000	255000
1	286000	227000	292000	296000	273000
2	324000	309000	353000	374000	368000
3	475000	424000	456000	485000	521000
4	567000	601000	585000	572000	664000
5	764000	686000	861000	742000	873000
6	911000	769000	927000	893000	953000
7	1126000	893000	1245000	1006000	1139000
8	1230000	948000	1244000	1151000	1258000
9	1040000	957000	1163000	992000	1127000



INSTITUTO TECNOLÓGICO  
FAC. ING.  
CHETUMAL

CAMPO MAGNÉTICO NORTE ARRIBA					
Tiempo de exposición: 15 minutos,					
Día	N Arri1	N Arri2	N Arri3	N Arri4	N Arri5
0	250000	265000	272000	269000	254000
1	261000	234000	259000	273000	257000
2	291000	342000	283000	316000	325000
3	387000	498000	403000	433000	545000
4	565000	592000	581000	579000	626000
5	836000	805000	763000	690000	824000
6	948000	921000	945000	826000	902000
7	1175000	1197000	1013000	972000	1038000
8	1205000	1127000	1136000	1101000	1185000
9	1236000	1229000	1139000	1013000	1192000

CAMPO MAGNÉTICO NORTE ABAJO					
Tiempo de exposición: 15 minutos,					
Día	N Abj 1	N Abj 2	N Abj 3	N Abj 4	N Abj 5
0	256000	236000	249000	264000	257000
1	249000	281000	237000	271000	262000
2	318000	356000	316000	312000	397000
3	431000	465000	491000	394000	480000
4	572000	610000	602000	546000	578000
5	695000	789000	811000	702000	716000
6	879000	898000	932000	873000	894000
7	967000	1016000	1166000	981000	997000
8	1159000	1179000	1182000	1142000	1088000
9	996000	1215000	1123000	1174000	1189000

## TABLA # IV

### BIOENSAYO DOS *Tetraselmis maculata*

Del 2 de Enero de 1991 al 12 de Enero de 1991

Medio nutritivo: WALNE.

CONTROLES					
Día	Control1	Control2	Control3	Control4	Control5
0	91000	87000	98000	92000	96000
1	93000	106000	103000	123000	99000
2	132000	119000	138000	203000	126000
3	215000	252000	164000	267000	203000
4	284000	231000	246000	372000	252000
5	391000	304000	387000	453000	358000
6	567000	426000	537000	502000	474000
7	662000	603000	643000	688000	685000
8	782000	732000	715000	763000	748000
9	875000	823000	868000	875000	869000
10	918000	893000	905000	941000	881000
CAMPO MAGNÉTICO NORTE ARRIBA					
Tiempo de exposición: 15 minutos,					
Día	N Arri1	N Arri2	N Arri3	N Arri4	N Arri5
0	90000	102000	97000	92000	94000
1	87000	106000	108667	103000	95000
2	115000	157000	194000	182000	107000
3	273000	264000	243000	252000	238000
4	326000	326000	287000	417000	402000
5	514000	531000	556000	681000	594000
6	866000	762000	953000	897000	751000
7	1052000	962000	1012000	984000	931000
8	1264000	1213000	1164000	1133000	1025000
9	1321000	1432000	1273000	1268000	1198000
10	1418000	1322000	1294000	1225000	1246000
CAMPO MAGNÉTICO NORTE ABAJO					
Tiempo de exposición: 15 minutos,					
Día	N Abj 1	N Abj 2	N Abj 3	N Abj 4	N Abj 5
0	87000	98000	92000	91000	96000
1	93000	109000	90000	96000	101000
2	126000	145000	147000	139000	164000
3	207000	229000	235000	221000	251000
4	374000	436000	406000	417000	358000
5	589000	785000	622000	674000	593000
6	653000	917000	793000	859000	820000
7	881000	1164000	939000	1007000	996000
8	993000	1238000	1094000	1136000	1186000
9	1151000	1506000	1237000	1271000	1342000
10	1214000	1482000	1197000	1348000	1322000



## TABLA # V

### BIOENSAYO TRES *Tetraselmis chui*

Del 8 de Enero de 1991 al 18 de Enero de 1991

Medio nutritivo: WALNE.

CONTROLES					
Día	Control1	Control2	Control3	Control4	Control5
0	102000	97000	98000	106000	99000
1	124000	106000	111000	137000	129000
2	140000	134000	115000	201000	115000
3	228000	217000	195000	245000	232000
4	296000	287000	249000	322000	317000
5	334000	322000	381000	413000	446000
6	586000	578000	563000	594000	678000
7	658000	621000	712000	633000	749000
8	889000	862000	902000	862000	953000
9	962000	1083000	1065000	953000	1127000
10	1094000	1103000	1146000	1065000	1161000
CAMPO MAGNÉTICO NORTE ARRIBA					
Tiempo de exposición: 15 minutos,					
Día	N Arri1	N Arri2	N Arri3	N Arri4	N Arri5
0	96000	98000	92000	101000	99000
1	130000	123000	117000	126000	132000
2	139000	153000	129000	167000	158000
3	320000	218000	205000	271000	198000
4	503000	397000	292000	488000	347000
5	726000	678000	473000	785000	572000
6	984000	894000	786000	972000	856000
7	1241000	1031000	926000	1152000	1094000
8	1783000	1335000	1044000	1456000	1169000
9	1910000	1496000	1154000	1553000	1325000
10	2015000	1728000	1342000	1767000	1427000
CAMPO MAGNÉTICO NORTE ABAJO					
Tiempo de exposición: 15 minutos,					
Día	N Abj 1	N Abj 2	N Abj 3	N Abj 4	N Abj 5
0	97000	97000	94000	92000	103000
1	126000	115000	103000	127000	149000
2	197000	161000	152000	109000	203000
3	295000	224000	212000	208000	362000
4	381000	446000	354000	412000	596000
5	563000	678000	428000	467000	864000
6	895000	953000	679000	885000	1108000
7	1089000	1267000	891000	1132000	1303000
8	1465000	1614000	1042000	1342000	1722000
9	1512000	1841000	1203000	1538000	1962000
10	1605000	1943000	1416000	1478000	2136000

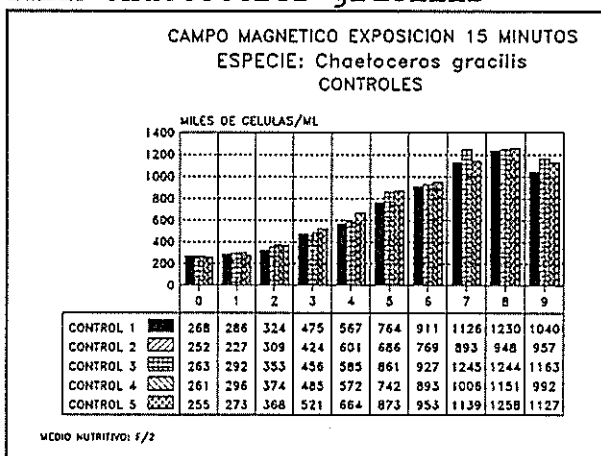


BIBLIOTECA  
FAC. ING.  
MARILINA

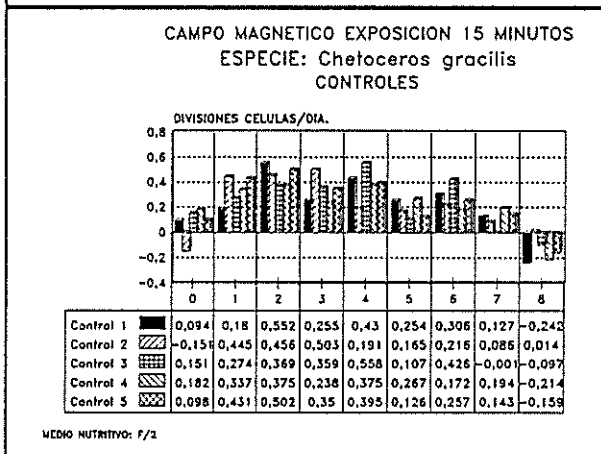
FIGURA # 5

GRAFICO DE CONTROLES, DIVISIONES CELULAS DIA E INTERVALOS DE CONFIANZA PARA *Chaetoceros gracilis*

GRAFICO DE CONTROLES



DIVISIONES CEL/DIA



INTERV. DE CONFIANZA

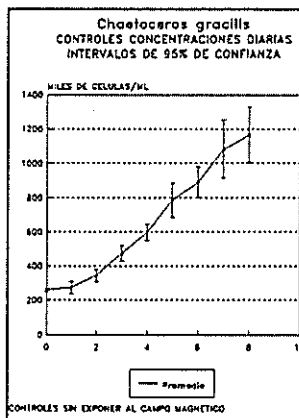
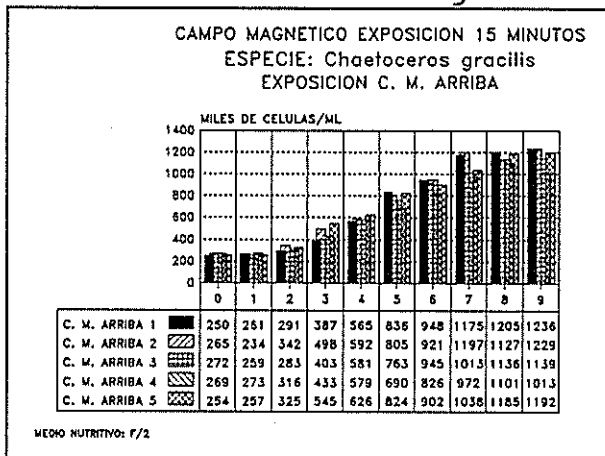


FIGURA # 6

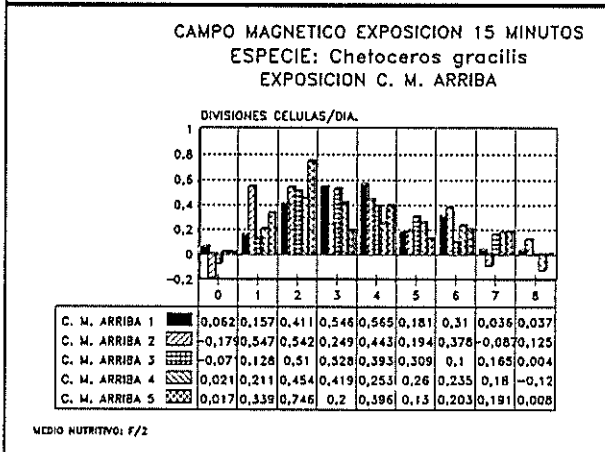
GRAFICO DE DATOS EXP. NORTE ARRIBA, DIVISIONES CELULAS DIA E INTERVALOS DE CONFIANZA PARA *Chaetoceros gracilis*

GRAF. EXP. NORTE ARRIBA



BIBLIOTECA  
 FAC. ING.  
 MARITIMA

DIVISIONES CEL/DIA



INTERV. DE CONFIANZA

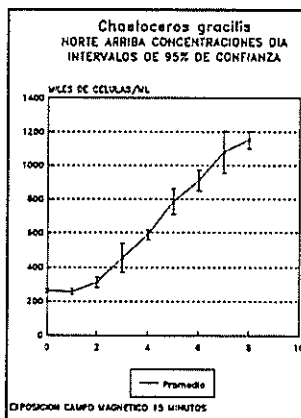
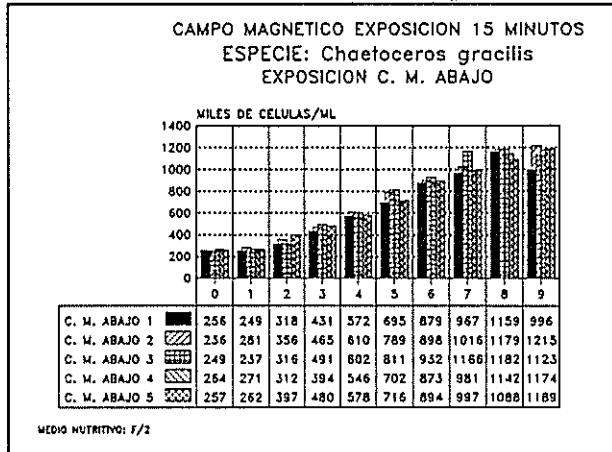
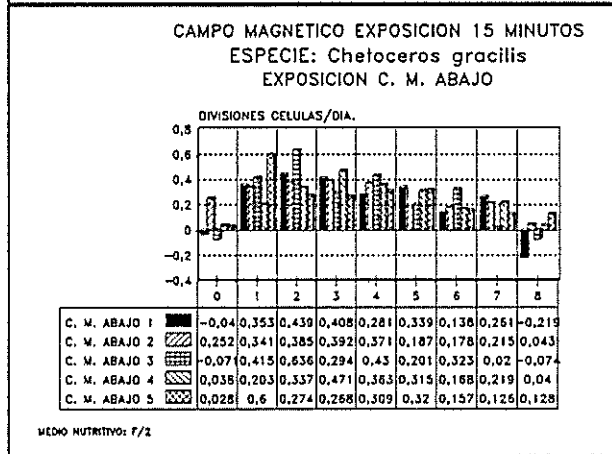


FIGURA # 7  
 GRAFICO DE DATOS EXP. NORTE ABAJO, DIVISIONES CELULAS DIA E INTERVALOS DE CONFIANZA PARA *Chaetoceros gracilis*

GRAF. EXP. NORTE ABAJO



DIVISIONES CEL/DIA



INTERV. DE CONFIANZA

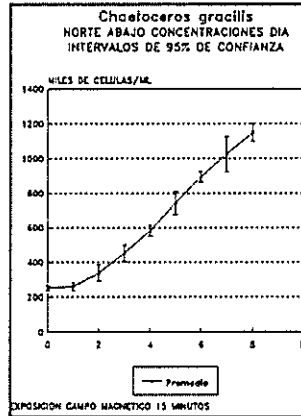
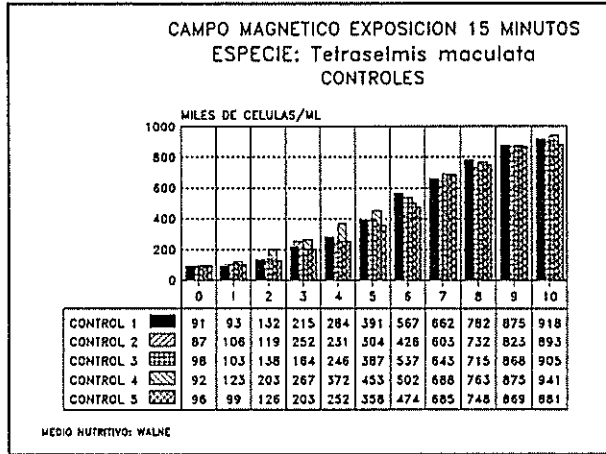


FIGURA # 8

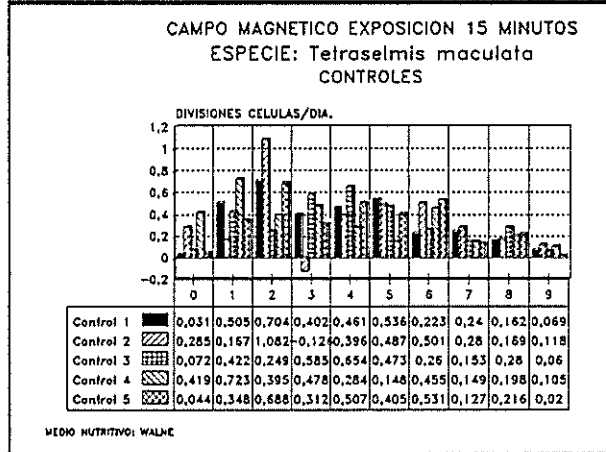
GRAFICO DE CONTROLES, DIVISIONES CELULAS DIA E INTERVALOS DE CONFIANZA PARA *Tetraselmis maculata*

GRAFICO DE CONTROLES



BIBLIOTECA  
FAC. ING.  
MARITIMA

DIVISIONES CEL/DIA



INTERV. DE CONFIANZA

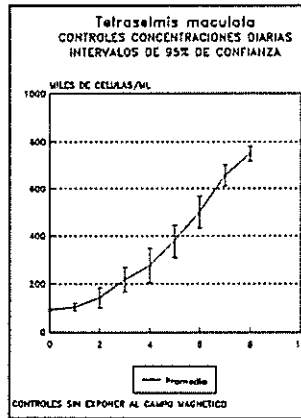
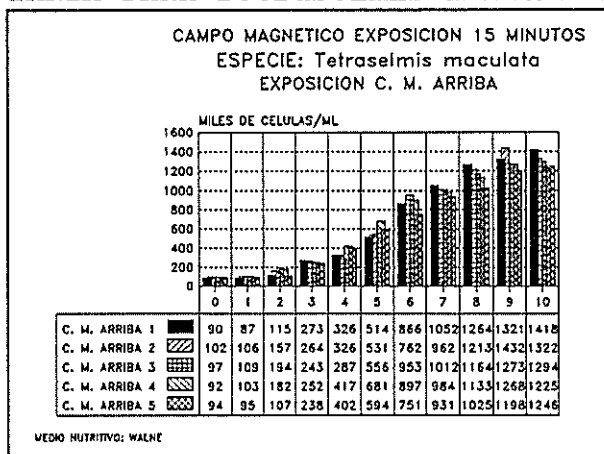


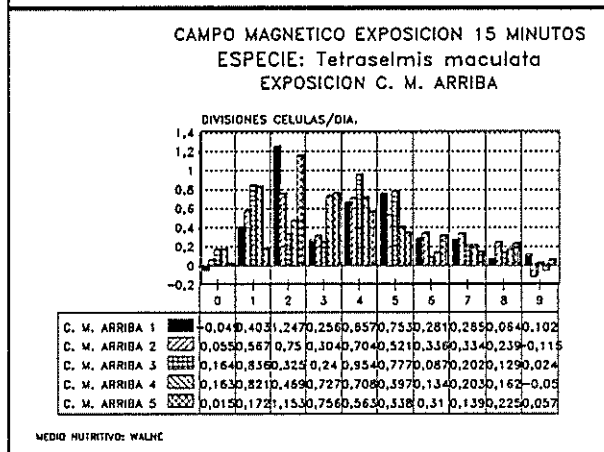
FIGURA # 9

GRAFICO DE DATOS EXP. NORTE ARRIBA, DIVISIONES CELULAS DIA E INTERVALOS DE CONFIANZA PARA *Tetraselmis maculata*

GRAF. EXP. NORTE ARRIBA



DIVISIONES CEL/DIA



INTERV. DE CONFIANZA

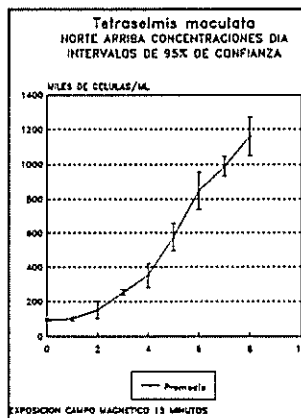
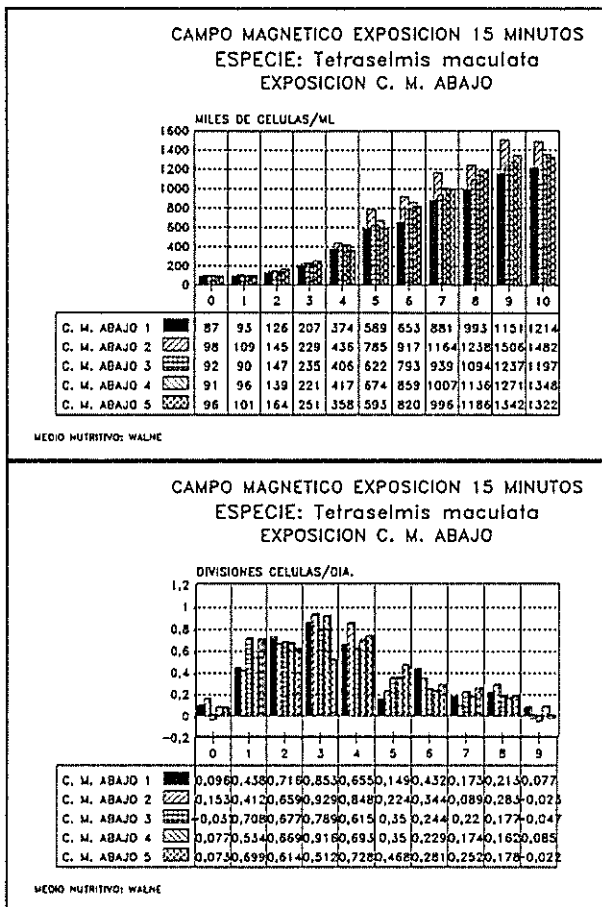


FIGURA # 10

GRAFICO DE DATOS EXP. NORTE ABAJO, DIVISIONES CELULAS DIA E INTERVALOS DE CONFIANZA PARA *Tetraselmis maculata*

GRAF. EXP. NORTE ABAJO



BIBLIOTECA  
FAC. ING.  
MARITIMA

DIVISIONES CEL/DIA

INTERV. DE CONFIANZA

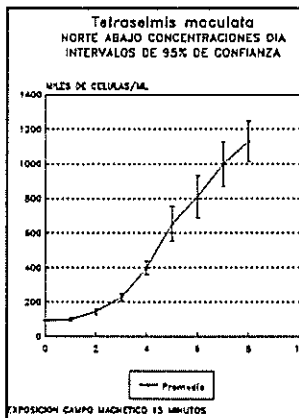
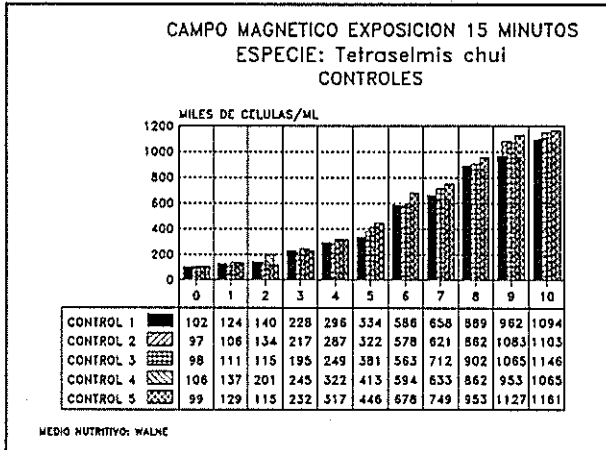


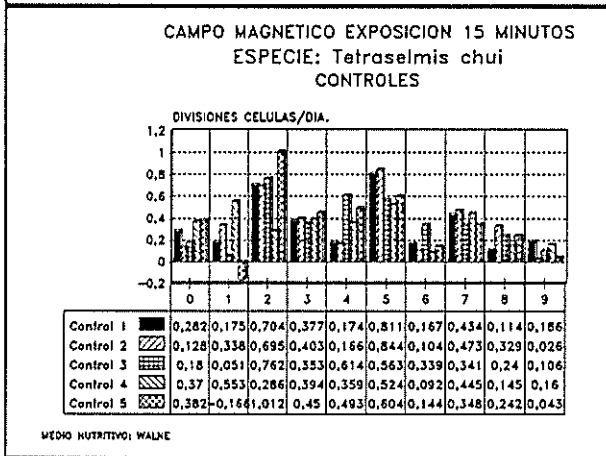
FIGURA # 11

GRAFICO DE CONTROLES, DIVISIONES CELULAS DIA E INTERVALOS DE CONFIANZA PARA *Tetraselmis chui*

GRAFICO DE CONTROLES



DIVISIONES CEL/DIA



INTERV. DE CONFIANZA

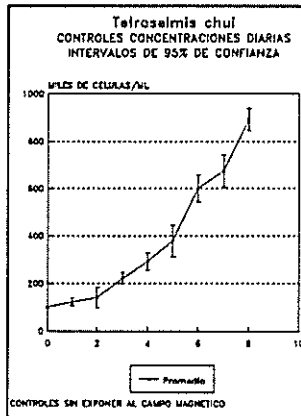
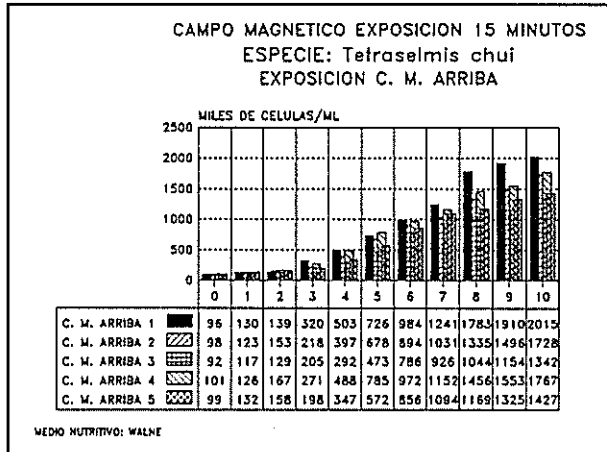




FIGURA # 12

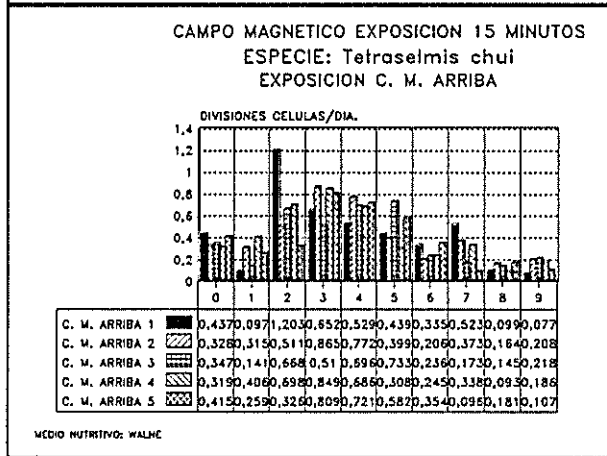
GRAFICO DE DATOS EXP. NORTE ARRIBA, DIVISIONES CELULAS DIA E INTERVALOS DE CONFIANZA PARA *Tetraselmis chui*

GRAF. EXP. NORTE ARRIBA



BIBLIOTECA  
 FAC. ING.  
 MARITIMA

DIVISIONES CEL/DIA



INTERV. DE CONFIANZA

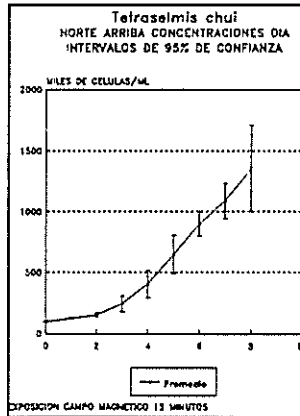
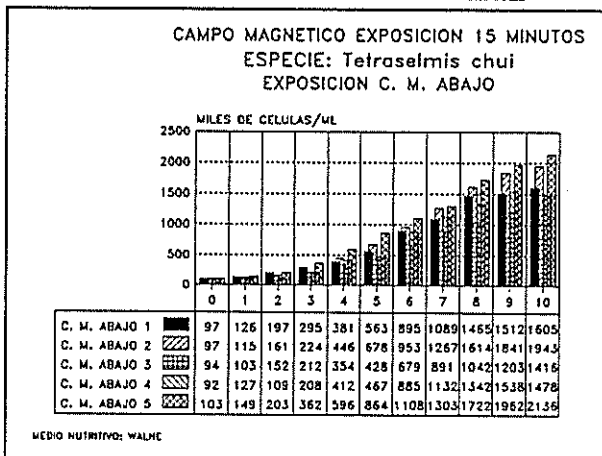
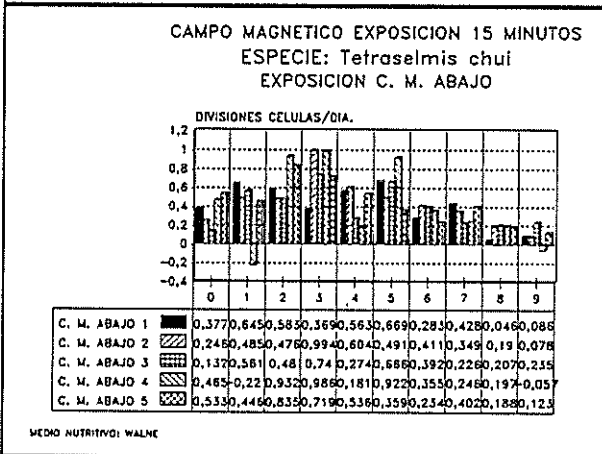


FIGURA # 13  
 GRAFICO DE DATOS EXP. NORTE ABAJO, DIVISIONES CELULAS DIA E INTERVALOS DE CONFIANZA PARA *Tetraselmis chui*

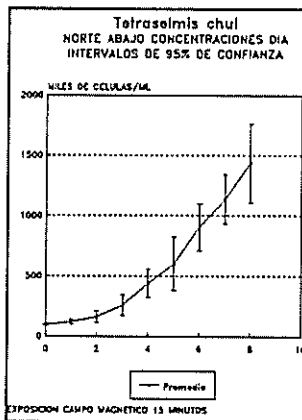
GRAF. EXP. NORTE ABAJO



DIVISIONES CEL/DIA



INTERV. DE CONFIANZA





## CAPITULO IV

### IV.- RESULTADOS Y TABLAS

BIBLIOTECA  
FAC. ING.  
MARITIMA

Los resultados de las relaciones de crecimiento poblacional de los distintos días de cada cultivo frente a los del primer día que se usaron para los cálculos estadísticos, las medias (MEDIA), la desviación estándar (DS) y los intervalos de confianza (INTERV) para todos los contaje de cada día para cada especie y tratamiento se encuentran dados en las tablas # VII, VIII y IX.

Se realizaron además análisis de varianzas de una vía (ver Tablas en el Anexo) para comparar las medias de los datos de conteos muestrales de la relación entre el inicio del cultivo y el crecimiento diario de las poblaciones de los cultivos hasta el octavo día de desarrollo, que se consideró como el último día de crecimiento dentro de la curva logarítmica antes de entrar en la fase de meseta o de estabilización del crecimiento causado por limitantes. Los resultados generales día por día para cada especie se presentan en la tabla # VI, trabajándolos individualmente según la especie.

#### 4.1. Análisis de datos.

Se efectuó el análisis de varianza con los datos de cada

día relacionándolos con los del día de la siembra o de la inoculación algal al medio, este análisis de la relación con el primer día nos sirve también para indicar que no existieron diferencias significativas en los contajes entre ninguno de los recipientes de cada uno de las replicas de los tratamientos de los experimentos para las siembras. Revisar las tablas de ANOVA en el ANEXO: Tablas # XVI, XVII, XVIII, XIX, XX y XXI revisar el primer día de cada uno de los bioensayos.

Los resultados de los intervalos de confianza de las medias de crecimientos de cada día de los contajes de las muestras de las poblaciones algales de cada tratamiento y especie se dan en las Tablas # X, XI, XII, XIII, XIV y XV. En las mismas aparece junto al intervalo de confianza una letra, en este caso la a y la b. Que indican en el caso de la letra a, que no existe diferencia entre las medias de los tratamientos tomando como referencia a la comparación el control, es decir que todas son iguales para un determinado día. En el caso de la letra b, indica que si existieron diferencias entre las medias de los distintos tratamientos con relación al control en ese día.

Estos datos son el resultado de la aplicación de la prueba de Rango Múltiple Student - Newman - Keuls., usada para detectar diferencias entre tratamientos individuales con un nivel de confianza del 95%. Estos datos tambien aparecen en la Tabla # VI.



BIBLIOTECA  
ED. GR.  
MAYAGÜEZ

**TABLA # VI**  
**RESULTADOS GENERALES DE TODOS LOS BIOENSAYOS**

		DÍAS							
TRATAMIENTO	.	1	2	3	4	5	6	7	8
CHAE CONTROL	.	A	A	A	A	A	A	A	A
CHAE ARRIBA	.	A	A	A	A	A	A	A	A
CHAE ABAJO	.	A	A	A	A	A	A	A	A
MACU CONTROL	.	A	A	A	A	A	A	A	A
MACU ARRIBA	.	A	A	A	B	B	B	B	B
MACU ABAJO	.	A	A	A	B	B	B	B	B
CHUI CONTROL	.	A	A	A	A	A	A	A	A
CHUI ARRIBA	.	A	A	A	B	B	B	B	B
CHUI ABAJO	.	A	A	A	B	B	B	B	B

CHAE: *Chaetoceros gracilis*

MACU: *Tetraselmis maculata*

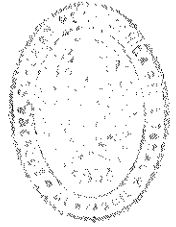
CHUI: *Tetraselmis chui*

ARRIBA: NORTE HACIA ARRIBA

ABAJO: NORTE HACIA ABAJO

- A:** NO EXISTIERON DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DE TRATAMIENTOS TOMANDO COMO COMPARACIÓN EL CONTROL, TODAS LAS 3 IGUALES.
- B:** SI SE DIERON DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DE TRATAMIENTOS, 2 TRATAMIENTOS SIMILARES Y AMBOS DISTINTOS DEL CONTROL.
- C:** SI SE DIERON DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO CON EL CONTROL Y ENTRE LAS EXPOSICIONES, LAS 3 TOTALMENTE DISTINTAS.
- D:** SI SE DIERON DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO, UN TRATAMIENTO SIMILAR AL CONTROL PERO DIFERENTES ENTRE LOS TRATAMIENTOS DE LAS EXPOSICIONES.

FUENTES: TABLAS DE ANOVA Y PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE STUDENT-NEWMAN-KEULS.



**TABLA # VII**  
**RELACIÓN DE CRECIMIENTOS, MEDIAS, D.S. E**  
**INTERVALOS DEL BIOENSAYO UNO PARA**  
*Chaetoceros gracilis*

BIBLIOTECA  
 IAG, INEGI,  
 MEXICO

CONTROLES

DIA	1	2	3	4	5	MEDIA	DS	INTERV
1	0.03	-0.05	0.05	0.05	0.03	0.02	0.04	+/- 0.05
2	0.04	0.04	0.06	0.08	0.08	0.06	0.02	+/- 0.02
3	0.08	0.08	0.08	0.09	0.10	0.09	0.01	+/- 0.01
4	0.08	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.01	+/- 0.01
5	0.09	0.09	0.10	0.09	0.11	0.10	0.01	+/- 0.01
6	0.09	0.08	0.09	0.09	0.10	0.09	0.01	+/- 0.01
7	0.09	0.08	0.10	0.08	0.09	0.09	0.01	+/- 0.01
8	0.08	0.07	0.08	0.08	0.09	0.08	0.01	+/- 0.01

TRATAMIENTO BOBINA NORTE ARRIBA

DIA	1	2	3	4	5	MEDIA	DS	INTERV
1	0.02	-0.05	-0.02	0.01	0.01	-0.01	0.03	+/- 0.04
2	0.03	0.06	0.01	0.03	0.05	0.04	0.02	+/- 0.02
3	0.06	0.09	0.06	0.07	0.11	0.08	0.02	+/- 0.03
4	0.09	0.09	0.08	0.08	0.10	0.09	0.01	+/- 0.01
5	0.10	0.10	0.09	0.08	0.10	0.09	0.01	+/- 0.01
6	0.10	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.01	+/- 0.01
7	0.10	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.01	+/- 0.01
8	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.00	+/- 0.01

TRATAMIENTO BOBINA NORTE ABAJO

DIA	1	2	3	4	5	MEDIA	DS	INTERV
1	-0.01	0.08	-0.02	0.01	0.01	0.01	0.04	+/- 0.05
2	0.05	0.09	0.05	0.04	0.09	0.06	0.02	+/- 0.03
3	0.08	0.10	0.10	0.06	0.09	0.09	0.02	+/- 0.02
4	0.09	0.10	0.10	0.08	0.09	0.09	0.01	+/- 0.01
5	0.09	0.10	0.10	0.08	0.09	0.09	0.01	+/- 0.01
6	0.09	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.01	+/- 0.01
7	0.08	0.09	0.10	0.08	0.08	0.09	0.01	+/- 0.01
8	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.00	+/- 0.01

**TABLA # VIII**  
**RELACIÓN DE CRECIMIENTOS, MEDIAS, D.S. E**  
**INTERVALOS DEL BIOENSAYO DOS PARA**  
*Tetraselmis maculata*

CONTROLES

DIA	1	2	3	4	5	MEDIA	DS	INTERV
1	0.01	0.09	0.02	0.13	0.01	0.05	0.05	+/- 0.07
2	0.08	0.07	0.07	0.17	0.06	0.09	0.05	+/- 0.06
3	0.12	0.15	0.07	0.15	0.11	0.12	0.03	+/- 0.04
4	0.12	0.11	0.10	0.15	0.10	0.12	0.02	+/- 0.03
5	0.13	0.11	0.12	0.14	0.11	0.12	0.01	+/- 0.02
6	0.13	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.01	+/- 0.01
7	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.01	+/- 0.01
8	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.01	+/- 0.01

TRATAMIENTO BOBINA NORTE ARRIBA

DIA	1	2	3	4	5	MEDIA	DS	INTERV
1	-0.01	0.02	0.05	0.05	0.00	0.02	0.03	+/- 0.03
2	0.05	0.09	0.15	0.15	0.03	0.09	0.06	+/- 0.07
3	0.16	0.14	0.13	0.15	0.13	0.14	0.01	+/- 0.02
4	0.14	0.13	0.12	0.16	0.16	0.14	0.02	+/- 0.02
5	0.15	0.14	0.15	0.17	0.16	0.15	0.01	+/- 0.01
6	0.16	0.15	0.17	0.16	0.15	0.16	0.01	+/- 0.01
7	0.15	0.14	0.15	0.15	0.14	0.15	0.01	+/- 0.01
8	0.14	0.13	0.13	0.14	0.13	0.13	0.01	+/- 0.01

TRATAMIENTO BOBINA NORTE ABAJO

DIA	1	2	3	4	5	MEDIA	DS	INTERV
1	0.03	0.05	-0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	+/- 0.03
2	0.08	0.09	0.10	0.09	0.12	0.10	0.02	+/- 0.02
3	0.13	0.12	0.14	0.13	0.14	0.13	0.01	+/- 0.01
4	0.16	0.16	0.16	0.17	0.14	0.16	0.01	+/- 0.01
5	0.17	0.18	0.17	0.17	0.16	0.17	0.01	+/- 0.01
6	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.00	+/- 0.01
7	0.14	0.15	0.14	0.15	0.15	0.15	0.01	+/- 0.01
8	0.13	0.14	0.13	0.14	0.14	0.14	0.01	+/- 0.01



**TABLA # IX**  
**RELACIÓN DE CRECIMIENTOS, MEDIAS, D.S. E**  
**INTERVALOS DEL BIOENSAYO TRES PARA**  
*Tetraselmis chui*



BIBLIOTECA  
 FAC. ING.  
 MARITIMA

CONTROLES

DIA	1	2	3	4	5	MEDIA	DS	INTERV
1	0.08	0.04	0.05	0.11	0.11	0.08	0.03	+/- 0.04
2	0.07	0.07	0.03	0.14	0.03	0.07	0.04	+/- 0.06
3	0.12	0.12	0.10	0.12	0.12	0.12	0.01	+/- 0.01
4	0.12	0.12	0.10	0.12	0.13	0.12	0.01	+/- 0.01
5	0.10	0.10	0.12	0.12	0.13	0.11	0.01	+/- 0.02
6	0.13	0.13	0.13	0.12	0.14	0.13	0.01	+/- 0.01
7	0.12	0.12	0.12	0.11	0.13	0.12	0.01	+/- 0.01
8	0.12	0.12	0.12	0.11	0.12	0.12	0.00	+/- 0.01

TRATAMIENTO BOBINA NORTE ARRIBA

DIA	1	2	3	4	5	MEDIA	DS	INTERV
1	0.13	0.10	0.10	0.10	0.12	0.11	0.01	+/- 0.02
2	0.08	0.10	0.07	0.11	0.10	0.09	0.02	+/- 0.02
3	0.17	0.12	0.12	0.14	0.10	0.13	0.03	+/- 0.03
4	0.18	0.15	0.13	0.17	0.14	0.15	0.02	+/- 0.03
5	0.18	0.17	0.14	0.18	0.15	0.16	0.02	+/- 0.02
6	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.00	+/- 0.01
7	0.16	0.15	0.14	0.15	0.15	0.15	0.01	+/- 0.01
8	0.16	0.14	0.13	0.14	0.13	0.14	0.01	+/- 0.02

TRATAMIENTO BOBINA NORTE ABAJO

DIA	1	2	3	4	5	MEDIA	DS	INTERV
1	0.11	0.07	0.04	0.14	0.16	0.10	0.05	+/- 0.06
2	0.15	0.11	0.10	0.04	0.15	0.11	0.05	+/- 0.06
3	0.16	0.12	0.12	0.12	0.18	0.14	0.03	+/- 0.04
4	0.15	0.17	0.14	0.16	0.19	0.16	0.02	+/- 0.02
5	0.15	0.17	0.13	0.14	0.18	0.15	0.02	+/- 0.03
6	0.16	0.17	0.14	0.16	0.17	0.16	0.01	+/- 0.02
7	0.15	0.16	0.14	0.16	0.16	0.15	0.01	+/- 0.01
8	0.15	0.15	0.13	0.15	0.15	0.15	0.01	+/- 0.01

**TABLA # X**  
**TABLA DE MEDIAS E INTERVALOS DE CONFIANZA**  
**PARA CRECIMIENTOS DE *Chaetoceros gracilis***  
**PARA LOS DÍAS DEL 1 AL 4.**

Los tratamientos con igual subíndice  
 corresponden a medias iguales  $p=0.05$   
 DIA 0 AL 1

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.02 +/-	0.05 a
Norte arriba	-0.01 +/-	0.04 a
Norte abajo	0.01 +/-	0.05 a

DIA 0 AL 2

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.06 +/-	0.02 a
Norte arriba	0.04 +/-	0.02 a
Norte abajo	0.06 +/-	0.03 a

DIA 0 AL 3

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.09 +/-	0.01 a
Norte arriba	0.08 +/-	0.03 a
Norte abajo	0.09 +/-	0.02 a

DIA 0 AL 4

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.09 +/-	0.01 a
Norte arriba	0.09 +/-	0.01 a
Norte abajo	0.09 +/-	0.01 a

**TABLA # XI**  
**TABLA DE MEDIAS E INTERVALOS DE CONFIANZA**  
**PARA CRECIMIENTOS DE *Chaetoceros gracilis***  
**PARA LOS DÍAS DEL 5 AL 8.**

Los tratamientos con igual subíndice  
 corresponden a medias iguales  $p=0.05$   
 DIA 0 AL 5

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.10 +/-	0.01 a
Norte arriba	0.09 +/-	0.01 a
Norte abajo	0.09 +/-	0.01 a

DIA 0 AL 6

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.09 +/-	0.01 a
Norte arriba	0.09 +/-	0.01 a
Norte abajo	0.09 +/-	0.01 a

DIA 0 AL 7

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.09 +/-	0.01 a
Norte arriba	0.09 +/-	0.01 a
Norte abajo	0.09 +/-	0.01 a

DIA 0 AL 8

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.08 +/-	0.01 a
Norte arriba	0.08 +/-	0.01 a
Norte abajo	0.08 +/-	0.01 a



BIBLIOTECA  
 FAC. ING.  
 MARITIMA

**TABLA # XII**  
**TABLA DE MEDIAS E INTERVALOS DE CONFIANZA**  
**PARA CRECIMIENTOS DE *Tetraselmis maculata***  
**PARA LOS DÍAS DEL 1 AL 4.**

Los tratamientos con igual subíndice  
 corresponden a medias iguales  $p=0.05$   
 DIA 0 AL 1

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.05 +/-	0.07 a
Norte arriba	0.02 +/-	0.03 a
Norte abajo	0.02 +/-	0.03 a

DIA 0 AL 2

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.09 +/-	0.06 a
Norte arriba	0.09 +/-	0.07 a
Norte abajo	0.10 +/-	0.02 a

DIA 0 AL 3

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.12 +/-	0.04 a
Norte arriba	0.14 +/-	0.02 a
Norte abajo	0.13 +/-	0.01 a

DIA 0 AL 4

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.12 +/-	0.03 a
Norte arriba	0.14 +/-	0.02 b
Norte abajo	0.16 +/-	0.01 b

**TABLA # XIII**  
**TABLA DE MEDIAS E INTERVALOS DE CONFIANZA**  
**PARA CRECIMIENTOS DE *Tetraselmis maculata***  
**PARA LOS DÍAS DEL 5 AL 8.**

Los tratamientos con igual subíndice  
 corresponden a medias iguales  $p=0.05$   
 DIA 0 AL 5

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.12 +/-	0.02 a
Norte arriba	0.15 +/-	0.01 b
Norte abajo	0.17 +/-	0.01 b

DIA 0 AL 6

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.12 +/-	0.01 a
Norte arriba	0.16 +/-	0.01 b
Norte abajo	0.16 +/-	0.01 b

DIA 0 AL 7

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.12 +/-	0.01 a
Norte arriba	0.15 +/-	0.01 b
Norte abajo	0.15 +/-	0.01 b

DIA 0 AL 8

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.11 +/-	0.01 a
Norte arriba	0.13 +/-	0.01 b
Norte abajo	0.14 +/-	0.01 b



BIBLIOTECA  
 FAC. ING.  
 MARIHIMA

## TABLA # XIV

TABLA DE MEDIAS E INTERVALOS DE CONFIANZA  
 PARA CRECIMIENTOS DE *Tetraselmis chui*  
 PARA LOS DÍAS DEL 1 AL 4.

Los tratamientos con igual subíndice  
 corresponden a medias iguales  $p=0.05$   
 DIA 0 AL 1

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.08 +/-	0.04 a
Norte arriba	0.11 +/-	0.02 a
Norte abajo	0.10 +/-	0.06 a

DIA 0 AL 2

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.07 +/-	0.06 a
Norte arriba	0.09 +/-	0.02 a
Norte abajo	0.11 +/-	0.06 a

DIA 0 AL 3

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.12 +/-	0.01 a
Norte arriba	0.13 +/-	0.03 a
Norte abajo	0.14 +/-	0.04 a

DIA 0 AL 4

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.12 +/-	0.01 a
Norte arriba	0.15 +/-	0.03 b
Norte abajo	0.16 +/-	0.02 b

**TABLA # XV**  
**TABLA DE MEDIAS E INTERVALOS DE CONFIANZA**  
**PARA CRECIMIENTOS DE *Tetraselmis chui***  
**PARA LOS DÍAS DEL 5 AL 8.**

Los tratamientos con igual subíndice  
 corresponden a medias iguales  $p=0.05$   
 DIA 0 AL 5

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.11 +/-	0.02 a
Norte arriba	0.16 +/-	0.02 b
Norte abajo	0.15 +/-	0.03 b

DIA 0 AL 6

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.13 +/-	0.01 a
Norte arriba	0.16 +/-	0.01 b
Norte abajo	0.16 +/-	0.02 b

DIA 0 AL 7

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.12 +/-	0.01 a
Norte arriba	0.15 +/-	0.01 b
Norte abajo	0.15 +/-	0.01 b

DIA 0 AL 8

TRATAMIENTO	MEDIA	INTERVALO
Control	0.12 +/-	0.01 a
Norte arriba	0.14 +/-	0.02 b
Norte abajo	0.15 +/-	0.01 b



BIBLIOTECA  
 FAC. ING.  
 MARITIMA

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al finalizar este trabajo experimental y bajo las condiciones en que se desarrollaron los distintos bioensayos, se concluyó:

- 1.- Para la especie *Chaetoceros gracilis* no existió diferencia entre las medias de crecimiento de los distintos tratamientos, en ninguno de los días desde el día inicial de siembra del cultivo hasta el día octavo, ni tampoco se notó variación de el comportamiento ni variación en la morfología de las células en las observaciones microscópicas realizadas en ninguno de los tratamientos, frente a las condiciones dadas del cultivo en los experimentos.
  
- 2.- Para la especie *Tetraselmis maculata* no existió diferencia entre las medias de crecimiento de los distintos tratamientos, desde el día inicial de siembra del cultivo hasta el día tercero, pero a partir del cuarto día hasta el octavo si existieron diferencias entre las medias de crecimiento en los tratamientos expuestos al campo magnético; tanto con norte hacia arriba como con el norte hacia abajo, frente a los del





control, que no fueron expuestos a ningún campo magnético. Adicionalmente se reportan variaciones en el comportamiento de las células en lo referente a su velocidad de nado, sentido, orientación y dirección; que se apreció en las observaciones al microscopio. No así en cuanto a su morfología apreciable externamente al microscopio, es decir en cuanto a cambios en pigmentaciones, mutaciones, etc..

3.- Para la especie *Tetraselmis chui* no existió diferencia entre las medias de crecimiento de los distintos tratamientos, desde el día inicial de siembra del cultivo hasta el día tercero, pero a partir del cuarto día hasta el octavo si existieron diferencia entre las medias de crecimiento de los tratamientos expuestos al campo magnético tanto con norte hacia arriba como con el norte hacia abajo, al compararlos con los del control, que no fueron expuestos a ningún campo magnético. Siendo estos mayores que los del control.

De igual forma se reportan variaciones en el comportamiento de las células en lo referente a su velocidad de nado, orientación y sentido; que se apreció

en las observaciones al microscopio. No así en cuanto a su morfología apreciable externamente al microscopio, es decir en cuanto a pigmentación, mutaciones, etc..

4.- En lo referente a las diferencias entre los 2 tipos de exposiciones se concluye con la prueba de rango Múltiple Student-Newman-Keuls que no existieron diferencias entre ellas por lo tanto podemos decir que tuvieron un comportamiento similar tanto la exposición al campo magnético con el norte hacia arriba como la del campo con el norte hacia abajo, muy especialmente en los bioensayos con las especies de *Tetraselmis maculata* y *Tetraselmis chui*.

5.- Se notó de igual forma un taxismo en las especies *Tetraselmis maculata* y *Tetraselmis chui*, que se clasifica dentro de el denominado magnetotaxismo, presumiendose la formación de magnetosomas por estas células del hierro captado y presente en los medios de cultivo; gracias al cual las células de estas especies se dirigen y posteriormente se ubican en las líneas de fuerza de el campo magnético generado por la bobina, Fotografías 5 y 6. Este fenómeno se observo por lo

general en los cultivos de flagelados que entraban al cuarto día de crecimiento es decir en franco crecimiento logarítmico de la población; siempre y cuando las muestras se encontrasen expuestas al campo magnético en la obscuridad, puesto que el fototaxismo no permitía observarlo claramente. Este comportamiento no se dio en la especie *Chaetoceros gracilis*.

Este taxismo al consultarlo, no aparece registrado para estas especies en ninguna de las publicaciones científicas que se consultaron. De igual forma se piensa que este taxismo ayudo a que las células que se encontraban en división celular se dividieran más rápidamente, puesto que al observarse al microscopio las células luego de salir del campo magnético se apreció que su nado y trayectoria de nado variaban en gran medida tanto en su velocidad como en su comportamiento que era mucho mas errático de lo que normalmente sucede.

Al concluir el presente trabajo y habiendo presentado los resultados derivados del mismo, considero necesario el brindar las siguientes recomendaciones para posibles futuras experiencias.

- 1.- Seria interesante el confirmar experimental y científicamente similares comportamientos de crecimiento poblacional y de magnetotaxismo para otras especies de microalgas, como son: *Dunnaliella* sp., e *Isocrysis* sp..
- 2.- El confirmar el efecto de el campo magnético sobre los iones del medio de cultivo y su influencia sobre otros factores tales como el potencial de hidrogeniones del mismo al ser expuesto al campo magnético sólo o con inóculo de microalgas.
- 3.- Investigar más a fondo el probable desarrollo de magnetosomas en estas especies y la captación y transformación del hierro del medio en hierro intracelular, como se registra en la literatura citada.
- 4.- Investigar la posibilidad de la aplicación comercial de un sistema de cultivo de crecimiento continuo de algas de volúmenes entre los 0,25 litros a los 30 litros, por considerárselos los más manejables en este caso, en el cual se apliquen exposiciones a campo magnéticos similares a los aplicados en este trabajo.





BIBLIOTECA  
FAC. ING.  
MARITIMA

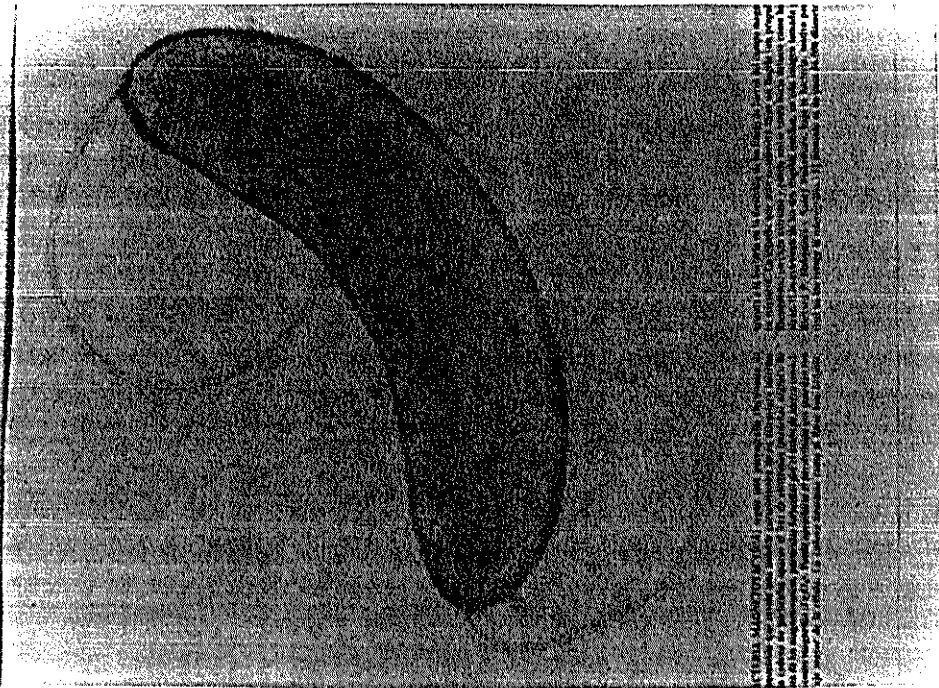
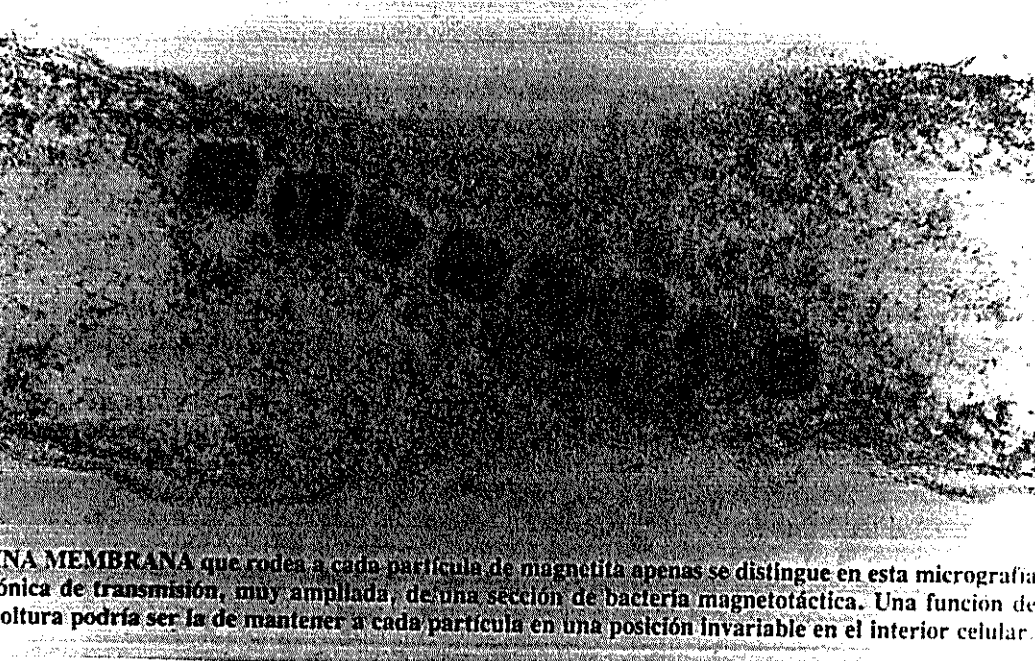


FOTO # 3  
BACTERIA MAGNETOTACTICA



UNA MEMBRANA que rodea a cada partícula de magnetita apenas se distingue en esta micrografía  
ónica de transmisión, muy ampliada, de una sección de bacteria magnetotáctica. Una función de  
cultura podría ser la de mantener a cada partícula en una posición invariable en el interior celular.

FOTO # 4  
PARTICULAS DE MAGNETITA



BIBLIOTECA  
FAC. ING.  
MARITIMA

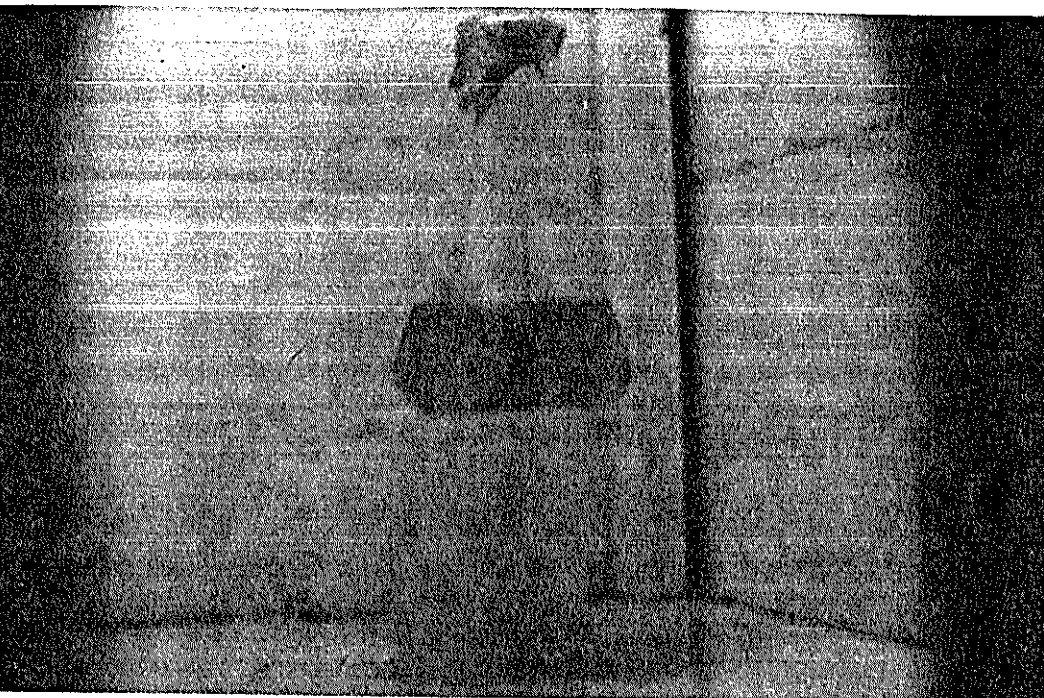


FOTO # 5  
AGRUPAMIENTO DE ALGAS I

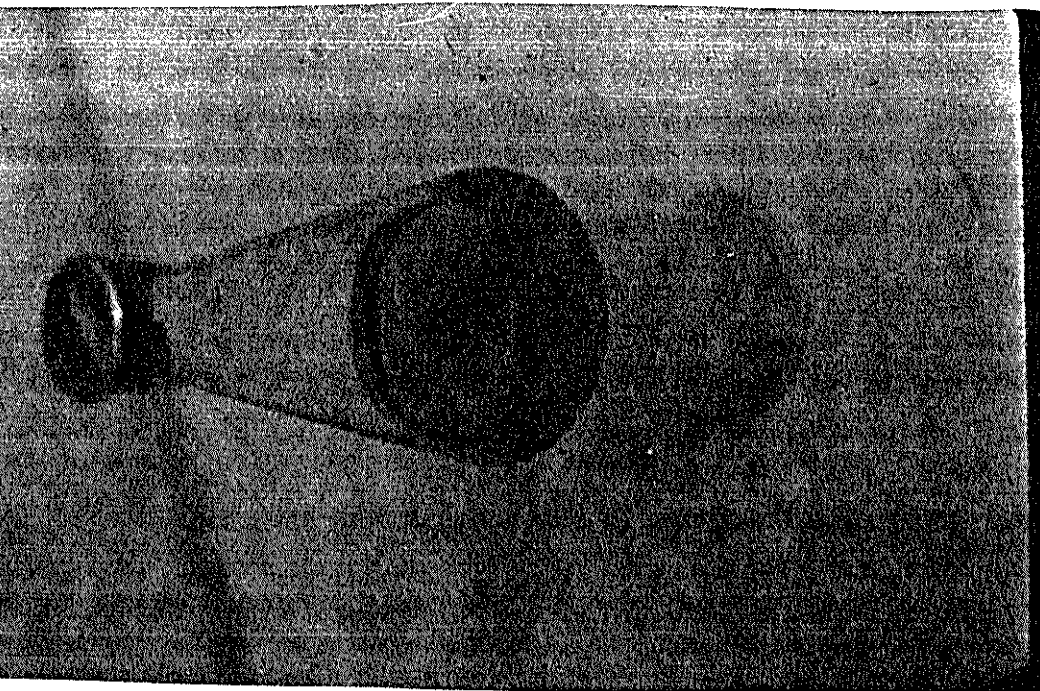


FOTO # 6  
AGRUPAMIENTO DE ALGAS II

ANEXOS



BIBLIOTECA  
FAC. ING.  
MARTINA



**TABLA # XVI**  
**TABLA DE ANOVA BIOENSAYO UNO PARA**  
**LOS DÍAS DEL 1 AL 4**

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 1 PARA Ch. gracilis.

FUENTE	Gds lbtd	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	1.01
ERROR	12	0.02	0.00	
TOTAL	14	0.02		

RESULTADO :NO HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 1 PARA Chaetoceros gracilis.

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 2 PARA Ch. gracilis.

FUENTE	Gds lbtd	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	2.37
ERROR	12	0.01	0.00	
TOTAL	14	0.01		

RESULTADO: NO HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 2 PARA Chaetoceros gracilis.

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 3 PARA Ch. gracilis.

FUENTE	Gds lbtd	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	0.28
ERROR	12	0.00	0.00	
TOTAL	14	0.00		

RESULTADO: NO HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 3 PARA Chaetoceros gracilis.

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 4 PARA Ch. gracilis.

FUENTE	Gds lbtd	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	0.17
ERROR	12	0.00	0.00	
TOTAL	14	0.00		

RESULTADO: NO HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 4 PARA Chaetoceros gracilis.



**TABLA # XVII**  
**TABLA DE ANOVA BIOENSAYO UNO PARA**  
**LOS DIAS DEL 5 AL 8**

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 5 PARA Ch. gracilis.

FUENTE	Gds lbt d	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	0.07
ERROR	12	0.00	0.00	
TOTAL	14	0.00		

RESULTADO: NO HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 5 PARA Chaetoceros gracilis.

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 6 PARA Ch. gracilis.

FUENTE	Gds lbt d	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	0.36
ERROR	12	0.00	0.00	
TOTAL	14	0.00		

RESULTADO: NO HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 6 PARA Chaetoceros gracilis.

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 7 PARA Ch. gracilis.

FUENTE	Gds lbt d	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	0.04
ERROR	12	0.00	0.00	
TOTAL	14	0.00		

RESULTADO: NO HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 7 PARA Chaetoceros gracilis.

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 8 PARA Ch. gracilis.

FUENTE	Gds lbt d	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	0.25
ERROR	12	0.00	0.00	
TOTAL	14	0.00		

RESULTADO: NO HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 8 PARA Chaetoceros gracilis.

**TABLA # XVIII**  
**TABLA DE ANOVA BIOENSAYO DOS PARA**  
**LOS DIAS DEL 1 AL 4**

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 1 PARA T. maculata.

FUENTE	Gds lbtd	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	1.13
ERROR	12	0.02	0.00	
TOTAL	14	0.02		

RESULTADO :NO HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 1 PARA Tetraselmis maculata.

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 2 PARA T. maculata.

FUENTE	Gds lbtd	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	0.02
ERROR	12	0.02	0.00	
TOTAL	14	0.02		

RESULTADO: NO HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 2 PARA Tetraselmis maculata.

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 3 PARA T. maculata.

FUENTE	Gds lbtd	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	1.08
ERROR	12	0.01	0.00	
TOTAL	14	0.01		

RESULTADO: NO HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 3 PARA Tetraselmis maculata.

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 4 PARA T. maculata.

FUENTE	Gds lbtd	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	6.82
ERROR	12	0.00	0.00	
TOTAL	14	0.01		

RESULTADO: SI HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 4 PARA Tetraselmis maculata.

**TABLA # XIX**  
**TABLA DE ANOVA BIOENSAYO DOS PARA**  
**LOS DIAS DEL 5 AL 8**



BIBLIOTECA  
 FAC. ING.  
 MARITIMA

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 5 PARA T. maculata.

FUENTE	Gds lbtd	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.01	0.00	26.43
ERROR	12	0.00	0.00	
TOTAL	14	0.012		

RESULTADO: SI HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 5 PARA *Tetraselmis maculata*.

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 6 PARA T. maculata.

FUENTE	Gds lbtd	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	34.44
ERROR	12	0.00	0.00	
TOTAL	14	0.00		

RESULTADO : SI HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 6 PARA *Tetraselmis maculata*.

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 7 PARA T. maculata.

FUENTE	Gds lbtd	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	59.05
ERROR	12	0.00	0.00	
TOTAL	14	0.00		

RESULTADO: SI HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 7 PARA *Tetraselmis maculata*.

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 8 PARA T. maculata.

FUENTE	Gds lbtd	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	58.22
ERROR	12	0.00	0.00	
TOTAL	14	0.00		

RESULTADO: SI HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 8 PARA *Tetraselmis maculata*.

**TABLA # XX**  
**TABLA DE ANOVA BIOENSAYO TRES PARA**  
**LOS DIAS DEL 1 AL 4**

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 1 PARA T. chui.

FUENTE	Gds lbtd	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	1.03
ERROR	12	0.02	0.00	
TOTAL	14	0.02		

RESULTADO: NO HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 1 PARA Tetraselmis chui.

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 2 PARA T. chui.

FUENTE	Gds lbtd	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	1.52
ERROR	12	0.02	0.00	
TOTAL	14	0.028		

RESULTADO: NO HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 2 PARA Tetraselmis chui.

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 3 PARA T. chui.

FUENTE	Gds lbtd	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	1.25
ERROR	12	0.01	0.00	
TOTAL	14	0.01		

RESULTADO: NO HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 3 PARA Tetraselmis chui.

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 4 PARA T. chui.

FUENTE	Gds lbtd	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.01	0.00	9.36
ERROR	12	0.00	0.00	
TOTAL	14	0.01		

RESULTADO: SI HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 4 PARA Tetraselmis chui.

**TABLA # XXI**  
**TABLA DE ANOVA BIOENSAYO TRES PARA**  
**LOS DIAS DEL 5 AL 8**

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 5 PARA T. chui.

FUENTE	Gds lbtd	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.01	0.00	12.38
ERROR	12	0.00	0.00	
TOTAL	14	0.01		

RESULTADO : SI HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 5 PARA Tetraselmis chui.

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 6 PARA T. chui.

FUENTE	Gds lbtd	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	27.68
ERROR	12	0.00	0.00	
TOTAL	14	0.00		

RESULTADO: SI HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 6 PARA Tetraselmis chui.

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 7 PARA T. chui.

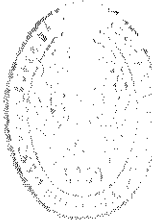
FUENTE	Gds lbtd	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	40.23
ERROR	12	0.00	0.00	
TOTAL	14	0.00		

RESULTADO: SI HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 7 PARA Tetraselmis chui.

T A B L A D E A N O V A DEL DÍA 0 AL 8 PARA T. chui.

FUENTE	Gds lbtd	SC	SMC	F
BOBINA	2	0.00	0.00	15.75
ERROR	12	0.00	0.00	
TOTAL	14	0.00		

RESULTADO: SI HAY DIFERENCIAS ENTRE LAS MEDIAS DE CRECIMIENTO DEL DÍA 0 AL 8 PARA Tetraselmis chui.



BIBLIOTECA  
 FAC. CIG.  
 MARACAIBO

## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS CITADAS Y CONSULTADAS

- 1.- Aceto, H. JR., et al, (1970). Some studies on the Biological Effects of Magnetic Fields.
- 2.- Alexopoulos, C. J., and H. C. Bold, (1967). Algae and Fungi. pp. 368 - 392.
- 3.- Aujero, E. (1982). The hemocitometer for counting Phytoplankton. Report of the training course on growing food organisms for fish hatcheries. SEAFDEC. pp. 100 - 105.
- 4.- Barona G. José. (1980). La electricidad en 20 lecciones.
- 5.- Blakemore R. P. y R. B. Frankel, (1982). Navegación Magnética de las bacterias, Revista Investigación y Ciencia (Scientific American) # 65. pp. 16 - 24.
- 6.- Butcher R. W. (1962). Account of the smaller algae of British Coastal Waters. pp. 61 - 71.
- 7.- Clyde M. Simon (1978). The culture of the diatom *Chaetoceros gracilis* and its use as a food for Penaeid Protozoal larvae.
- 8.- Frei, E. H., (1972). Biomagnetics. Paper presented at the INTERMAG conference, Kyoto, Japan.
- 9.- Fritsch, F. E., (1952). The Structure and Reproduction of the Algae.

- 10.- Griffith, G. W., Murphy Kenslow M. A. and L. A. Roos. (1978). A mass culture method for *Tetraselmis* sp. A promising food for Larval Crustaceans.
- 11.- Guillard, R.R.L. and Ryther, J.H., (1962). Studies on marine planktonic diatoms. 8: 229 - 239.
- 12.- Guillard, R.R.L., (1975). Culture of Phytoplankton for feeding marine invertebrates.
- 13.- Krueger, R.G., N. W. Gillman, J. H. Jr. Coggin, (1973). Introduction to Micro-Biology. pp. 102 - 175.
- 14.- Liboff, R. L. (1985). Theoretical Aspects of Magnetic field interactions with biological Systems.
- 15.- Liboff, R. L., (1985). Biomagnetic hypotheses.
- 16.- Marcillo, F.M., (1992). Manual de Estadística básica y diseño experimental aplicados a la Acuicultura.
- 17.- Monteagudo, J. L., (1986). Cuantificación energética de la interacción magnética débil de ancho espectro con células procarióticas en crecimiento.
- 18.- Monteagudo, J. L., C. Patron y E. Ramírez, (1987). Potenciales eléctricos asociados al crecimiento Bacteriano.
- 19.- Neurath P. W., (1985). Simple theoretical models for Magnetic Interactions with Biological Units.
- 20.- Provasoli L., J. J. A. McLaughlin and M. R. Droop,





- (1956). The development of artificial media for marine algae.
- 21.- Ramírez E., J. L. Monteagudo, et al, (1983). Oviposition and Development of *Drosophila* Modified by Magnetic fields.
- 22.- Rodina A. G., (1972). Methods in aquatic Microbiology. University Park Press, 3: 54 - 93.
- 23.- Schwartz J. L., (1979). Influence of a constant magnetic field on Nervous Tissues.
- 24.- Stanier, R. Y., M. Doudoroff, and E. A. Adelberg. (1970). The Microbiol Word.
- 25.- Stein J. R., (1973). Handbook of Phycological Methods, Culture methods and Growth measurements.
- 26.- Taub F. B., (1968). Algal culture as a source of Feed.
- 27.- Tech E., (1984). Plankton Culture, SEAFDEC TRAINING HANDBOOK. pp. 53 - 63.



MISSISSIPPI  
STATE  
UNIVERSITY  
LIBRARY