

1989-B

082257942

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Y AGROPECUARIAS
DIVISION DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES.



“EFECTO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO EN EL
DESARROLLO DE LOS HELECHOS” *Adiantum*
raddianum Presl., *Cyrtomium falcatum* (L.f.) Presl., y
Tectaria heracleifolia (Willd.) Underw.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA
P R E S E N T A
MARTHA GABRIELA GUERRERO LOPEZ
GUADALAJARA, JAL., AGOSTO 1994



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE CIENCIAS

Sección
Expediente
Número 0590/90

SRITA. MARTHA GABRIELA GUERRERO LOPEZ
P R E S E N T E . -

Manifestamos a usted que con esta fecha ha sido aprobado el tema de Tesis "INFLUENCIA DE SUSTANCIAS REGULADORAS DE CRECIMIENTO EN EL DESARROLLO DE LOS HELECHOS Adiantum raddianum Presl., Cyrtomium falcatum (L.F.) Presl., y Tectaria heracleifolia (Willd.) Underw" para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos que ha sido aceptado como Director de dicha Tesis al Dr. Eulogio Pimienta Barrios.

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"
Guadalajara, Jal., Mayo 4 de 1990
EL DIRECTOR

ING. ADOLFO ESPINOSA DE LOS MONTEROS CARDENAS

EL SECRETARIO

M. EN C. ROBERTO VIZCARRA MEDRANO

c.c.p. El Dr. Eulogio Pimienta Barrios, Director de Tesis.-Pte.
c.c.p. El expediente de la alumna.

'mjsd

Al contestar este oficio citese fecha y número

C. Fernando Alfaro Bustamante

Director de la Facultad de Ciencias Biológicas
de la Universidad de Guadalajara

P R E S E N T E.

Por medio de la presente, nos permitimos informar a Usted, que habiendo revisado el trabajo de tesis que realizó el (la) Pasante Martha Gabriela Guerrero López código número 82257942 con el título "EFEECTO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO EN EL DESARROLLO DE LOS HELECHOS" Adiantum raddianum Presl., Cyrtomium falcatum (L.f.) Presl., y Tectaria heracleifolia (Willd.) Underw. consideramos que reúne los méritos necesarios para la impresión de la misma y la realización de los exámenes profesionales respectivos.

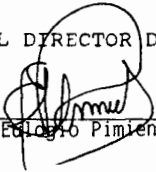
Comunicamos lo anterior para los fines a que haya lugar.

A T E N T A M E N T E

Guadalajara, Jal. a 09 de Febrero

1994

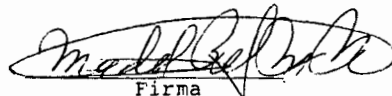
EL DIRECTOR DE TESIS


 Dr. Eloy Pimentel Barrios

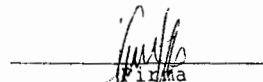
SINODALES

1. María del Refugio Mora Navarro

Nombre completo


 Firma
2. América Loza Llamas

Nombre completo


 Firma
3. Martín Pedro Tena Meza

Nombre completo


 Firma

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater, la Universidad de Guadalajara, el permitirme realizar estudios profesionales.

A la Profesora Luz María Villarreal, por su autorización para realizar esta investigación en el Instituto de Botánica.

Al Dr. Eulogio Pimienta Barrios, por su colaboración y valiosas sugerencias en la dirección de este trabajo.

Al M.C. Héctor Luquín Sánchez y al M.C. Mario A. Ruiz López, por colaborar intensamente desde la planeación hasta la terminación del trabajo.

A mi hermana Rosa, por todo su tiempo y trabajo invertido en la redacción e impresión.

Así como a todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron en esta investigación.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Margarita López de Guerrero

José Guerrero Rubio

A MIS HERMANOS:

Viki, Roberto, Licha, Cata,

Lupe, Rosa, Javier, Lety,

Irma y Laura.

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**"EFECTO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO EN EL DESARROLLO
DE LOS HELECHOS" Adiantum raddianum Presl.,
Cyrtomium falcatum (L.f.) Presl., y
Tectaria heracleifolia
(Willd.) Underw.**

DIRECTOR DR. EULOGIO PIMIENTA BARRIOS

ASESOR M.C. HECTOR LUQUIN SANCHEZ

ASESOR M.C. MARIO A. RUIZ LOPEZ

**"EFECTO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO EN EL DESARROLLO
DE LOS HELECHOS" Adiantum raddianum Presl.,
Cyrtomium falcatum (L.f.) Presl., y
Tectaria heracleifolia
(Willd.) Underw.**

CONTENIDO	PAGINA
INDICE DE FIGURAS.....	iii
INDICE DE GRAFICAS.....	iv
I INTRODUCCION.....	2
II OBJETIVOS.....	4
III HIPOTESIS.....	5
IV REVISION DE LITERATURA.....	6
4.1 Características Generales.....	6
4.2 Morfología.....	7
4.3 Anatomía.....	7
4.4 Reproducción.....	8
4.5 Propagación.....	8
4.6 Desarrollo.....	11
4.7 Reseña Histórica de los Fitorreguladores.....	12
4.8 Auxinas.....	15
4.9 Giberelinas.....	17
4.10 Citocininas.....	19
V MATERIALES Y METODOS.....	21
5.1 Descripción del Area.....	21
5.1.1 Localización geográfica.....	21
5.1.2 Instalación.....	21
5.2 Material biológico.....	21
5.2.1 Descripción de las especies.....	22
a) <u>Adiantum raddianum</u> Presl.....	22
b) <u>Cyrtomium falcatum</u> (L.f.) Presl.....	24
c) <u>Tectaria heracleifolia</u> (Willd.) Underw.....	26
5.3 Material químico.....	28

5.4 Metodología.....	28
5.4.1 Diseño experimental.....	28
5.4.2 Conducción del experimento.....	28
5.4.2.1 Medio de cultivo.....	28
5.4.2.2 Trasplante.....	29
5.4.2.3 Tratamientos.....	29
5.4.2.4 Riegos.....	29
5.4.2.5 Toma de datos.....	29
VI RESULTADOS Y DISCUSION.....	31
VII CONCLUSIONES.....	51
VIII BIBLIOGRAFIA.....	52
APENDICE I.....	55
APENDICE II.....	57
APENDICE III.....	60

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1 Ciclo de vida de los helechos.....	10
2 Biosíntesis del Acido Indolacético (AIA).....	15
3 Biosíntesis de las Giberelinas.....	17
4 Biosíntesis de las Citocininas.....	19
5 Esporofito maduro de <u>Adiantum raddianum</u> Presl.....	23
6 Esporofito maduro de <u>Cyrtomium falcatum</u> (L. f.) Presl.....	25
7 Esporofito maduro de <u>Tectaria heracleifolia</u> (Willd.) Underw.....	27
8 Efecto del producto activol sobre el crecimiento en largo de las frondas de tres especies de helechos en el periodo.....	36
9 Efecto del producto activol sobre el crecimiento en ancho de las frondas de tres especies de helechos en el periodo.....	36
10 Efecto del producto gapol sobre el crecimiento en largo de las frondas de tres especies de helechos en el periodo.....	37
11 Efecto del producto gapol sobre el crecimiento en ancho de las frondas de tres especies de helechos en el periodo.....	37
12 Efecto del producto biozyme sobre el crecimiento en largo de las frondas de tres especies de helechos en el periodo.....	38
13 Efecto del producto biozyme sobre el crecimiento en ancho de las frondas de tres especies de helechos en el periodo.....	38
14 Efecto del producto activol a diferentes concentraciones sobre la formación de soros en tres especies de helechos.....	39
15 Efecto del producto gapol a diferentes concentraciones sobre la formación de soros en tres especies de helechos.....	40
16 Efecto del producto biozyme a diferentes concentraciones sobre la formación de soros en tres especies de helechos.....	41

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica	Página
1 Crecimiento en longitud de frondas de <u>A. raddianum</u> en respuesta a la aplicación de activol.....	42
2 Crecimiento en ancho de frondas de <u>A. raddianum</u> en respuesta a la aplicación de activol.....	42
3 Crecimiento en longitud de frondas de <u>A. raddianum</u> en respuesta a la aplicación de gapol.....	43
4 Crecimiento en ancho de frondas de <u>A. raddianum</u> en respuesta a la aplicación de gapol.....	43
5 Crecimiento en longitud de frondas de <u>A. raddianum</u> en respuesta a la aplicación de biozyme.....	44
6 Crecimiento en ancho de frondas de <u>A. raddianum</u> en respuesta a la aplicación de biozyme.....	44
7 Crecimiento en longitud de frondas de <u>C falcatum</u> en respuesta a la aplicación de activol.....	45
8 Crecimiento en ancho de frondas de <u>C falcatum</u> en respuesta a la aplicación de activol.....	45
9 Crecimiento en longitud de frondas de <u>C falcatum</u> en respuesta a la aplicación de gapol.....	46
10 Crecimiento en ancho de frondas de <u>C falcatum</u> en respuesta a la aplicación de gapol.....	46
11 Crecimiento en longitud de frondas de <u>C falcatum</u> en respuesta a la aplicación de biozyme.....	47
12 Crecimiento en ancho de frondas de <u>C falcatum</u> en respuesta a la aplicación de biozyme.....	47
13 Crecimiento en longitud de frondas de <u>T heracleifolia</u> en respuesta a la	

aplicación de activol.....	48
14 Crecimiento en ancho de frondas de <u>T heracleifolia</u> en respuesta a la aplicación de activol.....	48
15 Crecimiento en longitud de frondas de <u>T heracleifolia</u> en respuesta a la aplicación de gapol.....	49
16 Crecimiento en ancho de frondas de <u>T heracleifolia</u> en respuesta a la aplicación de gapol.....	49
17 Crecimiento en longitud de frondas de <u>T heracleifolia</u> en respuesta a la aplicación de biozyme.....	50
18 Crecimiento en ancho de frondas de <u>T heracleifolia</u> en respuesta a la aplicación de biozyme.....	50

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó en forma comparativa el efecto de tres reguladores de crecimiento (RC) sobre el crecimiento en largo y ancho de las frondas, así como el tiempo para la formación de soros, en los helechos Adiantum raddianum, Cyrtomium falcatum y Tectaria heracleifolia. Se aplicó un análisis estadístico de bloques al azar con una combinación factorial de 3 x 3 x 4 x 4 (3 especies, 3 productos, 4 dosis, 4 repeticiones) dando un total de 144 plantas. Los resultados se interpretaron mediante un análisis de varianza, prueba de efectos simples y comparación de medias de Tukey; además se realizó un análisis de regresión y correlación. Los productos hormonales que se utilizaron fueron, activol, gapol y biozyme a dosis de 10, 20 y 30 ppm, comparados con un grupo testigo que no recibió tratamiento durante el experimento. En los resultados se pudo apreciar que activol tuvo efecto en el crecimiento de largo y ancho de las frondas en las tres especies de helechos, en tanto que biozyme resultó mejor en la reducción de la fenología. Con este tipo de estudios se podrá establecer la forma más conveniente de utilizar los RC comerciales en el cultivo de helechos para obtener en menos tiempo mayor número de individuos y de mayor tamaño.

I. INTRODUCCION

La destrucción de los hábitats naturales ha ocasionado la desaparición de especies silvestres, animales y vegetales. Según la Unión Internacional para la Conservación de los Recursos Naturales, actualmente en el mundo unas 550 especies y subespecies animales y aproximadamente 20 mil especies vegetales se encuentran en vías de extinción (Anónimo, 1982). Entre las especies vegetales más afectadas están los helechos, plantas con una antigüedad de 200 millones de años, que en el período carbonífero constituían la vegetación dominante. Los helechos son plantas criptógamas con un sistema vascular de conducción; la planta adulta posee raíz, tallo y hojas llamadas frondas. Se adaptan perfectamente a diversos hábitats; encontrándose como terrestres, epifíticos, litofíticos y ocasionalmente acuáticos, distribuidos principalmente en regiones templadas (Mickel, 1979). Taxonómicamente pertenecen a la Clase Filicinae de la Superclase Pteridophyta del Orden Filicales que agrupa a 11 o más familias y aproximadamente 10 mil especies (Weier, *et. al.* 1979; Weisz y Fuller, 1979). Para México se conocen más de mil especies (Mickel and Beitel, 1988), de las cuales se han descrito 253 para la Nueva Galicia (Mickel, 1992). Los helechos verdaderos representan actualmente el grupo dominante de las pteridofitas.

La mayoría de los helechos presentan un ciclo fenológico muy largo que dura hasta varios años y de regeneración prolongada, lo cual ha ocasionado que sean plantas poco cultivadas. Debido a ésto un número considerable de especies ha desaparecido o se encuentra en peligro de extinción, sin embargo la aplicación de sustancias reguladoras de crecimiento o fitohormonas, puede ser una alternativa para acortar la fenología de estas plantas. Entre las principales fitohormonas naturales se encuentran las auxinas, giberelinas y citocininas que provocan una gran diversidad de respuestas en el desarrollo de las plantas (Grevlach, 1980).

Se han realizado pocos estudios sobre el empleo de estas fitohormonas en los helechos. Grill (1988) y Takeno (1989) reportaron el uso de giberelinas para inducir la germinación de esporas y formación de anteridios en los helechos Anemia phyllitidis L. y Lygodium japonicum (Thunb.) Sw.

Por lo anterior es de sumo interés el estudio de la influencia de estas sustancias en el desarrollo y maduración de los helechos utilizando procedimientos económicos y sencillos, y establecer una técnica que permita preservar helechos en peligro de extinción evitando con ello su desaparición y a la vez aprovecharlos como un recurso natural.

II. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el efecto de reguladores de crecimiento en el desarrollo esporofítico de tres especies de helecho.

OBJETIVOS PARTICULARES:

- 1.- Cuantificar la tasa de desarrollo en helechos en respuesta a la aplicación de reguladores de crecimiento (RC).
- 2.- Comparar el efecto de distinto RC en la ocurrencia y duración del período fenológico.
- 3.- Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de RC en el crecimiento y fenología de diferentes especies de helecho.

III. HIPOTESIS

"La aplicación de sustancias reguladoras del crecimiento influye en el desarrollo de una gran diversidad de plantas vasculares, por lo que es de esperarse que su aplicación en helechos estimule el crecimiento y a su vez pueda reducir el período fenológico".

IV. REVISION DE LITERATURA

La relación entre el ser humano y la naturaleza ya no es la de un simple sistema depredador, la causa principal de la extinción de especies vegetales en el mundo civilizado es la destrucción por el hombre de los ecosistemas (Wittes, 1976). La lista de especies en vías de extinción incluye prácticamente todas las familias de vegetales; afortunadamente en la actualidad se tiene mucho interés en evitar la desaparición de la flora silvestre, por lo que se están realizando investigaciones con fines conservacionistas como son la creación de Reservas de la Biosfera, Jardines Botánicos y los Parques Naturales; considerando la propagación masiva y económica como una solución viable para enfrentar y resolver estos problemas, evaluando las posibilidades y riesgos de la reintroducción de las especies a su hábitat (Rubluo, 1990). Así se tiene que en Cuba Sánchez y García (1990) han tomado medidas de protección en pteridofitas para optimizar su conservación y utilización.

4.1 Características Generales.

Existe una estrecha relación filogenética entre los helechos y las fanerógamas debido a la existencia de xilema y floema; la retención del esporofito joven dentro del gametofito y la presencia de heterosporia en algunas familias de helechos. Todo esto hace suponer que probablemente las plantas con flor se originaron de algún grupo ancestro semejante a los helechos (Wilson y Loomis 1968).

Los helechos desempeñan un papel muy importante en la ecología, ya que al igual que los musgos retienen y forman el suelo evitando con eso la erosión y además participan en los ciclos de descomposición en los bosques (Wilson, 1968); también han contribuido en gran medida a la formación de carbón mineral durante el Carbonífero, lo que ha sido de inestimable valor para la humanidad. Entre los usos que se les han dado a estas plantas destaca su uso como alimento y bebidas, como forrajes potenciales para animales, en la fabricación de medicamentos,

para la decoración, como plantas de alfarería y ornamentales, entre otros (Knobloch y Correll, 1962; Murillo, 1983; Moozhiyil and Pallauf, 1986).

4.2 Morfología

Los helechos adultos están constituidos esencialmente de las mismas partes -raíces, tallos y hojas- que cualquiera de las plantas conocidas (Mickel, 1979). La raíz nace en el tallo, en la base de los botones peciolares, a lo largo y en el lado ventral del tallo aplicado a la corteza de los troncos (epífitas); en los pecíolos de las hojas o cerca del ápice del tallo (arborescentes). El grosor de la raíz varía de 0.25 a 5 mm o más. El tallo es relativamente incospicuo, globoso, subgloboso o de forma nudosa, puede ser rastrero, corto o alcanzar grandes alturas (10 o más metros), con diámetros que varían desde 1 mm hasta 13 cm de espesor y una circunferencia de 12 a 45 cm. La hoja es la parte más notoria de los helechos debido a su tamaño y forma, a éstas se les llaman frondas; su tamaño varía de unos cuantos milímetros hasta 1-2 metros y su forma puede ser simple o compuesta, circinadas en su fase inicial; son estipitadas, rara vez sésiles; articuladas con el rizoma o con el raquis; deciduas o persistentes. Pueden ser enteras, recortadas, aserradas, lobadas, laciniadas, dentadas; pinadas, bipinadas, tripinadas, las divisiones son llamadas foliolos, pinas o segmentos (Roviroso, 1976; Mickel, 1979).

4.3 Anatomía

Los helechos tienen un sistema de conducción bien definido por dos tipos de células: las traqueidas, que son células muertas, alargadas, que unidas en cordones forman el xilema. Su función principal es el transporte de agua y minerales y las del floema que son vivas y alargadas, cuya función es transportar las sustancias orgánicas ya elaboradas hacia el resto de la planta. El xilema y el floema forman la estela, la cual tiene diversos tipos: en la raíz y en el tallo tierno se convierte en un cordón compacto, pero cerca del centro del cordón surgen células parenquimáticas sin clorofila, formando la médula que posteriormente se extiende a todo lo largo de la estela, a medida que el helecho crece. De la estela se desprende un cordón vascular

que inerva las hojas (atraviesa la corteza, corre por el pecíolo y penetra a la zona laminar, ramificándose), en su sitio de salida del cordón vascular o traza foliar se unen el tejido medular con el parénquima de la corteza. El parénquima cortical y medular se desarrolla por lo general con una estructura que almacena almidón; la epidermis de los tallos, a su vez, forma derivados dérmicos como pelos y escamas que protegen las células meristemáticas (Alvarez, 1978).

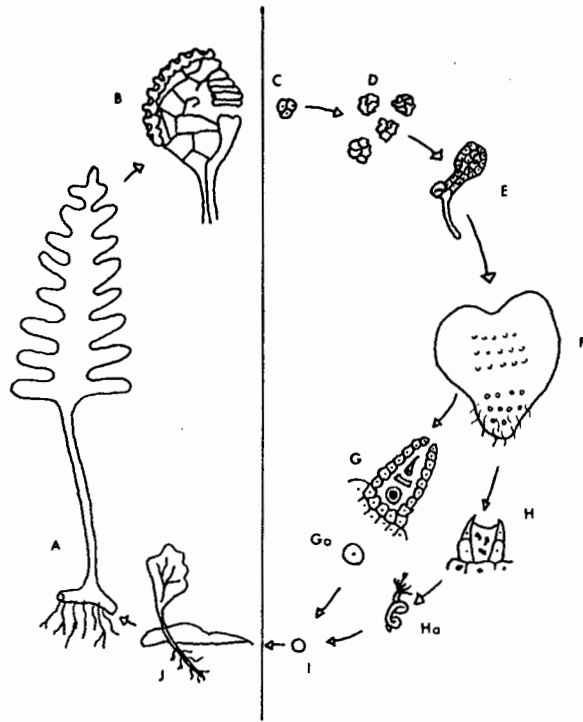
4.4 Reproducción

Durante el desarrollo de los helechos aparecen las frondas fértiles que nacen por grupos en el tallo, alternando con las estériles. La mayoría de las veces las frondas fértiles y estériles son conformes o análogas, o dimorfas ya que difieren en su tamaño y morfología. En las frondas fértiles se encuentran las células reproductivas conocidas como esporas; éstas son de tamaño microscópico, uniformes y homosporas, en el interior de los esporangios; éstos a su vez se encuentran en la epidermis de la fronda en puntos determinados, formando los soros. Existen algunas especies cuyos esporangios no forman soros y aparecen aislados en los segmentos de la fronda, o en hileras biserials (Roviroso, 1976). Cuando las esporas encuentran condiciones favorables germinan y dan lugar a la etapa sexual o gametofítica, en donde se lleva al cabo la fecundación y formación del helecho (Mickel *et. al.* 1987).

4.5 Propagación

La propagación de los helechos se lleva a cabo por diferentes métodos. En el laboratorio, por medio del cultivo in-vitro de esporas y la multiplicación clonal en donde el tejido celular embrionario de crecimiento terminal (tejido meristemático) es aislado e incubado en agar nutritivo en tubos de ensayo, bajo condiciones controladas de esterilidad. Sin embargo, este método presenta la dificultad de adaptación de las plantas a condiciones no estériles al momento del trasplante, ocasionando una alta mortalidad. Otro método por propagación vegetativa, es la división del rizoma, brotes, bulbos o plantitas que se forman sobre las frondas de algunas especies estoloníferas, su inconveniente es el número reducido de plantas.

Para la producción de plantas a mayor escala bajo condiciones de invernadero y usando métodos sencillos y económicos se ha recurrido a la propagación por medio de la siembra de esporas. Generalmente los helechos llegan a producir millones de ellas en una sola estación de crecimiento, de las cuales bajo condiciones apropiadas se logra obtener un número elevado de individuos (Graf, 1982). No obstante, el inconveniente de éste método es el tiempo que tarda la espora en germinar para formar el prótalo, fecundarse y formar el esporofito, el cual requiere de un tiempo prolongado para desarrollarse y formar la planta adulta productora de esporas, para completar su ciclo fenológico (Figura 1).



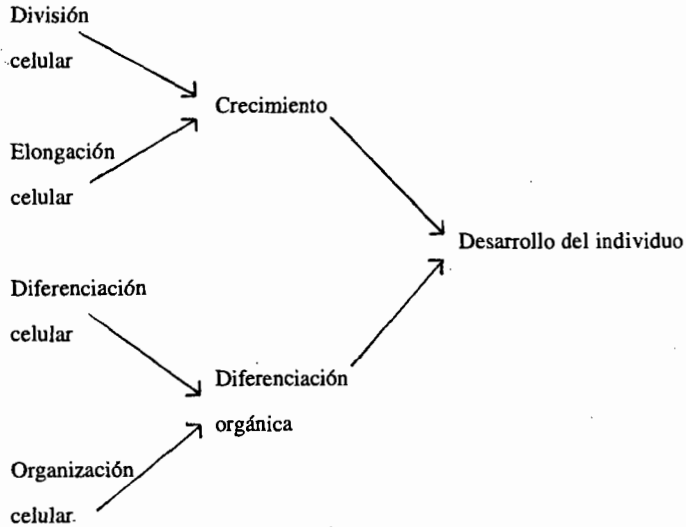
GENERACION ESPOROFITICA

GENERACION GAMETOFITICA

Figura 1. Representación gráfica del ciclo de vida de un helecho típico; A. Fronda de un helecho o esporofito maduro, dando esporangios en determinados puntos del érvs. B. Un esporangio; cuando madura explota abriendo y lanzando sus esporas en el aire. C. Una tétrada de esporas jóvenes. D. Esporas adaptándose al medio. E. Una espora germinando en un gametofito joven. F. Gametofito maduro llamado prótalo o prótalo que posee los órganos sexuales. G. Un arquegonio (órgano femenino). Ga. Célula huevo o gametofito femenino. H. Un anteridio (órgano masculino). Ha. Espermatozoide o gameto masculino. I. Huevo fertilizado o cigoto (el espermatozoide en un medio húmedo sale del anteridio y se desliza hasta el arquegonio en donde fecunda el huevo). J. Esporofito joven (visto de perfil) creciendo a partir del cigoto permanece unido al prótalo durante un tiempo.

4.6 Desarrollo

El desarrollo de todo individuo (animal o vegetal) tiene dos componentes: el crecimiento, fenómeno cuantitativo de aumento de masa, y la diferenciación, fenómeno cualitativo de cambio interno. Los cambios que sufre la planta en su desarrollo están determinados principalmente por factores genéticos y ambientales, los cuales se explican en el siguiente esquema:



La respuesta de la planta a factores externos está determinada por un factor interno, que depende de la constitución genética de la planta que la provee de un mecanismo de respuesta autorregulable. La planta percibe un estímulo a través de un receptor o sensor, que actúa sobre un precursor, el que se transforma químicamente y activa a otras moléculas intermediarias para transformarlas o inducir la síntesis de otras; en esta etapa hay en la planta mecanismos de retroacción, de modo que pueda frenar el proceso y reajustar su fisiología al medio. Pero si no utiliza este autocontrol, los intermediarios van finalmente a estimular de alguna manera la síntesis de una o varias moléculas efectoras (enzimas) que son las que van a determinar la respuesta fisiológica.

El conocimiento de los mecanismos de respuesta permite manipular el desarrollo al aplicar intermediarios o efectores de modo exógeno para inducir la respuesta (Rojas y Ramírez 1992).

4.7 Reseña Histórica de los Fitorreguladores

La presencia de una sustancia que afecta el crecimiento de los coleoptilos de avena fue intuída por Charles Darwin al final del siglo XIX. (Bidwell, 1979). Sachs (1880) obtiene evidencias de que las hojas jóvenes y la actividad de los brotes estimulan la iniciación de raíces y sugiere la participación de una sustancia transmisible (hormona) (Salisbury y Ross, 1992). Fritz Went, en Holanda (1920) efectuó experimentos en coleoptilos de avena que probaron definitivamente la existencia de estas sustancias (Romo, 1985); al mismo tiempo G. Haberlandt en Austria, descubrió que un compuesto no conocido presente en células parenquimáticas y tejidos vasculares de varias plantas estimulan la división celular. Fue la primer demostración de que las plantas contienen compuestos, ahora conocidos como citocininas debido a que estimulan la citocinesis (Salisbury y Ross, 1992).

Poco más tarde (1926) Kurosawa, un investigador japonés, descubrió en el hongo Gibberella fujikoroii posteriormente identificado como Fusarium moniliforme otras sustancias que inducían el crecimiento en forma desproporcionada de los tallos en las plantas de arroz (Romo, 1985).

En 1930 se conoció la estructura e identidad de las sustancias investigadas por Went a las que se llamó auxina (del griego, auxo: crezco). Años después (1934) Kögl y Haagen Smit lograron aislar las auxinas al obtener de orina el ácido indolacético (AIA). Una vez comprobado que el AIA es una auxina natural, varios científicos se dedicaron a sintetizar y probar sustancias cuyas estructuras tuvieran algo en común con él: naturaleza ácida, núcleo aromático e hidrógenos al grupo ácido. De esta manera nacieron las auxinas sintéticas como el ácido

indolbutírico (AIB) y el ácido naftalenacético (ANA). Se encontró que cuando la cadena lateral era impar, la sustancia era inactiva, en caso contrario, la planta la podía oxidar por medio del mecanismo de la β -oxidación hasta llegar a un ácido acético sustituido que era activo, demostrando así que las plantas pueden sintetizar dentro de su organismo sustancias activas a partir de materiales inocuos (Romo, 1985).

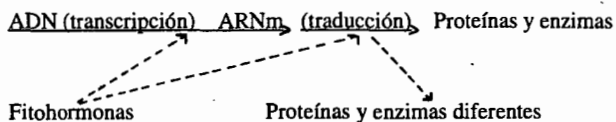
Went y Kenneth V. Thimann en 1935 demostraron que el AIA estimula la iniciación de raíces y desarrollaron los primeros usos prácticos de las auxinas (Salisbury y Ross, 1992). Posteriormente en 1946 se obtuvo el AIA como producto natural al ser aislado del maíz tierno (Bidwell, 1979). En 1938 T. Yabuta y T. Hayashi aislaron e identificaron el compuesto activo presente en el hongo E. moniliforme y lo llamaron giberelina, sustancia que se encuentra en plantas superiores, helechos, algas y hongos pero aparentemente no en bacterias. (Salisbury y Ross, 1992). Sin embargo, no fue sino hasta 1955 que las giberelinas se conocieron en el mundo occidental. Birch et al. en 1959 encontraron la ruta seguida por el hongo E. moniliforme en la biosíntesis del ácido giberélico (Romo, 1985).

A partir de entonces se ha aplicado en la horticultura, y actualmente se utiliza para dos propósitos principales: regular fenómenos particulares del desarrollo, como la emisión de raíces adventicias, y la retención de flores o frutos. En el primer experimento de este tipo realizado por Gustaffson en 1936 se indujo el amarre o asentamiento de flores emasculadas obteniendo frutos sin semilla, el primer intento para estimular el desarrollo general de la planta lo efectuó Cholodny en el mismo año introduciendo granos de trigo en solución de auxinas.

En 1941 se descubrió que las auxinas sintéticas cloradas 2,4-D y MCPA eran tan activas que podrían usarse como herbicidas para matar selectivamente dicotiledóneas, que eran consideradas como malezas de los cultivos.

Actualmente el desarrollo vegetal no sólo se manipula con fitohormonas naturales, sino con otros fitorreguladores de moléculas iguales o similares a las hormonas naturales por lo que se consideran hormonas sintéticas. La acción de estos fitorreguladores es muy parecida a la de las hormonas naturales. Existen réplicas de los principales grupos: fitorreguladores auxínicos, giberélicos y citocínicos (Rojas y Ramírez 1992). Durante muchos años se creyó que las hormonas determinaban directamente los procesos del desarrollo y que actuaban sobre los grandes fenómenos como la emisión de raíces, flores, etc. Así la teoría de las calinas de Went postulaba la existencia de tres hormonas o grupos hormonales: la rizocalina, inductora del desarrollo de la raíz; la caulocalina determinante del crecimiento del tallo y la filocalina, generadora de las hojas.

Actualmente se sabe que la acción fundamental de las fitohormonas son: a nivel celular (sobre la mitosis, el alargamiento celular etc.), de modo que sus efectos se manifiestan a través de fenómenos fisiológicos. Así también actúan sobre los ácidos nucleicos a nivel de la transcripción del mensaje (ADN-ARN) o de su traducción (ARN --aminoácido) (Rojas, 1987).



Acción general de las hormonas.

En general los fenómenos fisiológicos controlados por las hormonas vegetales son los siguientes: de correlación como multiplicación y alargamiento celular, dominancia apical, actividad de las yemas, interrupción del letargo, y abscisión de órganos; de sensibilidad o movimiento como los tropismos y las nastias; y de reproducción como floración, polinización y desarrollo del fruto (Rojas y Ramírez 1992).

4.8 Auxinas

La auxina típica es el ácido indolacético (AIA), que es sintetizado en el vegetal a partir del aminoácido triptófano (Figura 2).

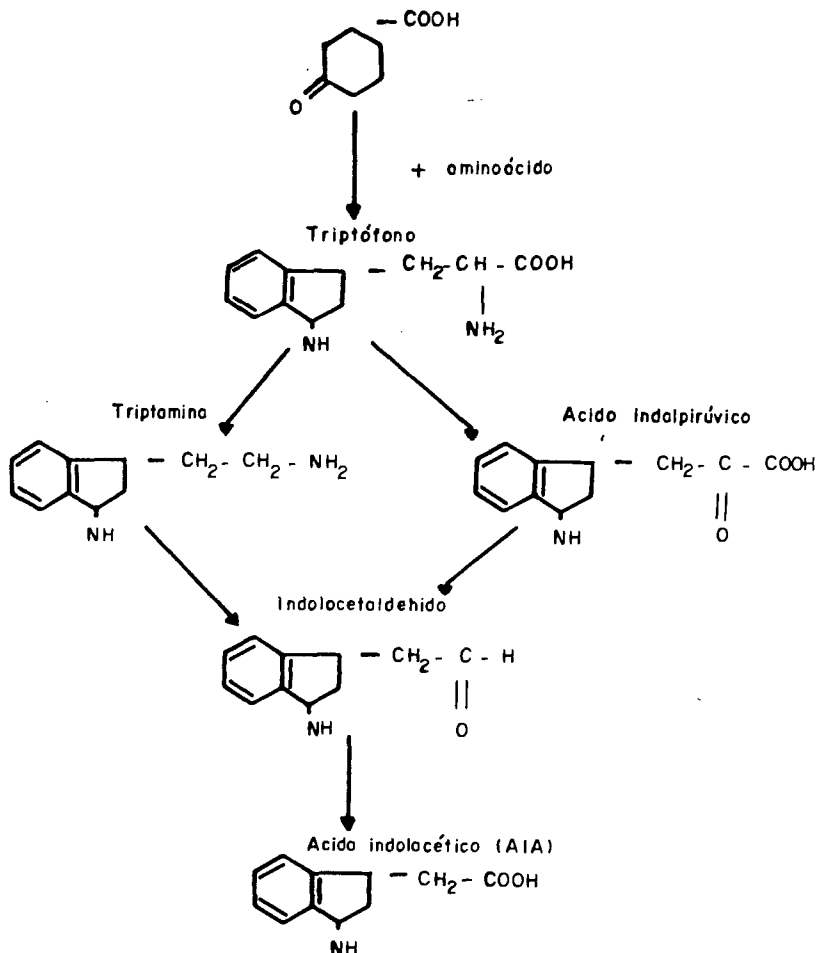


Figura 2. Ruta de Biosíntesis del Acido Indolacético.

Existen varios mecanismos de acción del AIA sobre los ácidos nucleicos. Uno de ellos es la remoción de la capa de histonas que cubre la cadena de ADN, descubriendo los mensajes genéticos. Otro mecanismo es la acción a nivel de la traducción del mensaje, específicamente sobre el enlace del aminoácido con el ATP que lo activa para unirse al ARN mensajero (enlace acil-adenilato). Se ha comprobado también que el AIA promueve o reprime la síntesis de fracciones del ARN mensajero por un mecanismo desconocido. Su transporte en la planta principalmente es basipétalo, ya que debido a su electronegatividad es atraído por las células basales y repelido del ápice que posee carga negativa, (Rojas y Róvalo, 1984; Rojas y Ramírez, 1992).

En la práctica, las auxinas son empleadas para evitar o disminuir la caída prematura de las hojas y frutos, acelerar el enraizamiento de estacas, producción de frutos sin semillas, crecimiento de flores y frutos, disminución del estado latente de los tubérculos y bulbos y otros tallos subterráneos, ayudan a cicatrizar las heridas provocadas por la poda y aceleran la unión de los tejidos en injertos (Rojas y Róvalo, 1984; Bidwell, 1979).

El principal efecto auxínico es la estimulación del alargamiento celular a concentraciones bajas (aprox. 10 ppm) o su depresión a concentraciones altas (entre 100-1000 ppm) como lo demostró Thimann, citado por Rojas y Ramírez (1992). También dosis altas de auxinas estimulan la síntesis de etileno que retarda la elongación de raíces y tallos. (Salisbury y Ross, 1992).

Actúan sobre el ARN desreprimiendo genes, intervienen en la síntesis de amilasa, que desdobra el almidón para generar glucosa. Esta inducción se efectúa activando un precursor inactivo del ARN mensajero. Son muy estables y de rápida distribución por el floema; se sintetizan en el ápice del tallo y en las frondas jóvenes, moviéndose también en forma basipétala; pero puede transportarse hacia el ápice.

La acción estimulante del crecimiento por efecto de estas hormonas se manifiesta en un rango muy amplio de concentraciones (de 10-1000 ppm o más), lo cual parece indicar que el número de receptores es muy grande o bien que hay una continua síntesis de ellos. Son utilizadas principalmente en el enanismo produciendo un crecimiento normal de plantas genéticamente enanas e incluso de especies cuyo natural desarrollo del tallo hace que nunca pasen del estado de roseta, como la col, pues el tratamiento con giberelina alarga los entrenudos y rompe su hábito de roseta; estimulan también la floración, la germinación de semillas y brote de yemas, inducen además la partenocarpia y estimulan el desarrollo del fruto; aparte de su efecto en la sexualidad, aumentando el porcentaje de flores masculinas (Rojas y Róvalo, 1984; Rojas y Ramírez, 1992).

4.10 Citocininas

Las citocininas por tener adenina en su molécula se cree que provengan parcialmente de productos de hidrólisis de fracciones de ácidos nucleicos. En el tallo del tabaco se ha visto que otra fracción proviene del isopentenil fosfato (Figura 4).

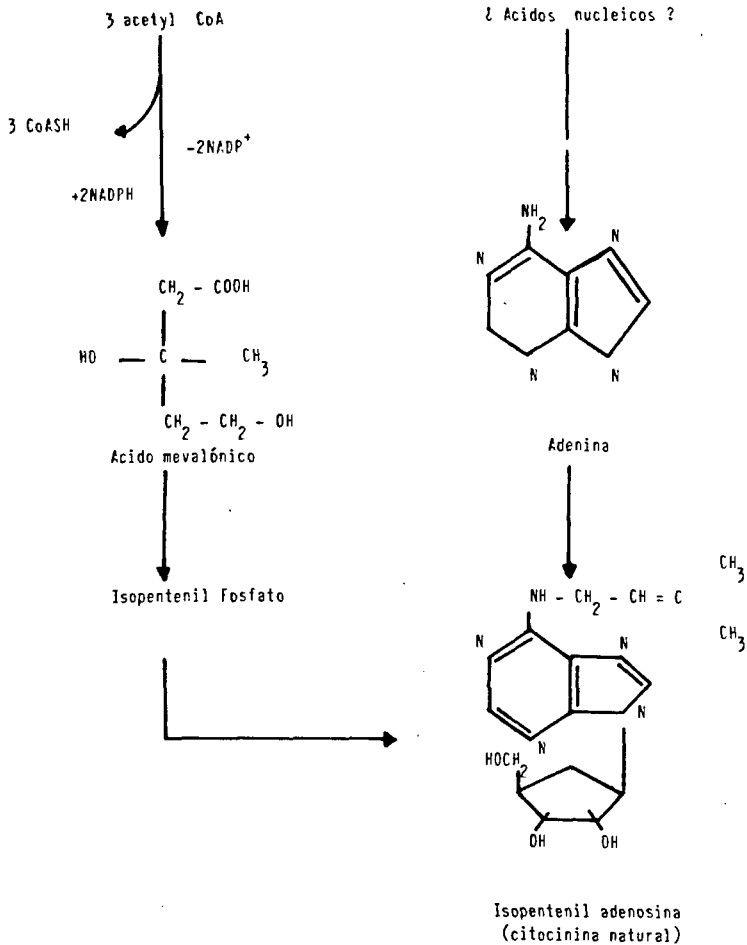


Figura 4. Biosíntesis de las Citocininas.

Fox y Erion citados por Rojas y Ramírez (1992) encontraron que los ribosomas de la raíz tienen una gran capacidad para ligar citocininas; por otra parte, en las células se encuentran proteínas que se conjugan con las citocininas pero al igual que en los ribosomas se desconoce su función. La citocinina endógena parece tener transporte polar basipétalo y es muy poco móvil cuando se aplica en forma exógena. Se sintetizan principalmente en la raíz, y en ocasiones en las hojas, pero suelen presentarse en las yemas del tallo, donde tienen efecto hormonal.

Las otras hormonas activan la división celular, indirectamente como efecto de la acción metabólica; sin embargo las citocininas lo hacen en forma directa. Interactúan con las auxinas en el proceso de dominancia apical donde el crecimiento de las ramas está controlado por el crecimiento del tallo. Además intervienen en la organogénesis, germinación, inducción de la iniciación del crecimiento de los tallos y ramas y el rompimiento del letargo de las yemas.

Como sucede con otras hormonas, las citocininas activan también el transporte de nutrimentos. Los fenómenos estimulados por las citocininas son característicos de las plantas jóvenes por lo que parecen ser esencialmente "factores de juvenilidad" cuya deficiencia induce síntomas de senescencia (Rojas y Róvalo, 1984 ; Rojas y Ramírez, 1992).

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 Descripción del Area

5.1.1 Localización geográfica

El presente trabajo se realizó en un área adjunta al invernadero general del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara, ubicado en el Km. 15.5 de la carretera Guadalajara - Nogales, en Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco. Realizado durante el periodo 2 de febrero a 23 de noviembre de 1990.

5.1.2 Instalación

La instalación donde se llevó a cabo el experimento está construida de la siguiente manera: orientación Oriente - Poniente; formada por una estructura metálica que conforma el techo y la pared Sur; la pared Norte pertenece también al invernadero general y está provista de ventilas para la circulación de aire y humedad. El techo está cubierto de láminas de fibra de vidrio translúcida, las paredes Sur, Poniente y Oriente con polietileno. La temperatura promedio anual en su interior es de 20°C, con una mínima de 15°C y una máxima de 25°C. La humedad relativa promedio es de 85% (Ruiz, 1990).

5.2 Material biológico

El material biológico se seleccionó de ejemplares cultivados en el invernadero, como parte de la colección de especies vegetales exóticas y nativas de Jalisco y de desarrollo fenológico relativamente corto. Se emplearon tres especies: Adiantum raddianum; Cyrtomium falcatum y Tectaria heracleifolia.

A continuación se describen las características generales de cada una de estas especies:

5.2.1 Descripción de las especies

a) Adiantum raddianum Presl.

Plantas terrestres, localizadas en regiones húmedo-tropicales. Rizoma corto, rastrero y compacto, con escamas oscuras de 2.3 a 3 mm de largo y 0.5 mm de ancho. Estípites de 7 a 20 cm de longitud, color rojizo o castaño oscuro, generalmente liso o con unas cuantas escamas en la base. Frondas curvadas de 15 a 45 cm de largo y 10 a 25 cm de ancho, de textura fina con formas que van desde ovadas-deltadas a ovadas-lanceoladas, bipinadas o tripinadas con 6-9 pares de pinas que disminuyen en tamaño hacia su ápice, la longitud de las pínulas varía de 8-12 mm, con el haz y el envés glabros; las estériles con márgenes dentados y nervaduras bifurcadas en su terminación. Los soros nacen en los segmentos de las pínulas, replegados hacia abajo, cubiertos por indusios lisos, reniformes o esféricos, de 1-1.5 mm de longitud, con esporas color café claro (Figura 5) (Mickel, 1979; Mickel and Beitel 1988).

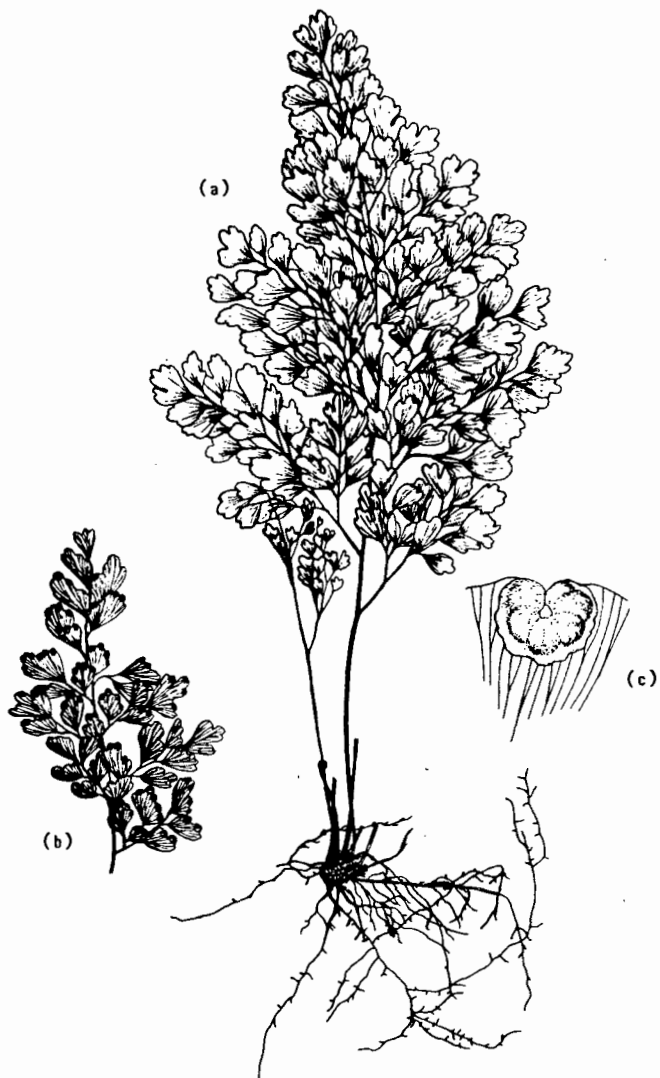
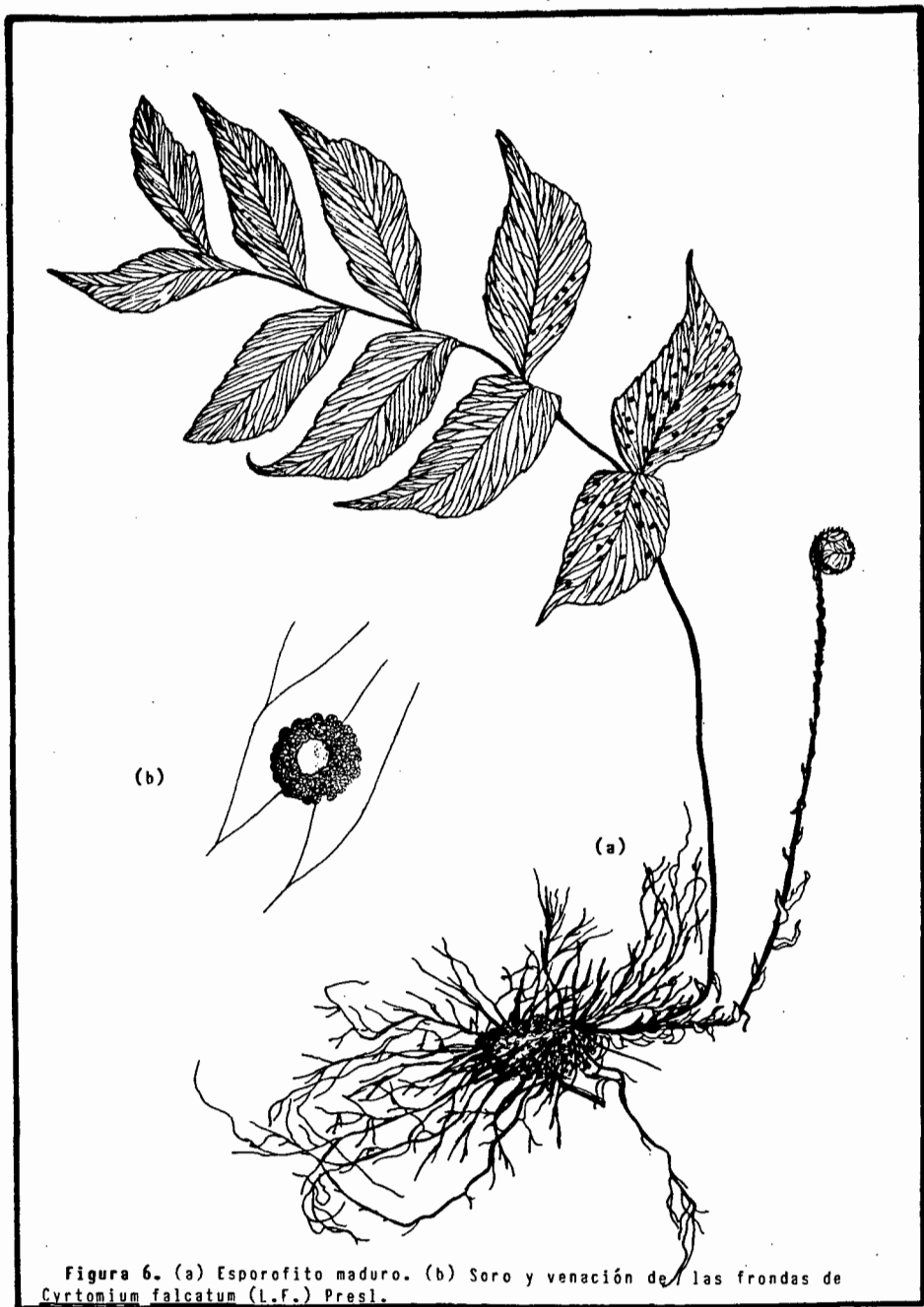


Figura 5. (a) Esporofito maduro. (b) Fragmento de una fronda fértil vista por el envés. (c) Fragmento de una pínula mostrando venas y un soros con su indusio; de *Adiantum raddianum* Presl.

b) Cyrtomium falcatum (L.f.) Presl.

Plantas terrestres distribuidas principalmente en regiones subtropicales. Rizoma ascendente firme, cubierto con largas escamas oscuras. La longitud del peciolo es de 10-15 cm, termina en frondas erguidas y coriáceas de hasta 60 cm de largo, éstas se dividen de 4-10 pares de pinas, raramente más, miden hasta 10 cm de largo y 1.5 a 2.5 cm de ancho, con formas usualmente auriculadas, ovales, a menudo margen groseramente dentado, con nervaduras reticulares, lámina color verde oscuro brillante. Los esporangios aparecen en pequeños grupos sobre el envés de las pinas, en soros redondos cubiertos por indusios circulares; al principio de color verde, luego castaño claro (Figura 6) (Mickel; 1979).



c) Tectaria heracleifolia (Willd.) Underw.

Plantas terrestres de regiones tropicales y húmedas, de rizoma ascendente y firme, con escamas de 2.5 mm de largo y 0.3 - 0.5 mm de ancho. Estípites frecuentemente más largo que la fronda, de color claro a oscuro con presencia de escamas y pelillos de 0.1 mm de longitud esparcidos en la base. Frondas simples una a dos veces pinadas con una longitud de hasta 70 cm y una anchura de 40 cm; su par basal de 12-25 cm de largo, provisto de uno a dos lóbulos prominentes basiscópicos y uno acrosópico más corto; agudos de 5-15 cm de largo, enteros o festoneados, con pelillos de 0.1 mm, dispersos en su parte superior y ausentes o presentes en su región adaxial. Soros distribuidos en el envés de las frondas fértiles, en hileras a cada lado de las nervaduras secundarias; indusio persistente, densamente peltado, hasta 3.5 mm de diámetro, con pelillos esparcidos sobre la superficie (Figura 7) (Mickel, 1979; Mickel and Beitel, 1988).

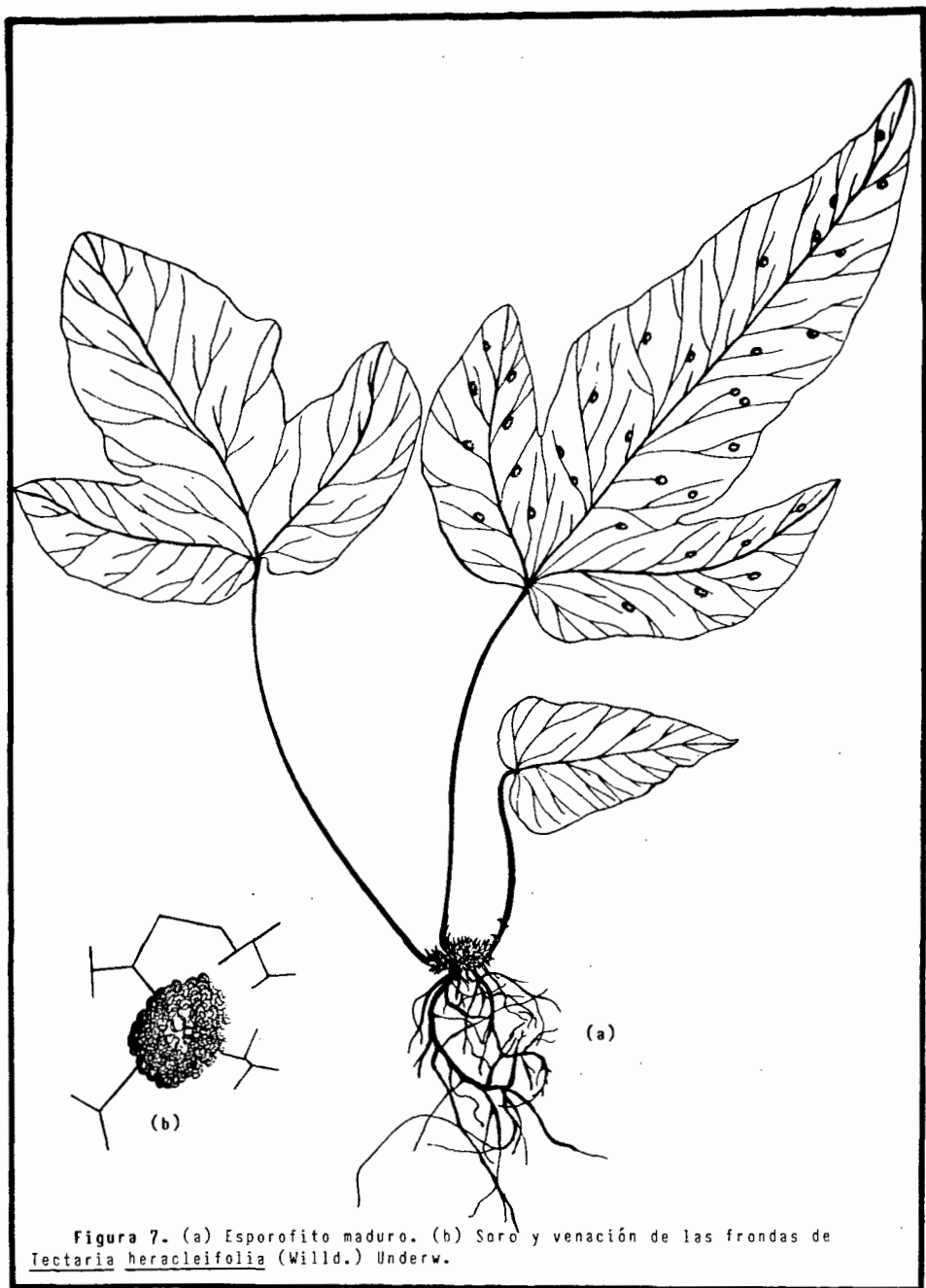


Figura 7. (a) Esporofito maduro. (b) Soro y venación de las frondas de *Tectaria heracleifolia* (Willd.) Underw.

5.3 Material químico

Como fuente de ácido giberélico (AG₃) se empleó un compuesto comercial conocido como activol; de auxinas, gapol que además contiene metabolitos nitrogenados y elementos menores; y biozyme que contiene una mezcla de ácido indolacético AIA (auxina), giberelinas, citocininas y elementos menores (Fe, Zn, Mn, Mg).

5.4 Metodología

5.4.1 Diseño experimental

El diseño experimental estadístico empleado fue el de bloques al azar, con un arreglo factorial de 3 x 3 x 4 x 4, (3 especies, 3 productos, 4 concentraciones y 4 repeticiones por concentración), utilizando un total de 144 individuos, (Reyes, 1984). De cada especie se formaron 3 grupos, cada uno se trató con un producto diferente, a la vez los grupos iniciales se dividieron en cuatro subgrupos recibiendo concentraciones de 0, 10, 20 y 30 ppm. para cada subgrupo se hicieron cuatro repeticiones.

5.4.2 Conducción del experimento.

5.4.2.1 Medio de cultivo.

Como medio de cultivo se empleó una mezcla compuesta por: jal, tierra de encino y tierra de campo en una proporción de 1:1:2, respectivamente (Hartman y Kester, 1989). El substrato se esterilizó con formol grado comercial, diluido a 2% en agua potable, empleando 10 litros de la solución para 0.3 m² de la mezcla, que se aplicó hasta humedad homogénea. Posteriormente se cubrió con plástico durante 48 horas para luego ventilarla durante una semana antes de utilizarla.

5.4.2.2 Trasplante.

Las plántulas con un tamaño promedio de 3.8 cm. y 16 meses de edad fueron trasplantadas del almácigo a macetas, previamente marcadas para su identificación. Fue necesario realizar otros tres trasplantes a recipientes mayores antes de que las plantas alcanzaran su completo desarrollo. Los tratamientos se aplicaron una semana después del trasplante, para permitir la adaptación de la planta a la maceta.

5.4.2.3 Tratamientos.

De los productos mencionados anteriormente, se prepararon diluciones a concentraciones de 10, 20 y 30 ppm en agua potable. En cada aplicación se utilizó una cantidad de 125 ml de activol y de 250 ml para gapol y biozyme. Una vez preparadas las diluciones, fueron aplicadas a los subgrupos correspondientes, mediante aspersión manual dirigida al follaje. El período entre cada aplicación fue de 21 días, dando un total de 7 aplicaciones, hasta el momento en que aparecieron las primeras frondas fértiles.

5.4.2.4 Riegos.

Se realizaron de forma periódica, tanto dirigida a la maceta como por aspersión completa a la planta y toda el área, tratando de mantener una humedad relativa promedio superior a 80%.

5.4.2.5 Toma de datos.

Se efectuaron mediciones de la fronda mayor de cada planta tomando en cuenta el largo y ancho de la misma, iniciando a partir del primer trasplante hasta antes de la aplicación de los tratamientos y posteriormente cada 15 días, hasta el término del experimento.

Los resultados obtenidos de las mediciones de largo y ancho de las frondas se interpretaron mediante un análisis de varianza (ANDEVA) y las interacciones especie/producto hormonal, especie/dosis, producto hormonal/dosis y especie/producto hormonal/dosis se

compararon con la prueba de efectos simples. Estas mismas pruebas fueron aplicadas al tiempo en que se presentaron frondas fértiles (cuando se observó en varias plantas indicios de la aparición de soros). En el caso de existir diferencia significativa se realizó la prueba de Tukey (Reyes, 1985).

Se efectuaron los análisis estadísticos de regresión y correlación para observar si existe dependencia y qué tan estrecha es, entre el crecimiento en un tiempo determinado con la especie y tratamiento utilizado.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

La aplicación de reguladores de crecimiento (RC) en helechos en la fase gametofítica ha revelado que el uso de ácido giberélico (GA_3) reemplaza los requerimientos de luz roja para estimular la germinación de esporas en diferentes especies de helechos, entre las cuales destacan Anemia phyllitidis y Lygodium japonicum (Scharudolf 1962, Näf 1966, Weinberg y Voeller 1969) citados por Raghavan (1976). Además, se reporta que éste regulador posee propiedades anteridiogénicas en helechos, ya que se ha observado que el prótalo es capaz de utilizarlo como precursor de anteridiógenos naturales que son más especie-selectivos en su acción que el propio GA_3 . Algunos anteridiógenos nativos son Apt, ALy, Aon, AAn, que son activos en algunas especies de la familia Polypodiaceae actuando además en la germinación de esporas. El AAn se ensayó en plantas superiores en donde actuó como giberelina pero debilmente (Näf, 1975). Los resultados presentados en este trabajo es una evidencia adicional de la respuesta de los helechos a la aplicación de reguladores de crecimiento, además, se observa que hay una gran variación en las respuestas de las especies a los productos y a las dosis, lo cual refleja diferencias genéticas y fisiológicas entre las especies de helecho evaluadas.

Los resultados del ANDEVA para evaluar la respuesta a la aplicación de productos hormonales (activol, gapol y biozyme) a tres especies de helecho en la variable largo de fronda reveló diferencias altamente significativas para especies ($p < 0.01$), significativa para tratamiento y producto hormonal ($p < 0.05$) y no significativas para dosis e interacciones (Tabla 1, apéndice). Esta es una respuesta esperada debido a que el activol contiene giberelinas, el gapol auxinas y el biozyme una mezcla de auxina, giberelina y citocinina. Estos tres tipos de fitohormonas estimulan el crecimiento celular (división y elongación celular) en angiospermas y plantas vasculares inferiores (Salisbury y Ross, 1992; Rojas y Ramírez, 1992). Sin embargo, cada especie presentó una respuesta diferente a los diversos reguladores y dosis empleadas de estos productos. De esta manera, en T. heracleifolia el mayor crecimiento en largo de las frondas

se encontró cuando se aplicaron 10 ppm, en A. raddianum 10 y 20 ppm de activol (Figura 8), en contraste con C. falcatum el mayor efecto fue con el producto gapol a igual dosis (Figura 10), y T. heracleifolia también a 10 ppm y A. raddianum con la dosis de 30 ppm respondieron más favorablemente al producto biozyme (Figura 12). Esta respuesta diferencial a las concentraciones utilizadas de los productos hormonales, están reflejando que existen diferencias en sensibilidad a las fitohormonas aplicadas, lo cual se atribuye comúnmente a la condición fisiológica del tejido y a los niveles endógenos de auxinas (Salisbury y Ross, 1992).

En el caso de la variable ancho de frondas el ANDEVA reveló también diferencias altamente significativas para los diferentes tratamientos, indicando que al menos uno de los reguladores de crecimiento empleados en sus diferentes dosis tuvieron efecto en las distintas especies de helecho empleadas en este estudio. Además se encontraron respuestas significativas para la interacción especie/producto hormonal, sin embargo, no se encontraron diferencias para las especies, dosis y las otras interacciones (Tabla 2, apéndice).

Aparentemente las giberelinas presentes en el producto activol tuvieron efectos significativos ya que al realizar las pruebas de efectos simples se encontró que la dosis 10 ppm produjo una mejor respuesta en T. heracleifolia; C. falcatum respondió mejor a 20 ppm y la mejor respuesta de A. raddianum fue a la dosis de 30 ppm (Figura 9), las respuestas positivas a distintas dosis pueden ser debido a que las giberelinas actúan estimulando el crecimiento en un rango muy amplio (10 a 1000 ppm), Rojas y Ramírez (1992). Las auxinas contenidas en el producto gapol no presentaron respuestas significativas en ninguna de las pruebas estadísticas aplicadas para la variable ancho de frondas (Figura 11), lo cual puede atribuirse a los resultados aportados por Puneta y Kaur (1987) que señalan que el desarrollo de las frondas en los helechos está dado principalmente en forma lateral, por los meristemas laterales los cuales sintetizan cantidades relativamente altas de auxina por lo que fisiológicamente no existe deficiencia de ésta hormona, Rojas (1987) nos indica que a dosis altas de fitohormonas se inhibe el crecimiento y

dosis bajas no producen ningún efecto, por lo que al utilizar gapol a estas concentraciones, tal vez el crecimiento fue inhibido al combinarse con la concentración interna de auxinas en cada planta. No obstante al aplicar la mezcla de hormonas presentes en el producto biozyme se observó en T. heracleifolia una respuesta altamente significativa a todas las dosis y en A. raddianum a 30 ppm (Figura 13).

El período de tiempo requerido para la formación de los soros en las frondas fue variable. El ANDEVA para cada producto hormonal con el fin de evaluar en forma individual los efectos de estos reguladores en el tiempo utilizado por cada una de las especies para formar los soros, reveló que el producto activol muestra alta significancia con respecto a las especies y no significancia para las dosis e interacción especie/dosis, en la prueba de efectos simples, tampoco se encontraron significancias estadísticas (Tabla 3, apéndice; Figura 14); Esta respuesta se atribuye al hecho que la principal función de las giberelinas contenidas en el activol es estimular el crecimiento celular. El gapol, que contiene principalmente auxinas mostró respuesta altamente significativa para la variable especies (Tabla 4, apéndice); además en las pruebas de efectos simples se encontró significancia para las dosis 0 y 10 ppm en T. heracleifolia (Figura 15). El ANDEVA para el producto biozyme, reveló alta significancia para especies (Tabla 5, apéndice), en A. raddianum únicamente 0 ppm y T. heracleifolia en todas las dosis (Figura 16), resultados que apoyan las observaciones de Puneta y Kaur en que las auxinas (contenidas en ambos productos) influyen en el crecimiento marginal, y es comprobado por Zurakowski y Gifford (1988) al encontrar en sus estudios con A. raddianum y Cheilantes viridis que este meristema marginal es responsable del establecimiento de las diferentes capas que componen el mesófilo, proveyendo nuevas células, las cuales por alargamiento expandirán la pínula, dando finalmente a la fronda su forma característica, iniciando la posición del procámbium y la formación del falso indusio (a partir del cual se formará el indusio).

En el coeficiente de regresión se observa que existe una correlación positiva directa

significativa entre el crecimiento de los helechos y los diferentes tratamientos aplicados, ya que su valor se aproxima a la unidad (Tablas 6 y 7, apéndice).

Numerosas plantas anuales y partes individuales de plantas anuales y perenes crecen con una tasa que da una curva de crecimiento ideal en forma de S (sigmoidea) (Salisbury y Ross, 1992; Reddy y DeBusk 1984) (Gráfica 19, apéndice). La dinámica de esta curva es bien explicada por Salisbury y Ross (Rojas y Ramírez, 1984), presenta tres fases: a) fase log (logarítmica) que muestra la tasa de crecimiento (aumento de tamaño por unidad de tiempo) que es lenta y aumenta día tras día, probablemente por que el número de células también va aumentando en división y alargamiento, b) fase linear, que representa el aumento en tamaño continuo y constante, posiblemente por que las masas meristemáticas producen células de crecimiento sólo en longitud y c) fase de senescencia, caracterizada por una disminución en la tasa de crecimiento cada día hasta que este es nulo, y cuando las plantas alcanzan la madurez y llegan a la senescencia. Estas tres fases se observan claramente en los resultados de este trabajo representados en las gráficas 1 a 18 que muestran un crecimiento acumulativo en largo y ancho de las frondas, en respuesta a la aplicación de los diferentes reguladores de crecimiento; en ellas se graficó hasta el momento en que se observó en las plantas la formación de soros misma que se puede intuir, ya que se empieza a dibujar la tercera fase de la curva sigmoidea -como se mencionó anteriormente es donde las plantas llegan a la madurez-.

Así se observa que las mejores respuestas al producto activol en el crecimiento tanto de largo como en ancho de las frondas fueron A. raddianum y T. heracleifolia a 10 ppm (Gráficas 1, 2 y 13, 14 respectivamente) y C. falcatum a 20 ppm (Gráficas 7 y 8). El gapol provocó respuesta en la especie A. raddianum a 20 ppm (Gráficas 3 y 4) y C. falcatum respondió mejor a 30 ppm en largo y 10 ppm en ancho (Gráficas 9 y 10), a las mismas dosis respondió T. heracleifolia pero en forma inversa es decir, 10 ppm largo y 30 ppm ancho, aunque en esta especie la dosis 0 ppm o testigo presentó un crecimiento un poco mayor a las dosis empleadas (Gráficas 15 y 16). El

contenido endógeno de auxinas junto con el aplicado puede ser la causa de la disminución en el crecimiento de algunos helechos tratados, lo cual se notó al compararlos con los testigos. Por otro lado el producto biozyme actuó mejor a las dosis más altas en A. raddianum a 30 ppm (Gráficas 5 y 6) C. falcatum 20 y 30 ppm (Gráfica 11) y 0 y 30 ppm (Gráfica 12) y I. heracleifolia respondió mejor a 20 ppm (Gráficas 17 y 18). Esta representación de las respuestas en las plantas difiere un poco a las encontradas en el ANDEVA ya que en este último se han obtenido promedios y pruebas estadísticas para analizar en forma más confiable el comportamiento de las especies utilizadas a las dosis y productos aplicados.

Durante el tiempo en que se realizó el experimento, la humedad se mantuvo lo más estable posible a 85% la cual regulaba a su vez a la temperatura, sin embargo debe tomarse en cuenta que las temperaturas registradas presentaron mínimas de 15 °C y máximas de 25 °C por lo que al no controlarse totalmente pudieron haber influenciado en alguna forma en las respuestas obtenidas. Por otra parte, se debe tener cuidado al utilizar RC complejos como el biozyme ya que por la diversidad de sus componentes se dificulta detectar su efecto en la respuesta de las plantas (Rojas y Ramírez, 1992) al mismo tiempo que puede presentarse algún efecto negativo en el desarrollo.

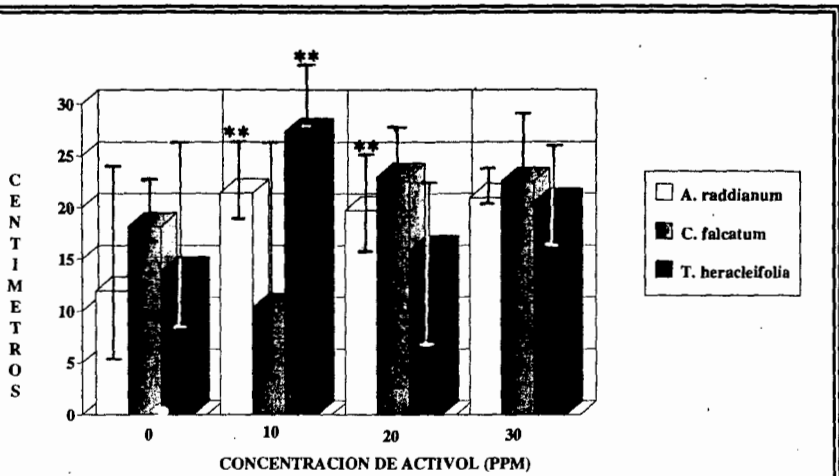


Figura 8. Efecto del producto "activo" sobre el crecimiento en largo de las frondas de tres especies de helechos del período 2 de febrero al 23 de noviembre de 1990.

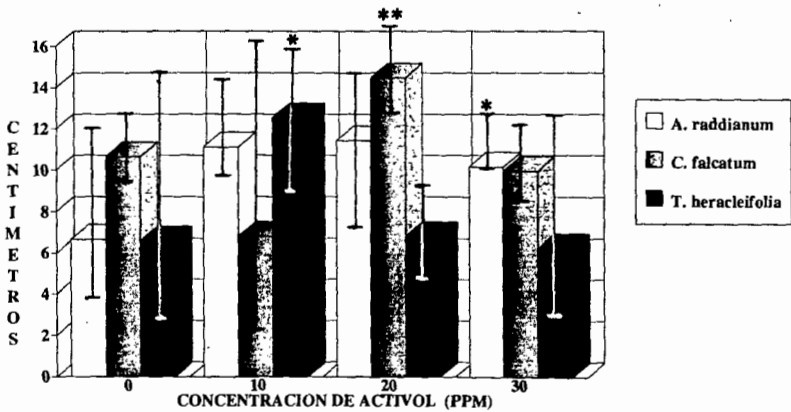


Figura 9. Efecto del producto "activo" sobre el crecimiento en ancho de las frondas de tres especies de helechos del período 2 de febrero al 23 de noviembre de 1990.

$p < 0.05 = *$ $p < 0.01 = **$

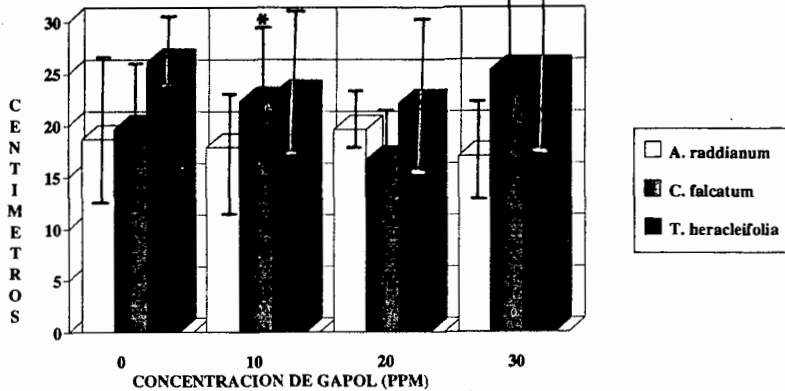


Figura 10. Efecto del producto "gapol" sobre el crecimiento en largo de las frondas de tres especies de helechos del período 2 de febrero al 23 de noviembre de 1990.

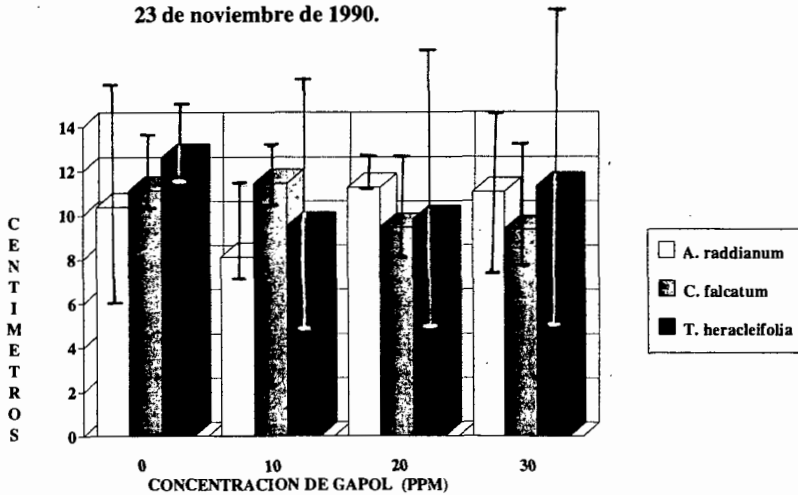


Figura 11. Efecto del producto "gapol" sobre el crecimiento en ancho de las frondas de tres especies de helechos del período 2 de febrero al 23 de noviembre de 1990.

$p < 0.05 = *$

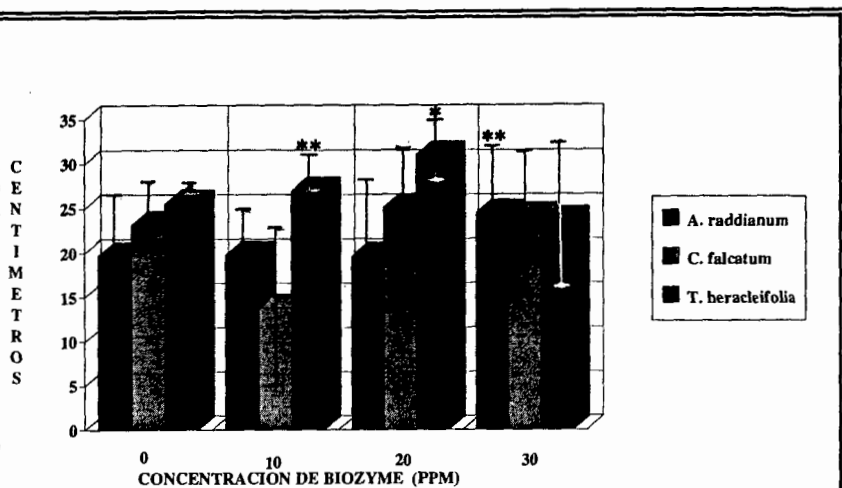


Figura 12. Efecto del producto "biozyme" sobre el crecimiento en largo de las frondas de tres especies de helechos del período 2 de febrero al 23 de noviembre de 1990.

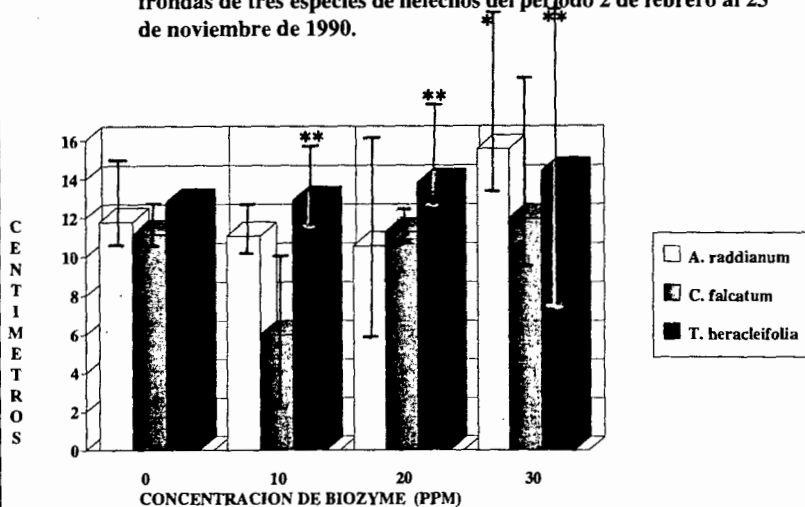


Figura 13. Efecto del producto "biozyme" sobre el crecimiento en ancho de las frondas de tres especies de helechos del período 2 de febrero al 23 de noviembre de 1990.

P < 0.05 = * P < 0.01 = **

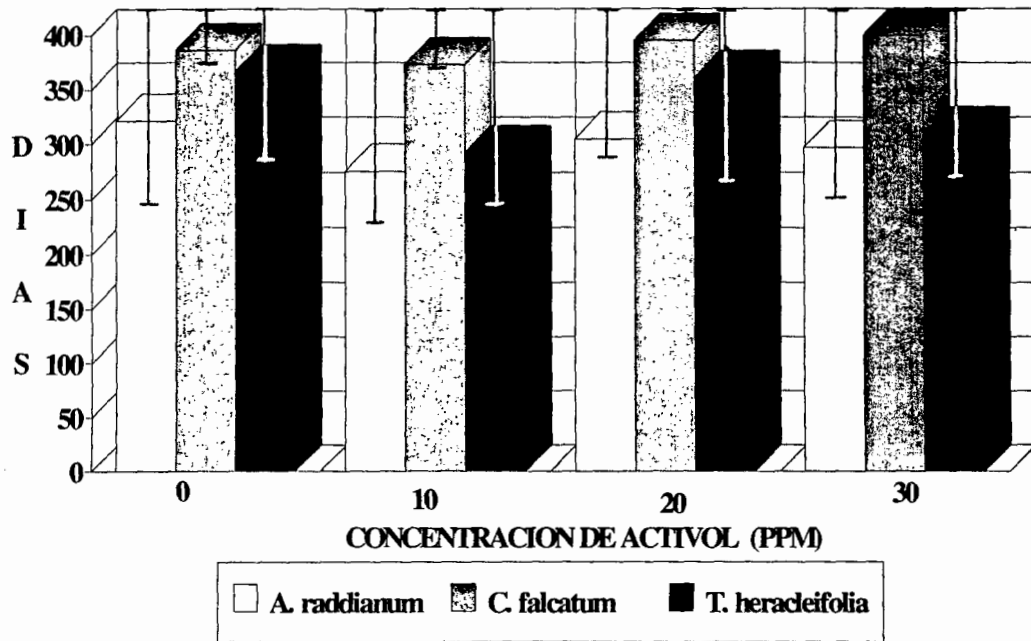
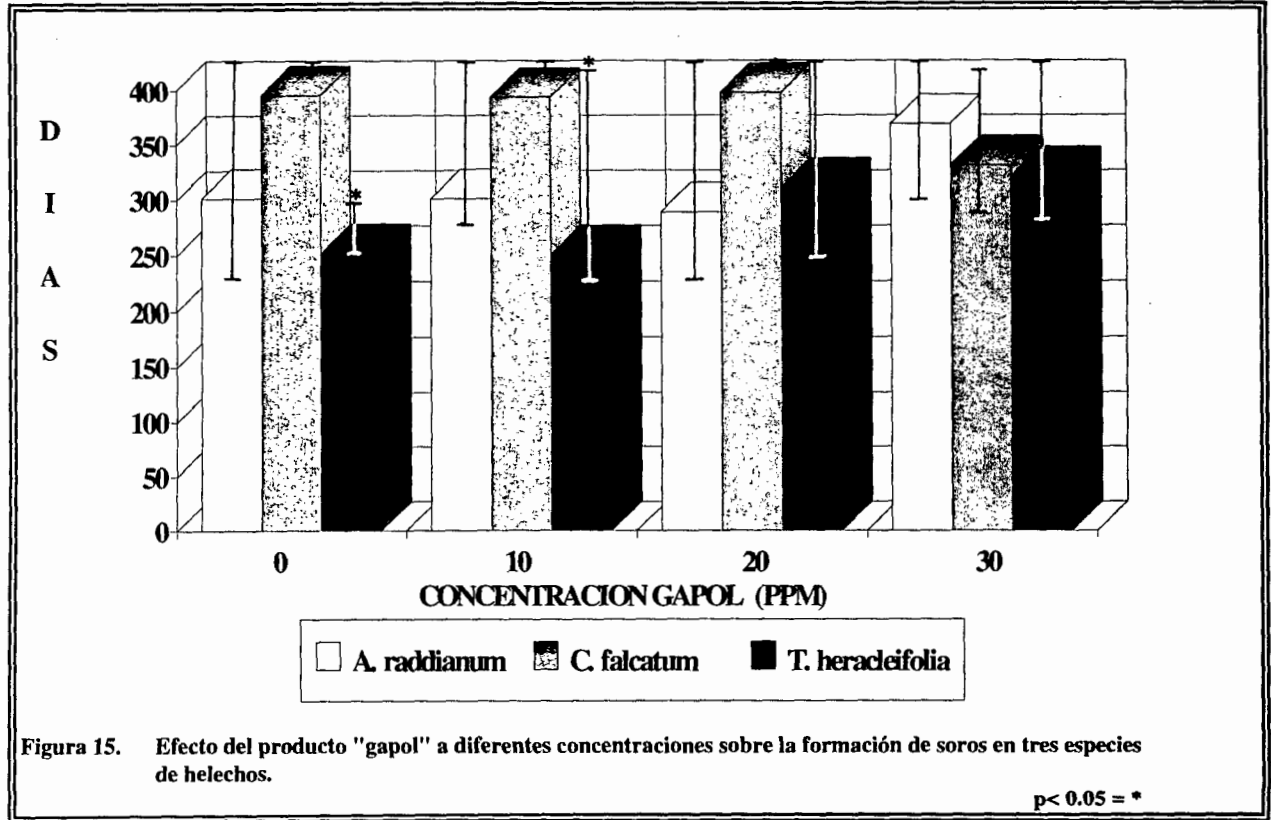
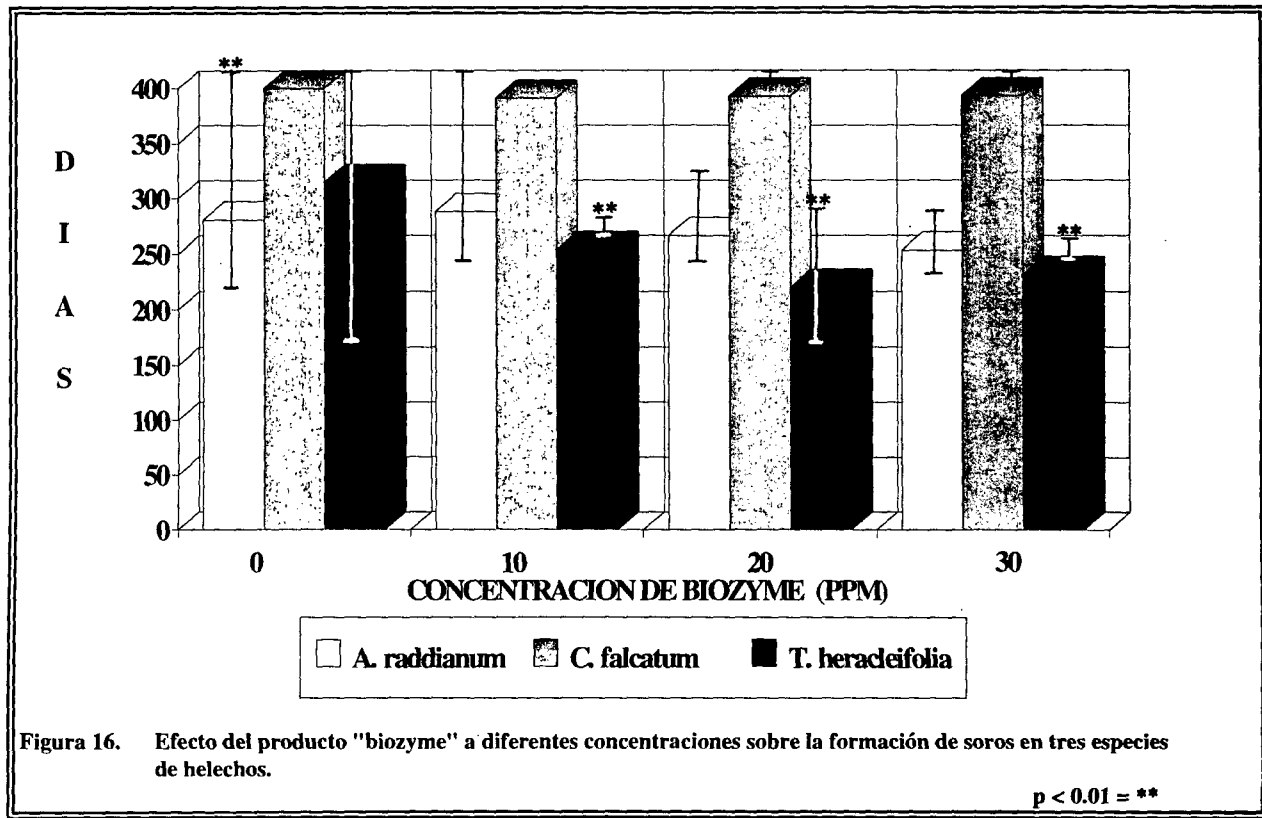
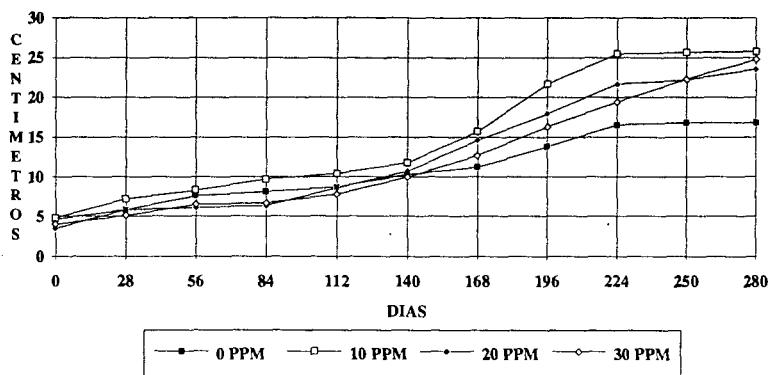


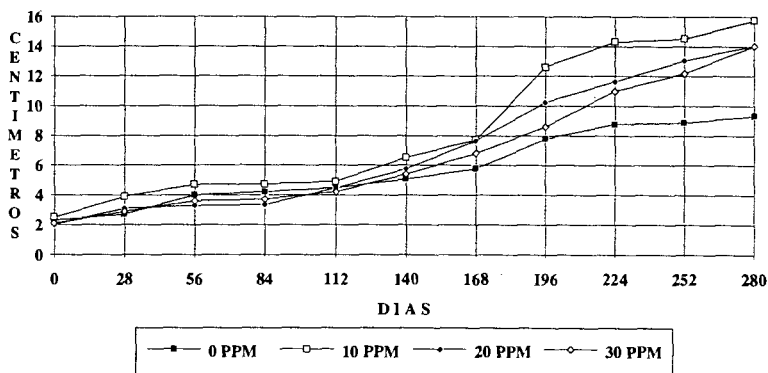
Figura 14. Efecto del producto "activol" a diferentes concentraciones sobre la formación de soros en tres especies de helechos.



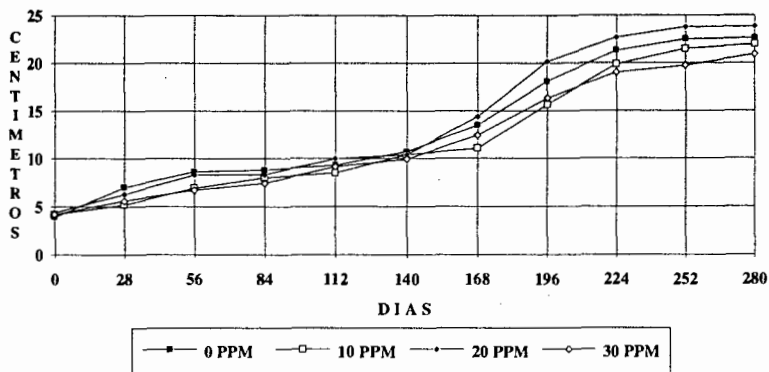




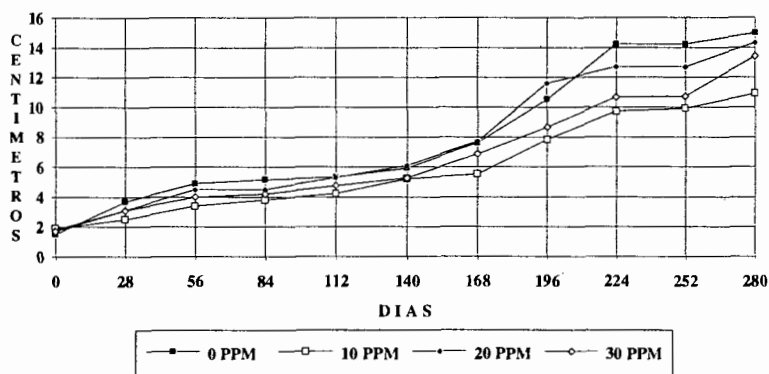
Gráfica 1. Crecimiento en longitud de frondas de *A. raddianum* en respuesta a la aplicación de activol.



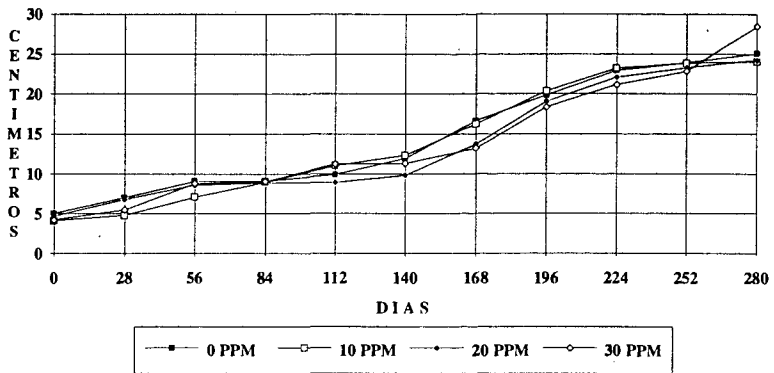
Gráfica 2. Crecimiento en ancho de frondas de *A. raddianum* en respuesta a la aplicación de activol.



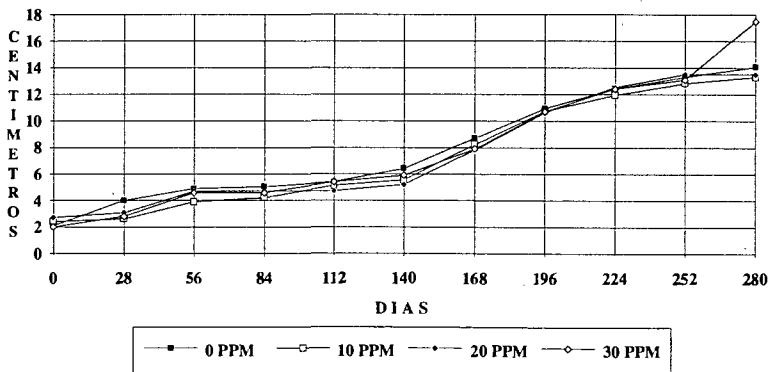
Gráfica 3. Crecimiento en longitud de frondas de *A. raddianum* en respuesta a la aplicación de gapol.



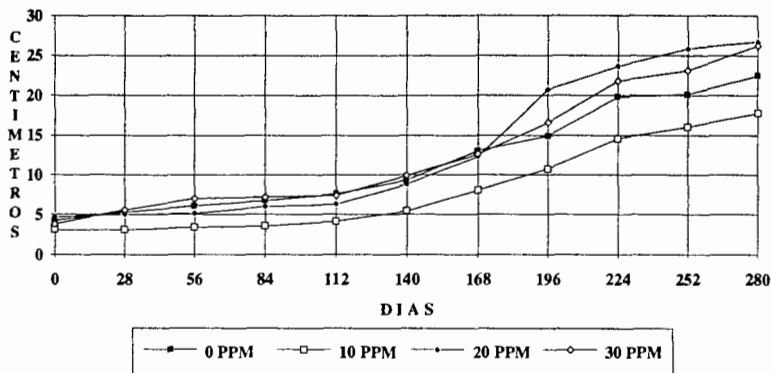
Gráfica 4. Crecimiento en ancho de frondas de *A. raddianum* en respuesta a la aplicación de gapol.



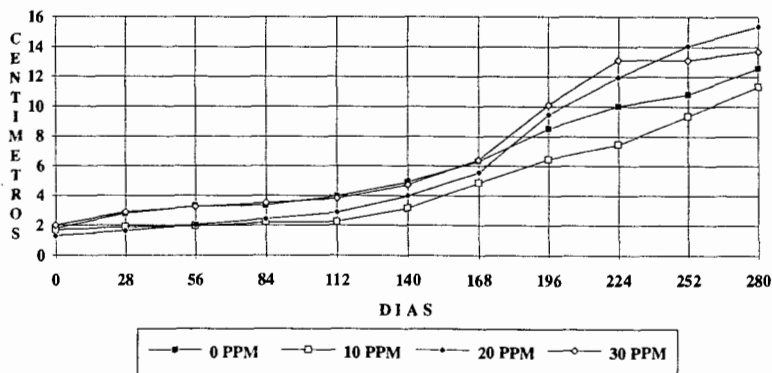
Gráfica 5. Crecimiento en longitud de frondas de A. raddianum en respuesta a la aplicación de biozyme.



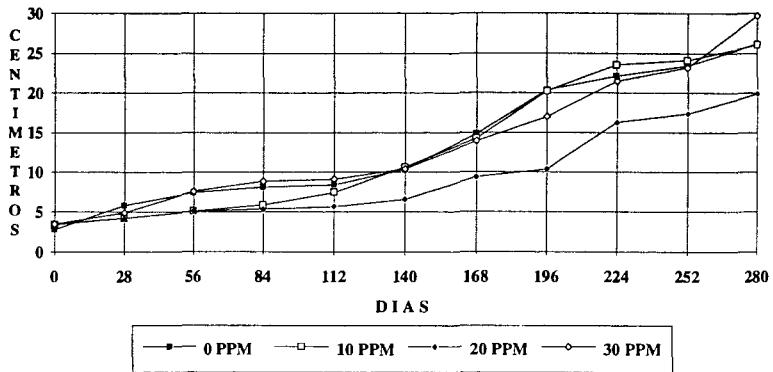
Gráfica 6. Crecimiento en ancho de frondas de A. raddianum en respuesta a la aplicación de biozyme.



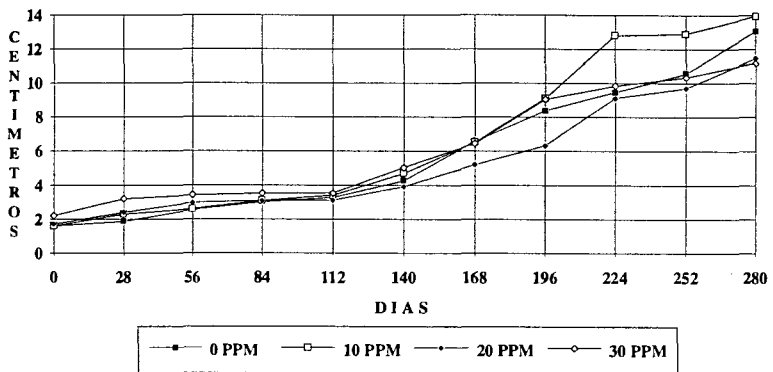
Gráfica 7. Crecimiento en longitud de frondas de *C. falcatum* en respuesta a la aplicación de activol.



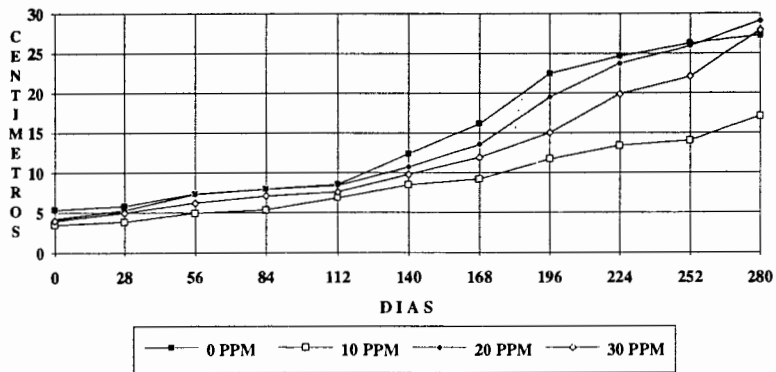
Gráfica 8. Crecimiento en ancho de frondas de *C. falcatum* en respuesta a la aplicación de activol.



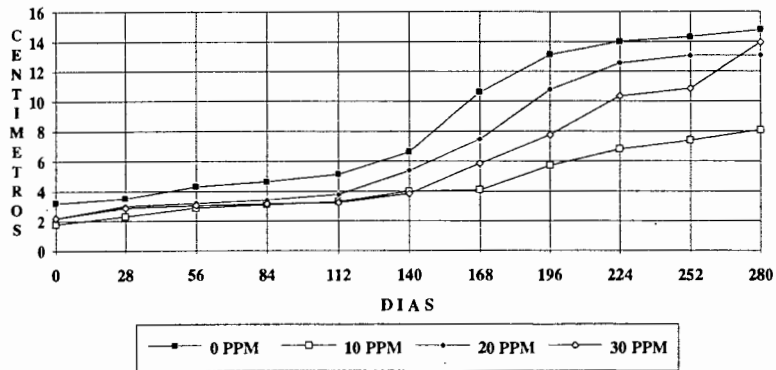
Gráfica 9. Crecimiento en longitud de frondas de *C. falcatum* en respuesta a la aplicación de gapol.



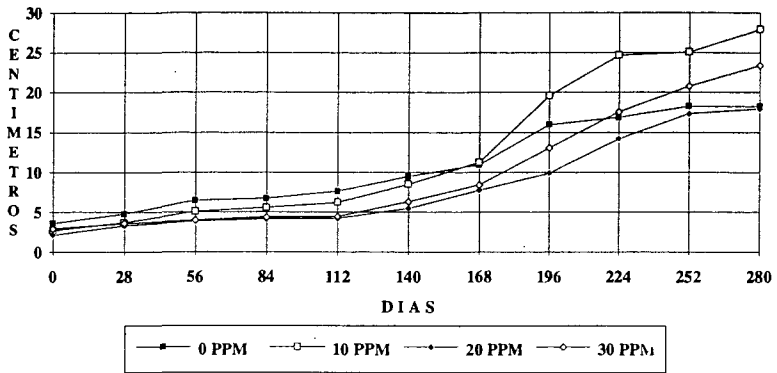
Gráfica 10. Crecimiento en ancho de frondas de *C. falcatum* en respuesta a la aplicación de gapol.



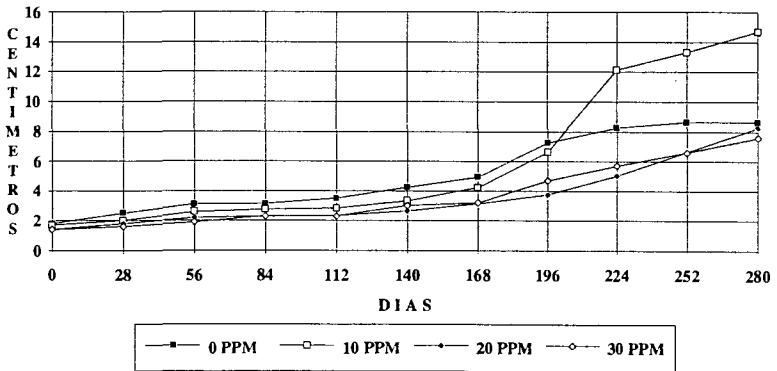
Gráfica 11. Crecimiento en longitud de frondas de *C. falcatum* en respuesta a la aplicación de biozyme.



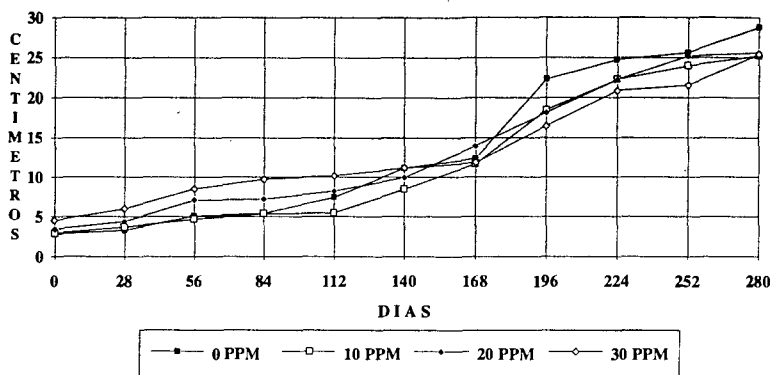
Gráfica 12. Crecimiento en ancho de frondas de *C. falcatum* en respuesta a la aplicación de biozyme.



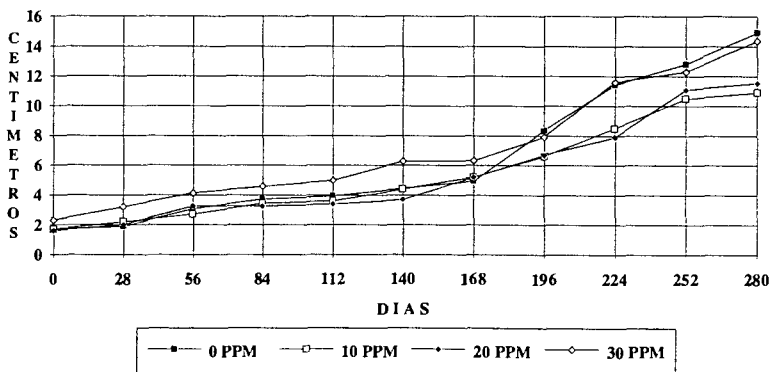
Gráfica 13. Crecimiento en longitud de frondas de *T. heracleifolia* en respuesta a la aplicación de activol.



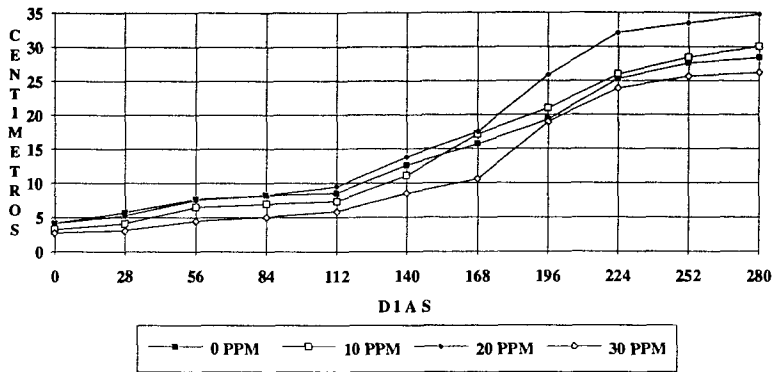
Gráfica 14. Crecimiento en ancho de frondas de *T. heracleifolia* en respuesta a la aplicación de activol.



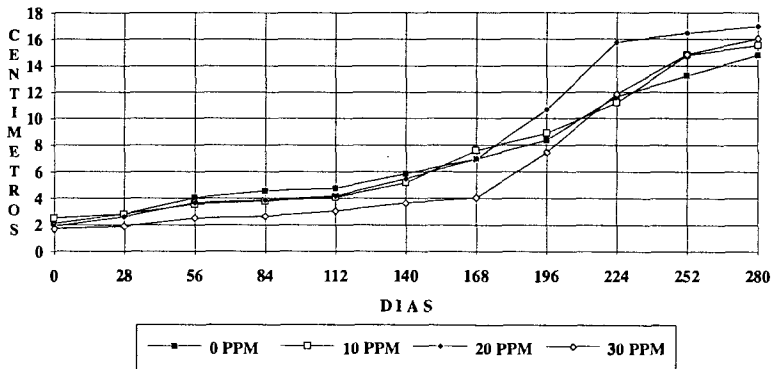
Gráfica 15. Crecimiento en longitud de frondas de *T. heracleifolia* en respuesta a la aplicación de gapol.



Gráfica 16. Crecimiento en ancho de frondas de *T. heracleifolia* en respuesta a la aplicación de gapol.



Gráfica 17. Crecimiento en longitud de frondas de *T. heracleifolia* en respuesta a la aplicación de biozyme.



Gráfica 18. Crecimiento en ancho de frondas de *T. heracleifolia* en respuesta a la aplicación de biozyme.

VII. CONCLUSIONES

1. Los productos activol y biozyme revelaron un mayor efecto en largo de fronda sobre A. raddianum y T. heracleifolia a distintas dosis, en tanto que gapol actuó sobre C. falcatum a 10 ppm únicamente.

2. En la variable ancho de fronda el biozyme tuvo mejor efecto a 30 ppm en A. raddianum y T. heracleifolia con todas las dosis, el activol actuó sobre C. falcatum a 20 ppm; en tanto que gapol no produjo ningún efecto en esta variable.

3. En la reducción de la fenología de las especies estudiadas, biozyme resultó mejor con todas las dosis y gapol sólo con 10 ppm en T. heracleifolia, sin embargo activol no presentó efecto con ninguna dosis sobre las especies tratadas.

4. Presentan un crecimiento típico demostrado con la curva sigmoidea.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- 1.- Alvarez, J. R. 1978. Enciclopedia de México S.A. Ed. Mexicana S. A. de C. V. Tomo VI 3ed. México, D.F.
- 2.- Anónimo. 1982. Enciclopedia de las Ciencias. Vol.4 5a. ed. p 65-66. México.
- 3.- Arreguín, S. M. L. 1987. Importancia económica de Pteridofitas. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas Depto. de Botánica I.P.N. 47 p. (Serie Investigación y Desarrollo Tecnológico N° 1) México.
- 4.- Bidwell, R. G. S. 1979. Fisiología Vegetal. Ed. AGT Editor, S.A. México, D.F. 784p.
- 5.- Font Q. P. 1977. Diccionario de Botánica. Ed. Labor, S. A. 6ta. re-impresión. España.
- 6.- Gaskin P., Hoad G. V., Macmillan J., Makinson I.K. and Readman Jo E. 1992. Gibberellins A82 and A83 in seed of Lupinus albus. Phytochemistry, 31 (6): 1869-1877.
- 7.- Graf, A. B. 1982. Pictorial Cyclopedia of Exotic Plants. Ed. Library of Congress. 11ª ed. Vol. 1 serie 4 USA p. 1065-6.
- 8.- Grevlach y Adams. 1980. Las Plantas: Introducción a la Botánica Moderna. 2ª reimposición Ed. Limusa. México. 679p.
- 9.- Grill, Renate. 1988. Photocontrol of giberellin-induced precocious anteridium formatium in the fern Anemia phyllitidis L. Sw. J. Plant physiol 133(3):381-384.
- 10.- Hartman, H. T. y Kester, D. E. 1989. Propagación de Plantas. Ed. CECSA, México, D.F.
- 11.- Knobloch I. W., D. S. Correll. 1962. Ferns and Ferns allies of Chihuahua. Ed. The Pictures Key Nature Series. USA 198p.
- 12.- Mickel, J. T. 1979. How to Know the Ferns and Ferns Allies. Ed. The Pictures Key Nature Series. USA 299p.
- 13.- Mickel, J. T., Mc Vaugh R., Karell S. and Balslev H. 1987. Liebmann's Mexican Ferns. Vol. 19 Ed. Scientific Publications Department NIBG USA. 174p.
- 14.- Mickel, J. T.; J. M. Beitel. 1988. Pteridophyte Flora of Oaxaca, México Ed. The New York Botanical Garden. Vol. 46.

- 15.- Mickel, J. T. 1992. Pterodophytes of Nueva Galicia. Ed. Memories of the New Botanical Garden.
- 16.- Moozhyil M. and J. Pallauf. 1986. Chemical Composition of the Water Fern, Salvinia molesta, and Its Potential as Feed Source for Ruminants. Economic Botany 40 (3) : 375-383.
- 17.- Murillo P. M. T. 1983. Usos de los Helechos, en Suramérica con Especial Referencia a Colombia. Ed. Presencia Ltda. Bogotá, Colombia.
- 18.- Näf U; K Nakanishi and M. Endo, 1975. On the Physiology and Chemistry of Fern Anteridiogens. The Botanical Review 41 (3): 315-355.
- 19.- Perez-García B. y Riba R. 1990. Glosario para Pteridophyta (helechos y plantas afines). Consejo Nacional de la Flora de México, A. C. México.
- 20.- Puneta N. and S. Kaur. 1987. Growth inhibition in apices of fronds of Dicranopteris liniaris (Burm. F.) Underw. Indian, Fern J. 4 (1/2): 86-94.
- 21.- Raghavan V. 1976. Gibberellic acid-induced germination of spores of Anemia phyllitidis: nucleic acid and protein synthesis during germination. Am. J. Bot. 63(7): 960-972.
- 22.- Reddy K.R. and W.F. DeBusk. 1984. Growth Characteristics of Aquatic Macrophytes Cultured in Nutrient-enriched water: I. Water Hyacinth, water Lettuce, and Pennywort. Economic Botany, 38(2), pp 229-239. New York Botanical Garden, Bronx, NY 10458.
- 23.- Reyes, C. P. 1984. Diseño de Experimentos Aplicados. 3ª re-impresión Ed. Trillas. México.
- 24.- Reyes, C. P. 1985. Bioestadística Aplicada. 3a reimpression. Ed. Trillas. México.
- 25.- Rojas, G. M.; Ramírez H. 1992. Control Hormonal del Desarrollo de las Plantas. Ed. Limusa. México. 239p.
- 26.- Rojas, G. M.; Róvalo M. 1984. Fisiología Vegetal Aplicada 3ª ed. Ed. Mc. Graw Hill. México, D.F. 298p.
- 27.- Romo de V. A. 1985. Productos Naturales de la Flora Mexicana. Ed. Limusa. México.

- 28.- Rovirosa, J. N. 1976. Pteridografía del Sur de México. ed. Fascimilar de la Sociedad Mexicana Natural. Ed. Ignacio Escalante. México, D.F. 298p.
- 29.- Rubluo, A. 1990. Propagación y reintroducción de especies en peligro de extinción. Laboratorio de Biotecnología Vegetal y Genética. Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM. / XI Congreso Mexicano de Botánica, Oaxtepec, Morelos. Programas y resúmenes./
- 30.- Ruiz L. M. A. 1990. Cultivo y propagación de helechos ornamentales. BIOSFERA, 1:15-20.
- 31.- Salisbury B.F.; Ross C.W. 1992. Plant Physiology. 4ª ed. Ed. Wadsworth Publishing Company Inc. Belmont, California.
- 32.- Sánchez V. C.; García C. M. 1990. Estado actual y perspectivas del trabajo conservacionista de las pteridofitas (helechos y plantas afines) en Cuba. En Memorias del III Simposium de Botánica, V Congreso Latinoamericano de Botánica. La Habana, Cuba. 24 al 29 de Junio.
- 33.- Takeno; Kiyotoshi 1989. Biological activities of methyl ester of gibberellin A73, a novel and principal anteridiogen in Lygodium japonicum (Thunb.) Sw. Plant cell physiol 30 (2):201-206. ABPC 130536.
- 34.- Villee, C.A. 1991. Biología 7a. ed. Ed. Mc Graw Hill Interamericana, México.
- 35.- Weier T. E.; Stocking G. R., Mc. Barbour. 1979. Botánica 5ª ed. Ed. Limusa México. p. 602
- 36.- Weisz P. B. y Fuller M. S. 1979. Tratado de Botánica. 7a. impresión Ed. Compañía Editorial Continental, S.A. México.
- 37.- Wilson, C.L.; Loomis W.E. 1968. Botánica Ed. Unión Gráfica S.A. México. p 413.
- 38.- Wittes T.; T. Wittes. 1976. Tratado de Ecología. Ed. Interamericana. México. 453p.
- 39.- Zurakowski K.A. and E.M. Gifford 1988. Cuantitative Studies of pinnule devel in the ferns Adiantum raddianum and Cheilanthes viridis. Am. J. Bot. 75(10): 1559-1570.

APENDICE I

GLOSARIO

Ciclo fenológico: círculo imaginario que sigue un vegetal durante el curso de su evolución completo a partir de la semilla o de la espora y hasta alcanzar de nuevo esta misma fase.

Circinado: en la vernación, la hoja enrollada transversalmente es decir desde el ápice a la base, como las hojas jóvenes de los helechos.

Coriácea: de consistencia recia, aunque con cierta flexibilidad; como el cuero.

Emasculación: castración o remoción de las anteras de una flor antes de desprenderse el polen.

Epifíticos: vegetal que vive sobre otro sin ser parásito.

Esporofito: fase del ciclo de vida de una pteridofita (cuando es adulta) generalmente diploide que produce esporas.

Estípite: tallo simple y erecto de los helechos.

Estolonífera: que produce brotes o retoños en la base del tallo o en el rizoma.

Festoneado: (crenado) con muescas, con dientes redondeados.

Filogenia: génesis de los filum o troncos del mundo orgánico, la derivación probable de unos organismos a partir de otros, para constituir a modo de un árbol genealógico de cuantos seres vivos existen o han existido en la Tierra. También estudia el origen y desarrollo de diversos órganos de los animales y plantas a través de una serie filogenética, y aún del desenvolvimiento de un proceso fisiológico en los diversos organismos concatenados filogenéticamente.

Fitohormonas: sustancias cuyas características son análogas respecto de los vegetales, compuestos de peso molecular medio, cristalizables, formados por determinadas células, que se difunden en la planta para servir en otras partes de la misma, y en cantidades oligodinámicas, de estimulante necesario a algún proceso fisiológico.

Gametofito: (prótalo) fase del ciclo de vida de una pteridofita, generalmente haploide formadora de gametos.

Glabro: desprovisto absolutamente de pelo o vello.

Heterosporia: condición de las pteridofitas que producen megasporas y microsporas, las que formarán gametofitos dioicos, es decir unisexuados.

Homosporas: condición de las pteridofitas que producen esporas iguales las que, potencialmente producirán gametofitos monoicos, es decir bisexuados.

Incospicuo: órgano o conjunto de órganos poco aparentes.

Indusio: estructura protectora de los esporangios cuando estos están agrupados en soros; puede ser ciatiforme, globoso, peltado, alargado, etc.

Leptoesporangiado: helechos cuyos esporangios tienen la pared uniestratificada, se proyectan hacia la superficie de la hoja y el número de esporas determinado.

Nastias: toda encorvadura (o movimiento debido a ella) provocada por un estímulo externo de carácter difuso.

Reniforme: de contorno parecido al de un riñón.

Senescencia: acción y efecto de envejecer.

Tropismo: movimiento de orientación realizado por la planta o por un miembro de la misma ante la influencia unilateral de un factor estimulante.

APENDICE II

Tabla 1. Análisis de varianza para el crecimiento en longitud de las frondas de los helechos.

					F. TABLAS		
	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	0.05	0.01	
BLOQUES	3	90.00	30.00	0.74	2.70	3.98	NS
TRATAMIENTOS	35	2,622.60	74.93	1.85	1.55	1.86	*
ESPECIES	2	437.60	218.80	5.40	3.09	4.82	**
PRODUCTOS HORMONALES	2	364.30	182.15	4.45	3.09	4.82	*
DOSIS	3	165.70	55.23	1.36	2.70	3.98	NS
ESPECIE X P. HORMONALES	4	155.40	38.85	0.96	2.46	3.51	NS
ESPECIE / DOSIS	6	412.40	68.73	1.69	2.19	2.99	NS
P. HORMONAL / DOSIS	6	333.30	55.55	1.37	2.19	2.99	NS
ESPECIE / P. HORMONAL / DOSIS	12	753.90	62.82	1.55	1.85	2.36	NS
ERROR	101	4,092.00	40.51				
TOTAL	136	6,804.60					CV 12%

Tabla 2. Análisis de varianza para el crecimiento en ancho de las frondas de los helechos.

					F. TABLAS		
	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	0.05	0.01	
BLOQUES	3	69.40	23.13	2.02	2.70	3.98	NS
TRATAMIENTOS	35	756.10	21.60	1.89	1.55	1.86	**
ESPECIES	2	5.10	2.55	0.22	3.09	4.82	NS
PRODUCTOS HORMONALES	2	145.90	72.95	6.39	3.09	4.82	**
DOSIS	3	24.60	8.92	0.72	2.70	3.98	NS
ESPECIE / P. HORMONALES	4	124.50	31.12	2.73	2.46	3.51	*
ESPECIE / DOSIS	6	113.00	18.83	1.65	2.19	2.99	NS
P. HORMONAL / DOSIS	6	138.90	23.15	2.03	2.19	2.99	NS
ESPECIE / P. HORMONAL / DOSIS	12	204.10	17.01	1.49	1.85	2.36	NS
ERROR	101	1,153.20	11.42				
TOTAL	136	1,978.70					CV 23%

Tabla 3. Análisis de varianza para los días de formación de soros con el producto activo.

F.V.					F. TABLAS		
	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	0.05	0.01	
ESPECIE	2	64,969.10	32,484.55	7.90	3.32	5.39	**
DOSIS	3	14,701.10	4,900.37	1.19	2.92	4.51	NS
ESPECIE / DOSIS	6	7,792.30	1,298.72	0.32	2.42	3.47	NS
ERROR	36	147,982.70	4,110.63				
TOTAL	47	235,445.30					

Tabla 4. Análisis de varianza para los días de formación de soros con el producto gapol.

F.V.					F. TABLAS		
	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	0.05	0.01	
ESPECIE	2	76,651.60	38,325.80	7.47	3.32	5.39	**
DOSIS	3	5,622.50	1,874.20	0.37	2.92	4.51	NS
ESPECIE / DOSIS	6	39,991.60	6,665.27	1.30	2.42	3.47	NS
ERROR	36	184,810.00	5,133.61				
TOTAL	47	307,075.71					

Tabla 5. Análisis de varianza para los días de formación de soros con el producto biozyme.

F.V.					F. TABLAS		
	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	0.05	0.01	
ESPECIE	2	185,222.10	92,611.05	35.87	3.32	5.39	**
DOSIS	3	12,365.48	4,121.83	1.60	2.92	4.51	NS
ESPECIE / DOSIS	6	11,993.62	1,998.94	0.77	2.42	3.47	NS
ERROR	36	92,935.80	2,581.55				
TOTAL	47	302,517.00					

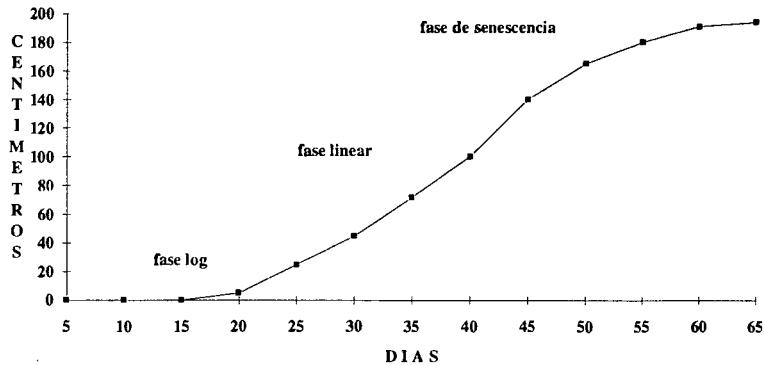
Tabla 6. Coeficientes de regresión y correlación donde se aprecia el grado de asociación entre las variables (Largo de frondas).

PRODUCTO	[ppm]	Adiantum raddianum		Cytromium falcatum		Tectaria heracleifolia	
		regresión	correlación	regresión	correlación	regresión	correlación
ACTIVOL	0	0.04562	0.969598	0.067025	0.94971	0.056442	0.953396
	10	0.081403	0.93954	0.055944	0.901516	0.09552	-0.91409
	20	0.075804	0.95876	0.089495	0.893146	0.057235	-0.902931
	30	0.074138	0.954269	0.079046	0.936653	0.073709	-0.887665
GAPOL	0	0.068014	0.947664	0.082426	0.95594	0.099604	-0.934803
	10	0.06637	0.949276	0.089219	0.946042	0.090954	-0.931999
	20	0.074781	0.939809	0.057605	0.900577	0.083986	0.953211
	30	0.062252	0.96735	0.084284	0.949049	0.068989	0.949334
BIOZYME	0	0.074557	0.959913	0.087748	0.938533	0.091734	-0.953627
	10	0.078998	0.971243	0.04668	0.974928	0.103184	0.950127
	20	0.071986	0.930857	0.089609	0.941741	0.120501	0.940646
	30	0.07823	0.9562	0.078676	0.926079	0.094065	-0.909743

Tabla 7. Coeficientes de regresión y correlación donde se aprecia el grado de asociación entre las variables (Ancho de frondas).

PRODUCTO	[ppm]	Adiantum raddianum		Cytromium falcatum		Tectaria heracleifolia	
		regresión	correlación	regresión	correlación	regresión	correlación
ACTIVOL	0	0.025932	0.963445	0.037426	0.952691	0.026387	0.93909
	10	0.49157	0.920462	0.033403	0.894163	0.046945	-0.835823
	20	0.044696	0.953142	0.052596	-0.90769	0.020918	0.851119
	30	0.041398	0.946244	0.045626	0.903723	0.021509	0.926629
GAPOL	0	0.047364	0.933329	0.039971	0.946619	0.04591	-0.904595
	10	0.032442	0.96163	0.047254	-0.922543	0.032994	0.943097
	20	0.044658	0.952371	0.033231	0.916149	0.034313	0.906014
	30	0.03785	0.958982	0.033545	0.93204	0.402	0.933533
BIOZYME	0	0.042309	0.963299	0.047923	0.922313	0.043533	0.944497
	10	0.042593	0.955513	0.021823	0.954598	0.47277	0.915182
	20	0.042215	0.923971	0.044406	0.9177	0.057989	-0.903286
	30	0.049461	0.942762	0.03931	0.884906	0.051452	-0.841284

APENDICE III



Gráfica 19. La curva de crecimiento. El organismo vegetal o cualquiera de sus órganos por separado crecen con una tasa que da una curva sigmoidea, la cual presenta 3 fases: 1) Fase log. (logarítmica) muestra una tasa (tamaño por unidad de tiempo) que aumenta continuamente día tras día, quizá por que sus células aumentan su división y alargamiento. 2) Fase linear, en esta etapa el aumento de tamaño es constante probablemente por que las masas meristemáticas apicales, que son las que crecen, tienen ya un tamaño fijo. 3) Fase de senescencia, muestra una tasa disminuyente cada día hasta que el crecimiento es nulo, y además caracteriza al proceso de senectud del organismo o del órgano (Rojas y Ramírez, 1992).