



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
POSGRADO EN OCEANOGRAFIA BIOLOGICA

EVALUACION DEL USO DEL ALGA Sargassum muticum
(YENDO, FENSHOLD), COMO FERTILIZANTE EN CHICHARO
Pisum sativum L. VAR. HOME FREEZER

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRO EN CIENCIAS
PRESENTA
BIOL. EUSEBIO BARRETO ESTRADA

Ensenada Baja California, marzo de 1994.

Para mi pequeña gran familia...

Para ti, Marcela, por todo el amor, comprensión y apoyo que siempre me haz brindado; por haber compartido conmigo momentos buenos y malos dándome fuerzas para seguir adelante cuando las fuerzas me han faltado...

Para mis hijos Itzel y Carlos Alberto, que son la razón de mi vida...

Para mi Madre y hermanos, que aunque lejos de Ensenada siempre están en mi corazón ...

Y a mis colegas y amigos a los que agradezco en todo lo que vale sus palabras de aliento ...

A todos ellos dedico este trabajo .

R E S U M E N

Plantas de Sargassum muticum fueron colectadas de la Bahía de Todos Santos y procesadas para obtener extracto alcalino presurizado. Este producto fue empleado en bioensayos de laboratorio e invernadero, para evaluar sus propiedades como fertilizante foliar. Se trabajó con la leguminosa Pisum sativum en las pruebas de germinación de semillas, elongación de epicotilo y de raíz, con el objetivo de detectar los efectos de sustancias estimulantes parecidas a fitohormonas. Como controles se utilizaron diluciones acuosas de 6 Bencil amino-purina y agua destilada.

En invernadero se desarrolló el cultivo de la misma especie hasta la generación de semillas, donde se estimaron los efectos de aplicación del producto algal en el crecimiento de los tallos, floración, prendimiento de vainas, generación de peso seco de semillas y materia orgánica.

El análisis químico realizado al extracto reveló para nitrógeno 30 mg/l, de fósforo se determinaron 196 mg/l y para potasio 375 mg/l.

Fueron encontradas respuestas favorables en la prueba de germinación de semillas, donde la dilución algal 1/1000 y el control 6 bencil amino-purina en dilución 0.5 mg/l, la incrementaron en un 42% más con respecto al control.

En el ensayo de elongación de epicotilo, la dilución algal 1/1000 y la de 5 mg/l de fitohormona incrementaron en 16% más que el control. En la elongación de tejido de raíz, la misma dilución algal y la dosis de 10 mg/l de la fitohormona registraron 11% más que el control. El ANDEVA reveló diferencias significativas al 5% en ambos bioensayos.

En el ensayo de invernadero, la respuesta encontrada respecto al crecimiento de tallos, producción de vainas, peso seco de semillas y materia orgánica total, fue significativamente diferente al 5% en la dilución 1/1000 del extracto algal y cuando las plantas fueron tratadas con diluciones de mayor concentración se observó una relación inversa.

Los resultados de este trabajo sugieren que la factibilidad del extracto de S. muticum como fertilizante foliar está sustentado por la presencia de sustancias estimulantes similares a fitohormonas.

EVALUACION DEL USO DEL ALGA Sargassum muticum (YENDO, FENSHOLD), COMO FERTILIZANTE EN CHICHARO Pisum sativum L.VAR. HOME FREEZER.

TESIS QUE PRESENTA:

BIOL. EUSEBIO BARRETO ESTRADA

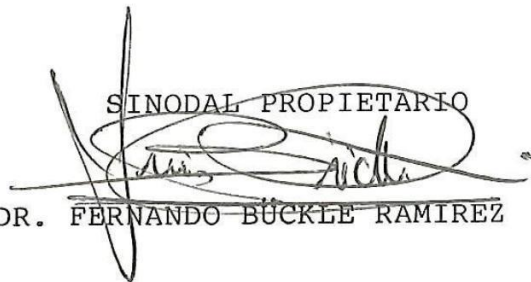
APROBADA POR :

PRESIDENTE DEL JURADO :



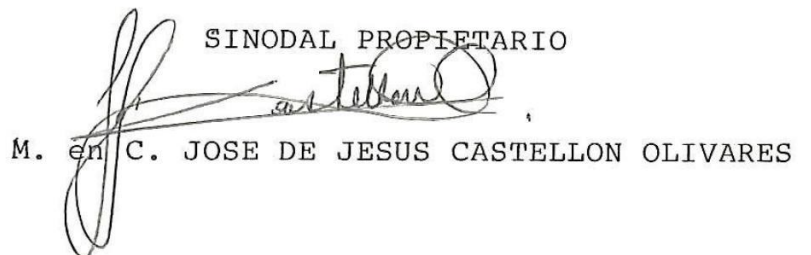
DR. JOSE ANTONIO ZERTUCHE GONZALEZ

SINODAL PROPIETARIO



DR. FERNANDO BUCKLE RAMIREZ

SINODAL PROPIETARIO



M. en C. JOSE DE JESUS CASTELLON OLIVARES

AGRADECIMIENTOS

Quiero hacer patente mi más sincero agradecimiento a la UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA, por todas las facilidades para realizar mis estudios de MAESTRIA.

A las autoridades administrativas de la Facultad de Ciencias, especialmente al M. en C. Faustino Camarena Rosales, M. en C. Irma Rivera Garibaldi y Biol. Elías Torres Balcázar, por todo el apoyo administrativo y moral brindado.

Al Dr. José A. Zertuche González por haber confiado desde el principio en la realización de este tema y que a pesar de los tropiezos sufridos, siempre mostró amplia disponibilidad para asesorar y sugerir lo adecuado para su culminación.

Al Dr. Fernando Bückle Ramírez y al M. en C. José de J. Castellón Olivares, les agradezco en todo lo que vale las sugerencias y correcciones hechas a este escrito.

A los alumnos de la carrera de Biología, así como las laboratoristas que participaron en forma sobresaliente en diversas actividades durante la realización de este trabajo.

a todos ellos

g r a c i a s.

C O N T E N I D O

Tema	Página
Introducción	1
Antecedentes	3
Materiales y métodos	9
Resultados	17
Discusión	22
Conclusión	30
Bibliografía	32
Figuras	37
Diagrama	52
Tablas	53

I N D I C E D E F I G U R A S

- Fig. 1 Esquema de Sargassum muticum
- Fig. 2 Esquema de Pisum sativum
- Fig. 3 Area de colecta de S. muticum.
- Fig. 4 Esquema de la cámara de germinación.
- Fig. 5 Esquema del invernadero utilizado.
- Fig. 6 Gráfica de germinación de semillas con 5 min. de imbibición.
- Fig. 7 Gráfica de germinación de semillas con 10 min. de imbibición.
- Fig. 8 Gráfica de germinación de semillas con 20 min. de imbibición.
- Fig. 9 Gráfica de germinación de semillas con 30 min. de imbibición.
- Fig. 10 Gráfica de valores porcentuales de germinación de semillas de chícharo en diferentes tiempos de imbibición.
- Fig. 11 Gráfica de elongación de segmentos de epicotilo de chícharo.
- Fig. 12 Gráfica de elongación de segmentos de raíz de chícharo.
- Fig. 13 Gráfica de elongación de tallos en ensayo de invernadero.
- Fig. 14 Gráfica de producción de flores y vainas de chícharo cultivados en invernadero.
- Fig. 15 Gráfica de producción de vainas y producción de materia orgánica de plantas de chícharo cultivadas en invernadero.
- Diagrama 1 Diagrama de flujo para la obtención de extracto alcalino presurizado, según el método de Stephenson 1974.

I N D I C E D E T A B L A S

Tabla I	Exito de germinación en diferentes tiempos de imbibición.
Tabla II	Valores porcentuales de germinación en diferentes tiempos de imbibición.
Tabla III	Valores estadísticos del ensayo de elongación de epicotilo de chícharo.
Tabla IV	Valores estadísticos del ensayo de elongación de raíz de chícharo.
Tabla V	Valores de análisis de varianza (ANDEVA), y de la prueba múltiple de medias (SNK) de la longitud de tallos de chícharo.
Tabla VI	Datos estadísticos de las biometrías generales realizadas al cultivo de chícharo en invernadero.

EVALUACION DEL USO DEL ALGA Sargassum muticum (Yendo, Fenshold), COMO FERTILIZANTE EN CHICHARO Pisum sativum L. VAR. HOME FREEZER.

INTRODUCCION:

En México, como en otros países del mundo, las prácticas de fertilización constituyen una herramienta indispensable en la producción agropecuaria y en ello se utilizan diferentes fertilizantes químicos nitrogenados, fosfóricos, potásicos y combinaciones de ellos que contienen en su fórmula macronutrientes, micronutrientes, quelatos, fitohormonas, vitaminas y otros (Rodríguez, 1982).

Algunos fertilizantes que son utilizados para mejorar la fertilidad del suelo son de origen orgánico como el estiércol, compost, abonos verdes y desechos orgánicos que son añadidos a los campos de cultivo. Estos productos tienen ventajas sobre los fertilizantes químicos porque aportan materia orgánica al suelo que modifican en forma favorable las propiedades físicas y químicas del mismo (Russell, 1961).

Las algas marinas representan un importante recurso que no ha sido aprovechado como fertilizante en México, aunque se han usado desde la antigüedad en países de Europa y Asia donde utilizan especies de las feofitas Laminaria, Ascophyllum y Fucus, propias de los mares fríos de altas latitudes (Stephenson, 1974).

De las algas pardas se obtiene un abono complejo que contiene N, P y K, micronutrientes, quelatos, fitohormonas, vitaminas y agentes coloidales que en conjunto llegan a favorecer las condiciones físicas y químicas del suelo (Fryer y Simmons, 1977).

Diferentes especies de macroalgas pardas crecen sobre fondos rocosos de la costa occidental de Baja California en gran abundancia y algunas de ellas generan anualmente muchos miles de toneladas de biomasa que en la mayoría de los casos se recicla al medio sin ser aprovechada por el hombre.

Con base a lo anterior, se plantea la necesidad de desarrollar estudios sobre el aprovechamiento de las feofitas marinas como fertilizantes agrícolas y realizar bioensayos con plantas cultivadas para tener información de los efectos fisiológicos como fertilizante foliar o como estimulante de crecimiento producidos en respuesta a su aplicación.

En el presente estudio se evaluó la utilidad del alga parda Sargassum muticum como fertilizante foliar hortícola sobre un cultivo experimental de chícharo Pisum sativum L. var. Home freezer en condiciones de invernadero.

ANTECEDENTES.

El uso de algas marinas como fertilizante no es nuevo ya que en los registros de la Historia se tiene información de su uso en China, la Grecia Antigua, Noruega, Dinamarca, Escocia, Francia y otros países europeos, donde los agricultores ribereños colectaban las algas que el mar arrojaba sobre las costas a causa de las marejadas. Transportadas a las áreas de cultivo, ahí las esparcían sobre la tierra y dejaban que la intemperización y microorganismos del suelo hicieran su papel de degradación, (Blunden et al., 1968).

Las investigaciones formales para el aprovechamiento de este recurso marino se emprendieron en la década de los años cincuenta con productos obtenidos de las feofitas Ascophyllum nodosum, (L) Le Joy.; Fucus serratus L, F. vesiculosus L.; Laminaria saccharina (L) Lamour.; L. digitata (Huds) Lamour y L. hiperborea (Gunn) Fosl, especies propias de los mares de altas latitudes, (Stephenson, 1974).

De las especies mencionadas se obtiene un abono complejo que contiene macronutrientes, micronutrientes, auxinas, giberelinas, vitaminas, agentes quelantes y otros, necesarios para el buen desarrollo de las plantas cultivadas, pero estos productos deben ser aplicados en forma y cantidades apropiadas para obtener los mejores resultados, (Mowat, 1965; Booth, 1974).

Los extractos algales al ser añadidos al suelo, incrementan la disponibilidad de Mg, Ca y N, así como elementos traza para las plantas cultivadas (Aitken y Senn, 1965) ; funcionan como acondicionadores de las características físicas del suelo (Simpson y Hayes, 1958; Blunden et al., 1978 ; Wildgoose y Blunden, 1974); aumentan en forma significativa el porcentaje de germinación de semillas (Simpson y Hayes, 1958 ; Button y Noyes, 1964 ; Gupta y Lata, 1964 ; Caire et al., 1979) y favorecen el crecimiento en longitud de raíces primarias y secundarias así como de la plúmula en plantas de arroz, (Gupta y Shukla, 1969). La altura de las plantas generadas de semillas tratadas con extractos de feofitas, registraron incremento significativo en altura y peso seco (Caire op cit) y el rendimiento de cosecha en cultivos de papa, (Blunden, 1972). Extractos algales al ser aplicados sobre plantas de tomate, fresa, ciruelos y manzanos, incrementaron su rendimiento de cosecha entre un 40 y 90% (Povolni, 1974 ; Booth, 1974).

Los extractos algales poseen sustancias parecidas a las citoquininas que actúan en los fenómenos de elongación y división celular; retardan la senescencia y activan el transporte de nutrientes (Wildgoose y Blunden, 1974), pero también presentan sustancias inhibitoras del crecimiento de efectos variables como algunos aminoácidos y manitol si se aplican en altas concentraciones (Blunden, 1972; Booth, 1974; Blunden et al., 1978).

Las auxinas, giberelinas y citoquininas de los extractos algales tienen un espectro de acción muy variable según la especie ficológica. Se encuentran en cantidades importantes en productos de reciente elaboración (Williams, 1974), de ahí la importancia de la época de colecta del material, proceso de obtención del producto y tiempo de almacenamiento (Wildgoose et al., 1978).

La presencia de muchas sustancias orgánicas estables al calor son las que dan valor a los extractos algales, (Abetz, 1980; Finnie y Staden, 1985), que aplicados en muy bajas concentraciones son las que propician las mejores respuestas en las plantas cultivadas.

Compuestos fenólicos, laminarina, manitol, fucoidina, alginatos y un amplio espectro de sustancias parecidas a fitohormonas, se encuentran en cantidades considerables en diferentes especies de feofitas, (Blunden et al., 1968; Booth 1969; Augier 1976a; Sanderson et al., 1987 y Blunden 1977).

Sustancias parecidas a ácido indol-acético, ácido giberélico, ácido abscísico y zeatina, han sido identificadas en algunos extractos algales comerciales, (Biddington y Dearman, 1983; Sumera y Cajipe, 1981).

Los alginatos y otras sustancias presentes en extractos obtenidos de feofitas, reducen la tensión superficial y forman una delgada película sobre la superficie de la hoja,

lo que produce mayor superficie de contacto y mejores condiciones para la absorción de nutrientes por esta vía, (Mengel y Kirkby, 1987).

Se ha sugerido que estos compuestos son ingredientes activos parcialmente responsables de las respuestas observadas en las plantas cultivadas. Estas respuestas son muy parecidas cuando las plantas son tratadas con fitohormonas conocidas, (Blunden y Wildgoose, 1974).

La tendencia actual en el estudio de los efectos de los productos algales sobre las plantas cultivadas, se centra en conocer la identidad de esas sustancias de acción parecida a fitohormonas (Crouch et al., 1990; Jeannin et al., 1991 y otros), aunque ya existen algunos reportes para ciertas especies (Augier, 1976a; Mooney y Van Staden, 1987; Featonby y Van Staden 1984). Los mecanismos fisiológicos de como ocurren estos efectos benéficos permanecen aún inexplicados.

De los ensayos realizados en la Escuela Superior de Ciencias de la UABC durante 1986-1987 sobre el aprovechamiento de Macrocystis pyrifera como fertilizante, se obtuvieron resultados alentadores por los efectos producidos sobre el rendimiento de cosecha de cultivos experimentales de tomate Lycopersicum esculentum, berenjena Solanum melongena y chile California Capsicum annum. El producto utilizado en estos ensayos fue el extracto algal obtenido por el

método de hidrólisis alcalina presurizada y aplicado foliarmente sobre los cultivos de prueba, (Barreto y col. no publicado).

De las aguas costeras de Baja California, Aguilar-Rosas et al., 1982, reportaron 29 especies de algas de importancia económica de las que solo se explotan a Gelidium robustum, Gigartina canalicuta y Macrocystis pyrifera, que son procesadas en parte por compañías nacionales y en parte exportadas como materia prima. Otra especie de importancia económica reportada por los autores antes mencionados y que se encuentra en abundancia en las costas de Baja California es Sargassum muticum, (Fig 1) que Pacheco-Ruiz, (1982) la reporta como perenne.

S. muticum es nativa de las Islas de Japón y fue introducida accidentalmente a las Costas de Pacífico de Norteamérica en los años 40's, (Scagel 1956, citado por Aguilar-Rosas et al., 1985). Se ha desplazado hacia el sur y se estima que llegó a las costas de Baja California en 1974 (Nienhuis 1982, citado por Aguilar-Rosas et al., 1985). Las altas temperaturas del agua ha favorecido su crecimiento (Norton 1985, citado por Aguilar-Rosas et al., 1985) y ha pasado a ser una especie permanente de la flora marina, considerándose en la actualidad como una "plaga" de las costas de Baja California.

Por los antecedentes señalados, en este trabajo se abordó el estudio de factibilidad de S. muticum como

fertilizante. Se evaluaron los efectos de aplicación del producto algal obtenido mediante la extracción alcalina presurizada de material colectado en invierno de 1992. A este extracto se le determinó la cantidad de macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio. Se emplearon tres diluciones acuosas (1/10, 1/100 y 1/1000) en ensayos de laboratorio e invernadero. En el laboratorio se desarrollaron bioensayos pareados comparando las diluciones algales con la fitohormona 6 bencil amino-purina, para obtener información sobre los efectos en la germinación de semillas, elongación de epicotilo y raíz de chícharo Pisum sativum L. (Fig.2).

En el invernadero se desarrolló un cultivo de la misma leguminosa al cual se le aplicó extracto de S. muticum en forma de fertilizante foliar y se evaluaron los efectos en la elongación de tallo, floración, producción de vainas, rendimiento de semilla y generación de materia orgánica total.

MATERIALES Y METODOS

En febrero de 1993 fue colectada de la región costera denominada Puerto Packar, ubicada en la parte sur de la Bahía de Todos Santos (Fig.3), material correspondiente a la época de invierno, donde se obtuvieron ejemplares de 4.5 m de altura.

El área que tiene fondo rocoso y está semiprotegida del oleaje, se localiza dentro de las siguientes coordenadas:

31°	40'	y	31°	56'	Lat. Norte
116°	36'	y	116°	50'	Long. Oeste

Las plantas fueron transportadas a la Facultad de Ciencias y en el laboratorio se lavaron por 10 min. con agua corriente de la llave para quitar el exceso de sales. Luego se cortaron en piezas de 2 cm de longitud y se pusieron a secar al sol sobre una malla de 0.5 cm de abertura. El secado definitivo se hizo en una estufa de convección a 60° C hasta lograr alcanzar peso constante. Enseguida fueron molidas, para obtener una harina de tamaño de grano de 2 mm.

Después el material fue guardado en bolsas de papel/plástico para ser utilizado en la obtención del extracto alcalino presurizado, según método de Stephenson (1974) modificado.

EXTRACTO ALCALINO PRESURIZADO

Se utilizó el método de Stephenson (1974), (Diagrama 1) que consiste en colocar en un matraz Erlenmeyer de 1000 ml 20 gr de harina de alga; se añaden 750 ml de agua destilada; se ajusta el pH a 8.5 con una solución de NaOH al 10% y se mete al autoclave por 20 minutos a 15 libras de presión.

Una vez frío, el extracto se decanta y los sedimentos se exprimen en una manta limpia, para obtener la mayor cantidad de líquido. Luego, en un vaso de precipitados de 1000 ml, se propicia la evaporación en un termoplato a 70° C con agitación. La evaporación se continúa hasta alcanzar 150 ml de concentrado.

Una vez frío, se vacía en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, se le agregan 10 gotas de formalina al 10% para prevenir la fermentación y se cubre con papel aluminio para propiciar la obscuridad. El matraz se guarda en refrigeración hasta su uso.

El color final del extracto fue café-oscuro negro y los sólidos totales determinados con un refractómetro fueron de 9.0 grados Brix.

A este extracto se hizo análisis químico de macronutrientes por triplicado. Se utilizó el método tradicional de Microkjeldahl para nitrógeno, Flamometría para potasio y para fósforo el método de Bray-I.

ENSAYOS DE LABORATORIO

Efectos en la germinación de semillas:

Se utilizó semilla certificada de la variedad híbrida Home freezer para evitar variación en el comportamiento general atribuible a efectos de interacción genotipo-ambiente.

Para obtener información de posibles actividades estimulantes de los extractos algales, se desarrollaron ensayos pareados con la fitohormona 6 bencil amino-purina (SIGMA), en la germinación de semillas de chícharo. Se prepararon diluciones acuosas de esta fitohormona que ha sido ampliamente usada en los laboratorios de experimentación como fuente de auxinas, para estimular la elongación de tallo y raíz. Las diluciones fueron 0.5 mg/l, 1.0 mg/l, 2.0 mg/l, 5.0 mg/l y 10.0 mg/l, para utilizarlas como control. Se prepararon también, diluciones acuosas del extracto de S. muticum en las concentraciones 1/10, 1/100 y 1/1000 y como blanco se utilizó agua destilada. En cada una de estas diluciones se pusieron a imbibir 30 semillas de chícharo Pisum sativum durante 5, 10, 20 y 30 minutos en ensayos por separado.

De cada ensayo realizado al término del tiempo establecido, se sacaron las semillas del líquido y el exceso de humedad se eliminó con papel secante. Luego se sembró una semilla por maceta y la ubicación de ésta dentro de la charola fue determinada al azar.

El sustrato empleado en el laboratorio para el ensayo de germinación, fue una mezcla de vermiculita, perlita y arena de río tamizada y lavada con agua de la llave en proporción 1:1:1. Con esta mezcla se llenaron un total de 210 macetas de plástico de 200 ml que fueron depositadas dentro de charolas del mismo material.

Terminada la siembra, cada charola se depositó en el interior de una cámara de germinación (Fig.4) con temperatura interna controlada de 20-22° C. La iluminación se proporcionó con cuatro lámparas fluorescentes de 40 watts con fotoperíodo de 12/12.

La irradianza determinada a ras de las charolas fue de $14.946 \mu\text{E}/\text{m}^2 \text{seg}^{-1}$. Las charolas se ubicaron a 80 cm de la fuente de luz.

A partir del quinto día de siembra aparecieron las primeras plántulas y diariamente se anotaron los números de las semillas germinadas por tratamiento y se repitió esta operación hasta que concluyó la emergencia. El ensayo se repitió tres veces.

Efectos en la elongación de epicotilo y raíz:

Se realizaron otros ensayos para detectar posibles efectos de los extractos algales en la elongación de epicotilo y de raíz de plántulas de chícharo y consistieron en lo siguiente:

En uno de los invernaderos de la Facultad de Ciencias se pusieron a germinar semillas en macetas llenas con sustrato inerte. Cuando las plantas alcanzaron 6 días de edad, de ellas se obtuvieron segmentos de 0.5 cm de la parte apical del tallo (epicotilo) y de 1.0 cm del ápice de la raíz principal.

En cajas de Petri de 10 cm de diámetro, se vaciaron 30 ml de cada una de las diluciones de fitohormonas preparadas, diluciones de extracto algal y agua destilada utilizada como control. En cada caja se depositaron 20 segmentos de epicotilo de 5 mm y se pusieron a incubar en la cámara de germinación en la oscuridad y a temperatura ambiente por 24 h. Después de este lapso se midieron las longitudes desarrolladas por los segmentos en cada dilución. El ensayo se repitió tres veces.

Para el ensayo de elongación de raíz, dentro de cajas Petri se pusieron discos de papel filtro que fueron humedecidos con 4 ml de cada solución de prueba. Sobre cada uno se depositaron 20 segmentos de ápice de raíz de 10 mm. Luego se incubaron en la oscuridad y temperatura ambiente por un período de 48 h. Al finalizar el experimento se midieron las longitudes desarrolladas por los segmentos en cada dilución. El ensayo se repitió tres veces.

En todos los casos, los datos numéricos obtenidos de estos ensayos fueron sometidos a análisis de varianza y la

prueba múltiple de medias (SNK) empleando el paquete estadístico Primer (1988), versión 1.0 .

Ensayo de invernadero:

En un invernadero de estructura de madera, de 5.0 m de largo por 3.0 m de ancho y 2.2 m de alto, cubierto con láminas acanaladas de fibra de vidrio traslúcida (Fig. 5), se desarrolló el ensayo para observar los efectos del extracto algal sobre el crecimiento de las plantas, floración, producción de vainas, rendimiento de semillas y generación de materia orgánica.

Se preparó un sustrato compuesto de vermiculita, perlita y arena de río lavada con agua de la llave, (1:1:1), para llenar 100 macetas de plástico de 3 litros de capacidad. En cada maceta se sembró una semilla de chícharo sin imbibir a 2 cm de profundidad. Posteriormente todas las macetas se colocaron en el interior del invernadero y se les aplicó riego.

Del extracto algal obtenido, se prepararon las mismas diluciones empleadas en el experimento de germinación sumando además dos grupos testigos: uno tratado con fertilizante comercial llamado NUTRAFER, cuya proporción en N P K es de 20-30-10. Al otro testigo no se le aplicó ningún producto y solo se procuraron los riegos necesarios. El extracto algal en las diluciones acuosas 1/10, 1/100 y 1/1000, así como el testigo, fueron aplicadas en forma de fertilizante foliar.

La primera aplicación se hizo cuando las plantas alcanzaron 15 días de edad, repitiéndose a los 30 45 y 60 días. Para cada tratamiento se designaron 20 organismos.

A partir de la primera aplicación de las diluciones, se hicieron mediciones de la longitud del tallo de cada planta por tratamiento, repitiendo lo anterior cada 2 a 3 días.

Para efectuar las mediciones individuales durante el experimento, cada organismo por tratamiento se etiquetó y se le asignó un número de identidad dentro del grupo. Las plantas de prueba que son de guía y de tallos huecos, se levantaron con hilos de algodón para facilitar la aplicación de los productos y realizar las mediciones correspondientes.

A la edad de 50 días, el crecimiento de las mismas dificultó la medición de las guías por lo que se concluyó con esta actividad con 17 fechas en total.

Los datos de crecimiento obtenidos de cada fecha señalada, fueron sometidos a análisis estadístico de ANDEVA una vía y la prueba múltiple de medias (SNK).

Cuando empezó la floración, cada tercer día se cuantificaron las flores que aparecieron en cada tratamiento y se marcaron para evitar contar dos veces la misma flor. Esto se repitió hasta que la floración concluyó en todos los tratamientos.

El número de flores producidas por organismo de cada tratamiento, fué registrado y posteriormente sometido a análisis de varianza.

Las vainas generadas en cada tratamiento se desarrollaron al máximo y una vez maduras se colectaron por separado y se anotó el número total producidas por organismo en cada caso. Estos valores fueron sometidos a análisis estadístico (ANDEVA).

Las semillas producidas por organismo de cada tratamiento fueron deshidratadas en una estufa de convección a 40 C hasta lograr peso constante. Los pesos individuales obtenidos en cada caso fueron sometidos a ANDEVA.

Terminada la producción, se cortaron las plantas a ras de las macetas, se empacaron individualmente y fueron deshidratadas dentro de una estufa de convección a una temperatura de 60 C hasta alcanzar peso constante.

Los valores de peso seco registrados por los organismos de cada tratamiento, también fueron analizados estadísticamente.

RESULTADOS

Determinación de nutrientes:

El análisis químico practicado al extracto obtenido de Sargassum muticum, registró 30 mg/l de nitrógeno, casi indetectable por el método empleado. La estimación de fósforo fue de 196 mg/l y para potasio 375 mg/l.

Efectos en la germinación de semillas:

Se observó un incremento en la eficiencia de la germinación en los tratamientos de baja concentración de fitohormona y extracto algal en 5 y 10 minutos de imbibición con respecto al control y se notó una relación inversa cuando las concentraciones fueron mayores.

De los ensayos realizados en diferentes tiempos de imbibición, se obtuvo que la dilución 1/1000 de extracto algal fue la que logró inducir el mayor número de semillas a la germinación, con un efecto similar a lo observado en los tratamientos de 0.5 mg/l de fitohormona. (Tabla # 1, Fig. 6 y 7). En el ensayo con 10 min de imbibición, al segundo día de iniciada la emergencia ésta se favoreció en un 90% y 86.6% respectivamente, mientras que en el control se registró solamente un 53.3% .

En el resto de los tratamientos el éxito en germinación tuvo tendencia a disminuir conforme las concentraciones de las soluciones de prueba y el tiempo de remojo aumentaron. El control acuoso registró en promedio un 58% menor a lo obtenido en la dosis 1/1000, (Fig. 8 y 9).

Los valores porcentuales promedio de germinación obtenidos de tres ensayos consecutivos en cada tiempo de imbibición, tendieron a disminuir cuando se aumentó la concentración de los productos y el tiempo de remojo (Tabla # 2, Fig. N° 10).

Elongación de epicotilo y raíz:

Se registró una relación inversa en los efectos de las diluciones algales, con relación a la elongación del epicotilo de chícharo. Aquí se observó que la menor dilución (1/1000) fue la que mayor efecto produjo y conforme la concentración se incrementó, las respuestas de los tejidos de prueba fueron menos evidentes. El control acuoso registró en promedio el 84% de lo observado en la dilución algal 1/1000.

En los tratamientos con diluciones de la fitohormona comercial utilizada como control, se observaron respuestas similares a lo antes descrito en las dosis de 5 y 10 mg/l, (Fig. 11).

Los valores promedio de tres bioensayos registrados con los segmentos de cada tratamiento, fueron sometidos a análisis de varianza de una vía, del cual se obtuvieron diferencias significativas al 5 y 1%, (Tabla # 3). El análisis múltiple de medias (SNK) mostró la siguiente relación:

5 mg/l = dil 1/1000 = 10 mg/l > resto de tratamientos

La respuesta de los tejidos de raíz de chícharo mostró una relación inversa igual que la observada al aplicar fitohormona, ya que al aumentar la concentración el crecimiento fue inhibido. También en la dilución 1/1000 se registraron los mayores promedios de elongación y conforme la concentración de las diluciones aumentaron, las respuestas en elongación fueron menores.

De las diluciones ensayadas con fitohormona comercial, las que ejercieron efectos parecidos al anterior fueron las concentraciones 10 mg/l y le siguió en importancia la de 5 mg/l, (Fig. 12).

Los valores obtenidos de los segmentos de todos los tratamientos fueron sometidos a ANDEVA, el cual arrojó diferencias significativas al 5 y 1% (Tabla 4) y el análisis múltiple de medias (SNK) mostró la siguiente relación :

dil. 1/1000 = 10 mg/l = 5 mg/l > resto tratamientos

ENSAYOS DE INVERNADERO

Los efectos de las sustancias estimulantes del extracto algal sobre el crecimiento de los tallos de plantas de chícharo, no fueron fácilmente observables entre los diferentes tratamientos durante las primeras dos semanas de este ensayo. Sin embargo, el análisis estadístico (ANDEVA) practicado a los valores de medición obtenidos, reveló que a partir de la octava fecha, cuando las plantas tuvieron 20

días de edad, se empezaron a manifestar diferencias significativas entre las plantas fertilizadas con el extracto algal en dilución 1/1000 con las del resto de tratamientos. La diferencia se hizo notoria con mayor claridad a la edad de 46 días, (Fig. 13, Tabla 5).

En la generación del número de flores por los organismos de cada tratamiento, se registró el mayor promedio dentro del grupo testigo fertilizado con producto comercial y le siguió en importancia el tratamiento 1/10 de dilución algal, (Fig. 14).

El análisis estadístico practicado a los valores de floración entre los organismos de cada tratamiento, arrojó diferencias significativas entre el testigo fertilizado y el resto de tratamientos al 5 % , (Tabla 6) y el análisis múltiple de medias (SNK), arrojó la siguiente relación:

dil. 4 = 1 > resto de tratamientos

En la relación de prendimiento de vainas, se observó un incremento significativo al 5% en el tratamiento de dilución algal 1/1000 donde el número promedio fue mayor que en el resto de tratamientos, (Fig.14). El análisis múltiple de medias mostró el siguiente resultado:

dil. 3 = 4 > resto de tratamientos

En la producción de peso seco de semilla y biomasa total, los máximos valores fueron registrados entre los organismos fertilizados con dilución algal 1/1000 (Fig.15), y en ambos casos el ANDEVA, practicado a los valores correspondientes, arrojaron diferencias significativas al 5%, (Tabla 6). La prueba múltiple de medias mostró las siguientes relaciones:

Semillas : dil. 3 > resto de tratamientos

Mat. org. : dil. 3 = 1 > resto de tratamientos

DISCUSION

Los valores obtenidos para los nutrientes analizados fueron bajos. Sin embargo, la bondad del uso de los productos algales como fertilizantes parece radicar en su contenido de sustancias estimulantes parecidas a fitohormonas (auxinas, giberelinas y citoquininas), así como lo hicieron notar Mowat (1965) y Booth (1974), Abetz (1980), Finnie y Staden (1985).

Los efectos benéficos de estas sustancias se hicieron patentes en los ensayos realizados en este trabajo en la germinación de semillas, como promotores de crecimiento, en la elongación de epicotilo y raíz de las plantas de prueba, en el crecimiento de tallos, generación de vainas, así como en el peso seco de semillas y de materia orgánica total, tal como se discute más adelante.

El letargo y la germinación de semillas están controlados por el balance entre sustancias inhibidoras y promotoras Pillay, (1966). En condiciones de una actividad metabólica baja, predominan las sustancias inhibitorias. Si las semillas son puestas en soluciones de ácido giberélico, se interrumpe el estado de reposo y la germinación ocurre, Yeou-Der et al., (1968). Las giberelinas o sustancias parecidas, son las que incrementan la actividad metabólica y enzimática, Weaver (1978).

En la detección de sustancias promotoras de germinación de semillas, parece ser que el extracto posee una sustancia parecida al ácido 6 bencil amino-purina o ácido gibbélico por los efectos similares observados en los ensayos pareados. Los efectos más notables se observaron en la dilución 0.5 mg/l de la fitohormona de prueba y la dilución algal 1/1000 por lo menos en tres de los ensayos realizados en diferentes tiempos de imbibición, (Figs. 6 y 7).

Las respuestas positivas de las plantas se obtuvieron en bajas concentraciones, lo cual concuerda con lo reportado por Abetz (1980) y Finnie y Staden (1985), que encontraron que cuando semillas de lechuga y coliflor fueron tratadas con soluciones de baja concentración de fitohormona, obtuvieron los mejores resultados. Por otro lado, cuando el material de prueba se sometió a concentraciones mayores, se obtuvieron respuestas inhibitorias de acuerdo a lo reportado por varios autores como Blunden, 1972; Booth, 1974 y Blunden *et al.*, 1978, que sugirieron que los extractos algales poseen sustancias inhibitorias como algunos aminoácidos y manitol, que ejercen esa acción cuando son aplicados en altas concentraciones, (Figs. 8 y 9).

Por lo antes observado, se obtuvo una relación estrecha entre la dilución algal 1/1000 con la dilución de la fitohormona 0.5 mg/l. Otra condición importante es el tiempo de imbibición que parece ser crítico para lograr el

éxito en la germinación ya que al aumentar la concentración de las diluciones de prueba y el tiempo de remojo, disminuye el éxito esperado.

El empleo de extracto de S. muticum en concentración 1/1000 mostró un comportamiento similar a las diluciones de fitohormona en los diferentes ensayos realizados. Aumentó el éxito en la germinación entre un 10 y 43%, en relación a lo registrado con el control empleado de agua destilada. Lo que aquí se obtuvo concuerda con lo reportado por varios autores, entre otros Simpson y Hayes (1958); Aitken y Senn (1965), Button y Noyes (1964); Gupta y Lata (1964), Senn y Skelton (1969) y Caire et al., (1979) en el sentido de que el uso de estos productos algales en las dosis adecuadas, aumentan el éxito de germinación de semillas, (Fig. 10).

El ensayo de elongación de epicotilo demostró que el producto algal empleado contiene sustancias estimulantes parecidas a citoquininas, que favorecen la elongación y división celular. Lo obtenido en esta parte experimental concuerda con lo reportado por Mowat (1965), Challen y Hemingway (1966), Stephenson (1974), Booth (1974), Wildgoose et al., (1978) y Caire et al., (1979). La dilución algal que mejor respondió a la elongación fue la 1/1000, con una respuesta parecida a lo que arrojó la de 5 mg/l de ácido 6 bencil amino-purina, (Fig. 11).

Wightman et al., (1980), Stenlid (1982) y Biddington y Dearman (1983), reportaron que las citoquininas son fuer-

tes inhibitoras del crecimiento de raíces principal y secundarias. Finnie y Staden (1985), encontraron que la aplicación de productos algales en bajas diluciones (1/400 - 1/600), favorecieron el crecimiento óptimo de raíces de plantas de tomate. Probaron las fitohormonas ácido indol acético (AIA), ác. giberélico (GA3) y ác. absicico (ABA). Observaron que no estimularon el crecimiento de raíces, por lo que sugirieron que estos compuestos están ausentes en los extractos algales.

Otra fitohormona conocida como ZEATINA empleada en altas concentraciones, también inhibe el crecimiento de las raíces, pero a bajas concentraciones ofrece respuestas favorables similares a la de los extractos algales.

Por el resultado del ensayo de elongación de raíz de chícharo obtenido en este trabajo, se desprende que el extracto de S. muticum pudiera contener más de una sustancia activa parecida a la zeatina (Biddington y Dearman, 1983) y la respuesta del tejido de prueba depende de la concentración y naturaleza de la sustancia activa, que puede ser benéfica o inhibitoria, (Fig.12).

El ensayo de elongación de epicotilo resultó ser más sensible que el de elongación de raíz, ya que en éste último los resultados fueron menos evidentes, aunque el análisis estadístico señaló diferencias significativas en ambos al 5 % y 1% .

Los resultados obtenidos en el invernadero sobre el crecimiento de los tallos de plantas de chícharo, fueron un reflejo de lo registrado en el ensayo de elongación de epicotilo. Bajo las condiciones semicontroladas en que se desarrolló el cultivo, se pudo apreciar el efecto de aplicación del extracto en la dilución 1/1000 en la elongación celular tal como lo reportaron Gupta y Shukla (1969), Blunden et al., (1968), Augier y Maudinas (1972), Povolni (1974), Blunden y Wildgoose (1974) y Caire et al., (1979) entre otros.

El extracto alcalino presurizado tiene diferentes sustancias activas parecidas a fitohormonas del tipo de las auxinas, (Wildgoose y Blunden, 1974; Wildgoose et al., 1978).

Sumera y Cajipe (1981) analizaron las sustancias activas de Sargassum polycystum y ninguna de ellas reveló coloración igual a las fitohormonas conocidas derivadas de compuestos indólicos.

Los bioensayos realizados con ese extracto arrojó resultados positivos en la elongación del coleóptilo de avena, por lo que estos autores concluyeron que la mayoría de los extractos algales poseen varias auxinas que no son de naturaleza indólica, las cuales tienen un comportamiento parecido a los indoles por reaccionar positivamente a los reactivos de van Urk, Salkoswki o Erlich.

En relación a los efectos de los extractos algales sobre la floración, las sustancias estimulantes no ejercieron efectos notorios en ningún tratamiento algal, ya que el grupo testigo fertilizado promedió el valor mayor.

Zotochkina y Mill (1964) escribieron que sustancias del tipo giberelinas (como las que se cree posee el extracto de S. muticum), tienen poco efecto en la floración, pero estimulan el desarrollo de frutos, (Fig. 14).

Los productos algales han mostrado que favorecen el crecimiento y producción de cosecha de varios cultivos, (Caire et al., 1979; Blunden 1972; Povolni 1974; Booth 1974). En la aplicación de estos productos, es mayor su beneficio si se hace durante la fase vegetativa del cultivo, (Jeanning et al., 1991).

Las hojas son capaces de absorber nutrientes en cantidades muy bajas (Franke, 1967) en relación a la demanda normal de macronutrientes que son necesarios en grandes cantidades, (Aitken y Senn, 1965). Los extractos algales que son aplicados en bajas concentraciones, se supone que poseen uno o más compuestos orgánicos de acción benéfica por los resultados observados en los cultivos, (Abetz, 1980).

La mayoría de los cultivos basan su éxito económico del porcentaje de flores que llegan a fructificar y en este trabajo se obtuvo que las plantas tratadas con extracto de S.

muticum en baja concentración, fueron las que produjeron el mayor número de vainas. Se observó en este cultivo que la dilución 1/1000 produjo menor número de flores que el testigo fertilizado pero en proporción generó más vainas, (Fig. 14).

Los efectos benéficos de los extractos algales en el rendimiento de cosecha de diferentes cultivos han sido reportados por diferentes autores como Polvoni (1974), Senn y Skelton (1969), Blunden (1972), Booth (1974) y Stephenson (1974). Lo observado en este trabajo concuerda con lo reportado por esos investigadores porque fue uno de los tratamientos con extracto algal el que arrojó el mayor peso promedio de cosecha expresado en peso seco de semillas. En la figura 15 donde se presenta graficado el rendimiento de cosecha promedio por organismo, sobresale lo registrado por el tratamiento 1/1000 y el análisis estadístico señaló diferencias significativas al 5 % .

Existen evidencias de que la disponibilidad de nutrientes y movimiento de ellos dentro de las plantas, ocurre bajo control hormonal (Glass, 1989). Eso apoya los reportes que indican que compuestos de este tipo están presentes en los extractos algales y que son responsables del mejoramiento en el crecimiento y generación de materia orgánica de las plantas cultivadas, aunque los mecanismos fisiológicos de cómo ocurren estos efectos benéficos de los extractos algales, permanecen aún inexplicados Crouch et al., 1990.

Lo reportado por Povolni (1974) y Caire et al., (1979), sobre los efectos de los productos algales en la generación de materia orgánica concuerda con lo registrado en este ensayo, ya que fue un tratamiento algal el que produjo el mayor peso promedio de materia orgánica, tal como se comprobó estadísticamente, (Fig. 15).

Featonby y Staden (1984) encontraron cambios cualitativos y cuantitativos de las citoquininas presentes en el extracto de Ecklonia maxima estrechamente relacionados con cambios estacionales y Mooney y Staden (1984) reportaron cambios fisiológicos endógenos en la liberación de gametos y altos niveles de citoquininas en Sargassum heterophyllum bajo un período de ciclo lunar y en diferentes partes del talo. Por lo señalado por estos autores, si se pretendiera utilizar a S. muticum u otra especie de las costas de Baja California para ser utilizada como fertilizante, se recomienda realizar estudios que den información de esas variaciones para hacer un aprovechamiento óptimo del recurso ficológico.

Si bien varios autores han reportado que S. muticum es una especie invasora y agresiva contra la flora local de importancia económica en diferentes costas del mundo ya que compite por el sustrato, lo obtenido de este estudio plantea una alternativa de control y aprovechamiento.

CONCLUSIONES

De los diferentes bioensayos realizados donde se probaron los efectos del extracto alcalino presurizado obtenido de S. muticum, se registraron efectos notables atribuibles a la acción de sustancias estimulantes parecidas a fitohormonas.

Los efectos específicos del producto algal se manifestaron como inductores de la velocidad de germinación de semillas, promotores de crecimiento de raíz y epicotilo de las plantas de prueba, crecimiento de tallos, por ciento de prendimiento de vainas, generación de peso seco de semillas y materia orgánica total.

Los resultados de este trabajo indican el valor potencial del extracto de S. muticum para ser empleado como sustancia estimulante cuya acción es similar a las fitohormonas, ya que los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio son bajos.

Apoyándonos en los resultados de este trabajo se concluye que S. muticum es una especie factible para ser aprovechada como fuente de sustancias activas que pueden mejorar la eficiencia biológica de cultivos en invernadero y que es factible la obtención del extracto por hidrólisis alcalina presurizada.

La importancia de estos resultados radica en que S. muticum ofrece una alternativa viable para la agricultura orgánica, ya que en la actualidad la utilización indiscriminada de agroquímicos ocasiona altos niveles de contaminación, degradación de los recursos naturales y fuertes problemas para la salud pública por los efectos cancerígenos producidos.

BIBLIOGRAFIA

Abetz, P. 1980. Seaweed extracts: Have they a place in Australian agriculture or horticulture? Jour. Australian Institute of Agricultural Science. 23-28.

Aguilar-Rosas L.E., R.Aguilar-Rosas, I.Pacheco-Ruiz, E.Borquez-Garcés, M.A.Aguilar-Rosas, E.Urbieta-González. 1982. Algas de importancia económica en la región noroccidental de Baja California, México. Ciencias Marinas, 8:49-63.

Aguilar-Rosas R., L.E.Aguilar-Rosas. 1985. Sargassum muticum (Yendo) Fenshold (Fucales, Phaeophyta) en las costas de Baja California, México. Ciencias Marinas. 11(3): 127-129.

Aitken, J.B. and T.L.Senn. 1965. Seaweed products as a fertilizer and conditioner for horticultural crops. Botanica Marina 8:144-148.

Augier, H. 1976a. Les hormones des algues. Etat actual des connaissances. II. Recherche et tentative d'identification des auxines. Botanica Marina. 19: 127-143.

Augier, H. and B. Maudinas. 1972. Seaweeds extract as a fertilizer. C.R. Acad.Sci. Paris, Serie D, 274; 1810.

Biddington, N.L. and A.S. Dearman. 1982/1983. The involvement of lateral root emergence in lettuce seedling. Plant Growth Regul. 1:183-193.

Blunden G., S.B.Challen and D.L.Woods. 1968. Seaweed extracts as a fertilizer. J.Sci.Fd.Agr. 19 :289-293.

Blunden G., 1972. The effects of aqueous seaweed extracts as a fertilizer additive. Proc. Int. Seaweed Symp. 5:584-589.

Blunden, G. and P. B. Wildgoose, 1974. The effects of aqueous seaweed extract on sugar beet. Proc. Int. Seaweed Symp. VIII.

Blunden, G. 1977. Cytokinin activity of seaweed extracts. In: Marine natural products chemistry. Plenum Press. New York. 337-344.

Blunden G., E.M.Jones and H.Passam. 1978. Effects of postharvest treatment of fruit and vegetables with cytokinin seaweed extracts and kinetin solution. *Botanica Marina*. 21:235-240.

Booth, E. 1969. The manufacture and properties of liquid seaweed extracts. *Proc. International Seaweed Symp.* VI. 661-666.

Booth E. 1974. Some factors affecting seaweed fertilizer. *Proc.Int.Seaweed Symp.* 8:661-672.

Button E.F. and C.F.Noyes. 1964. Effect of a seaweed extract up on emergence and survival seedlings of creeping red fescue. *Agron.Jour.* 56:244-245.

Caire Z.G., C.Z.Mule., S.Doallo., D.R.Halperin., L. Halperin. 1979. Acción de extractos algales acuosos y efectos etereos de Nostoc muscorum Ag. I: Efectos sobre plántulas de mijo (Panicum miliaceum L.) mediante el tratamiento de sus semillas. *Bol.Soc. Arg. Bot.* 17(3-4) :289-300.

Challen S.B. and J.C. Hemingway. 1966. Growth of higher plants in response to feeding with Seaweed Extracts. *Proc.Int.Seaweed Symp.* 5:359-367.

Crouch, I.J., R.P.Beckett and J. van Staden. 1990. Effect of seaweed concentrate on the growth and mineral nutrition of nutrient stressed lettuce. *Jour. Applied Phycol.* 2:269-272.

Featonby, B.C. and J. van Staden. 1984. Identification and seasonal variation of endogenous cytokinins in Ecklonia maxima. *Botanica Marina* 26: 527-531.

Finnie, J.F. and J. Van Staden. 1985. Effect of seaweed concentrate and applied hormones on in vitro cultured tomato roots. *Jour. Plant. Physiol.* Vol 120: 215-222.

Franke, W. 1967. Mechanisms of foliar penetration of solutions. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 18: 281-300.

Fryer L. and D.Simmons. 1977. Food power from the sea. The seaweed story. Ed.Mason and Charter. N.Y. 211 pp.

Glass, A.D.M. 1989. Plant nutrition. An introduction to current concepts. Jones and Bartlett Eds. Boston. 234 pp.

Gupta A.B. and K.Lata . 1964. Effect of algal growth hormones on the germination of paddy seeds. Hydrobiology. 24:430-433.

Gupta A.B. and A.C. Shukla . 1969. Effect of algal extracts of Phormidium species on growth and development of rice seedling. Hydrobiologia. 34:77-84 .

Jeannin, I., J.C. Lescure and J.F. Morot-Gaudry. 1991. The effects of aqueous seaweed spray on the growth of maize. Botanica Marina 34: 469-473.

Mengel, K. and E.A.Kirkby. 1987. Fertilizer application. Principles of plant nutrition. 4a edition. International Potash Institute. Bern. Switzerland. 328-329.

Mooney, P.A. and J. van Staden. 1987. Tentative identification of cytokinins in Sargassum heterophyllum (Phaeophyceae). Botanica Marina. 30: 323-325.

Mowat J.A. 1965. A survey of results on the occurrence of auxins and gibberellins in algae. Botanica Marina, 8: 149-155.

Pacheco-Ruiz I. 1982. Algas pardas (Phaeophyta) de la costa del Pacífico de Baja California, de Bahía Todos Santos a la Frontera de Estados Unidos. Ciencias Marinas 8(1) 64-77.

Pillay, D.T.N. 1966. Growth substances in developing Mazzard cherry seeds. Canadian Jour. Bot. 44:507-512.

Povolni M. 1974. The effect of the steeping of peat-celulose flowerpot in extracts seaweed on the quality of tomato seedling. Proc.Int.Seaweed Symp. 8:730-733.

Primer. 1988, Versión 1.0., Mc Graw-Hill Ed.

Rodríguez S.F. 1982. Fertilizantes. Nutrición vegetal. Ed. AGT México D.F. 157 pp.

Russell W. 1961. Soil conditioners and plant growth. Longmans Ed. USA. Cap.19 :240-263.

Sanderson, K.J., P.E. Jameson and J.A. Zabkiewicz. 1987. Auxin in a seaweed extract: identification and quantitation of indole 3-acetic acid by gas chromatograph-mass spectrometry. *Jour. Plant. Physiol.* 129: 363-367.

Senn T.L. and J.Skelton. 1969. The effect of Norwegian seaweed on metabolic activity of certain plants. *Proc.Int.Seaweed Symp.* 6:723-730.

Simpson K. and S.F.Hayes. 1958. The effect of soil conditioners on plant growth and soil structure. *J.Sci.Food Agric.* 9:163-170.

Stephenson J.W. 1974. The effect of a extract seaweed on the yield of a variety of field and glasshouse crops. *Proc.Int. Seaweed Symp.* 8:740-744.

Stenlid, G. 1982. Cytoquinins as inhibitors of root growth. *Physiol. Plant.* 56: 500-506.

Sumera, F.C. and G.J.B. Cajipe. 1981. Extraction and partial characterization of auxin-like substances from Sargassum polycystum. *Botanica Marina.* XXIV : 157-163.

Weaver, J.R. 1989. *Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura.* Ed.Trillas. Mex. D.F. 621 pp.

Wightman, F., E.A. Schneider and K.V. Thimann. 1980. Hormonal factors controlling the initiation and development of lateral roots. II. Effects of exogenous growth factors on lateral root formation in pea roots. *Physiol. Plant* 49: 304-314.

Wildgoose P.B. and G. Blunden. 1974. Effects of maerl in agriculture. *Proc.Int.Seaweed Symp.* 8:754-763.

Wildgoose P.B., G.Blunden and K.Jewers. 1978. Seasonal variations in gibberellin activity of some species of Fucaceae and Laminariaceae. *Botanica Marina* 21:63-65.

Williams D.C. 1974. Plant growth regulatory substances in commercial seaweed extracts. *Proc.Int.Seaweed Symp.* 8:760-763.

Yeou-Der, K., R.J. Weaver y R.M. Pool. 1968. Effect of low temperature and growth regulators on germination of seeds of "Tokay" grapes. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 92:323-330.

Zotochkina T.V. and H.H. Mill. 1964. The role of phytohormones. Proc. Soc. Hort. Sci. 85,134.

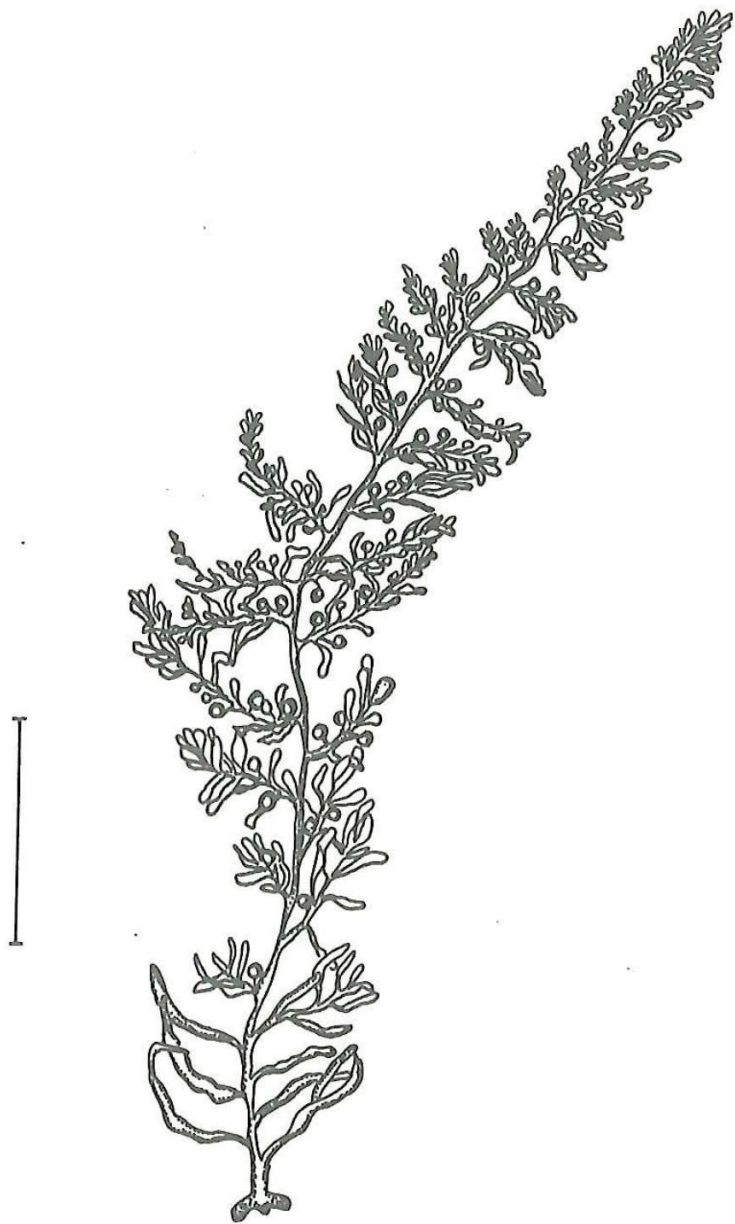


Fig. 1 *Sargassum muticum*, escala: 10 cm

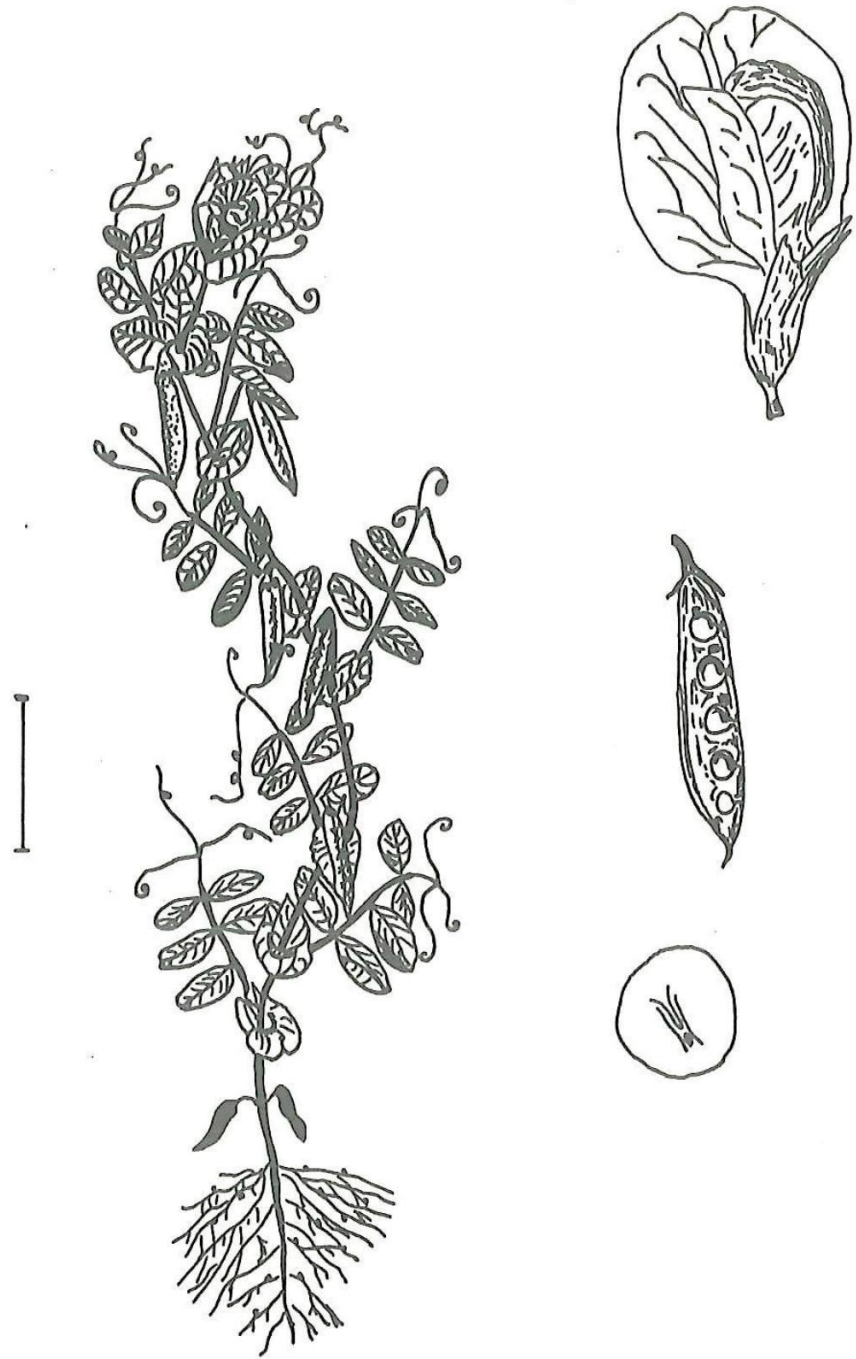


Fig. 2 Pisum sativum, escala : 20 cm .

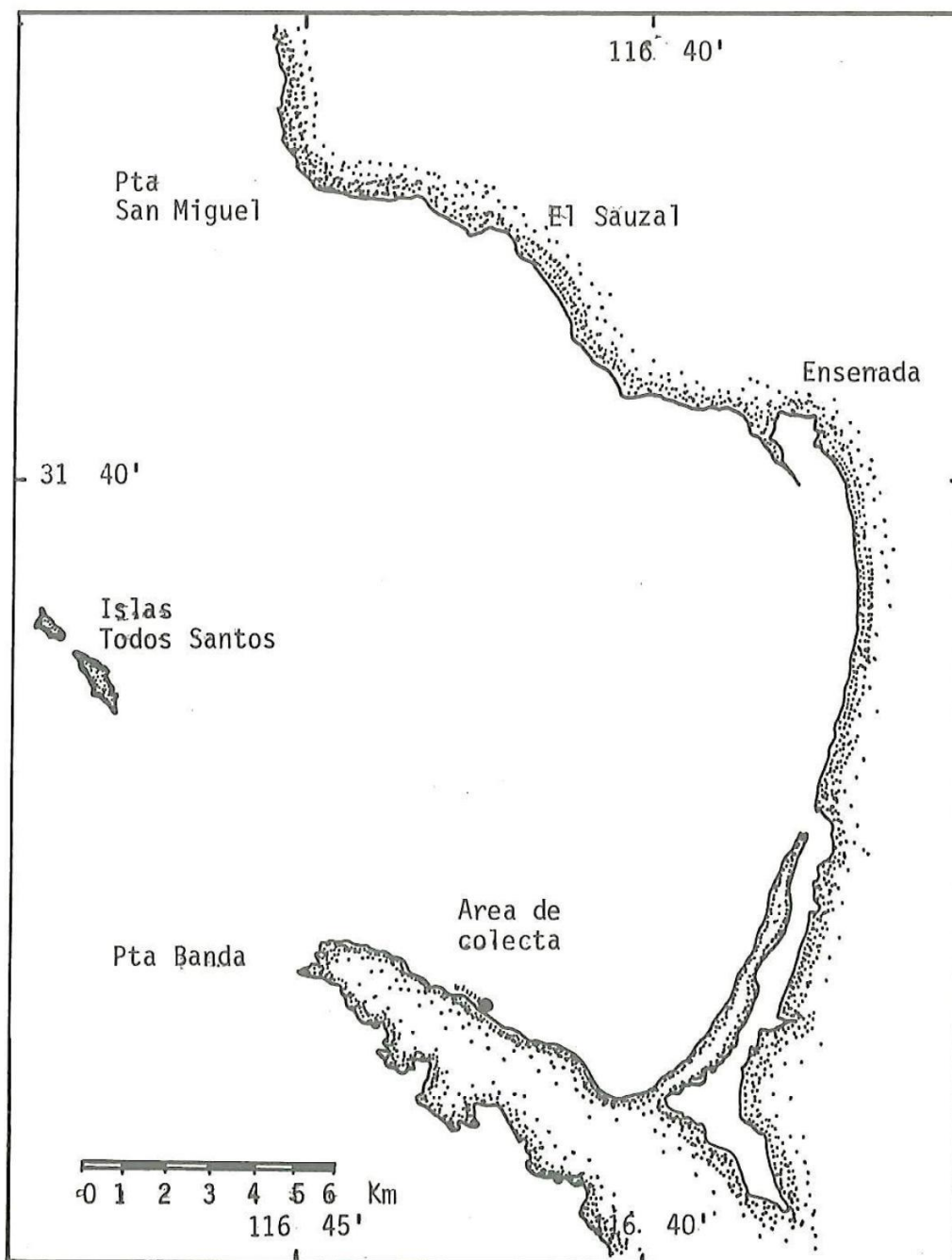


Fig. 3 Localización del área de colecta de *Sargassum muticum*

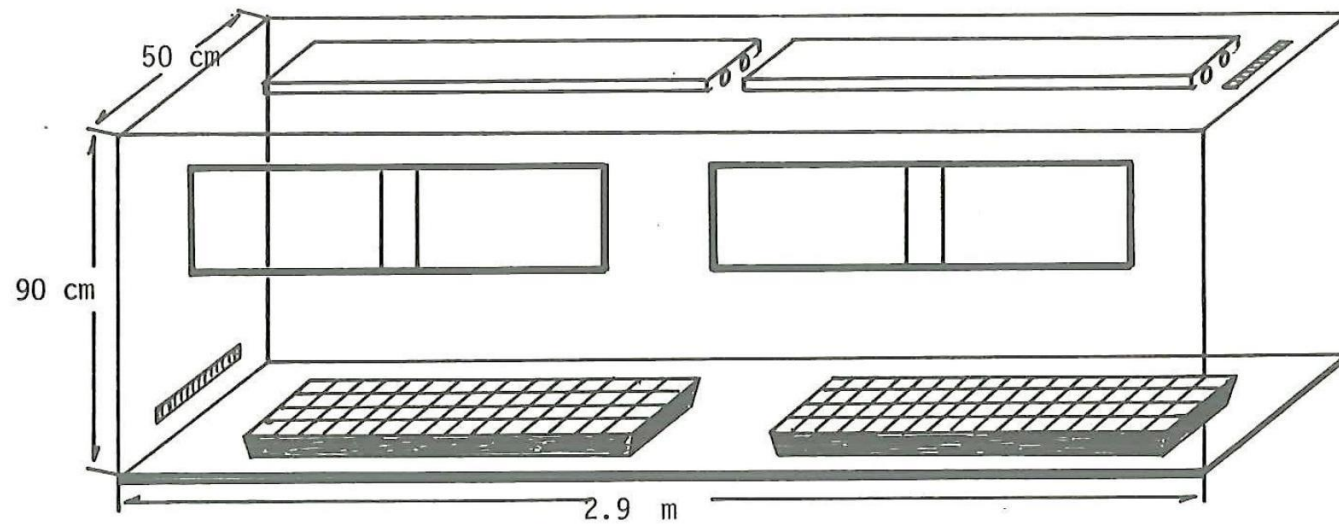


Fig. 4 Esquema de cámara de germinación utilizada en laboratorio.

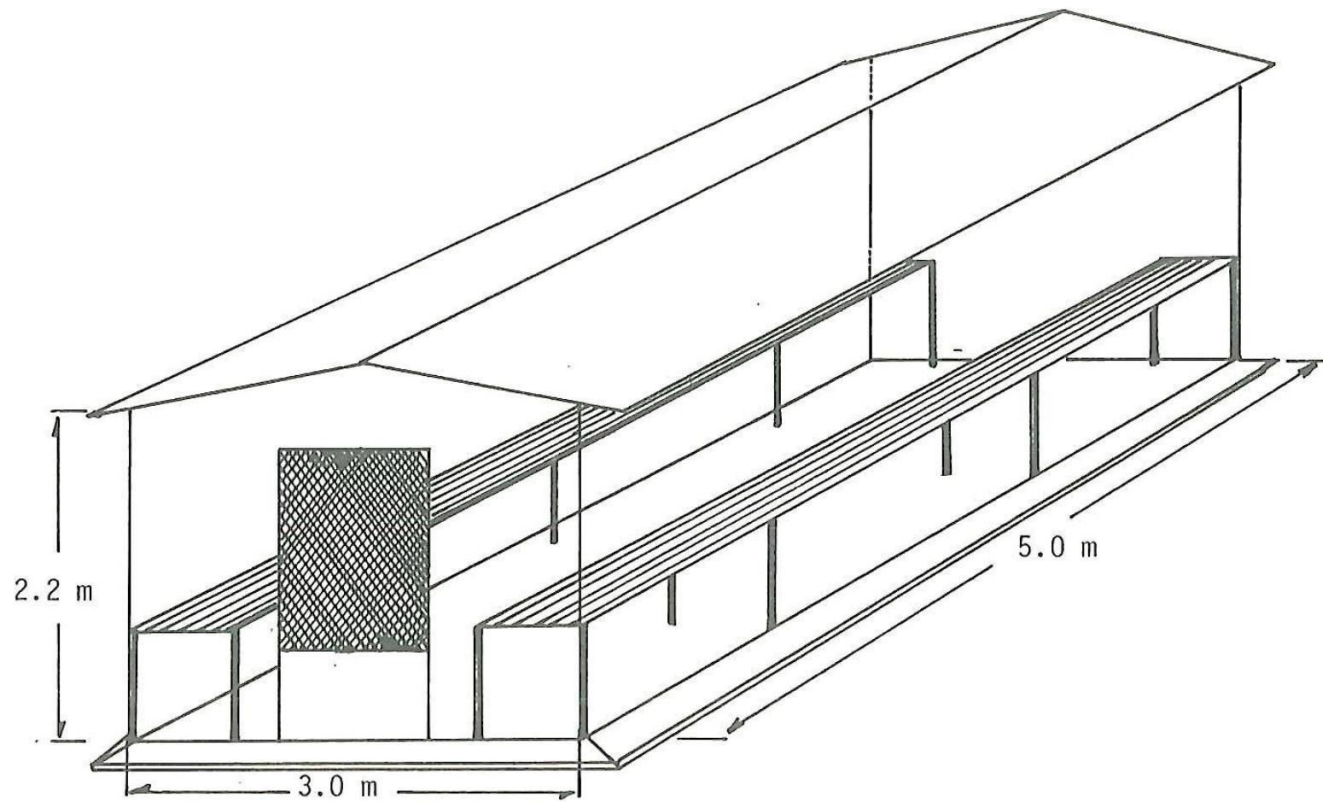


Fig. 5 Esquema del invernadero utilizado .

GERMINACION DE SEMILLAS 6 BENCIL AMINO-PURINA VS EXTRACTO ALGAL

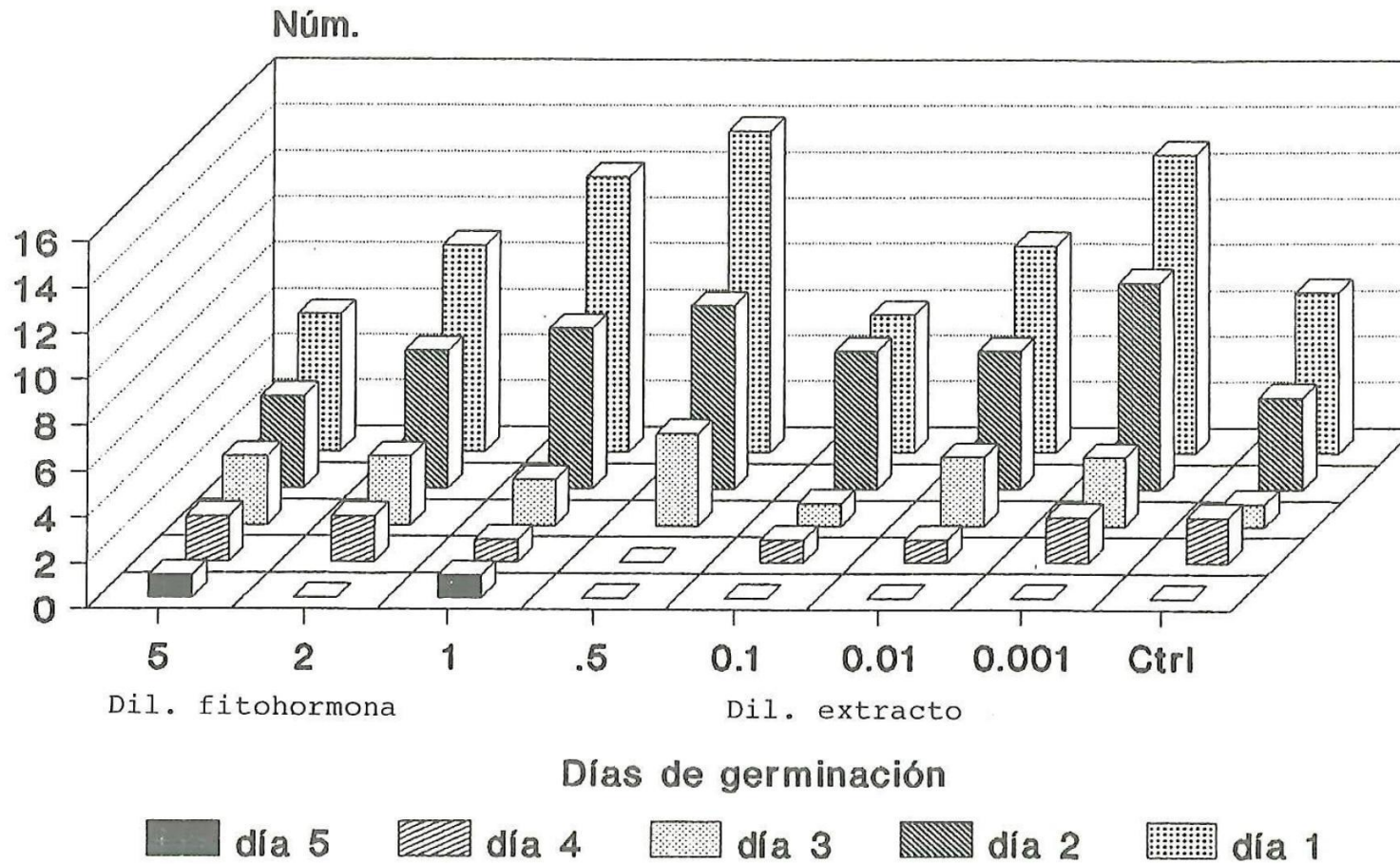


Fig. 6. Efectos de soluciones de fitohormona y extracto algal en la germinación de semillas (5 min imbibición).

GERMINACION DE SEMILLAS 6 BENCIL AMINO-PURINA VS EXTRACTO ALGAL

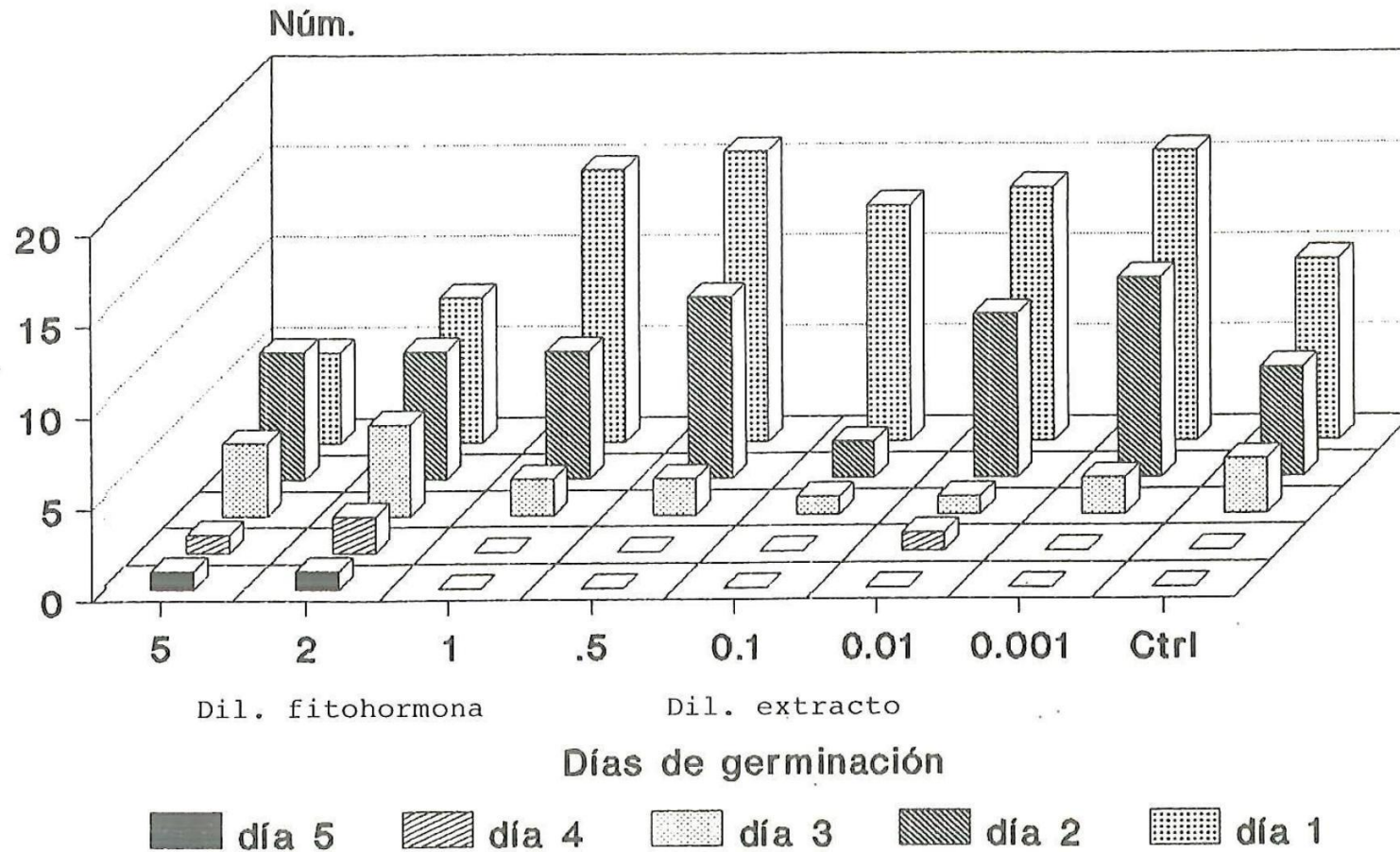


Fig. 7. Efectos de soluciones de fitohormona y extracto algal en la germinación de semillas, (10 min imbibición).

GERMINACION DE SEMILLAS 6 BENCIL AMINO-PURINA VS EXTRACTO ALGAL

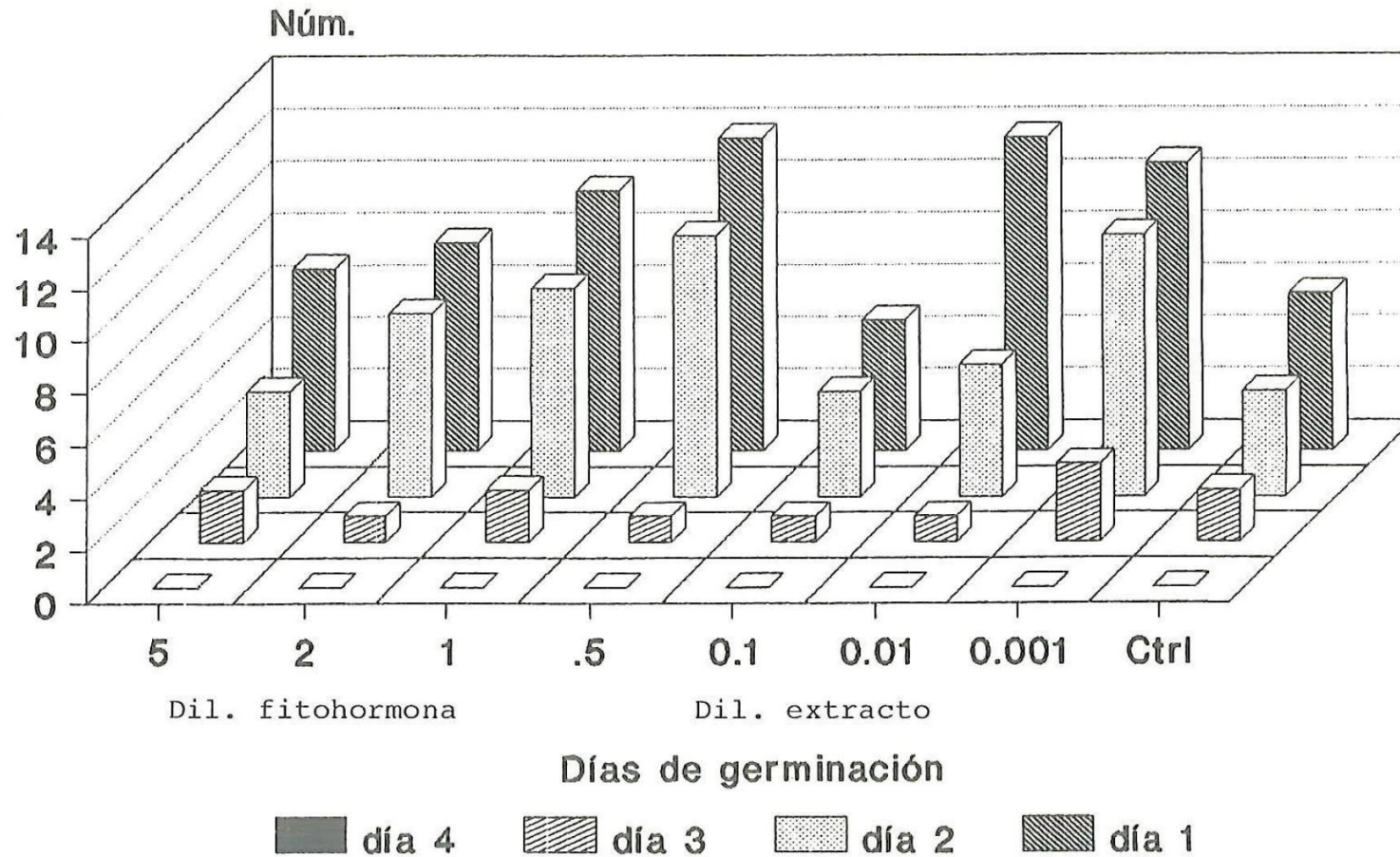


Fig. 8. Efectos de soluciones de fitohormona y extracto algal en la germinación de semillas, (20 min imbibición).

GERMINACION DE SEMILLAS 6 BENCIL AMINO-PURINA VS EXTRACTO ALGAL

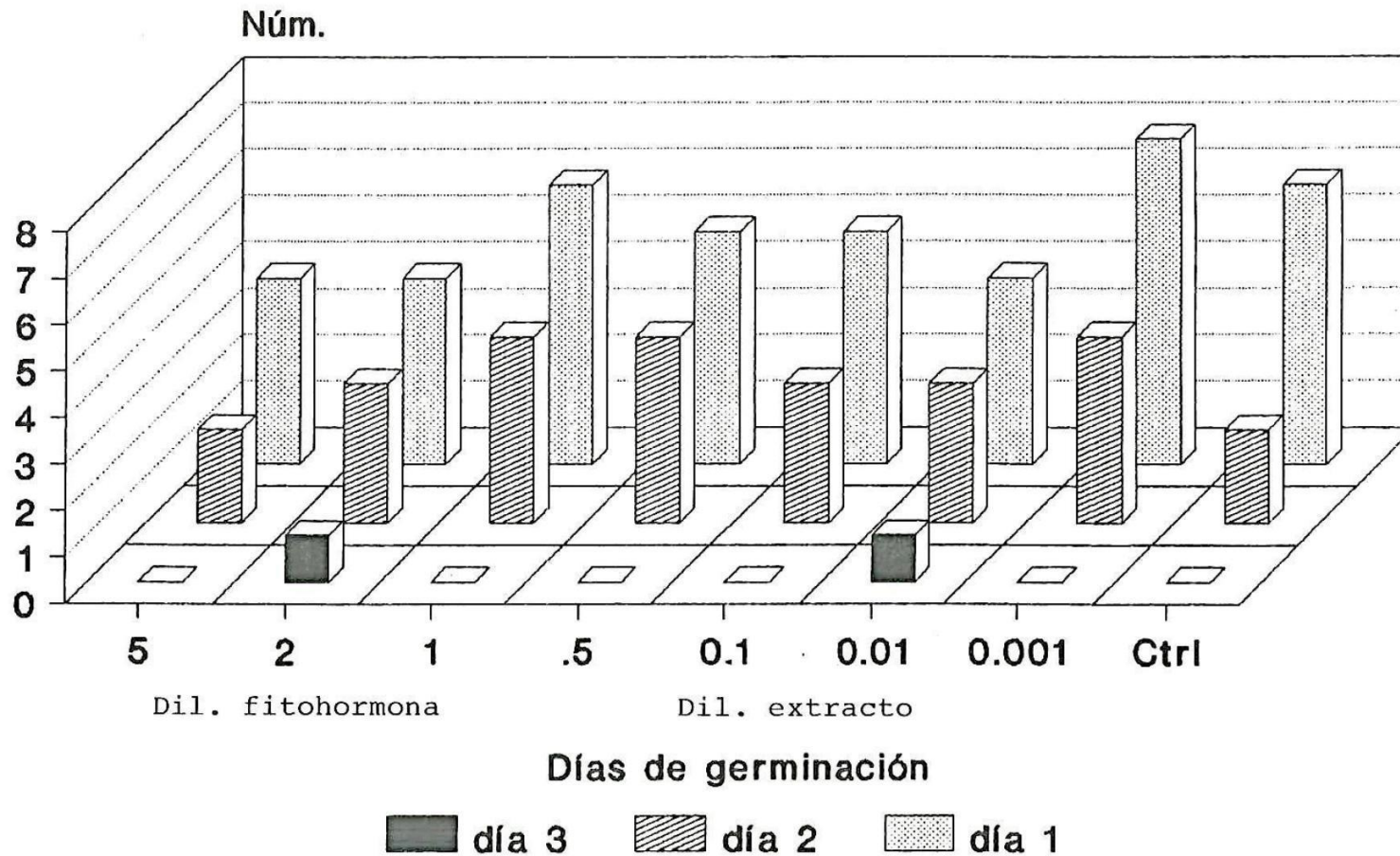


Fig. 9. Efectos de soluciones de fitohormona y extracto algal en la germinación de semillas, (30 min imbibición).

GERMINACION DE SEMILLAS 6 BENCIL AMINO-PURINA VS EXTRACTO ALGAL

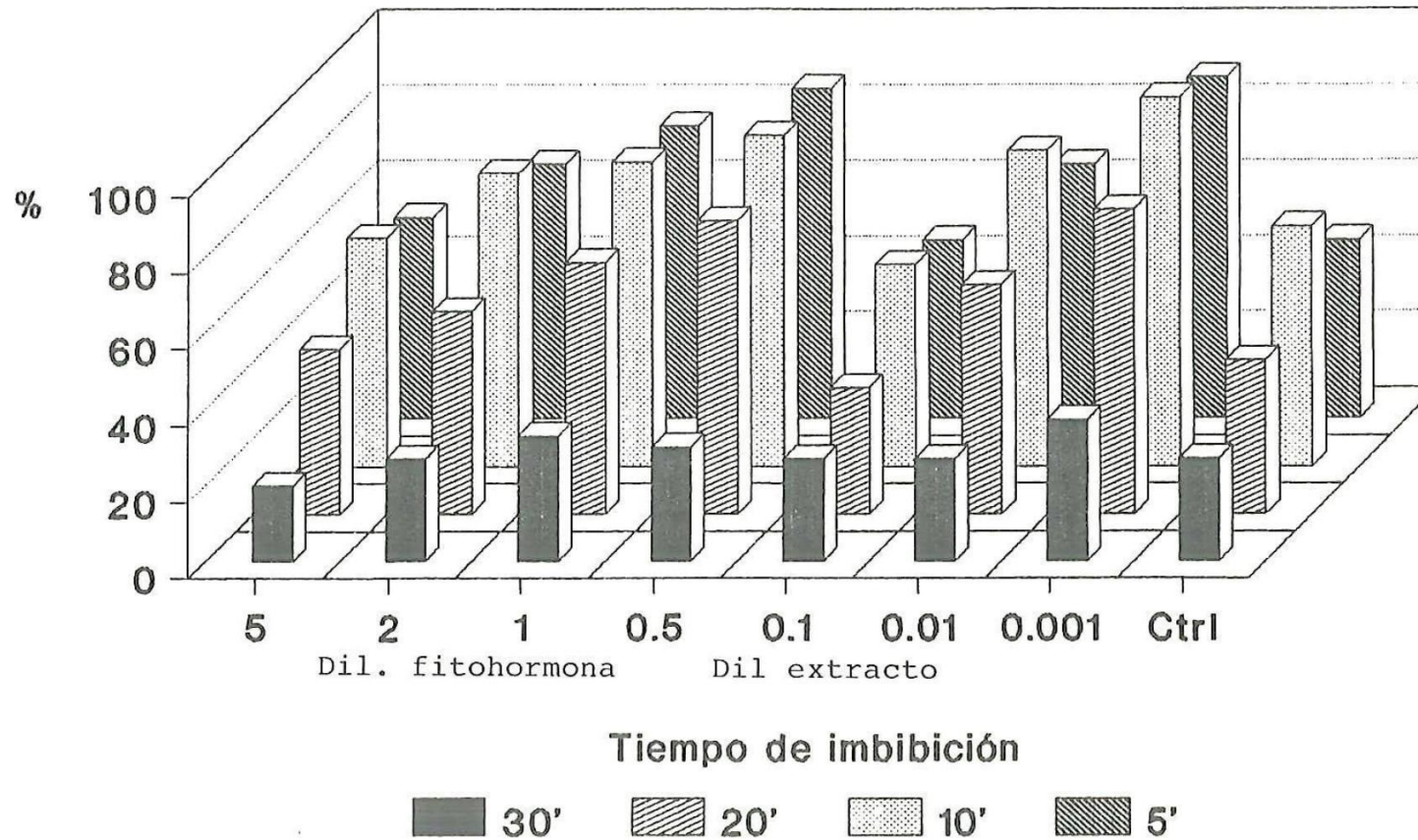


Fig. 10. Valores porcentuales promedio de germinación de semillas en diferentes tiempos de imbibición.

Evaluación de efectos estimulantes del extracto algal y 6 Bencil amino-purina

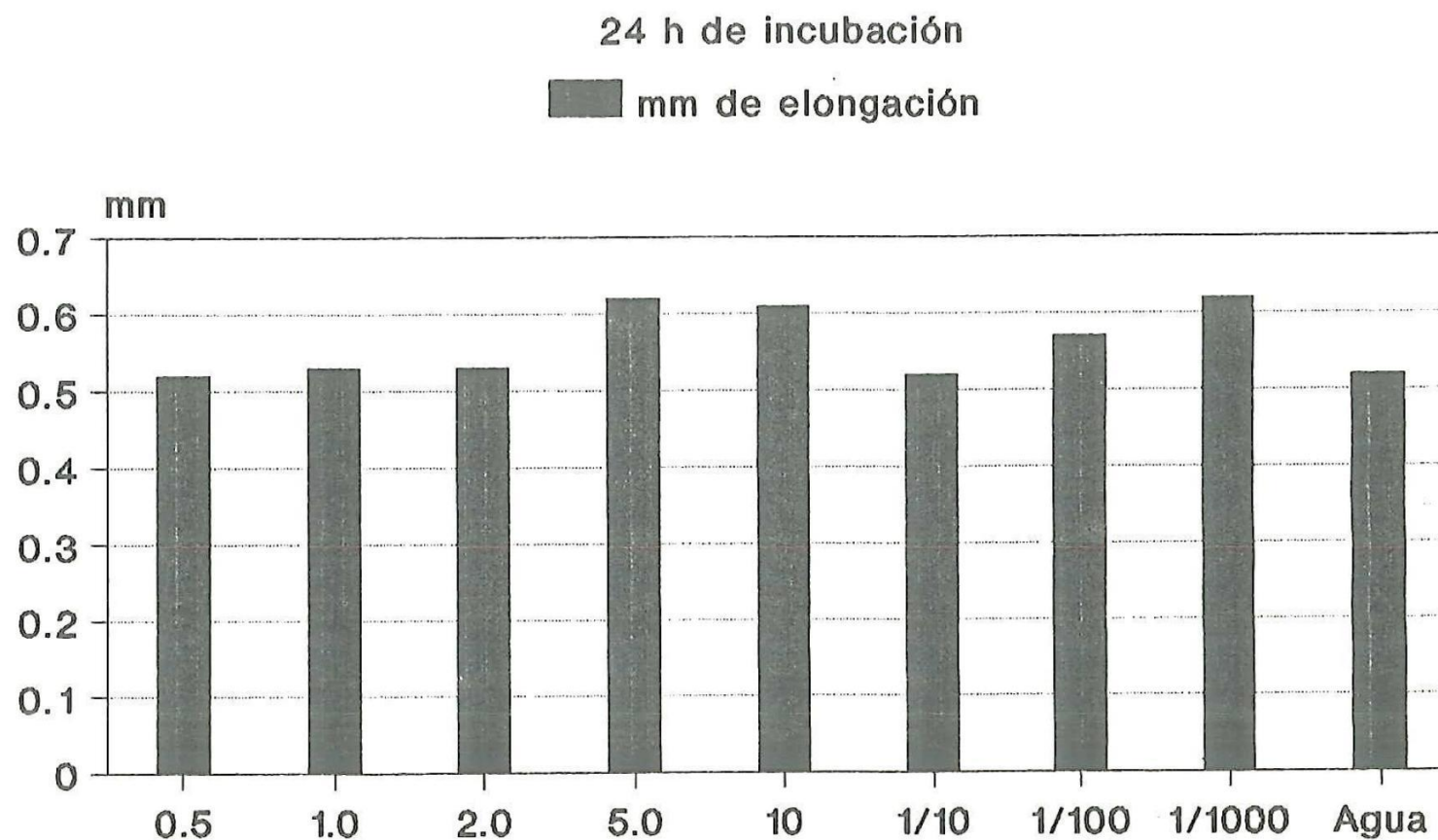


Fig.11. Elongación promedio de epicotilo de chícharo incubado en diferentes diluciones de fitohormona y extracto algal.

Evaluación de efectos estimulantes del extracto algal y 6 Bencil amino-purina

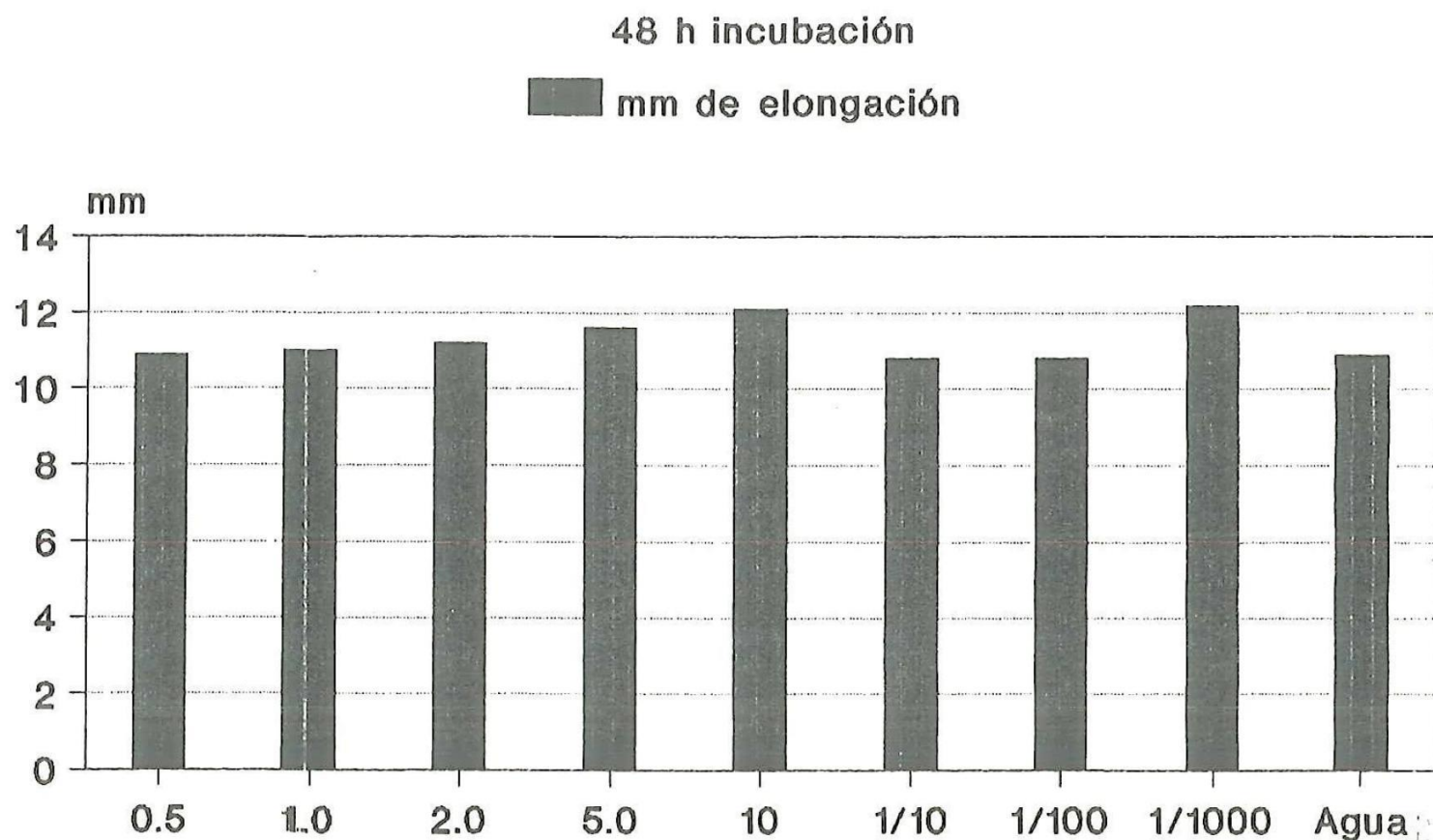
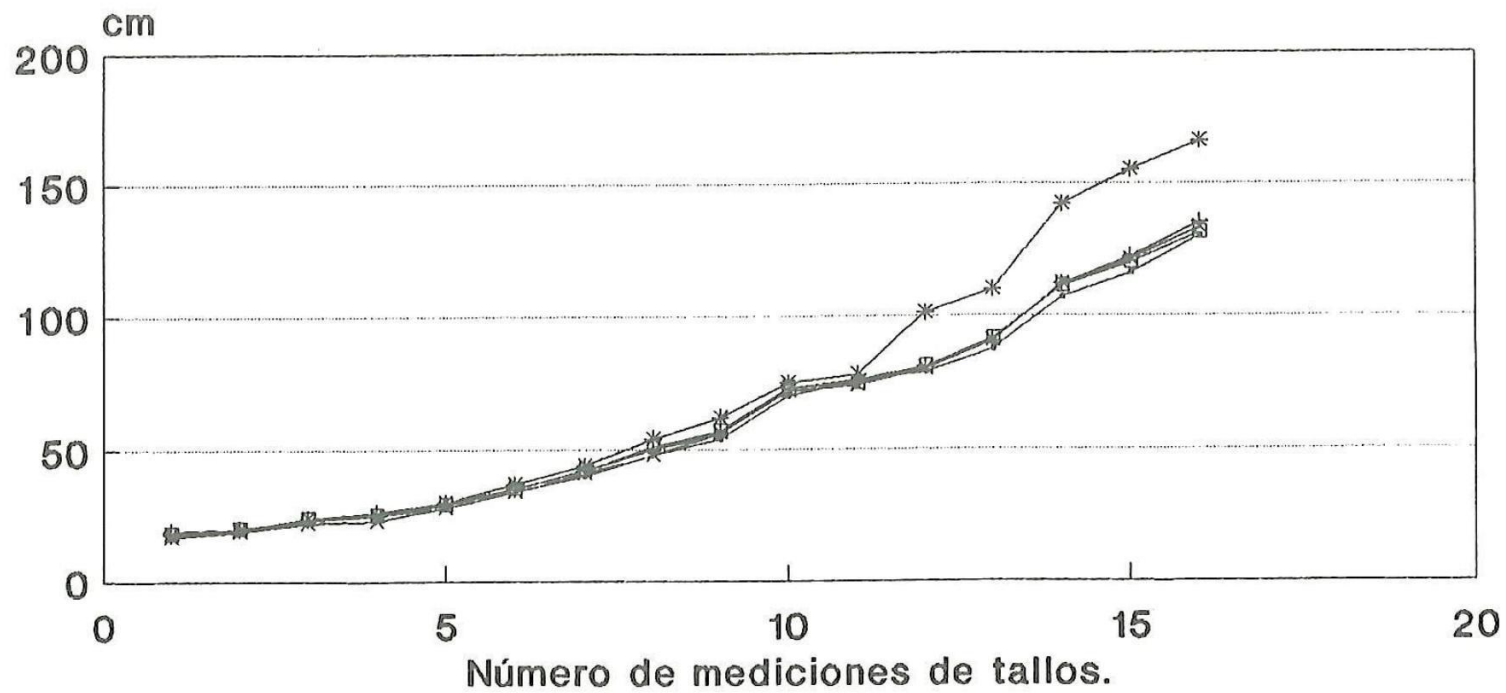


Fig. 12. Elongación promedio de raíz de chícharo incubada en diferentes diluciones de fitohormona y extracto algal.

Crecimiento de tallos Ensayo de invernadero 1993



Simbología

—○— 1/10
—+— 1/100
—*— 1/1000
—□— T.F
—×— T.N.F

Fig. 13. Efectos de aplicación de cinco tratamientos de *S. muticum* en el crecimiento de plantas de chícharo.

PRODUCCION DE FLORES Y VAINAS Ensayo de invernadero

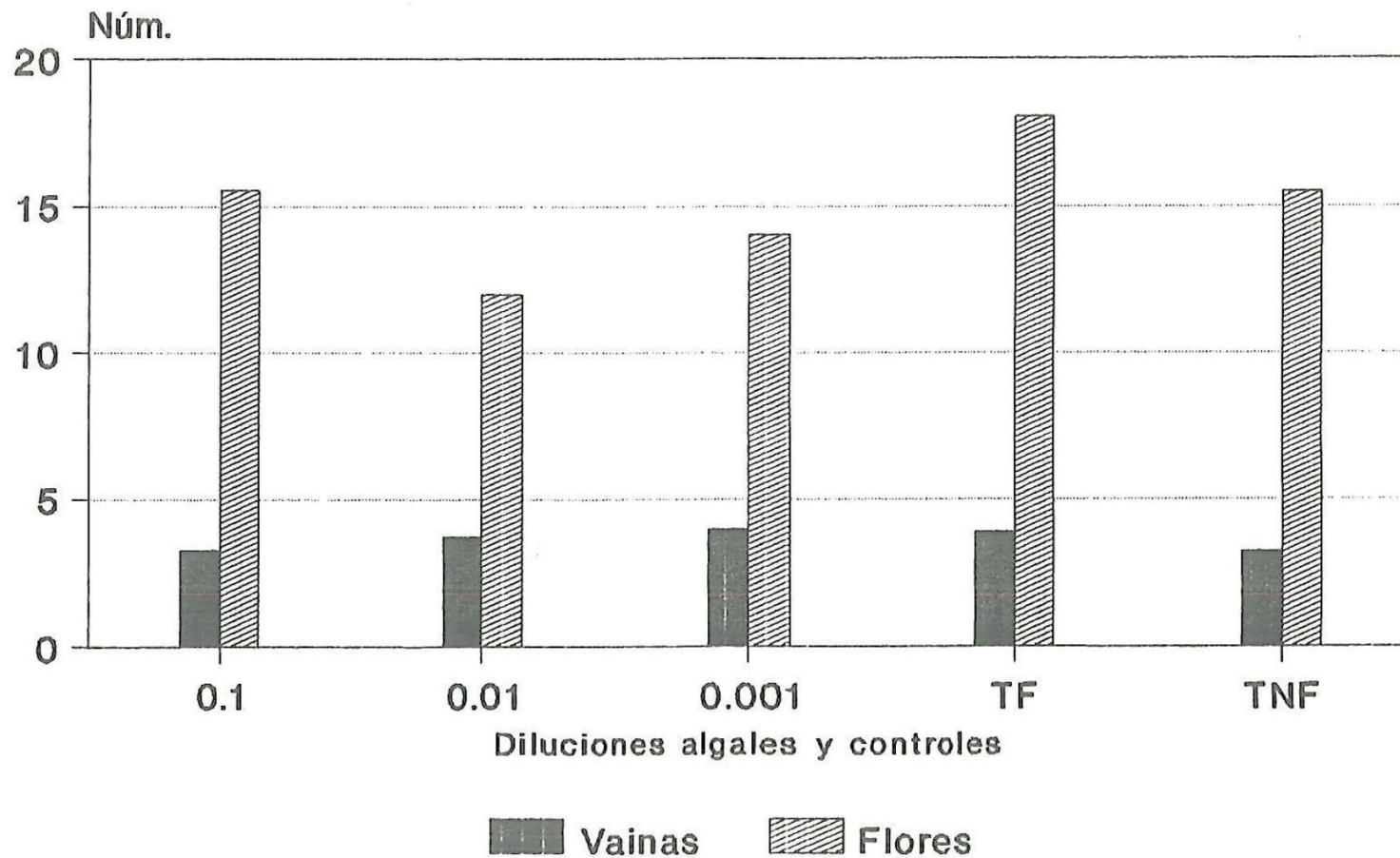


Fig. 14. Producción de flores y prendimiento de vainas de chícharo cultivado en invernadero.

PRODUCCION DE SEMILLA Y MATERIA ORGANICA ENSAYO DE INVERNADERO

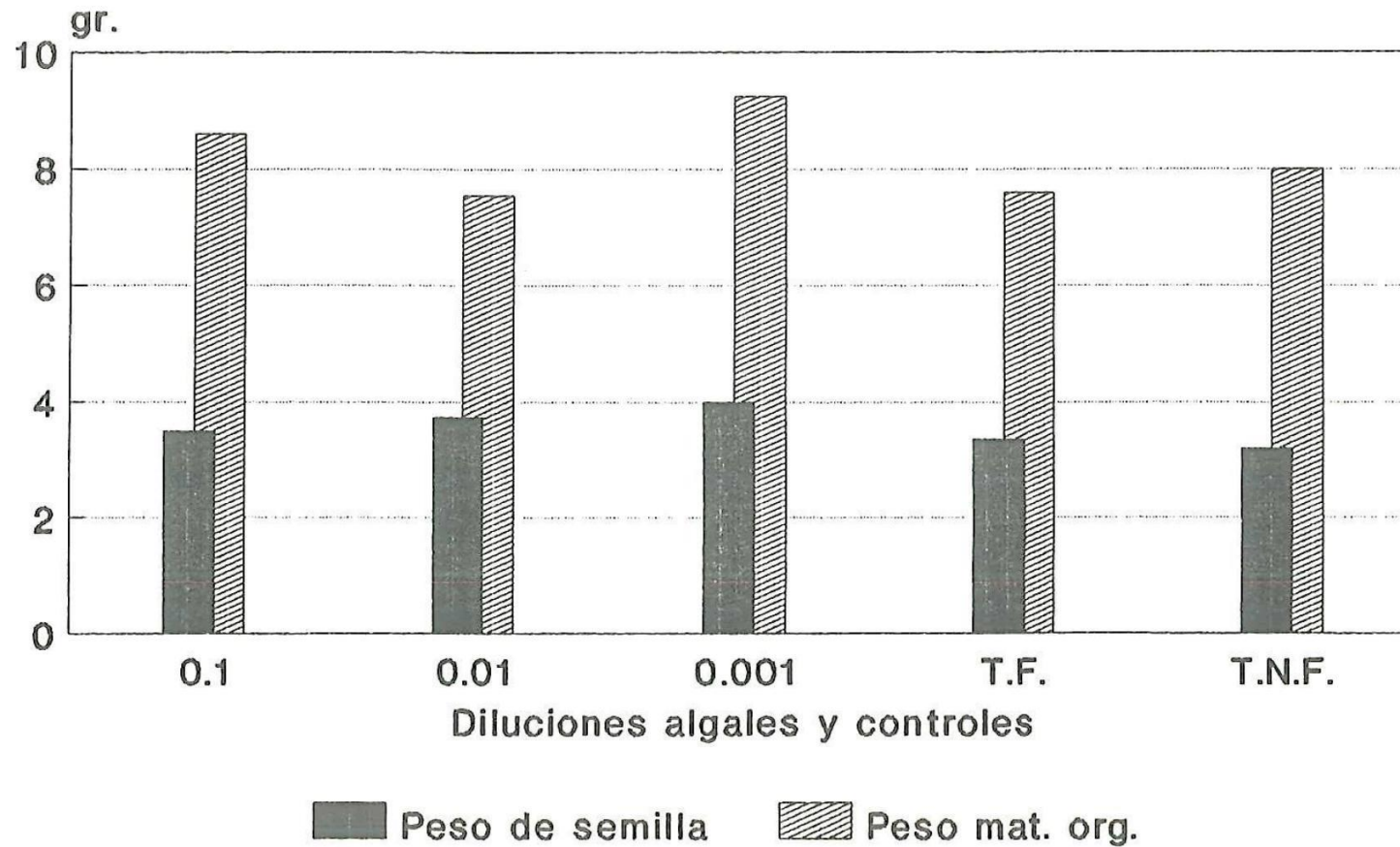


Fig.15. Producción de semillas y materia orgánica de plantas de chícharo cultivadas en invernadero.

METODO DE STEPHENSON (1974)

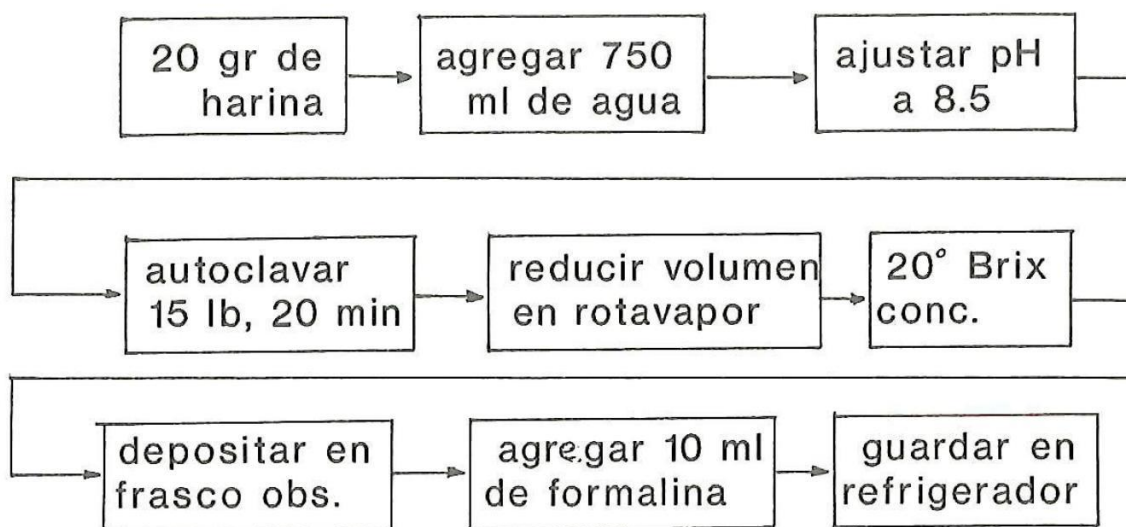


Diagrama 1. Diagrama de flujo para la obtención del extracto algal utilizado como fertilizante foliar.

Tabla I. Exito de germinación de semillas de chícharo en cada dilución de 6 Bencil amino-purina y extracto de S. muticum en diferentes tiempos de imbibición.

ENSAYOS DE CAMARA DE GERMINACION

T r a t a m i e n t o s

día	5	2	1	0.5	1/10	1/100	1/1000	agua
	mg/l	mg/l	mg/l	diluciones			algales	test.

Número de semillas germinadas

1	6	9	12	14	6	9	13	7
2	4	6	7	8	6	6	9	4
3	3	3	2	4	1	3	3	1
4	2	2	1	0	1	1	2	2
5	1	0	1	0	0	0	0	0

(5 minutos de remojo)

1	5	8	15	16	13	14	16	10
2	7	7	7	10	2	9	11	6
3	4	5	2	2	1	1	2	3
4	1	2	0	0	0	1	0	0
5	1	1	0	0	0	0	0	0

(10 minutos de remojo)

1	7	8	10	12	5	12	11	6
2	4	7	8	10	4	5	10	4
3	2	1	2	1	1	1	3	2
4	0	0	0	0	0	0	0	0

(20 minutos de remojo)

1	4	4	6	5	5	4	7	6
2	2	3	4	4	3	3	4	2
3	0	1	0	0	0	1	0	0

(30 minutos de remojo)

Tabla II. Valores porcentuales (promedio) de germinación de semillas de chícharo, obtenidos de tres ensayos consecutivos de laboratorio con diluciones de 6 Bencil amino-purina y extracto de S. muticum.

ENSAYO EN CAMARA DE GERMINACION

	mg/l de 6 bencil amino-purina				diluciones de extracto algal			control
	5.0	2.0	1.0	0.5	1/10	1/100	1/1000	agua
n =	30	30	30	30	30	30	30	30
5 min. =	53%	67%	77%	87%	47%	67%	90%	47%
10 " =	60	77	80	87	53	83	97	63
20 " =	43	53	66	77	33	60	80	40
30 " =	20	27	33	30	27	27	37	27

Tabla III. Datos estadísticos del ensayo de elongación de segmentos de epicotilo de chícharo incubados 24 h en soluciones de 6 Bencil amino-purina, extracto de S. muticum y control de agua destilada.

T R A T A M I E N T O S

	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0	1/10	1/100	1/1000	Test.
n	20	20	20	20	20	20	20	20	20
\bar{X}	0.52	0.53	0.53	0.62	0.61	0.52	0.57	0.62	0.52
DE	0.01	0.02	0.01	0.04	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01

$$F \text{ cal} = 90$$

$$d/f = 8/179$$

$$F \text{ tab} = 1.94$$

SNK : 5 mg/l = 1/1000 = 10 mg/l >> resto de tratamientos

Tabla IV. Datos estadísticos del ensayo de elongación de segmentos de raíz de chícharo incubados por 48 h en soluciones de 6 Bencil amino-purina, extracto de S. muticum y control de agua destilada.

T R A T A M I E N T O S

	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0	1/10	1/100	1/1000	agua
n	20	20	20	20	20	20	20	20	20
\bar{X}	10.9	11.0	11.2	11.6	12.1	10.8	10.8	12.2	10.9
DE	0.41	0.41	0.35	0.47	0.45	0.41	2.19	0.40	0.38

$$F \text{ cal} = 36.67$$

$$d/f = 8/179$$

$$F \text{ tab} = 1.94$$

SNK : 1/1000 = 10 mg/l = 5 mg/l >> resto de tratamientos

Tabla V. Valores de ANDEVA y SNK obtenidos de la longitud de tallos de chícharo cultivados en invernadero y obtenidos de 17 fechas de medición.

Fecha	F. cal	F. tab	g.l.	S N K
1	1.27	2.49	4/97	
2	1.06	2.49	4/97	
3	1.57	2.49	4/97	
4	1.38	2.49	4/97	
5	1.67	2.49	4/97	
6	2.59	2.49	4/97	*
7	2.14	2.49	4/97	
8	3.25	2.49	4/97	* 3 > 1, 5
9	3.79	2.49	4/97	* 3 > 1, 5, 2, 4
10	3.71	2.49	4/96	* 3 >> 5, 2, 4
11	4.93	2.48	4/96	* 3 >> 5, 2, 4
12	4.19	2.48	4/94	* 3 >> 5, 2, 4
13	4.72	2.48	4/93	* 3 >> 4, 2, 5
14	4.97	2.48	4/93	* 3 >> 5, 2, 4
15	8.86	2.48	4/92	* 3 >> 1, 4, 5, 2
16	5.68	2.48	4/92	* 3 >> 1, 4, 5, 2
17	6.79	2.48	4/92	* 3 >> 1, 4, 5, 2

* Indica que diferencias significativas.

1 = dilución 1/10 , 2 = dilución 1/100
 3 = dilución 1/1000 4 = testigo fertilizado
 5 = testigo no fertilizado

Tabla VI. Datos estadísticos y valores de ANDEVA obtenidos en el número de flores, vainas, peso seco de semillas y peso seco de materia orgánica del cultivo de chícharo en 1993.

Flores							
	1/10	1/100	1/1000	T.F.	T.N.F.	Fcal	Ftab
n	20	20	20	20	20		
\bar{X}	15.55	12.0	14.05	18.05	15.5		
D.E.	3.91	2.58	3.95	5.22	4.63	5.73	2.48

Grados de libertad: 4/99

SNK : 4 = 1 > resto de tratamientos

Vainas

n	20	19	18	19	20		
\bar{X}	3.25	3.74	4.00	3.90	3.21		
D.E.	0.85	0.87	0.69	0.64	0.72	4.51	2.48

Grados de libertad : 4/95

SNK : 3 = 4 > resto de tratamientos

Peso de semillas

n	20	19	18	19	20		
\bar{X}	3.50	3.74	4.0	3.36	3.21		
D.E.	0.74	0.70	0.76	0.67	0.62	3.78	2.48

Grados de libertad : 4/95

SNK : 3 > resto de tratamientos

Mat. orgánica

n	20	19	18	19	20		
\bar{X}	8.60	7.54	9.24	7.60	8.00		
D.E.	0.82	1.50	1.36	1.36	1.13	6.17	2.48

Grados de libertad: 4/103

SNK : 3 = 1 > resto de tratamientos

Tabla VII. Datos estadísticos de 17 mediciones de crecimiento de tallos plantas de chícharo cultivadas en invernadero y fertilizadas con extracto de S. muticum

Fecha		1/10	1/100	1/1000	T.F.	T.N.F
# 1	n	20	20	20	19	20
	\bar{X}	17.25	19.0	18.16	18.16	17.10
	DE	1.21	2.51	2.14	1.68	2.31
# 2	n	20	20	19	19	20
	\bar{X}	19.50	19.5	19.85	20.26	18.85
	DE	2.16	2.61	2.05	2.18	2.18
# 3	n	20	20	19	19	20
	\bar{X}	23.0	23.95	23.90	23.95	22.15
	DE	2.47	3.30	2.46	2.50	3.12
# 4	n	20	20	19	19	20
	\bar{X}	24.50	24.10	24.74	24.58	23.20
	DE	2.80	3.29	2.42	2.63	2.59
# 5	n	20	20	19	19	20
	\bar{X}	27.90	29.55	30.05	28.75	27.95
	DE	3.55	3.14	2.76	3.19	3.62
# 6	n	20	20	19	19	20
	\bar{X}	33.70	34.60	37.25	34.84	33.55
	DE	4.55	4.82	3.24	3.72	4.07
# 7	n	20	20	19	19	20
	\bar{X}	40.30	41.80	44.30	42.32	40.90
	DE	5.46	5.81	3.37	4.18	4.30
# 8	n	20	20	19	19	20
	\bar{X}	47.65	49.75	53.58	50.58	48.15
	DE	7.01	6.49	4.02	5.65	4.98
# 9	n	20	20	19	19	20
	\bar{X}	54.4	56.45	61.89	56.95	55.65
	DE	7.78	7.34	4.43	7.55	6.35

# 10	n	20	20	18	19	20
	\bar{X}	70.60	72.75	75.00	73.10	71.85
	DE	9.46	9.96	6.30	7.17	8.23
# 11	n	20	20	17	19	20
	\bar{X}	76.0	72.65	78.0	73.5	72.2
	DE	9.10	9.30	5.75	6.89	7.59
# 12	n	20	20	17	19	19
	\bar{X}	78.47	81.20	100.5	80.47	80.05
	DE	9.83	10.57	6.56	7.10	8.45
# 13	n	20	20	16	19	19
	\bar{X}	86.5	89.65	110.0	89.49	89.68
	DE	10.84	11.29	6.86	7.90	9.19
# 14	n	20	19	16	19	19
	\bar{X}	106.65	12.79	142.00	111.37	112.56
	DE	12.80	8.50	9.08	9.09	9.33
# 15	n	20	19	16	19	19
	\bar{X}	115.7	122.8	155.0	120.1	121.3
	DE	13.14	7.80	8.22	9.64	10.91
# 16	n	20	19	16	19	19
	\bar{X}	129.6	134.5	166.3	131.4	133.0
	DE	14.98	9.88	9.24	10.3	12.90
# 17	n	20	19	16	19	19
	\bar{X}	151.1	156.63	190.4	153.84	156.5
	DE	12.76	10.99	9.39	11.15	12.90