



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES**

**•• CUAUTITLAN ••**

**SINTESIS Y ACTIVIDAD FITOHORMONAL DE ALGUNOS ACIDOS  
FENOXIACETICOS EN PELARGONIUM INQUINANS**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**

**Q U I M I C O**

**P R E S E N T A**

**ARTURO AGUIRRE GOMEZ**

**CUAUTITLAN IZCALLI,**

**1981**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

# I N D I C E .

INTRODUCCION	1
CAPITULO 1	
GENERALIDADES SOBRE AUXINAS	
1.1. ANTECEDENTES HISTORICOS	2
1.2. TERMINOLOGIA	12
1.3. PRESENCIA EN LAS PLANTAS	15
1.4. ACCION DE LAS AUXINAS	17
1.5. QUIMICA DE LAS AUXINAS	21
1.6. APLICACIONES	32
1.7. BIBLIOGRAFIA	33
CAPITULO 2	
LAS AUXINAS Y EL ENRAIZAMIENTO	
2.1. LAS RAICES	38
2.2. EL DESARROLLO DE LAS RAICES	45
2.3. FACTORES Y COFACTORES PARA EL ENRAIZAMIENTO	47
2.4. UTILIZACION DE HORMONAS EN EL ENRAIZAMIENTO	49
2.5. METODOS DE APLICACION DE LAS HORMONAS DEL - ENRAIZAMIENTO.	51
2.5.1. Método de Inmersión Lenta	51
2.5.2. Método de Inmersión rápida	52
2.5.3. Método de Espolvoreado	53
2.5.4. Otros métodos	54

2.6.	BIBLIOGRAFIA	55
------	--------------	----

### CAPITULO 3.

#### SINTESIS Y CARACTERIZACION DE ACIDOS OXIACE TICOS.

3.1.	REACCION GENERAL	57
3.2.	METODO DE SINTESIS	58
3.2.1.	Nombres, Fórmulas y rendimientos de los ácidos oxiacéticos sintetizados	59
3.3.	CARACTERIZACION DE LOS ACIDOS OXIACETICOS SIN TETIZADOS.	60
3.3.1.	Constantes físicas	60
3.3.2.	Espectros de infrarrojo	61
3.4.	BIBLIOGRAFIA	73

### CAPITULO 4.

#### EXPERIMENTACION CON PELARGONIUM INQUIRANS.

4.1.	DISEÑO TOTALMENTE AL AZAR	74
4.2.	DESARROLLO EXPERIMENTAL	77
4.2.1.	Preparación de soluciones hormonales	79
4.2.2.	Obtención de esquejes.	79
4.2.3.	Aplicación del método de inmersión lenta	81
4.2.4.	Condiciones de Arraigamiento.	83
4.3.	BIBLIOGRAFIA	87

**CAPITULO 5.**

<b>RESULTADOS</b>	<b>89</b>
-------------------	-----------

**CAPITULO 6.**

**ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS**

<b>6.1.</b>	<b>ANALISIS DEL EFECTO A DIFERENTES CONCENTRACIONES HORMONALES.</b>	<b>95</b>
<b>6.2.</b>	<b>ANALISIS DE DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE HORMONAS.</b>	<b>108</b>
<b>6.3.</b>	<b>INFERENCIAS SOBRE EL ANALISIS ESTADISTICO - DE LOS RESULTADOS</b>	<b>113</b>
<b>6.4.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.</b>	<b>116</b>

**CAPITULO 7.**

<b>CONCLUSIONES.</b>	<b>117</b>
----------------------	------------

## INTRODUCCION:

La ciencia de los reguladores del crecimiento de las plantas, ha venido tomando en los últimos años, una gran importancia, tanto práctica, como comercial, principalmente en el campo de la agricultura, ya que por medio de estas sustancias, - pueden ser regulados muchos de los procesos existentes en los vegetales.

Podrá ser observado en este trabajo, que las hormonas vegetales o fitohormonas, juegan un papel muy importante a cualquier nivel del desarrollo de las plantas.

El uso de las fitohormonas no sólo está destinado a la - producción de más alimentos, sino que éstas pueden ser usadas en otro tipo de actividades, como son; la reforestación de zonas erosionadas, la detención del avance de las zonas desérticas hacia las fértiles y habitables, y por que no, también la posible invasión vegetal sobre estas zonas áridas.

Los objetivos de este trabajo, pueden ser resumidos en - tres puntos principales que son:

a).- Dar una visión general acerca de las auxinas (reguladoras del crecimiento vegetal), mostrando los conceptos fundamentales, los avances y perspectivas de este tipo de compuestos.

b).- Realizar la síntesis y caracterización de los ácidos oxiacéticos.

c).- Determinar la actividad de algunos ácidos fenoxiacéticos en *Pelargonium inquinans* (Malvón).

Los tres objetivos anteriores, son alcanzados de diferente forma, el primero vía bibliográfica y los dos restantes vía experimental.



## CAPITULO 1

### GENERALIDADES SOBRE AUXINAS.

#### 1.1. ANTECEDENTES HISTORICOS.

Hace aproximadamente dos siglos, se creía que la circulación de la savia en las plantas producía una correlación entre diferentes partes de los vegetales, es decir, que la savia era producida en una parte de la planta y se desplazaba a otra que controlaba de alguna forma su crecimiento.

En 1785, Duhamel du Monceau (1) llegó a la conclusión de que había una savia que se desplazaba en sentido ascendente y otra en sentido descendente. Se supuso que la savia descendente se originaba en las hojas y descendía para controlar la nutrición de las raíces, si se interrumpía dicho movimiento descendente por medio de un anillado, se producían formaciones de callos y raíces por encima de los anillos.

Más de cien años después, Sachs (2) en 1880 revisó la Teoría de Duhamel du Monceau y supuso que había compuestos generadores de raíces y otras sustancias que se desplazaban en diferentes sentidos por la planta. Indicó que las sustancias generadoras de órganos, se desplazaban en un solo sentido a lo largo de la planta pudiendo controlar el crecimiento vegetal, y creyó que su distribución podía modificarse por medio

de factores ambientales, como la luz y la gravedad. Sachs - postuló que las sustancias generadoras de raíces se originaban en las hojas y a continuación se desplazaban hacia la base de los tallos; demostró que un corte efectuado en una rama, hace detener el desplazamiento descendente de dichas sustancias y éstas últimas se forman por encima del corte.

No obstante pasaron muchos años antes de que se demostrara que las sustancias generadoras de raíces y órganos eran hormonas. Sin embargo, muchos científicos consideran que las investigaciones modernas acerca de las hormonas vegetales y los reguladores del crecimiento, se iniciaron en 1880 con los experimentos de Charles Darwin (3) y su hijo Francis, acerca de la curvatura en el crecimiento de plantas de Phalaris canariensis y Avena sativa. Darwin demostró que al iluminar unilateralmente un coleoptilo de Phalaris canariensis se producía una curvatura fototrópica positiva (inclinación de la planta hacia la fuente de luz (3)). Las plantas fueron colocadas -- en macetas, dentro de un cuarto oscuro y expuestas a una sola fuente de luz colocada a un lado y a una cierta distancia. Si las puntas de las plantas se protegían de la luz cubriéndolas con pequeñas capuchas de papel de estaño, no se inclinaban. Estos experimentos, junto con otros que involucraban la eliminación de las puntas de los tallos, indicaron que éstas

eran las regiones que reaccionaban a la luz, es decir, las que reciben el estímulo. Observó que, la curvatura no ocurre en la punta sino a cierta distancia más abajo, pero al retirar la punta, la planta no reaccionaba fototrópicamente. A partir de éstos y otros experimentos, Darwin concluyó que cuando los coleoptilos se exponen a iluminación unilateral, cierta influencia de la punta se transmite a las partes inferiores del coleoptilo, provocando que la parte más baja se curve.

Los experimentos de Darwin desencadenaron una serie de eventos que cincuenta años más tarde, llevaron al descubrimiento de las fitohormonas que en la actualidad se denominan auxinas.

En 1907, Fitting, H. (4) demostró, que la velocidad de crecimiento de los coleoptilos de avena no se ve afectada cuando se le realizan incisiones laterales, como tampoco se afectaba la respuesta fototrópica, no importando cuales fueran sus posiciones respecto a la luz. Llegó a la conclusión de que el estímulo se transmite a través del material vivo y rodea a las incisiones. Explicó las respuestas fototrópicas positivas al sugerir que la luz establece una polaridad en las células de la punta y que el estímulo se transmite, de las células de las puntas iluminadas unilateralmente a las que están en la porción basal sumidas en la oscuridad. Hacia 1910, Fitting (5) -

indicó que la curvatura de los vástagos, por iluminación unilateral, y el estímulo geotrópico (curvatura de un órgano vegetal en respuesta a la gravedad), implicaban una influencia de naturaleza química.

En 1913, el biólogo danés Boysen-Jensen (6) demostró que el estímulo fototrópico podía transportarse a través de una capa de material no viviente como la gelatina, pero que no era capaz de atravesar un material impermeable al agua, como la mica. Llegó a la conclusión de que dicho estímulo descende por el lado sombreado del coleoptilo y puede transmitirse a través de una incisión.

Para 1918, Paal, A., (7) confirmó y amplió los experimentos del danés Boysen-Jensen. Demostró que el crecimiento de determinado órgano de la planta, es dirigido por su extremidad mediante la acción de una sustancia difundible. Descubrió que si se retira la punta de un coleoptilo y se le coloca por un lado de la superficie cortada, se producen curvaturas negativas en la base, (o sea, en sentido contrario a la colocación de la punta). Dicho experimento introdujo la idea de que existía una hormona del crecimiento.

Stark, P. (8) en 1921, amplió los trabajos de Paal y colocó pequeños bloques de agar, que contenían varios extractos de tejidos, en un lado de la superficie cortada de un coleoptilo decapitado. Casi invariablemente se produjeron curvaturas positivas (hacia el bloque de agar).

Soding, H (9) en 1925, aplicando pruebas de crecimiento - recto, tomó medidas precisas del crecimiento y demostró que, - si colocaba la punta cortada del coleoptilo en su lugar, el - coleoptilo reanudaba su crecimiento casi normal.

Seubert, E. (10) el mismo año aplicó la técnica de Stark para demostrar que bloques de agar que contenían saliva o extracto de malta, producían una curvatura negativa (estimulación del crecimiento), demostrando así por primera vez, la - existencia de sustancias del crecimiento fuera de las plantas.

En el año de 1926 un joven botánico alemán, llamado Went, F.W. (11) desarrolló un sencillo pero histórico experimento. Obtuvo la sustancia química activa de la punta de los coleoptilos, poniendo éstas últimas en bloques menores y colocándo cada uno de ellos en un lado de la superficie cortada del coleoptilo decapitado. La principal contribución de Went, fue el desarrollo de una prueba hormonal cuantitativa (12), denominada prueba de curvatura de la avena. Dicha prueba indicó que las curvaturas eran proporcionales, dentro de ciertos límites, a - la cantidad de sustancias hormonales activas.

El invento de la prueba de la avena de Went, estimuló considerablemente las investigaciones sobre hormonas. Fue posible entonces evaluar la cantidad de hormonas que estaban contenidas en diversas partes de las plantas. Gran parte de la in-

formación actual acerca de las hormonas y los reguladores - del crecimiento de las plantas, se basan en los resultados obtenidos mediante dicha prueba.

Años después Kogl, F., y colaboradores (13) y (14), aislaron en forma pura tres sustancias sumamente activas: las auxinas "a" y "b" y el ácido indol 3- $\alpha$ -acético (IAA). El descubrimiento del IAA, fue muy importante para el estudio de las hormonas y los reguladores del crecimiento vegetal. Dicho grupo, descubrió también que los hongos, el aceite de maíz y la orina humana, contenían sustancias activas. De la orina aislaron el IAA y lo identificaron como agente activo, fué llamado heteroauxina por mucho tiempo, ya que se creía que éste era producto de microorganismos y no una hormona de las plantas superiores; sin embargo, se dejó de emplear este término, al descubrirse que el IAA era una de -- las auxinas más difundidas en las plantas superiores.

Entre 1910 y 1942 se estudió la presencia y distribución de las auxinas en los vegetales y se reveló la polaridad del transporte de éstas por el coleoptilo. Se demostró que la distribución descendente de las auxinas, debida a la gravedad, produce una curvatura geotrópica. Se efectuaron estudios sobre el mecanismo de acción de las sustancias del crecimiento y se demostró que muchas correlaciones de las -

plantas se deben a dichas sustancias.

Bouillenne, R., y Went, P.W., (15) en 1933, demostraron que las sustancias del crecimiento de las hojas y yemas controlan el enraizamiento de las estacas.

Tiempo después del descubrimiento del IAA, éste fue sintetizado y probado, estimulándose así el desarrollo de las investigaciones en el campo de las auxinas. Se estableció que el IAA no era una sustancia muy estable y por lo tanto, no era útil en la agricultura, por lo cual, los científicos empezaron a investigar y a desarrollar las auxinas sintéticas, las cuales, se parecen en actividad al IAA, pero tienen una mayor estabilidad dentro de la planta.

En 1935, Hitchcock, A.E., describió la actividad del ácido indol 3-propiónico, y el mismo año Zimmerman, P.W. y Wilcoxon, F. (16), estudiaron algunas auxinas que provocaban en las plantas la iniciación de raíces y otras reacciones. En el informe de su trabajo describen al ácido naftalén acético y al ácido indol-3-butírico, los cuales, junto con los fenoxiácidos sustituidos, son las principales auxinas utilizadas actualmente en la práctica agrícola. Los fenoxiácidos sustituidos, el ácido benzóico y los ácidos clorobenzóicos, fueron agregados en 1942 a la lista de las sustancias del crecimiento por Zimmerman y Hitchcock (17). Esos dos grupos de ácidos marcaron una

nueva fase de la investigación emprendida por los hombres de ciencia acerca de las hormonas de las plantas en el mundo entero. La posibilidad de sportar nuevas actividades mediante la variación de los sustituyentes en el anillo de los bencenos, interesó a los químicos y a los biólogos, y muchas otras sustancias activas fueron sintetizadas.

Con el advenimiento de la Segunda Guerra Mundial, se desarrolló la idea de utilizar a las auxinas en altas concentraciones, con el fin de matar cultivos o limitar su rendimiento, se sugirió la idea de usar las auxinas como herbicidas, lo que condujo a la iniciación de pruebas para estudiar la potencia inhibidora de éstas. Se buscaron y se encontraron algunas sustancias químicas que resultaron tener una alta actividad como herbicidas, pero la comunicación de estos trabajos no se efectuó, sino hasta el fin de la guerra, por seguridad de algunas de las naciones participantes.

En Inglaterra, durante tiempos de guerra, se desarrollaron investigaciones con el propósito de encontrar herbicidas selectivos (18), (19), (20), teniendo resultados favorables - en los trabajos desarrollados, se encontró que los cereales - eran en general insensibles a las auxinas, pero que las plantas de hoja ancha, las dicotiledóneas, tenían una sensibilidad muy elevada.



Después de la publicación de los primeros trabajos sobre la aplicación de reguladores herbicidas en las plantas, se inició una gran búsqueda de otras aplicaciones y de nuevos compuestos en este campo. Se usaron en el control de malas hierbas, y ésto asumió una gran importancia en la agricultura moderna. También se ampliaron considerablemente las investigaciones sobre el empleo de reguladores en otras fases de la agricultura como son el control de la abscisión y crecimiento de frutos y la propagación e inhibición del crecimiento. Se ampliaron también los trabajos en el campo de la fisiología hormonal, y con la ayuda de nuevos métodos instrumentales, como la cromatografía, espectroscopía infrarroja, espectrometría de masas y resonancia magnética nuclear, ha sido posible separar e identificar los diversos compuestos auxínicos.

Después de terminada la guerra, surgieron las giberelinas y las citocininas como otros tipos importantes de hormonas del crecimiento.

En la actualidad se están efectuando trabajos, en casi todos los institutos de biología y estaciones experimentales y así a medida que pase el tiempo, se encontrará cada vez más próximo el gran futuro de esta nueva ciencia.

De los años transcurridos desde las investigaciones de Darwin que condujeron al descubrimiento de las auxinas, el cuadro de las hormonas se ha tornado cada vez más complejo. Actualmente se conocen cuatro tipos principales de reguladores vegetales (auxinas, giberelinas, citocininas e inhibidores), pero es muy posible que se descubran otros muchos en el futuro.

Mitchell y sus colaboradores (21) en 1970, aislaron una familia de nuevas hormonas vegetales, las brasinas, las cuales, parecen tener una estructura de glicéridos. Se han postulado otras hormonas; pero su existencia no ha quedado aun establecida.

También se amplían rápidamente las investigaciones sobre la modificación del crecimiento vegetal, mediante el empleo de reguladores exógenos del mismo; en consecuencia aumenta -- constantemente el número de aplicaciones comerciales y prácticas de esos reguladores.

## 1.2. TERMINOLOGIA.

La multitud de procesos fisiológicos y reacciones bioquímicas que ocurren en las plantas vivientes o animales, forman un sistema complejo pero coordinado.

La función de las hormonas es la de regular y correlacionar estos sistemas fisiológicos. En general, puede decirse que cualquier factor químico o de otro tipo, el cual, sea esencial para un proceso fisiológico, es potencialmente capaz de regular este proceso. Esto ocurrirá cuando el factor esté presente en tan pequeñas cantidades, que limite la reacción.

Así en el proceso del crecimiento de las plantas, el calor es un factor esencial. Es bien conocido que por control de la temperatura uno puede regular el crecimiento. En la fotosíntesis la luz es un factor esencial, y por medio de su control uno puede regular la fotosíntesis. En la respiración, los carbohidratos son generalmente esenciales y mediante su control el proceso de respiración puede ser regulado. Aunque el calor, la luz y los carbohidratos, pueden actuar como factores que regulen los procesos fisiológicos, éstos no son hormonas. El término hormona es reservado para factores reguladores, los cuales, son compuestos orgánicos (22).

Otras características de las hormonas, es que ellas actúan en concentraciones tan bajas como  $10^{-3}M$  o menores. Se di

ce frecuentemente que bajo estas condiciones la sustancia es activa en "concentraciones hormonales". En un sentido amplio, puede por lo tanto definirse una hormona como; un regulador orgánico de procesos fisiológicos, tomando en consideración las limitaciones anotadas anteriormente.

Las hormonas existentes en plantas, o activas en ellas, son llamadas hormonas de las plantas o fitohormonas.

Algunos autores (23) (24) restringen el uso del término - fitohormonas a sustancias que existen naturalmente, las cuales son producidas en una determinada parte de la planta y desarrollan su función en otra. De acuerdo a esto, una fitohormona es "una sustancia orgánica activa, en mínimas cantidades, producidas naturalmente en plantas superiores, que controla el crecimiento u otra función fisiológica en un sitio remoto al de su lugar de producción. Este uso restringido del término fitohormona, tiene dos desventajas; Primero es difícil acertar si el compuesto es o no una sustancia que existe naturalmente en plantas. Segundo, ¿qué tan lejano el sitio de producción está del sitio de acción?. ¿Es ésta una cuestión de distancia molecular, de células, tejidos u órganos?.

Las definiciones en el campo de la fisiología se vuelven cada vez más necesarias a medida que los procesos, a los cuales ellas se aplican, se vuelven más conocidos y las sustancias

químicamente más identificadas. Esto parece más práctico, y se podría usar el término fitohormonas en un sentido más amplio y aplicarlo a sustancias orgánicas reguladoras del crecimiento o de cualquier proceso fisiológico, indiferentemente de si estos compuestos son natural y/o sintéticamente producidos, estimulantes y/o inhibidores, activadores locales o - sustancias que actúen a una distancia del lugar donde ellas fueron producidas.

El término genérico "auxinas", originalmente sugerido - por Kogl, F. y Haagen-Smit, A. J. en 1931 se usó para referirse a sustancias que son capaces de promover el crecimiento de - las plantas de una manera similar a la de la hormona nativa. La definición comúnmente aceptada, es la de "compuestos orgánicos los cuales, promueven el crecimiento a lo largo del - eje de la planta, cuando es aplicada a bajas concentraciones en tallos liberados practicamente de toda sustancia nativa - promotora del crecimiento".

Las auxinas generalmente influyen en otros sistemas de la planta, pero su efecto sobre el crecimiento de éstas es - crítico para caracterizar un compuesto orgánico sintético o natural como auxina.

### 1.3. PRESENCIA EN LAS PLANTAS.

Las fitohormonas más conocidas son las auxinas y éstas son un grupo de compuestos que tienen en común la característica de promover la elongación celular (25) (26).

Entre las auxinas se encuentran aquellas que existen en la naturaleza y las sintéticas. El IAA, como ya se dijo, es la auxina por excelencia, pero debido a su relativa inestabilidad dentro de la planta, ha sido raramente usada para propósitos agrícolas, por esto mismo, es que se ha usado exclusivamente en laboratorios de investigación.

Las primeras auxinas que fueron aisladas, son; el ácido auxantriólico, también conocido como auxina-a (fig. 1.5.2.), - el ácido auxenólico o auxina-b (fig. 1.5.3.) y el ácido indol-3<sup>o</sup>-acético (fig. 1.5.4.). Las dos primeras son altamente lábiles, pueden existir en plantas superiores, pero quizá solamente estén como una porción de su contenido total de auxinas.

El IAA es una de las principales auxinas que aparecen en las plantas superiores y se detectó en una gran variedad de tejidos vegetales. Por lo general, el nivel de IAA en tejidos de plantas varía según la etapa de desarrollo del vegetal. El indol 3- acetónitrilo (fig. 1.5.5.), fue la primera hormona del crecimiento que se extrajo de las hojas y tallos de plantas

superiores de crecimiento rápido. Los miembros de las crucíferas, como son los nabos, rábanos y bretones (col de Bruselas), son especialmente ricos en IAN (indol 3-acetonitrilo). Es discutible si el IAN deba ser considerado como hormona, ya que su actividad resulta al transformarse en IAA.

El indol 3-acetaldehído (fig. 1.5.6), abreviado IAald, - es una sustancia neutra que se encuentra en tejidos vegetales y que puede transformarse rápidamente en IAA en el suelo (27). Los pequeños efectos producidos por el IAald, quizá se deban a una transformación a IAA en tejidos vegetales.

La mayoría de los trabajos acerca de las auxinas, se han limitado a los extractos orgánicos y por tanto, se sabe mucho menos respecto a las auxinas solubles en agua.

Muchos de los otros compuestos considerados auxinas naturales, se encuentran en forma de complejos o bien enlazados a otras moléculas, como son los azúcares y los aminoácidos, actuando éstos como precursores de auxinas o más exactamente del IAA, ya que de una forma o de otra, casi todos terminan transformándose en esto. Ejemplos de estos compuestos se esquematizan en las figs. 1.5.7. y 1.5.8.

#### 1.4. ACCION DE LAS AUXINAS.

Cuando las hormonas del crecimiento fueron descubiertas, se pensó que éstas promovían el crecimiento de tallos y capullos e inhibían el crecimiento de raíces. Esto se dedujo de experimentos en los cuales, varias partes de las plantas fueron sometidas a un tratamiento con auxinas. Sin embargo, después se encontró que las auxinas podían tanto promover, como inhibir el crecimiento de cualquier órgano dado de la planta, algunos de los cuales presentaban una mayor sensibilidad que los otros (28). Esta diferencia de sensibilidad, se puede -- describir según la fig. 1.4.1. Raíces, capullos y tallos, -- muestran incremento en el crecimiento, con el aumento de la -- concentración auxínica, pero el óptimo para cada órgano es -- diferente. Así una concentración de auxina, la cual, promueve el crecimiento de tallos, puede inhibir el crecimiento de capullos y raíces. Por este concepto, el mismo sistema hormonal puede estimular algunas funciones del crecimiento en la -- planta, e inhibir otros al mismo tiempo y aún en el mismo lugar de la planta.

Cualquiera que sea el método empleado para tratar las -- plantas con sustancias activas, existe cierto número de reacciones más o menos características de algunos grupos de sustancias químicas.



Con las plantas, las reacciones son las de elongación - celular (curvatura local por aplicación unilateral; epinastia de las hojas), proliferación (división celular; hinchazón, - iniciación de raíces), raíces adventicias en los tallos (que llevan a la propagación de las plantas), partenocarpia de los

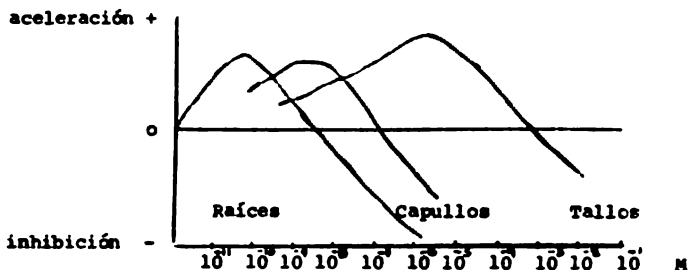


Fig. 1.4.1 Diagrama de rangos aproximados de aceleración e inhibición del crecimiento para diferentes órganos de la planta (28).

ovarios (producción de frutos sin semilla), inhibición del desarrollo de yemas, y muerte de los tejidos por altas concentraciones (fundamento de la utilización de las auxinas como herbicidas) y modificación del patrón de las hojas en relación con cierto grupo de sustancias.

Las auxinas estimulan el desarrollo de callos, de los que se desprenden crecimientos similares a raíces, pueden también -

inducir la floración y el amarre de frutos de algunas especies. Al ser aplicadas, realizan con frecuencia la dominancia apical, estimulan las actividades cambiales y pueden afectar los fenómenos de abscisión y diferenciación de capas de abscisión, aunque con frecuencia retardan su desarrollo.

En el curso de los años se han elaborado numerosas teorías con el fin de explicar los mecanismos primarios de la acción de las auxinas en la inducción de la expansión celular, sin haber llegado hasta la fecha a ninguna que resulte totalmente satisfactoria. Una de las primeras teorías se refiere a que las auxinas incrementan la plasticidad de las paredes celulares (29), siendo ésta la más satisfactoria, aunque todavía se necesitan efectuar más trabajos con el fin de revelar cuales son los mecanismos exactos que se encuentran implicados. Cuando se incrementa la flexibilidad de las paredes, disminuye la presión de ésta alrededor de la célula y la presión de turgencia causada por las fuerzas osmóticas en la savia vacuolar, hace que el agua penetre a las células provocando su expansión.

La plasticidad es una deformación irreversible de las paredes, provocada probablemente por la ruptura de enlaces cruzados entre las microfibrillas de celulosa de las paredes celulares (30). El aumento del tamaño de las células se produce en dos etapas. Primero, ocurre un debilitamiento de las paredes-

celulares (proceso que requiere la presencia de una auxina y oxígeno), seguido de una absorción de agua y una expansión de las paredes.

Los mecanismos de acción de las hormonas del crecimiento, pertenecen a un campo interesante de la ciencia, que, en la actualidad está recibiendo cuidadosa atención por los bioquímicos de las plantas, y quizá dentro de poco tiempo se empiecen a disfrutar los éxitos de estas investigaciones.

## 1.5. QUIMICA DE LAS AUXINAS.

Como ya se mencionó, se aislaron varias auxinas de plantas, y se caracterizaron durante los años 1931 a 1934 en Holanda. Por medio de un sistema de fraccionamiento con varios disolventes, seguido de una destilación al vacío, la auxina-a y la auxina-b se obtuvieron, primero de orina humana y después de vástagos de cebada y maíz, mientras el IAA se obtuvo de la vadura con una modificación a la técnica anterior (24). Al mismo tiempo, el IAA se aisló, esta vez de hongos. Durante los años siguientes se pensó generalmente que las auxinas-a y -b, eran las auxinas de las plantas superiores, y que el IAA era un producto de solamente las formas bajas. Cuando finalmente el IAA fué aislado de harina de maíz (31) (32) y más -- pruebas demostraron su presencia como la auxina mayor en las plantas superiores, incluyendo la prueba de la avena (33), esta opinión general fué reservada, al punto que varios investigadores secretamente, expresaron dudar de la existencia de las auxinas-a y -b.

Las sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas son muy diversas estructuralmente y comprenden varios derivados conformados alrededor del benceno, naftaleno, antraceno, indol, -benzofurano y otros sistemas anulares como núcleo. Considerando las diferentes estructuras de los diversos compuestos, que -

presentan actividad hormonal, se está propenso a preguntarse; ¿Si cualquier estructura molecular específica es requerida para poseer actividad auxínica?. Este problema fué investigado y resultó en la formulación de ciertos requerimientos estructurales mínimos para que un compuesto posea la habilidad de provocar elongación celular en las plantas. Estos requerimientos básicos fueron: (1)-Un sistema anular como núcleo, (2) -un doble enlace en este anillo, (3)-una cadena lateral, (4)-- un grupo carboxilo (o una estructura fácilmente convertible a carboxilo, tales como los ésteres y las amidas) sobre la cadena lateral al menos alejado un átomo de carbono del anillo, y (5)-una relación espacial particular entre el sistema anular y el grupo carboxilo (34). Más tarde, la alta actividad superficial de los compuestos que tenían actividad auxínica, se -- acentuó (35) y la visión expresada de los requerimientos mencionados, fué modificada a dos requisitos básicos: (I) -Un sistema anular basal con una alta actividad superficial, y (II) - un grupo carboxilo en una posición espacial definida y a una cierta distancia con respecto al sistema anular. Sin embargo, a pesar de estas formulaciones de los requerimientos básicos para los compuestos auxínicos, muchas otras sustancias, que presentan actividad como auxinas, no cumplen estos últimos requerimientos, por lo cual lo anteriormente mencionado no deja

de ser una regla, sujeta a excepciones.

Así pues, derivados anulares aparentemente divergentes en tipo, pueden mostrar actividad hormonal.

El requerimiento espacial, es uno de los más importantes, y esta importancia puede ser observada en la figura 1.5.1. El ácido cis-cinámico posee actividad hormonal, mientras que el - estereoisómero trans es completamente inactivo.

En la prueba de la avena, la forma dextro del ácido indol 3-propiónico, es cerca de treinta veces más activo que su correspondiente enantiómero, mientras que la mezcla racémica es aproximadamente la mitad de la actividad entre las dos especies (36). En esta instancia, sin embargo, se tienen configuraciones estereoquímicas interfiriendo con el transporte del ácido, al y a través del tejido reactivo.

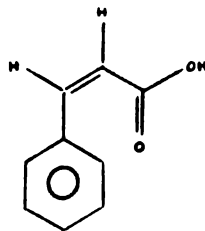
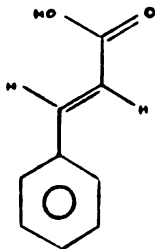


Fig. 1.5.1. Ac. trans-cinámico

Acido cis-cinámico.

Se ha encontrado que la actividad de un compuesto decrece cuando la longitud de la cadena lateral se incrementa. Este decrecimiento, sin embargo, no es progresivo, es periódico y la periodicidad depende del número de carbonos alifáticos. El ácido acético de compuestos que tienen como núcleo un indol, naftaleno, diclorofenoxi o un núcleo naftoxi, es altamente activo. Los correspondientes ácidos propiónicos son casi inactivos, mientras que los ácidos butíricos vuelven a mostrar actividad, pero menos que la presentada por los ácidos acéticos. Este fenómeno ha sido observado para la formación de raíces, (37) (38), por respuestas epinásticas de los rabos de tomates (39) y en curvatura de coleoptilos (40). Una hipótesis tentativa ha tratado de explicar este fenómeno (39). Esto sugiere que los homólogos superiores al acético, son degradados por un sistema de  $\beta$ -oxidación similar a la oxidación animal de ácidos grasos. Donde se inicia con un número impar de átomos de carbono, como en el caso del ácido propiónico, valérico y n-heptílico, la  $\beta$ -oxidación no puede resultar en el ácido acético activo, mientras que las cadenas pares de átomos de carbono, tales como el butírico, caproico y caprílico, pueden dar lugar al ácido acético activo.

Existen otros factores que influyen en la relativa actividad de las sustancias de crecimiento. Una consideración

importante es la velocidad de transporte de la hormona a través del tejido reactivo. Por ejemplo, cuando el ácido indol 3-butírico es probado en la curvatura de la avena, su actividad es cerca de 1/20 de la del IAA. En esta prueba las sustancias pueden pasar por un bloque de agar y ser transportadas hacia abajo del coleoptilo, sin embargo, cuando secciones de estacas de coleoptilos o hendiduras del tallo del chícharo (prueba del chícharo (23)), se sumergen en soluciones equimoleculares de ambos ácidos, donde la auxina está en inmediata proximidad al tejido reactivo, la respuesta de actividad es la misma para ambos compuestos (24) (35). Ambas, la velocidad de penetración y la de transporte de una sustancia del crecimiento en un tejido, dependen del pH del ambiente. Cuando la velocidad de penetración (41) o la actividad (42) es trazada como una función del pH, la curva es muy similar a la de disociación de la sustancia del crecimiento. Se considera por tanto, que solamente una molécula no disociada es activa. Así el ácido cis-cinámico, el cual, tiene un valor bajo de pK con respecto al IAA, tiene menos de la mitad de la actividad del anterior en la prueba del chícharo, pero cuando una corrección se hace para la diferencia en grados de disociación, ambos compuestos tienen idéntica actividad (42), esto es, cantidades equimoleculares de moléculas no disociadas de los áci--



dos, son igualmente efectivas.

Se ha mencionado antes, que el IAA es menos estable en la planta que otras hormonas del crecimiento. La auxina nativa - es rápidamente inactivada por extractos de hojas y otros tejidos, y esta inactivación se debe a una oxidación enzimática, - llevada a cabo por una enzima que fue aislada de la planta de chícharo (43), la cual, en presencia de oxígeno, inactiva al - IAA. Esta enzima es la llamada IAA-oxidasa, la cual, está muy distribuída en el reino vegetal y es específica para el IAA. Es obvio, por tanto, que el uso del IAA no es recomendado en aquellas prácticas agrícolas donde la persistencia de la sustancia del crecimiento es deseada.

Como se ha mencionado antes, existen dos tipos de auxinas; las naturales y las sintéticas. Las auxinas naturales, han sido discutidas en 1.3 y las sintéticas se analizarán a continuación.

Poco después de demostrarse que el IAA era la auxina que - con más frecuencia se presentaba en las plantas superiores, se realizó una búsqueda de compuestos sintéticos similares en constitución química y actividad de inducción del crecimiento. En 1935, Haagen-Smith y Went (44) demostraron la actividad biológica del ácido indol 3-pirúvico; IPyA (fig. 1.5.9).

En 1936, Zimmerman, P.W. y sus colaboradores (45) investiga-

ron varios compuestos nuevos incluyendo al ácido indol 3-butírico abreviado IBA (fig. 1.5.10), el ácido indol 3-propiónico (IPA), el ácido naftalén  $\alpha$ -acético (fig. 1.5.11) y el ácido naftalén  $\beta$ -acético (fig. 1.5.12), el ácido fenil-acético y el ácido antracén-acético (figs. 1.5.13 y 1.5.14).

En 1938 Irvine, V.C. (46), estudió al ácido  $\beta$ -naftoxiacético; BNOA (fig. 1.5.15).

En 1942 Zimmerman y Hitchcock (47) investigaron la serie de los ácidos fenoxiacéticos (serie POA) (fig. 1.5.16), de la que es miembro el ácido 2,4-diclorofenoxiacético (fig. 1.5.17). Algunos de los compuestos fenoxi comprobados, por Zimmerman fueron; el ácido 4-cloro fenoxiacético (fig. 1.5.18), el ácido 2,6 dicloro fenoxiacético (fig. 1.5.19), el ácido 4-(4-cloro-2-metil)-fenoxibutírico (fig. 1.5.20), el ácido 2-fenoxipro--piónico (fig. 1.5.21), el ácido 2-(2,6-dicloro-fenoxi) butírico (fig. 1.5.22) y la 2,6 dicloro fenoxiacetamida (fig. 1.5.23).

Otro grupo importante, son los derivados del ácido benzóico, como el ácido 2,3,6-trimetil benzóico (fig. 1.5.24). El ácido benzotiazol-2-oxiacético (fig. 1.5.25), también produce efectos auxínicos importantes.

A partir de la década de 1940, se sintetizaron un gran número de nuevas auxinas, variando los grupos unidos a los anillos aromáticos, tanto en posición como en tipo.

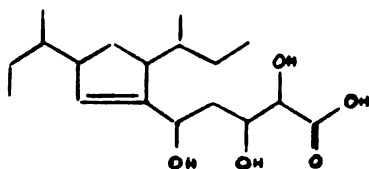


Fig. 1.5.2. Ac. auxentriólico (auxina-a)

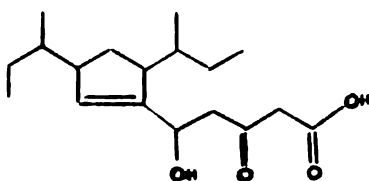


Fig. 1.5.3. Ac. auxenólico (auxina-b)

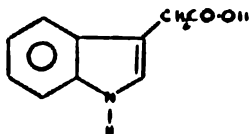


Fig. 1.5.4. Ac. indol 3-acético (IAA)

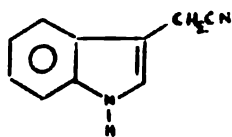


Fig. 1.5.5. Indol 3-acetonitrilo (IAN)

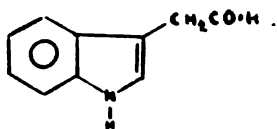


Fig. 1.5.6. Indol 3-acetaldehído (IAAld)

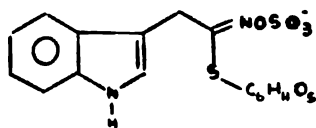


Fig. 1.5.7. Glucobrasina

Figuras 1.5.2. - 1.5.7. Fórmulas estructurales, nombres y abreviaturas de algunas auxinas y precursores auxínicos.

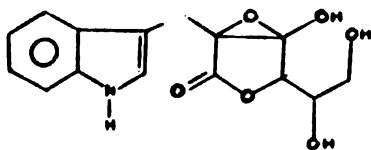


Fig. 1.5.8. Ascorbigeno

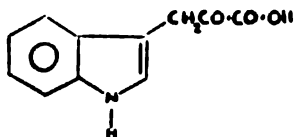


Fig. 1.5.9. Ac. indol 3-pirúvico (IPyA).

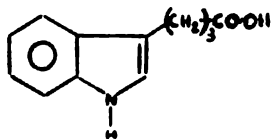


Fig. 1.5.10. Ac. indol 3-butírico (IBA).

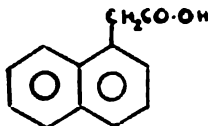


Fig. 1.5.11. Ac. naftalén  $\alpha$ -acético (NAA).

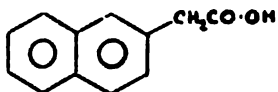


Fig. 1.5.12. Ac. naftalén  $\beta$ -acético (NAA)

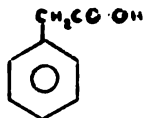


Fig. 1.5.13. Ac. Fenil acético.

Figuras 1.5.8. - 1.5.13. Fórmulas estructurales, nombres y abreviaturas de algunas auxinas y precursores auxínicos.

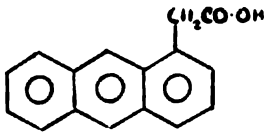


Fig. 1.5.14. Ac. antracén  
acético.

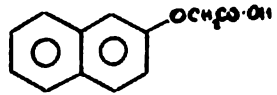


Fig. 1.5.15. Ac.  $\beta$ -nafto-  
xiacético (BNOA)

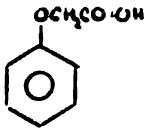


Fig. 1.5.16 Ac. Fenoxiacé-  
tico (POA)

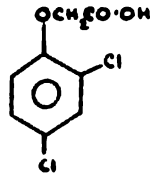


Fig. 1.5.17. Ac. 2,4-dicloro-  
fenoxiacético (2,4-D)

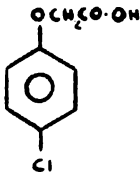


Fig. 1.5.18. Ac. 4-clorofenoxi-  
acético (4-D)

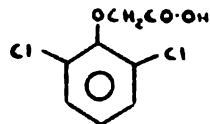


Fig. 1.5.19 Ac. 2,6-dicloro-  
fenoxiacético (2,6-D).

Figuras 1.5.14. - 1.5.19. Fórmulas estructurales, nombres y abreviaturas de algunas auxinas y precursores auxínicos.

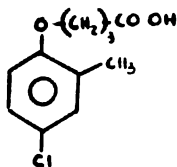


Fig. 1.5.20. Ac. 4-(4 cloro, 2 metil)-fenoxibutírico.

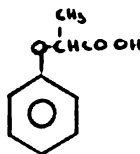


Fig. 1.5.21. Ac. 2-fenoxi-propiónico.

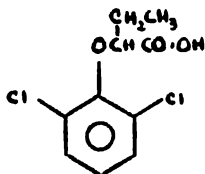


Fig. 1.5.22. Ac. 2-(2,6-diclorofenoxi)-butírico.

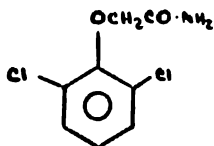


Fig. 1.5.23. 2,6 diclorofenoxi-acetamida.

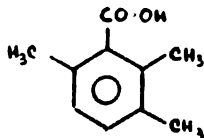


Fig. 1.5.24. Ac. 2,3,6-trime-tilbenzóico.

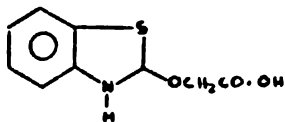


Fig. 1.5.25. Ac. benzotiazol-2-oxiacético (BOA)

Figuras 1.5.20 - 1 5.25 Fórmulas estructurales, nombres y abrevia-  
turas de algunas auxinas y precursores auxínicos.

## 1.6. APLICACIONES.

Una de las principales aplicaciones de las auxinas, ha sido en el campo de los herbicidas, estos agentes químicos causan la muerte de las plantas a extremadamente bajas velocidades de aplicación y además son altamente selectivos.

Las auxinas presentan una gran versatilidad en cuanto a su uso en la agricultura, y esto se traduce en los efectos antes nombrados, entre los que se encuentran: la propagación de plantas por enraizamiento, la partenocarpia de los frutos, el amarre de los mismos, la abscisión de las hojas, la inhibición de yemas, la formación de flores (floración), la producción de callos y algunos otros usos que se derivan de los anteriores, pero en una escala de utilización menor que los mismos.

## 1.7 BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Duhamel Dumonceau, *La Physique des arbres*, Vol. I., (1785)
- 2.- Sachs, J., *Stoff und Form der Pflanzenorgane.*, I.II.arb.-  
Bot. Inst. Würzburg., 2:452-488, 689-718 (1880, 1882).
- 3.- Darwin, C.R., *The Power of Movement in Plants* (1880).
- 4.- Fitting, H., *Die Leitung Tropischer Reize in parallelen Pflanzanteilen.* *Jahrb. Wiss. Bot.*, 44:177-253 (1907).
- 5.- Fitting, H., *Weitere Entwicklungsphysiologische Untersuchungen an Orchideenblüten.* *Zeitschr. Bot.* 2:225-267 (1910).
- 6.- Boysen-Jensen, P., *Über die Leitung des Phototropischen - - Reizes in der Avena Koleoptile.* *Ber. Deut. Bot. Ges.* 31:--  
559-566 (1913).
- 7.- Paál, A., *Über Phototropische Reizleitung.* *Jahrb. Wiss. Bot.*  
58:406-458 (1918).
- 8.- Stark, P., *Studien über Traumatropie und Haptotropie Reiz- -  
leitungs Vorgänge mit besonderer Berücksichtigung der Reiz-  
übertragung auf Fremde Arten und Gattungen.* *Jahrb. Wiss.  
Bot.* 60:67-134 (1921).
- 9.- Soding, H., *Zur Kenntnis der Wuchshormone in der Haferkoleop-  
tile.* *Jahrb. Wiss. Bot.* 64:587-603 (1925).
- 10.- Seubert, E., *Über Wachstumsregulatoren in der Koleoptile von  
Avena.* *Zeitschr. Bot.* 17:49-88 (1925).



- 11.- Went, F.W., On Growth-Accelerating Substances in the coleoptile of Avena sativa. Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch Amsterdam. 30:10-19 (1926).
- 12.- Went, F.W., Wuchstoff und Wachstum. Rec. Trav. Bot. Neerland 25:1-116 (1928).
- 13.- Kogl, F., Haagen-Smith, A.J. Erxleben, H., Über die Isolierung der Auxine a und b aus Pflanzlichen Materialien, IX Mitteilung. Zeitschr. Physiol. Chem. 225:215-229 (1934).
- 14.- Kogl, F., Über ein neues Auxin (Heteroauxin) aus Harn, XI Mitteilung. Zeitschr. Physiol. Chem. 228:90-103 (1934).
- 15.- Bouillene, P. et Went, F.W., Recherches Expérimentales sur l'aneuro-formation des racines dans les Plantules et les Boutures des Plantes Supérieures. Ann. Jard. Bot. Buitenzorg. 43:25-202 (1933).
- 16.- Zimmerman, P.W. and Wilcoxon, F., Several Chemical Growth Substances which cause Initiation of Roots and other Responses in Plants, Contrib. Boyce Thompson Inst. 7:209-229 (1935).
- 17.- Zimmerman, P.W. and Hitchcock, A.E., Substituted Phenoxi and Benzoic Acid Growth Substances and the Relation of Structure to Physiological Activity. Contrib. Boyce Thompson Inst. 12:231-343 (1942).

18. - Blackman, G.W., Plant Growth Substances as Selective Weed Killers: A comparison of Certain Plant Growth Substances and other Selective Herbicide. *Nature* 155:500-501 (1945).
19. - Nutman, A.S., Thornton, H.G. and Quastel, J.H. Plant Growth Substances as Selective Weed-Killers: Inhibition of Plant Growth by 2,4-D and other Plant Growth Substances. *Nature* 155: 498-500 (1945).
20. - Slade, R.W., Templeman, W.G. and Sexton, W.A., Plant Growth Substances as Selective Weed-Killers: Differential Effect as Plant Growth Substances as Plant Species. *Nature* 155: 497-498. (1945).
21. - Mitchell, J.W. Mandava, M., Worley, J.F. and Plimmer, J.P., Brassins: A New Family of Plantas Hormones from Rape Pollen *Nature*. 225: 1065-1066 (1970).
22. - Van Oberbeek, J., Plant Hormones and other Regulatory Factors; in Frear, Agricultural Chemistry, Van Nostrand, N. - Y. Vol. I Pags. 422-463 (1950).
23. - Thimann, K.V. and Pincus, G., (editor), Chemistry and Physiology of the Hormones, Vol. I Chapters 2 and 3, Academic - - Press. N.Y. Pags. 6-119 (1948).
24. - Went, F.W. and Thimann, K.V., Phytohormones, The Macmillan Co. N.Y. Pags. 1-294 (1937).

25. - Avery, G. S., Jr., and Johnson, E. B., *Hormones and Horticulture*, McGraw-Hill Book Co., Inc. N.Y. (1947).
26. - Van Oberbeek, J., *Ann. Rev. Biochem.* 13:631 (1944).
27. - Larsen, P., *Dansk. Bot. Arkiv.* 11:11-132 (1944).
28. - Thimann, K.V., *Plant Physiol* 13:437 (1938).
29. - Heyn, A.N.J., *Rec. Trav Bot. Néerland.* 28:113-244 (1931).
30. - Galston, A.W., and Davies, P.J., *Control Mechanisms in Plant Development*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall. (1970).
31. - Berger, J., and Avery G.S., Jr. *Amer. Jour. Bot.* 31:199 - (1944).
32. - Haagen-Smit, A.J., Leech, W.D. and Berggren, W.R., *Amer. Jour Bot.* 29:500 (1942).
33. - Wildman, S.G., and Bonner, J., *Amer. Jour. Bot.* 35:740 (1948).
34. - Koepfli, J.B., Thimann, K.V. and Went F.W., *Jour. Biol. Chem.* 122:763 (1938).
35. - Veldstra, H., *Enzymologia* XI:97 (1944).
36. - Kogl, F., *Chem. Ind. (London)* 57 (3) : 49 (1938).
37. - Grace, N.H., *Can. J. Research* 17:247. (1937).
38. - Grace, N.H., *Can. J. Research* 17:373 (1939).
39. - Synerholm, M.E., and Zimmerman, P.W., *Contrib. Boyce Thompson Inst.* 14:369 (1947).
40. - Thimann, K.V. and Bonner, J., *Physiol. Rev.* 18:545 (1938).

41. - Albaum, A.G., Kaiser, S. and Westler, H.A., Amer Jour. Bot. 24:513 (1937).
42. - Bonner, D., Bot. Gaz. 100:200 (1938).
43. - Tang, Y.W. and Bonner, J., Amer. Jour. Bot. 33:21 (1946).
44. - Haagen-Smit, A.J. and Went, F.W., Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch Amsterdam 38:852-857 (1935).
45. - Zimmerman, P.W., Hitchcock, A.E., and Wilcoxon, F., Contrib. Boyce Thompson Inst. 8:105-112 (1936).
46. - Irvine, V.C., Univ. Colo. Stud. 26:69-70 (1938).
47. - Zimmerman, P.W., and Hitchcock, A.E., Contrib. Boyce Thompson Inst. 12:321-343 (1942).

## CAPITULO 2

### LAS AUXINAS Y EL ENRAIZAMIENTO.

#### 2.1. LAS RAICES.

La primera función descubierta de las auxinas, fué que estimulaban la división celular. La estimulación de la iniciación de raíces, que fué la segunda, constituyó la primera aplicación práctica de los reguladores del crecimiento. Actualmente en los viveros se utilizan los reguladores para estimular la formación de raíces de estacas.

La parte que se corta de una planta madre con fines de propagación, se denomina estaca o esqueje.

La capacidad de muchas plantas para formar raíces en estacas, colocadas en condiciones favorables de crecimiento, tienen un gran valor en la propagación de las plantas.

Al desarrollarse el embrión de una semilla, el primer órgano que aparece es la raíz, la cual, al crecer se dirige hacia el centro de la tierra, fenómeno conocido como geotropismo positivo. Al principio es un órgano sencillo, constituido únicamente por un cuerpo alargado en cuya extremidad inferior existe un conjunto de células epidermales de protección sueltas, que forman la cofia, a partir de la cual existe

una zona meristemática o de crecimiento, lisa, que se continúa por otra región en la cual, las células de la capa epidérmica se encuentran sumamente alargadas, proyectada hacia el exterior, y constituyendo los llamados pelos radicales o absorbentes (1).

Con el tiempo la raíz se convierte en un órgano más complejo, ya que se ramifica en subsecuentes ocasiones, dando lugar la raíz principal a raíces secundarias, terciarias, -- cuaternarias, etc., cada una de las cuales, presentan a su vez la simple estructura acabada de mencionar y posteriormente ramifican dando lugar a otras raíces.

Por su origen las raíces pueden ser consideradas de dos tipos diferentes. Las llamadas raíces verdaderas o normales son aquellas que se forman a partir de la radícula del embrión, es decir, son derivadas del primordio de raíz contenido en el embrión de la semilla.

El otro tipo de raíces es el llamado adventicio, las cuales, no se forman de otras raíces ni tienen origen embrional, sino que aparecen a partir de grupos de células vivas o parenquimatosas de ramas y tallos, e incluso de hojas.

Esta facultad de los vegetales de formar raíces a partir de elementos aéreos, se aprovecha en la agricultura para propagar las especies por procedimientos como el estacado.

Las funciones fundamentales de las raíces se resumen en: la absorción, el almacenamiento y la conducción de agua, sales, y gases, así como la fijación de la planta a un sustrato que generalmente es el suelo.

Se distinguen dos tipos morfológicos fundamentales de raíces; las fibrosas y las axonomorfas o típicas. En las raíces fibrosas no se distingue un cuerpo principal, ya que se ramifican de tal manera que presentan varios cuerpos de calibre semejante, de las cuales, a su vez, salen numerosas ramas de menor calibre; de estas, otras más pequeñas y así sucesivamente. -- Tal es el caso de las gramíneas, el frijol y en general las -- plantas herbáceas, además de otras muchas plantas.

Las raíces axonomorfas, en cambio, se caracterizan por tener un cuerpo principal, del cual salen relativamente pocas ramas; ejemplo de este tipo, son las zanahorias, las remolachas, los rábanos y otras plantas.

Tanto las raíces fibrosas mediante sus abundantes ramas, como las axonomorfas por medio de su fuerte cuerpo principal, fijan a la planta eficazmente al suelo, al mismo tiempo que actúan como conductoras de las sustancias absorbidas hacia -- las partes altas de la planta.

Estas dos funciones van adquiriendo mayor importancia a medida que las raíces envejecen, ya que se van haciendo más -

resistentes y de mayor calibre. A cambio de ésto, las ramificaciones más viejas pierden su poder de absorción, ya que los pelos radicales o absorbentes son estructuras temporales de las ramas muy nuevas.

Si se examina el extremo terminal de una raíz nueva o una de sus ramas, se observará que es algo más ancho que el resto del cuerpo. Esta porción final ensanchada es como ya se dijo la cofia, la cual está formada por células que producen sustancias viscosas que le dan protección a las delicadas células del ápice de crecimiento.

Estas funciones de protección y de "punta de lanza" que desempeña la cofia, hacen que muchas células se desprendan; sin embargo, son reemplazadas por células nuevas originadas en el ápice de crecimiento de la raíz.

Inmediatamente por arriba del ápice de crecimiento de la raíz, o sea, hacia el tallo, se encuentra una zona cuyas células aun muy nuevas, constituyen la parte realmente absorbente, ya que las células situadas superficialmente forman salientes alargadas e irregulares de pared muy fina; son los pelos radicales (fig. 2.1.1.), que como ya se dijo solo están activos por corto tiempo a causa de que las células que soportan la planta, pronto mueren y son sustituidas por otras de paredes gruesas e impermeables, muy efectivas como elementos de protección, pero que no facilitan la absorción. Así las partes



absorbentes de la raíz están limitadas a las zonas inmediatas a los ápices de crecimiento en las puntas de las ramas nuevas.

Por lo tanto, la parte alta y vieja constituye por un lado, la zona de paso hacia el tallo de las sustancias absorbidas, y por otro el elemento de anclaje de la planta al suelo. Además en algunas raíces, es esta la zona donde se almacenan las sustancias de reserva. (1) (2).

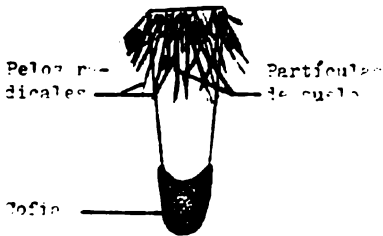


Fig. 2.1.1.

Características externas de la raíz.

Anatómicamente, es relativamente fácil distinguir por medio de un corte transversal a una raíz, que los tejidos conductores y los de sostén están agrupados en la parte interna formando un cilindro central que la recorre en toda su longitud.

Si se observa al microscopio un corte transversal de una raíz, es fácil identificar este cilindro (fig. 2.1.2.).

En este cilindro conductor, el xilema se encuentra a su vez, en la parte central de donde salen hacia la periferia un número variable de radios. En los ángulos que quedan entre los radios del xilema se dispone el floema. Limitando por fuera el cilindro central conductor, se encuentra una capa de células de paredes delgadas, el periciclo, el cual, tiene particular importancia, porque en este tejido se originan las ramificaciones de la raíz.

El periciclo se encuentra rodeado por la endodermis, formada por una capa de células cuyas paredes tienen engrosamientos en forma de cinturón. El resto de tejidos de la raíz recibe el nombre de corteza y está formada por un perénquima -- (tejido celular esponjoso) que llega hasta la periferia en donde se halla la epidermis, constituida por una sola capa de células que soportan pelos absorbentes cuando la raíz es nueva.

Cuando la raíz ya ha emergido, la epidermis se cae y es sustituida por la exodermis (1) (2).

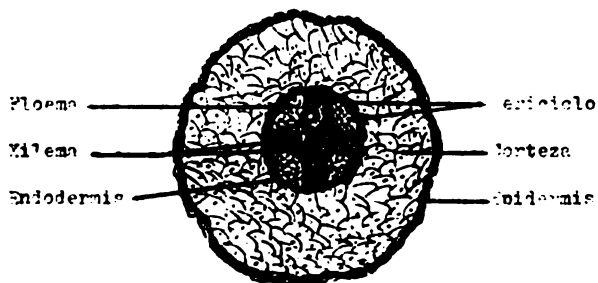


Fig. 2.1.2. Corte transversal de una raíz.

## 2.2. DESARROLLO DE LAS RAICES.

La mayoría de las raíces adventicias de estacas de tallos de plantas herbáceas, proceden de grupos de células parenquimáticas vivas, de paredes delgadas, capaces de transformarse en meristemáticas (de crecimiento). En las estacas de herbáceas, esas células se encuentran precisamente fuera y entre los haces vasculares. En las plantas perennes leñosas, donde se encuentran presentes una o más capas de floema y xilema secundario, las raíces adventicias de las estacas de tallos se originan generalmente en el tejido de floema secundario joven, si bien esas raíces proceden también de otros tejidos, como son el cambium, los radios vasculares o la médula (3).

Las iniciales de raíces, son grupos pequeños de células meristemáticas que siguen dividiéndose y formando grupos compuestos de muchas células pequeñas y que se desarrollan más ampliamente para formar primordios nuevos de raíces. La división celular continúa y muy pronto cada grupo de células comienza a formar una estructura de puntas de raíces.

Se desarrolla un sistema vascular en el nuevo primordio de raíces, que se conecta con el haz vascular adyacen-

te. La punta de las raíces crece hacia el exterior, a través de la corteza y la epidermis, surgiendo del tallo.

Las raíces que surgen después de la aplicación de reguladores del crecimiento vegetal son de origen similar a las -- producidas normalmente; no obstante, tanto las característi-- cas de las raíces como su disposición en el tallo pueden va-- riar considerablemente.

Las concentraciones altas de reguladores del crecimien-- to pueden producir anormalidades en la formación de raíces.

(3), (4), (5), (6).

### 2.3. FACTORES Y COFACTORES PARA EL ENRAIZAMIENTO.

La utilización de reguladores del crecimiento no evita la necesidad de otras prácticas recomendadas de propagación como son; la selección de buenos materiales para estacas, - la utilización de un buen método de enraizamiento, el mantenimiento de una humedad adecuada y la elección de condiciones apropiadas de luz, ventilación y temperatura, las cuales, son requisitos previos para que el enraizamiento sea - el óptimo.

Además de todos los factores arriba mencionados, un -- buen enraizamiento depende de la presencia de cierto número de cofactores en las estacas, que en combinación con las - auxinas permiten que estas arraiguen. La fuente de los cofactores aquí mencionados, por lo común son las hojas. Ha sido demostrado en la propagación de plantas, que cuando -- éstas pierden las hojas, se reduce considerablemente la posibilidad de enraizamiento de las estacas. Los materiales nitrogenados y los azúcares producidos por las hojas, son - quizá cofactores del enraizamiento (3).

Estudios sobre el enraizamiento de muchas especies, -- han conducido a la conclusión de que la capacidad de arraigo, no la determina el tipo de hojas que abastecen a la estaca, sino el tipo de tallo del que surgen las raíces. En

tanto las hojas se conserven sanas en esos experimentos, la -  
facilidad o dificultad de enraizamiento, no será afectada por  
las características de la variedad que proporciona las hojas.

Se han desarrollado muchas investigaciones acerca de la  
importancia de estos cofactores, pero cada vez que se regis--  
tra algún resultado favorable con respecto a lo anterior apa--  
rece otro totalmente contradictorio, por tanto, resulta evi--  
dente que no existe un acuerdo generalizado en cuanto a la --  
contribución de las hojas en el arraigo de estacas (3) (4) (7)  
y (8).

#### 2.4. UTILIZACION DE HORMONAS EN EL ENRAIZAMIENTO.

Muchas auxinas provocan la formación de raíces, pero pocas se utilizan en la propagación práctica de las plantas. Las más importantes son; el ácido indol 3-butírico y sus derivados, y sigue el ácido naftalén acético y sus derivados, y el ácido indol 3-acético. El IBA, es eficaz para esquejes del 85% aproximadamente de las especies hortícolas. El NAA es ligeramente mejor que el IBA, para algunas plantas, pero tiene importancia en menos del 25% de las especies. El IAA es especialmente efectivo en crisantemos. Mezclas de las tres sustancias pueden usarse para fines prácticos determinados.

Las amidas del IBA y del NAA, son también agentes muy efectivos para el enraizamiento. La forma amida del NAA, es menos tóxica que el NAA, y por tanto, puede utilizarse con mayor seguridad. Otros homólogos son agentes eficaces del enraizamiento, aunque ninguno de ellos es superior al NAA.

Muchos compuestos fenoxi, promueven el enraizamiento cuando se emplean en bajas concentraciones. Al aplicarlos en concentraciones muy elevadas, tienden a producir raíces gruesas y atrofiadas, y su límite de toxicidad se aproxima a la concentración óptima para la iniciación de raíces. El 2,4-D, promueve el enraizamiento en ciertas especies; no -



obstante, puesto que es potente y se desplaza con facilidad, por lo común tiende a inhibir el desarrollo de los brotes y a originar daños en ellos, sobre todo cuando se utiliza mucho de éste. Se ha demostrado que varios otros productos - de fenoxi resultan eficaces para producir un buen arraigo - sin dañar los brotes, si se utilizan concentraciones muy bajas. Desgraciadamente, la gama de eficacia de estos compuestos es muy estrecha.

Los reguladores del crecimiento pueden modificar tanto el tipo de raíces como el número en que se produzcan. El IBA produce un sistema radical fuerte y fibroso, mientras que los ácidos fenoxiacéticos, a menudo producen un sistema radical atrofiado y matoso, compuesto de raíces dobladas y gruesas (3).

Las sustancias promotoras del crecimiento son a menudo más eficaces cuando se utilizan en combinación (9); partes iguales de IBA y NAA, provocan que un porcentaje más alto de estacas arraiguen en algunas especies, que con cualquiera de ambos utilizados por separado.

Así pues, la utilización de las auxinas en el enraizamiento, es bastante amplia, (10) (11) y a medida que transcurre el tiempo y se desarrollen más investigaciones al respecto, la gama de utilización de las sustancias del crecimiento de las plantas, será más grande e importante.

## 2.5. METODOS DE APLICACION DE LAS HORMONAS DEL ENRAIZAMIENTO.

Con el fin de que los ácidos fenoxiacéticos actúen estimulando la producción de raíces, pueden prepararse en forma de líquidos, polvo o pastas. Los líquidos se pueden aplicar sumergiendo, empapando, humedeciendo o rociando la base de los esquejes; el polvo se aplica a la base húmeda y la pasta a la base seca de los mismos. Cada método requiere diferente cantidad de ácido, para obtener el resultado óptimo y como es de esperarse, una estimulación del arraigo solo tiene objeto cuando se conoce exactamente la dosificación óptima, la cual, es específica para cada variedad así como el período de actuación. Una dosificación demasiado alta resulta perjudicial, mientras que una demasiado baja no produce efecto alguno. A continuación se describen brevemente los principales métodos de aplicación de las hormonas del enraizamiento.

### 2.5.1. Método de Inmersión Lenta.

En este método se prepara una solución madre concentrada de auxinas y luego se diluye en agua para obtener la dosis deseada. Las concentraciones utilizadas varían desde 20 ppm en las especies de enraizamiento fácil, hasta 200 ppm en las de enraizamiento difícil. Los esquejes (solamente de 2 - 5 cm. de la parte basal) se remojan en la solución de 6 - 24 Hrs., en un lugar som

breado y a la temperatura ambiente, colocándolos inmediatamente en el medio de enraizamiento. La cantidad de compuesto químico absorbido por cada corte, depende de las condiciones ambientales y de las especies utilizadas. Se absorbe mucho más solución en la corriente de transpiración, en condiciones cálidas y secas, - que en las frías y húmedas (3), (12) y (13).

#### 2.5.2. Método de Inmersión rápida.

En este método, los extremos basales de las estacas se sumergen aproximadamente durante 5 segundos en una solución concentrada (500 - 10 000 ppm) del producto químico en alcohol. - El producto químico puede absorberse a través de tejido intacto, cicatrices de las hojas, heridas o cortes en los extremos apical o basal de las estacas. Luego, las estacas se colocan inmediatamente en el medio de enraizamiento. Este método tiene la ventaja de requerir menos equipo en el remojo, que la técnica de inmersión lenta. La cantidad de auxinas aplicadas por unidad de superficie de la base de la estaca, es constante y depende menos de las condiciones externas, que en el caso de los otros métodos. La misma solución puede utilizarse repetidas veces, pero deberá sellarse herméticamente entre -- utilizaciones a fin de que no se evapore el alcohol (3) (12) y (13).

### 2.5.3. Método de espolvoreado.

En este método la base de la estaca se trata con una hormona del crecimiento mezclada con un portador (un polvo fino inerte que puede ser arcilla o talco). Deben utilizarse - - aproximadamente 200 a 1 000 ppm. de la hormona del crecimiento en las estacas de madera blanda y 5 veces la cantidad en maderas duras. Se emplean dos métodos principales para preparar la mezcla de tratamiento. Uno de ellos es moler los - cristales de auxinas a fin de formar un polvo fino y a continuación mezclar ese polvo con el portador. El otro consiste en empapar el portador en una solución alcohólica de sustancia del crecimiento, dejando luego que se evapore el alcohol, a - fin de que el portador permanezca en forma de polvo.

Con frecuencia resulta conveniente efectuar antes del tratamiento cortes nuevos en la base de las estacas para facilitar la absorción. La pulgada basal de las estacas se humedece luego en agua y se revuelca en el polvo. Debe retirarse - de las estacas todo exceso de polvo a fin de impedir los efectos tóxicos posibles. A continuación las estacas se plantan inmediatamente, teniendo cuidado de no eliminar por frotamiento la capa delgada de polvo adherido. Pueden surgir dificultades para obtener resultados uniformes mediante este método,

debido a la variabilidad en la cantidad de material que se adhiere a las estacas (3) (12) y (13).

#### 2.5.4. Otros métodos.

Además de estos tres métodos principales para la aplicación de reguladores del crecimiento, experimentalmente se han utilizado multitud de técnicas distintas con grados variables de éxito. Algunos ejemplos de estos métodos son: el método de rociado, de la pasta de lanolina, de aspersión de follaje, de aspersión del suelo, de filtrado al vacío, de inyección, etc. (3) (12) y (13).

## 2.6. BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Moore, J.A., et al, Biological Science., An Inquiry into Life (2nd. Ed.), Hartcourt, Brace and World Inc. pags. - 387 - 411 (1968).
- 2.- Calderón, A.E., Fruticultura General., 1a. Parte, México ECA 2a. Ed. pgs. 37-67 (1977).
- 3.- Weaver, R.J., Reguladores del Crecimiento de las Plantas en la Agricultura, 1a. Ed. Ed. Trillas, México, pags. 91-171 (1976).
- 4.- Cooper, W.C., Bot. Gaz 99:599 - 614 (1938).
- 5.- Leopold, A.C., Plant Growth and Development. N.Y., Mc. - Graw Hill (1964).
- 6.- Wilkins, B.M., dir. The Physiology of Plant Growth and - Development. N.Y. McGraw - Hill (1969).
- 7.- Ryan, G.F., Frollich, E.F. and Kinsella, T.P., Proc. Amer. - Soc. Hort. Sci. 72: 454 - 461 (1958).
- 8.- Higdon, R.J., and Westwood, M.H., Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 83: 193 - 198 (1963).
- 9.- Hitchcick, A.E., and Zimmerman, P.W., Contrib. Boyce Thomp son Inst. 11: 143 - 160 (1940).
- 10.- Bachelard, E.P. and Stowe, B.B., Australian Jour. Biol. Sci. 16: 751 - 767 (1963).

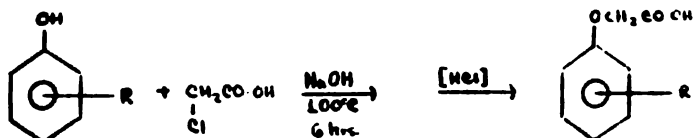
- 11.- **Lexander, E.,** *Physiol. Plantarum* (Copenhagen). 6: 406-443 (1953).
- 12.- **Mitchell, W.J. y Marth, C.D.,** *Fito-hormonas y otros reguladores del crecimiento.* Ed. Aguilar Madrid Esp. (1950).
- 13.- **Naundorf, G.,** *Las Fito-hormonas en la Agricultura,* 1a. Ed. Editorial Salvat, Barcelona, España (1951).

### CAPITULO 3.

#### SINTESIS Y CARACTERIZACION DE LOS ACIDOS OXIACETICOS.

##### 3.1. REACCION GENERAL.

La reacción general de síntesis de los ácidos oxiaacéticos es la siguiente (1).



donde R = H, (o, m y p) CH<sub>3</sub>-, o-CH<sub>3</sub>O-, o-OH- y 3-OH, SCH<sub>3</sub>-

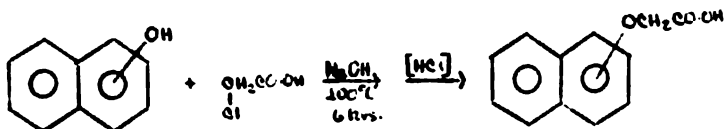











Fig. 3.1.1. Reacción General de síntesis de los ácidos oxiaacéticos.



### 3.2. METODO DE SINTESIS.

Todos los ácidos oxiacéticos fueron preparados por el mismo procedimiento general (1). 5 g. del fenol o naftol - - apropiado, esto es, el fenol o naftol conteniendo los sustituyentes deseados en el producto final, 2.9 g de ácido cloroacético y 2.7 g. de hidróxido de sodio, fueron disueltos en 15 ml. de agua. La solución resultante fue calentada a reflujo durante 6 horas a 100°C. Se dejó enfriar la solución a temperatura ambiente y se acidificó con HCl concentrado - hasta alcanzar un pH ácido. El ácido oxiacético fue extraído de la solución ácida con dos porciones de éter etílico - de 25 ml. cada una, y luego reextraído del éter con dos porciones de  $\text{NaHCO}_3$  al 5%, de 25 ml. cada una y fue precipitado de la solución alcalina, con HCl concentrado hasta alcanzar un pH ácido. El producto fue entonces filtrado y lavado con abundante agua, hasta que el residuo acuoso no presentó acidez al contacto con el papel pH. El ácido oxiacético fue - recristalizado de agua y secado en estufa a 110°C. durante - 1 hora, hasta que el producto final no presentó variación en el punto de fusión.

Nombre	Fórmula Condensada	Fórmula Estructural	Cantidad Obtenida (g)	Rendimiento (%) Peso
Ac. Fenoxiacético.	$C_6H_5OCH_2COOH$		1.0	12.37
Ac. o-metil fenoxiacético	$o-CH_3C_6H_4OCH_2COOH$		5.0	65.1
Ac. m-metil fenoxiacético	$m-CH_3C_6H_4OCH_2COOH$		5.3	69.0
Ac. p-metil fenoxiacético	$p-CH_3C_6H_4OCH_2COOH$		5.4	70.3
Ac. o-metoxi fenoxiacético	$o-CH_3OC_6H_4OCH_2COOH$		3.2	43.6
Ac. o-hidroxi fenoxiacético	$o-OH-C_6H_4OCH_2COOH$		1.3	17.01
Ac. 3 hidroxi, 5 metil fenoxiacético	$3-OH, 5-CH_3C_6H_3OCH_2COOH$		1.2	16.35
Ac. $\alpha$ -naftoxiacético	$\alpha-C_{10}H_7OCH_2COOH$		4.2	59.91
Ac. $\beta$ -naftoxiacético	$\beta-C_{10}H_7OCH_2COOH$		2.0	28.53

3.2.1. Nombre, Fórmula y Rendimiento de los ácidos oxiacéticos sintetizados.

### 3.3. CARACTERIZACION DE LOS ACIDOS OXIACETICOS SINTETIZADOS.

La caracterización de los ácidos oxiacéticos sintetizados, fué hecha por medio de la determinación de sus constantes físicas (punto de fusión), así como la interpretación de sus espectros en el infrarrojo.

#### 3.3.1. Constantes físicas.

La pureza del producto fué establecida por comparación del punto de fusión experimental, con el reportado en la literatura. (2).

La comparación de los puntos de fusión con los reportados en la literatura, se muestran en la tabla 3.3.1.1.

Acido.	Punto de fusión °C.	
	Observado.	Literatura.
$C_6H_5OCH_2COOH$	98	96,97-99
$o-CH_3C_6H_4OCH_2COOH$	152	151-152
$m-CH_3C_6H_4OCH_2COOH$	103.5	102-103
$p-CH_3C_6H_4OCH_2COOH$	136	134-136
$o-CH_3OC_6H_4OCH_2COOH$	121.5	116,121
$o-OHC_6H_4OCH_2COOH$	167	164-166
$3-OH, 5CH_3C_6H_3OCH_2COOH$	171	_____
$\alpha-C_{10}H_7OCH_2COOH$	189	190

$\beta$  -C<sub>10</sub>H<sub>7</sub>OCH<sub>2</sub>COOH 154.5 156

Tabla 3.3.1.1. Puntos de fusión de los ácidos oxiaacéticos sin tetizados.

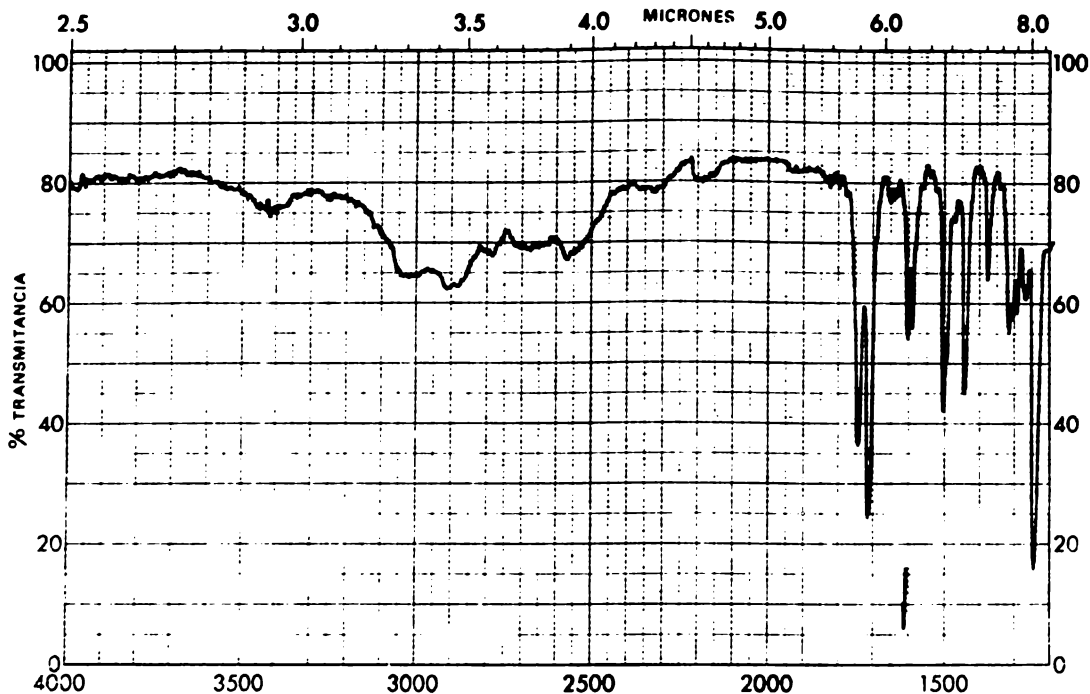
### 3.3.2. Espectros de Infrarrojo.

El espectro de absorción en el infrarrojo de la mayoría de los compuestos orgánicos, presenta una serie de bandas definidas de absorción que pueden correlacionarse con las vibraciones de átomos y grupos atómicos. Las bandas en la región más baja de longitud de onda (de 2 a 10  $\mu$ m) se consideran debidas principalmente a las vibraciones de estiramiento y encorvamiento de los enlaces individuales y así son características de las unidades estructurales diatómicas de los grupos funcionales. Las bandas en la región más alta de longitud de onda (de 7 a 15  $\mu$ m) parecen deberse a vibraciones más complejas de unidades poliatómicas y de la molécula en conjunto. Aún cuando hay algún traslape, las bandas de más baja longitud de onda se usan en la detección de grupos funcionales particulares en tanto que las bandas de longitud de onda más alta se emplean para obtener información acerca del ambiente de los grupos funcionales y en la identificación de compuestos (3).

Los espectros de infrarrojo, fueron obtenidos de un espectrofotómetro infrarrojo Perkin-Elmer 337 (USA); que se encuen--

tra en la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Química de Ciudad Universitaria, utilizando el método de pastilla, KBr como soporte, una velocidad de barrido: lento de  $4000 - 1300 \text{ cm}^{-1}$  y rápido de  $1300 - 400 \text{ cm}^{-1}$  y usando como referencia al aire para el manejo de dichos ácidos.

Los espectros de infrarrojo y la interpretación de los mismos, correspondientes a los ácidos sintetizados, se muestran a continuación.

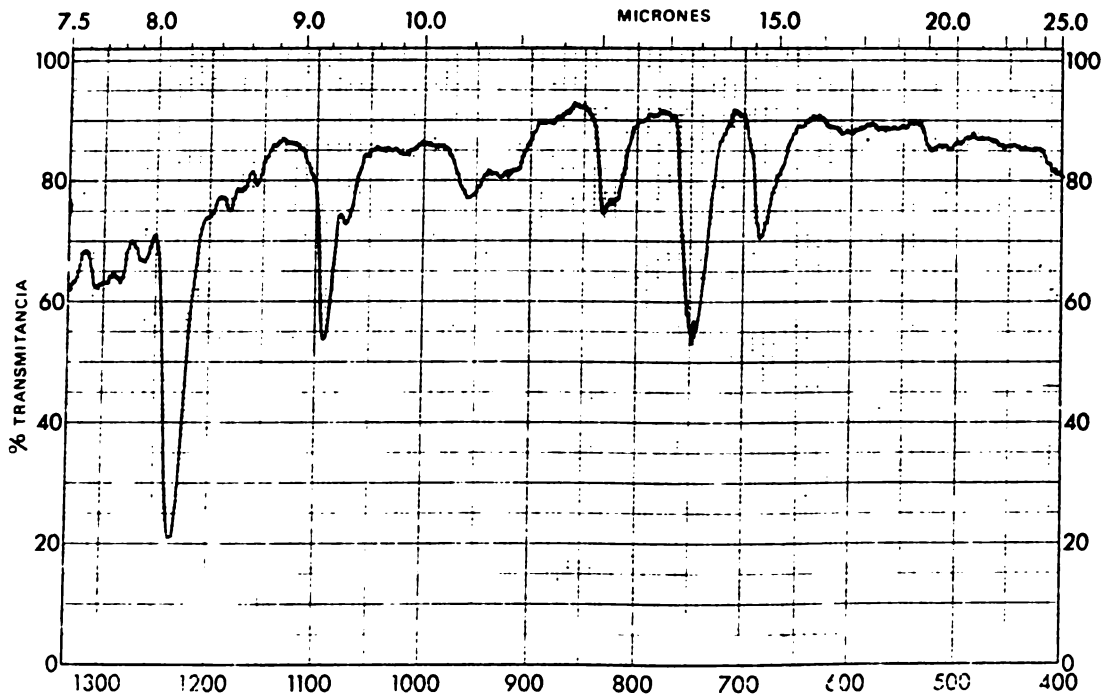


3.3.2.1. Espectro Infrarrojo.

FRECUENCIA (CM<sup>-1</sup>)

AF  
ME

MUESTRA <u>Al Fenacetico I</u> ORIGEN <u>D. José Luis Galán M.</u> SOLVENTE <u>Et. Br.</u>	CURVA Nº <u>29236</u> CONC. <u>—</u> ESPESOR DE CELA <u>—</u> REFERENCIA <u>WRC.</u>	VEL DE BARRIDO <u>Lyte</u> BENDIDA <u>R</u> COMENTARIOS <u>facilita</u>	OPERADOR <u>Merino</u> FECHA <u>12-11-80</u>
--	---	---	---



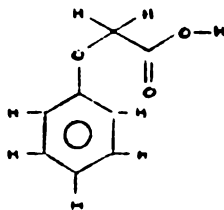
2.3.2.2. Espectro Infrarrojo.

FRECUENCIA (CM<sup>-1</sup>)

SE  
SE

MUESTRA <i>Alc. Fenacetilo I</i>	CURVA NO. <i>092.06</i>	NO. DE BARRIDO <i>Rep.</i>	OPERADOR <i>Alvarez</i>
ORIGEN <i>Dr. José Luis Galvan M.</i>	CONC. <i>-</i>	SEÑAL <i>N</i>	FECHA <i>12. II 80</i>
SOLVENTE <i>KBr</i>	ESPESES DE CELDA <i>-</i>	COMENTARIOS <i>partida</i>	
	REFERENCIA <i>urea</i>		

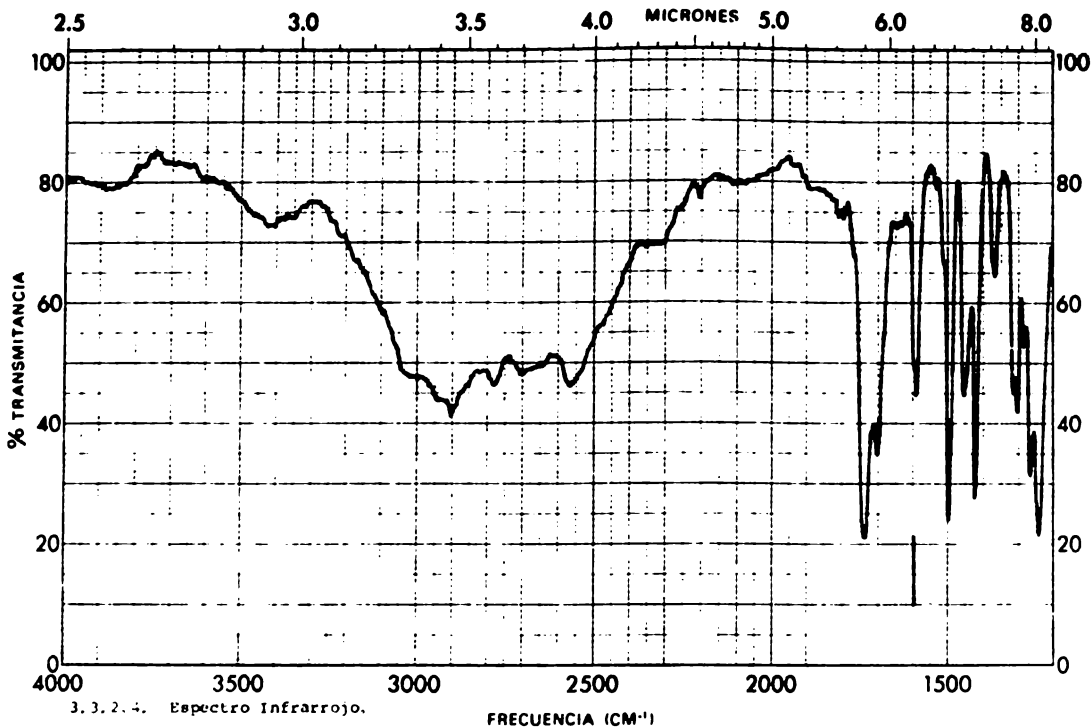
No. de <u>ban</u> <u>das.</u>	Frecuencia (4) (5) ( $\text{cm}^{-1}$ )	Unión	Grupo.
1	2900	O-H, C-H	carboxilo aromático.
1	1715	C=O	carboxilo.
4	1450, 1500 1590, 1600	C=C	aromático.
1	1370	C-H	alifático (metileno)
1	1235	C-O	fenoxi
1	1090	C-O	carboxilo
2	685 - 750	C-H	aromático monosusti- tuído.



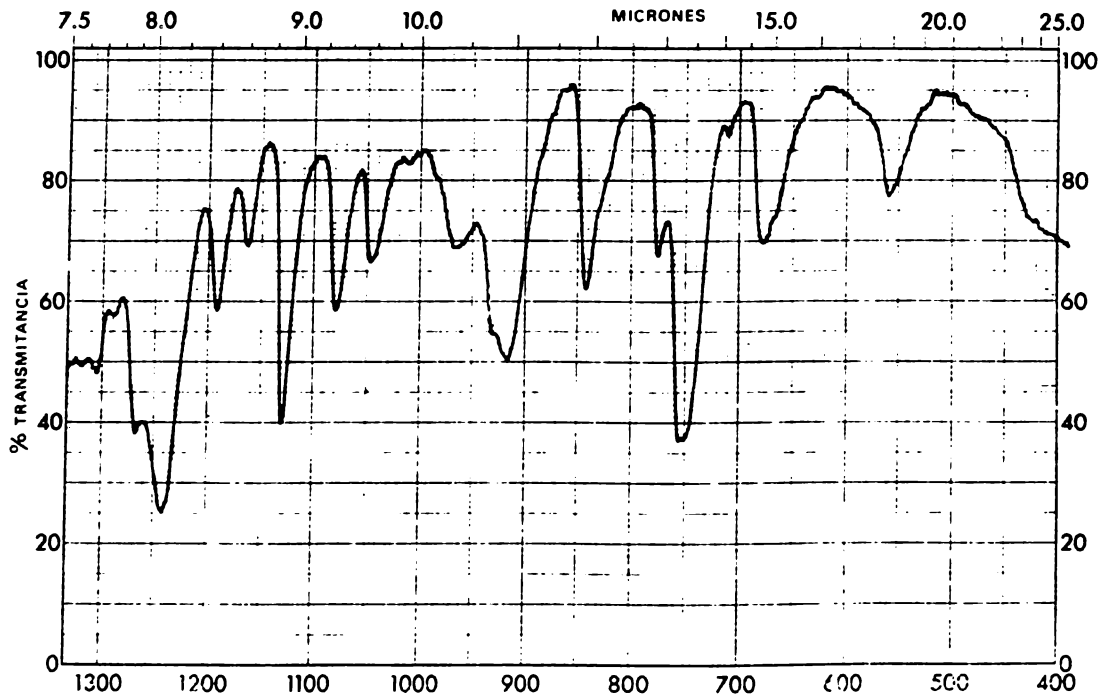
Formula Estructural.

Fig. 3.3.2.3. Interpretación de espectros del ácido fenoxiacético  
(4), (5).





MUESTRA <u>He o - meliliponacético II</u> ORIGEN <u>Dr. Lic. Luis Galván M.</u> SOLVENTE <u>KBr</u>	C. I. N. A. N.º <u>24337</u> CONC. <u>—</u> ESPESOR DE F. I. D. A. <u>—</u> REFERENCIAL <u>aire</u>	VEL. DE BARRIDO <u>4000</u> REMIJA <u>N</u> COMENTARIOS <u>fr. 2.11k</u>	OPERADOR <u>M. B. M.</u> FECHA <u>12. II 80</u>
---	--	--	--



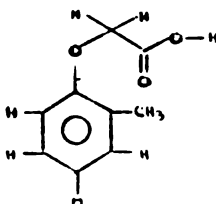
3.3.2.5. Espectro Infrarrojo.

FRECUENCIA (CM<sup>-1</sup>)



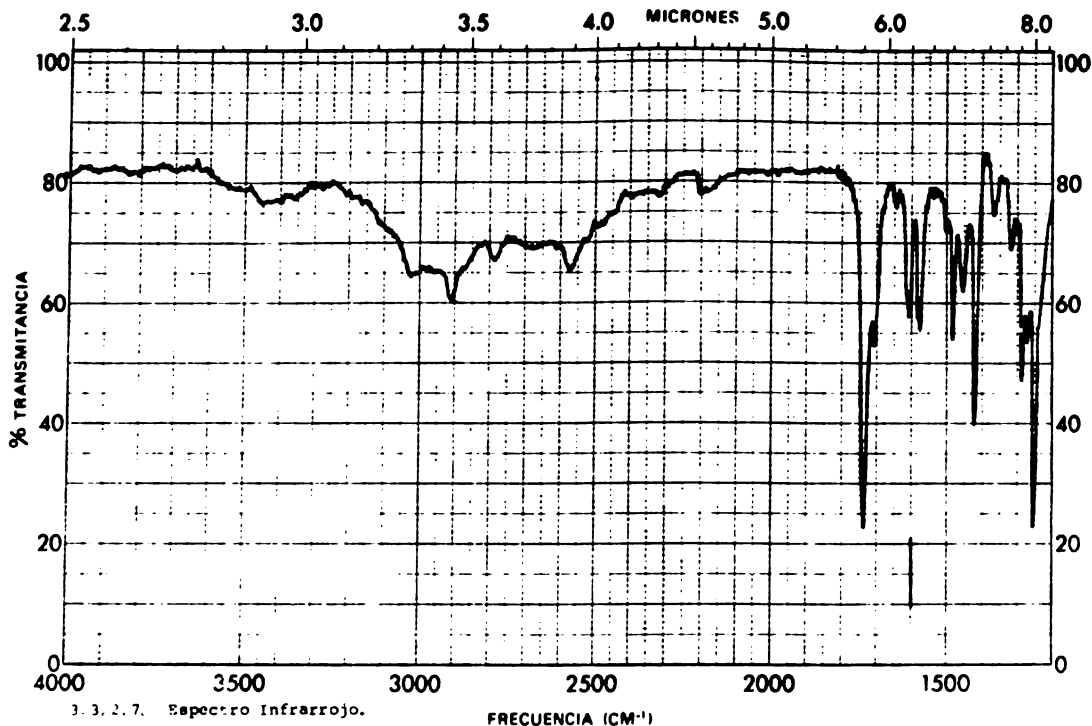
MUESTRA <u>Ac. o-metilfumaronocilico</u>	CURVA n.º <u>261337</u>	VOL. DE BARRIDO <u>1/2</u>	OPERADOR <u>Mansueto</u>
<u>o II</u>	CONDICIONES <u>---</u>	RENDIDA <u>N</u>	FECHA <u>12-IV-80</u>
ORIGEN <u>Dr. Jose Luis (excmo) del</u>	ESPESOR DE CELDA <u>---</u>	COMENTARIOS <u>para filea</u>	
SOLVENTE <u>K<sub>2</sub>O</u>	REFERENCIA <u>---</u>		

No. de bandas.	Frecuencia (4) (5) (cm <sup>-1</sup> )	Unión	Grupo.
1	2900	O-H, C-H	carboxilo aromático.
1	1740	C=O	carboxilo
3	1450, 1500 1590.	C=C	aromático
1	1425	C-H	metilo
1	1370	C-H	alifático (metileno)
1	1240	C-O	fenoxi
1	1130	C-O	carboxilo
1	750	C-H	aromático disustituído (orto).



Formula Estructural.

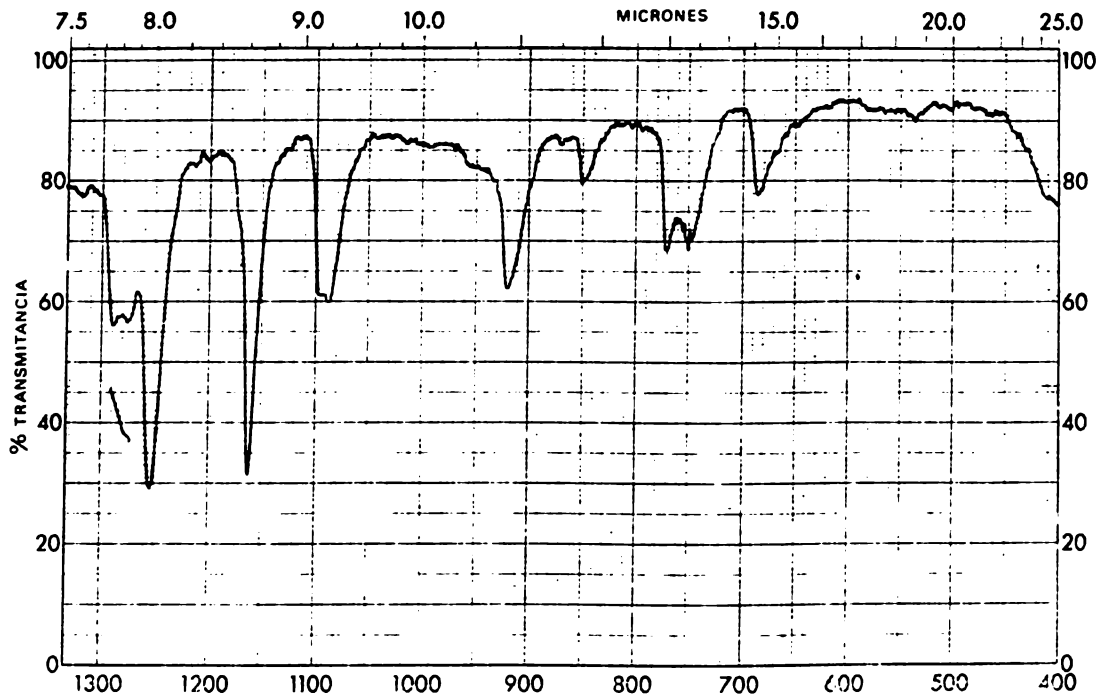
Fig. 3.3.2.6. Interpretación de espectros del ácido o-metil fenilacético (4), (5).



3. 3. 2. 7. Espectro Infrarrojo.



MUESTRA <u>A. m. mil. paracetamol</u> III	CURVA N° <u>20338</u>	VEL DE BARRIDO <u>lent.</u>	OPERADOR <u>Morales</u>
OR GEN <u>San Juan, Guabai</u>	CONC. <u>-</u>	BENDIDA <u>0</u>	FECHA <u>12/11/80</u>
NO. VENTE <u>1581</u>	ESPESOR DE CELDA <u>-</u>	COMENTARIOS <u>part. III.</u>	
	REFERENCIA <u>air</u>		



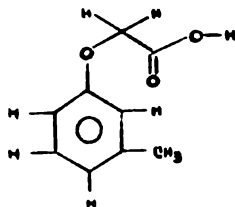
3.3.2.8. Espectro Infrarrojo.

FRECUENCIA (CM<sup>-1</sup>)

CFE

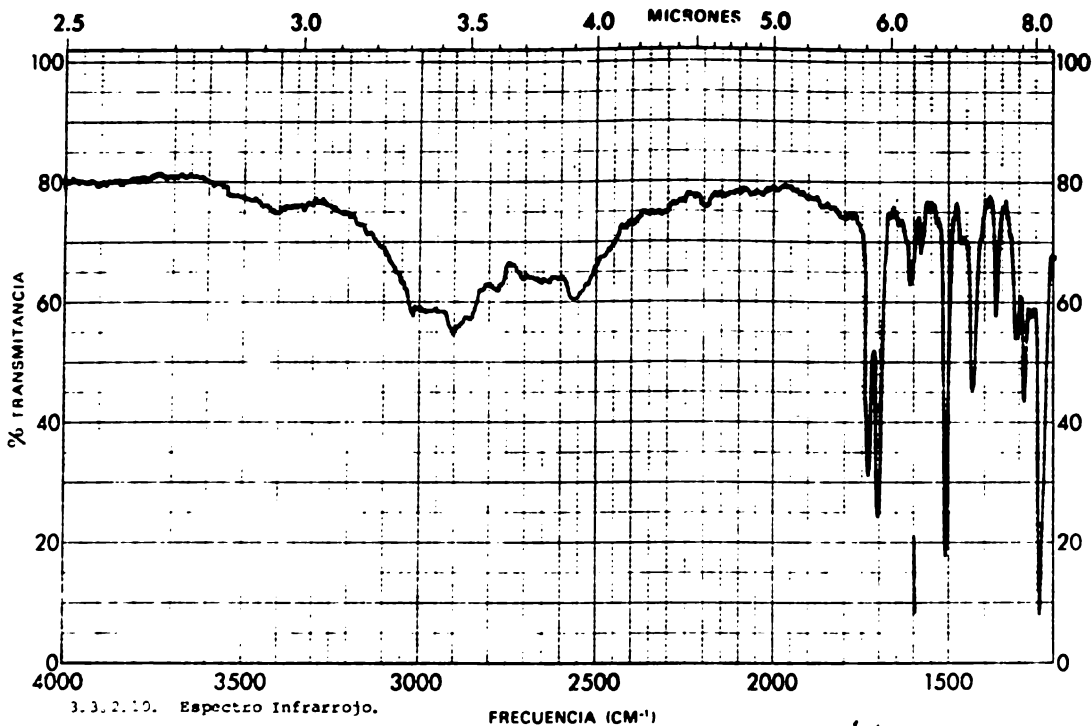
MUESTRA <i>A - m - nivel avanzado</i>	N.º A. M. <i>29338</i>	VEL. DE BARRIDO <i>scpt</i>	OPERADOR <i>Rhavel</i>
<i>Th</i>	CON. <i>-</i>	SEÑAL <i>el</i>	FECHA <i>12/II/80</i>
ORIGEN <i>func. de G. León</i>	ESPESOR DE L. O. <i>-</i>	COMENTARIOS <i>pasillo</i>	
SOLVENTE <i>KBr</i>	REFERENCIA <i>ca</i>		

No. de bandas	Frecuencia (4) (5) ( $\text{cm}^{-1}$ )	Unión	Grupo.
1	2900	O-H, C-H	carboxilo aromático.
1	1740	C=O	carboxilo
4	1450, 1490 1580, 1610	C=C	aromático
1	1420	C-H	metilo
1	1370	C-H	alifático (metileno)
1	1255	C-O	fenoxi
1	1160	C-O	carboxilo
1	770	C-H	aromático disustituido (meta).



Formula Estructural

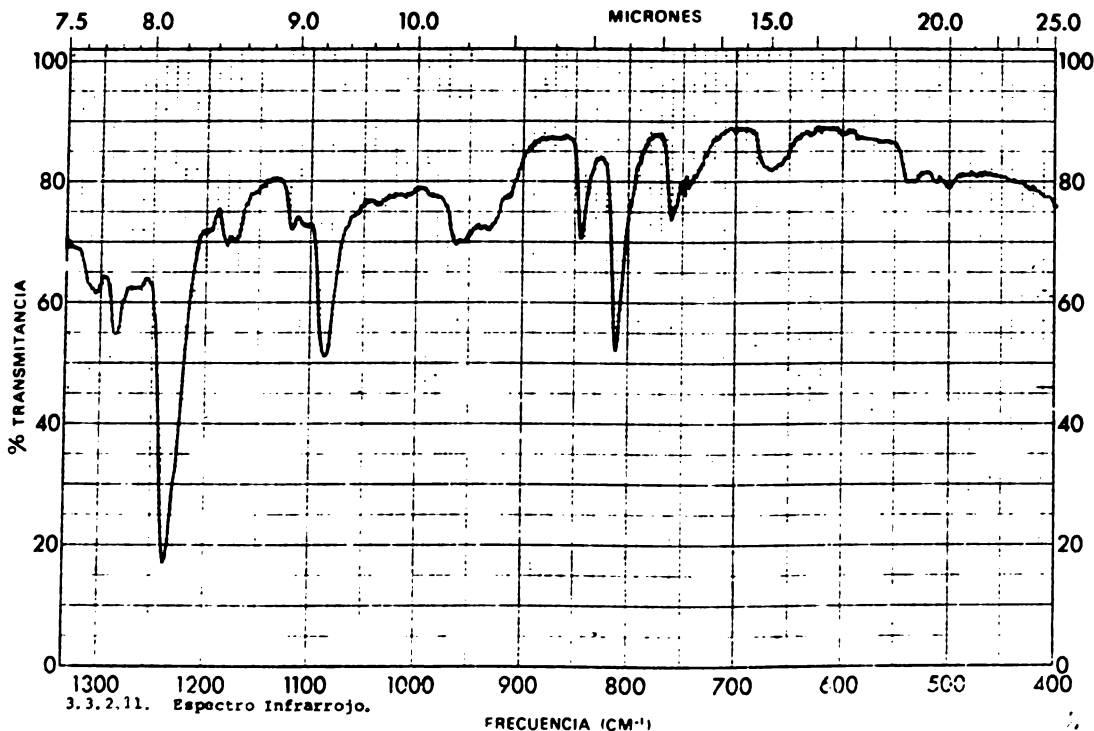
Fig. 3.3.2.9. Interpretación de Espectros del ácido m-metil fenoxiacético (4), (5).



3.3.2.10. Espectro Infrarrojo.



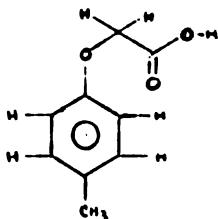
NOMBRE <i>Ca p. mult. p. ...</i> ORIGEN <i>San Juan, Gibón</i> PROCEDENTE <i>1.81</i>	CURVA Nº <i>29370</i> CONC. <i>—</i> ESPESOR DE CELDA <i>—</i> REFERENCIA <i>an</i>	VEL DE BARRIDO <i>Auto</i> REMIJA <i>bl</i> COMENTARIOS <i>partic</i>	OPERADOR <i>Mano</i> FECHA <i>13/12/50</i>
---	--	---	---



<b>RSB</b>	MUESTRA <i>Ca p. metal. fluorescencia TV</i>	CURVA Nº <i>29370</i>	VEL. DE BARRIDO <i>aprox</i>	OPERADOR <i>W. P.</i>
	ORIGEN <i>Pro. Juan Galvan</i>	FONC. <i>-</i>	SEMPRE <i>K</i>	FECHA <i>12/11/80</i>
	SOLVENTE <i>CS<sub>2</sub></i>	ESPESOR DE CELDA <i>-</i>	COMENTARIOS <i>part. II</i>	
		REFERENCIA <i>CS<sub>2</sub></i>		

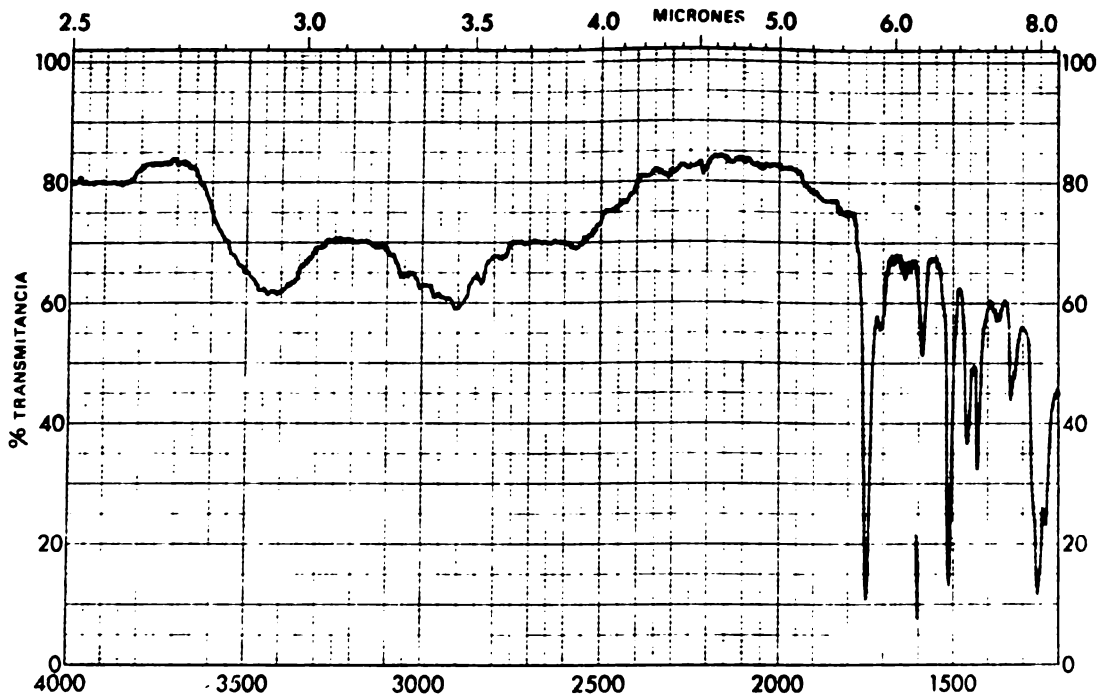


No. de bandas.	Frecuencia (4) (5) (cm <sup>-1</sup> )	Unión	Grupo.
1	2900	O-H, C-H	carboxilo, aromático.
2	1700, 1740	C=O	carboxilo.
4	1470, 1510 1580, 1610.	C=C	aromático.
1	1440	C-H	metilo
1	1360	C-H	alifático (metileno)
1	1240	C-O	fenoxi
1	1085	C-O	carboxilo
1	810	C-H	aromático disustituído (para).



Fórmula Estructural.

Fig. 3.3.2.12. Interpretación de espectros del ácido p-metil fenoxiacético (4), (5).

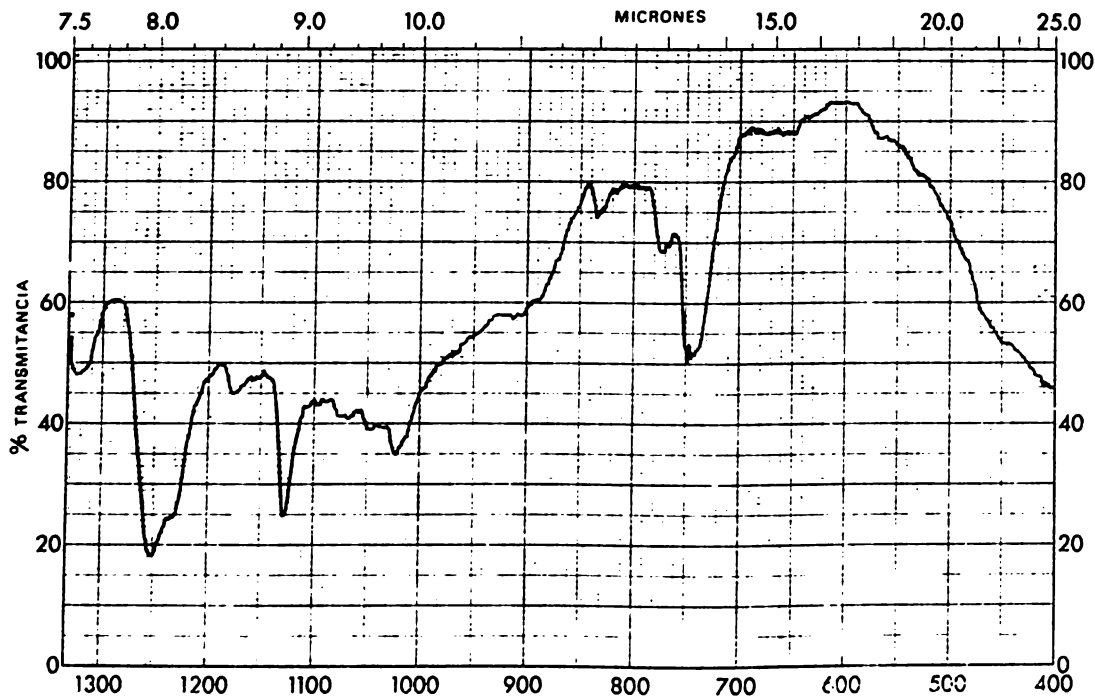


3.3.2.12. Espectro Infrarrojo.

FRECUENCIA (CM<sup>-1</sup>)



MUESTRA <i>Ac. níquel para análisis</i>	CURVA Nº <i>04372</i>	VOL. DE BARRIDO <i>100</i>	OPERADOR <i>Miranda</i>
ORIGEN <i>Inst. Quím. Cuba</i>	CONC. <i>—</i>	RENDIDA <i>10'</i>	FECHA <i>16/11/50</i>
SOLVENTE <i>1.2.1</i>	ESPAESOR DE CELDA <i>—</i>	COMENTARIOS <i>—</i>	
	REFERENCIA <i>—</i>		



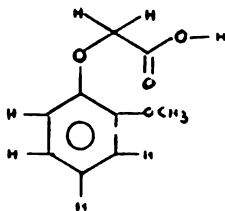
3.3.2.14. Espectro Infrarrojo.

FRECUENCIA (CM<sup>-1</sup>)

**AN**  
**CFE**

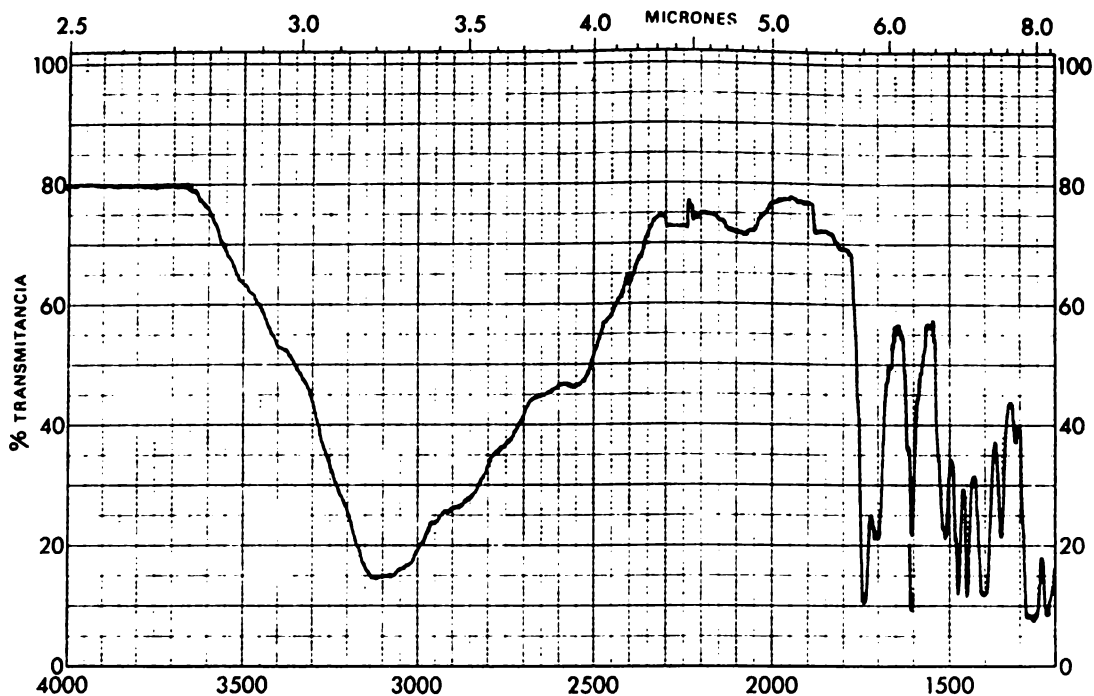
MUESTRA <u>Acido metoxifenacetico</u>	CURVA Nº <u>29312</u>	VEL DE BARRIDO <u>1000</u>	OPERADOR <u>Mad</u>
<u>8</u>	CONC. <u>—</u>	SEÑAL <u>N</u>	FECHA <u>12-11-62</u>
ORIGEN <u>Dr. Luis Galvan</u>	ESPESOR DE CELDA <u>—</u>	COMENTARIOS <u>Final</u>	
DISOLVENTE <u>EA</u>	REFERENCIA <u>4112</u>		

No. de bandas	Frecuencia (4) (5) ( $\text{cm}^{-1}$ ).	Unión	Grupo.
1	3450	O-H libre	carboxilo
1	2900	O-H asoc. C-H	carboxilo aromático.
1	1750	C=O	carboxilo
3	1460, 1510 1600	C=C	aromático.
1	1430	C-H	metilo
1	1340	C-H	alifático (metileno)
1	1250	C-O	fenoxi
1	1230	C-O	metoxi
1	1130	C-O	carboxilo
1	750	C-H	aromático disustituído (orto).



Fórmula Estructural

Fig. 3.3.2.15. Interpretación de espectros del ácido o-metoxi fe.  
noxiacético (4),(5).

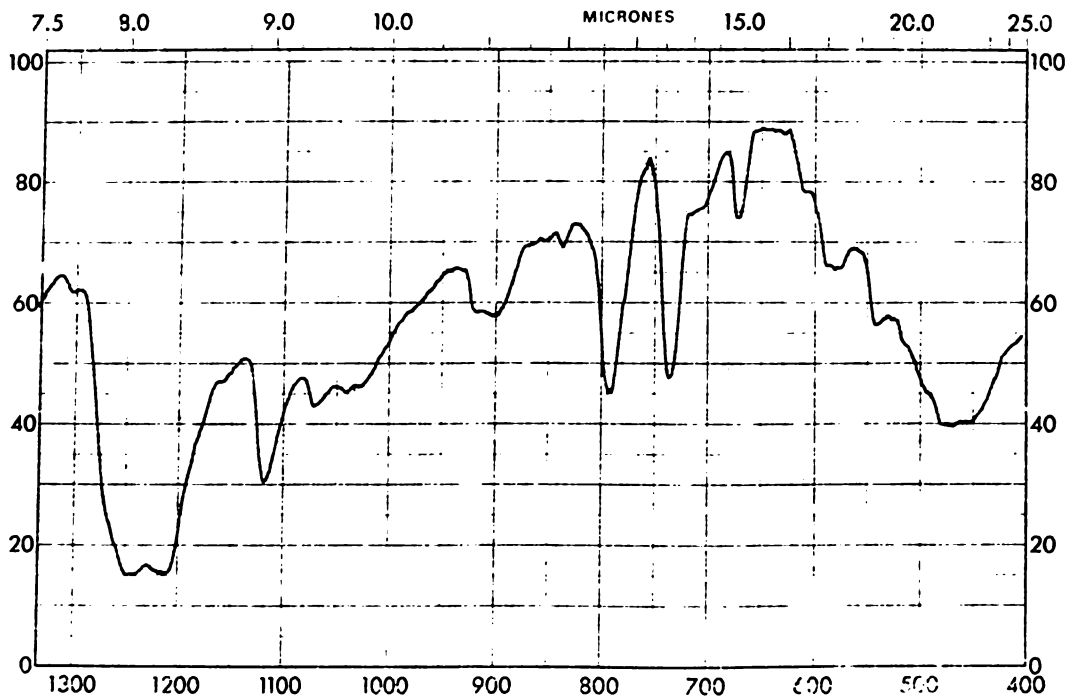


3.3.2.16. Espectro Infrarrojo.

FRECUENCIA (CM<sup>-1</sup>)



MUESTRA <u>Me C. Ind. de la planta de...</u>	CURVA Nº <u>295 RB</u>	VEL DE BARRIDO <u>Auto</u>	OPERADOR <u>Hernán</u>
ORIGEN <u>San Juan, Puerto Rico</u>	CONC. <u>---</u>	SEÑAL <u>N</u>	FECHA <u>12.27.86</u>
SOLVENTE <u>---</u>	ESPESOR DE CELDA <u>---</u>	COMENTARIOS <u>ji. ml</u>	
	REFERENCIA <u>---</u>		



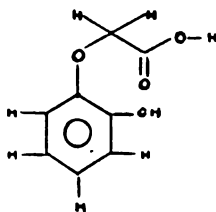
3.3.2.17. Espectro Infrarrojo.

FRECUENCIA (CM<sup>-1</sup>)

CCE

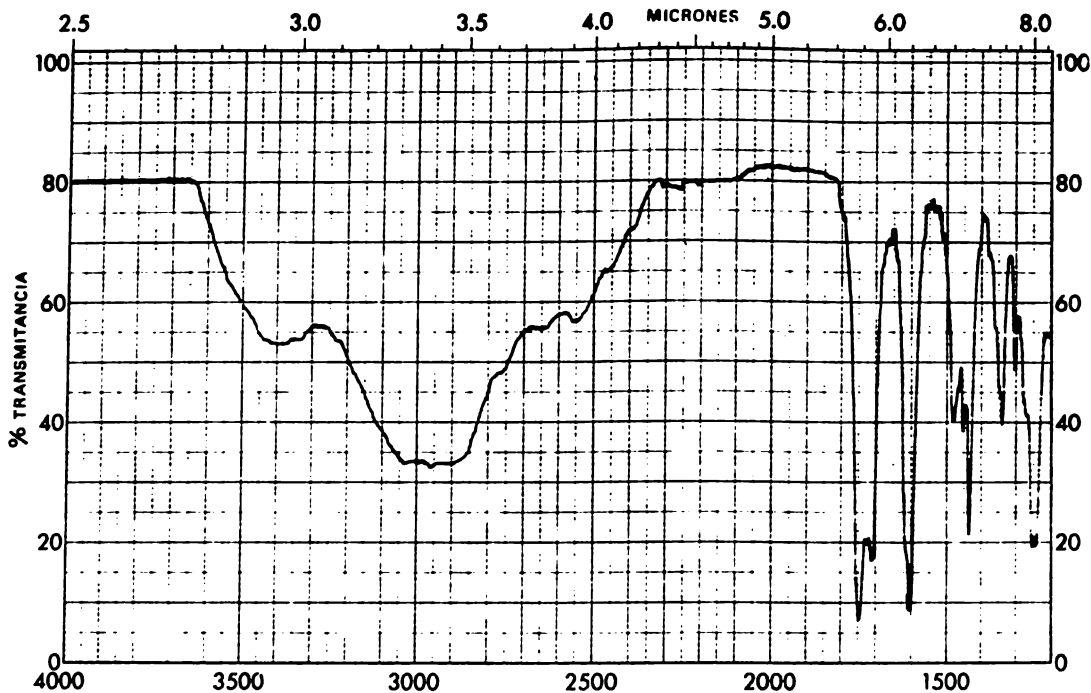
MUESTRA <i>Hc C. Infrarrojo</i>	CURVA N.º <i>2929</i>	VEI DE BARRIDO <i>16</i>	OPERADOR <i>A. Sussek</i>
ORIGEN <i>San Luis Obispo</i>	ESPECIE DE CELDA	RENDIA <input checked="" type="checkbox"/>	FECHA <i>12.6.86</i>
EMISOR <i>K. S.</i>	REFERENCIA <i>S. L.</i>	COMENTARIOS <i>ja. 1/12</i>	

No. de bandas	Frecuencia (4) (5) (cm <sup>-1</sup> )	Unión	Grupo
1	3100	O-H asoc.	fenol, carboxilo.
2	1745, 1740	C=O	carboxilo
4	1450, 1475 1510, 1600	C=C	aromático
1	1350	C-H	alifático (metileno)
1	1245	C-O	fenoxi
1	1210	C-O	fenol
1	1120	C-O	carboxilo
2	790, 735	C-H	aromático disustituído (orto).



Formula Estructural.

Fig. 3.3.2.18. Interpretación de espectros del ácido o-hidroxi fe  
noxiacético (4), (5).



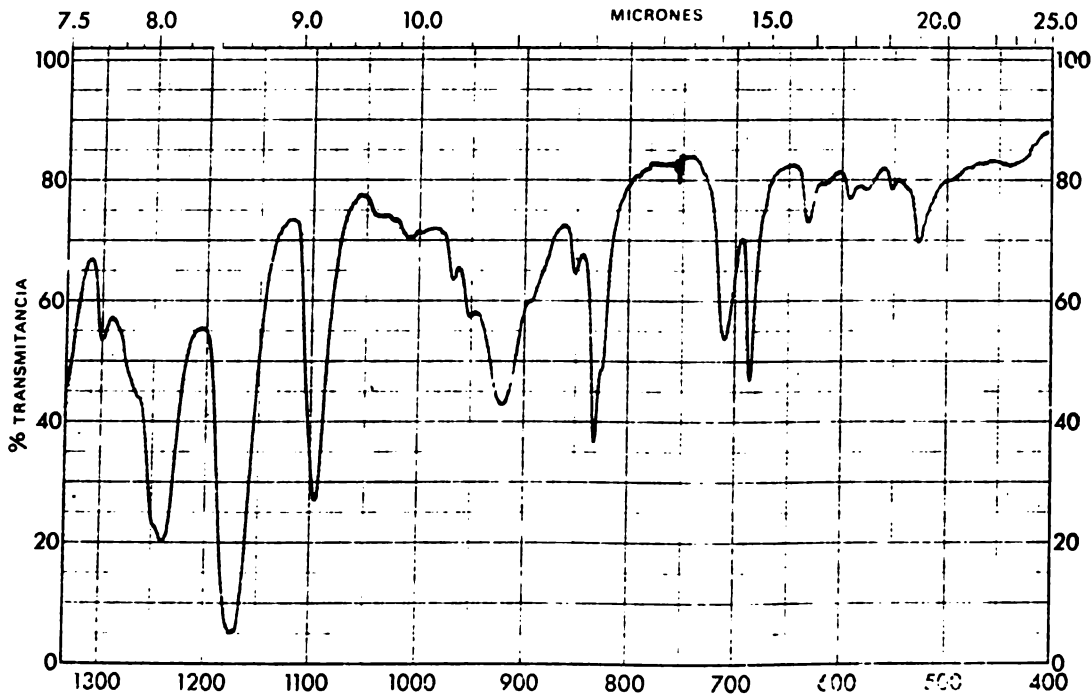
3.3.2.19. Espectro Infrarrojo.

FRECUENCIA (CM<sup>-1</sup>)



MUESTRA <u>En A. Indusial - 5 mol. Acetato</u>	CURVA Nº <u>29336</u>	VEL DE BARRIDO <u>2.5 cm/min</u>	OPERADOR <u>Chiriboga</u>
<u>410</u>	CONC. <u>—</u>	SEÑAL <u>✓</u>	FECHA <u>12-6-66</u>
ORIGEN <u>Jose Luis Cabrera</u>	ESPESOR DE CELDA <u>—</u>	COMENTARIOS <u>in. 6.66</u>	
DISOLVENTE <u>LiCl</u>	REFERENCIA <u>—</u>		





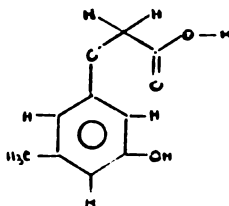
3'3.2.20. Espectro Infrarrojo.

FRECUENCIA (CM<sup>-1</sup>)

**ASE**

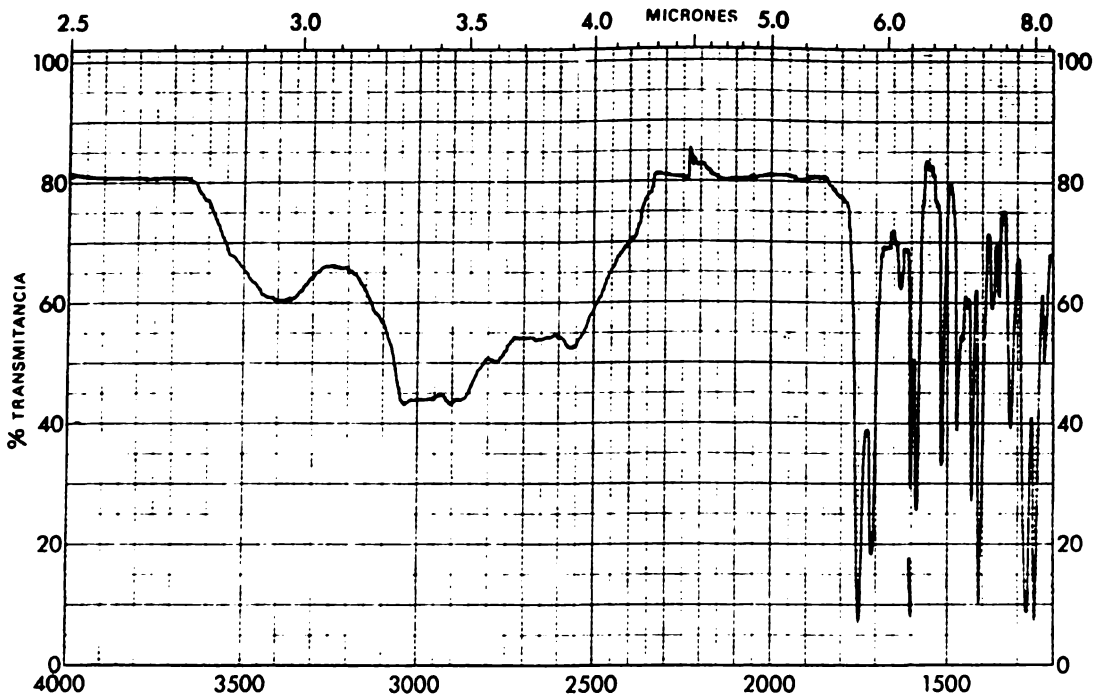
MUESTRA <u>Ac. 3-hidroxil-5-metil hexal- quino</u>	CURVA Nº <u>29526</u>	VEL DE BARRIDO <u>16</u>	OPERADOR <u>ib.ortiz</u>
ORIGEN <u>Dr. Luis Cab. Ace</u>	CONC. _____ ESPEJOR DE CI. DA. _____	RESOLUCIÓN _____	FECHA <u>12.09.88</u> COMENTARIOS <u>2.5.16</u>
SOLVENTE <u>LiCl</u>	REFERENCIA <u>5118</u>		

No. de bandas	Frecuencia (4) (5) cm <sup>-1</sup>	Unión	Grupo
1	3400	O-H libre	fenol
1	2900	O-H asoc. C-H	fenol, carboxilo aromático.
2	1750, 1715	C=O	carboxilo
3	1600, 1480, 1450.	C=C	aromáticos
1	1440	C-H	alifático
1	1350	C-H	(Metileno)
1	1240	C-O	fenoxi
1	1175	C-O	fenol
1	1095	C-O	carboxilo
2	840, 685	C-H	aromático.



Fórmula Estructural.

Fig. 3.3.2.21. Interpretación de espectros del ácido 3-hidroxi, 5-metil fenoxiacético (4), (5).

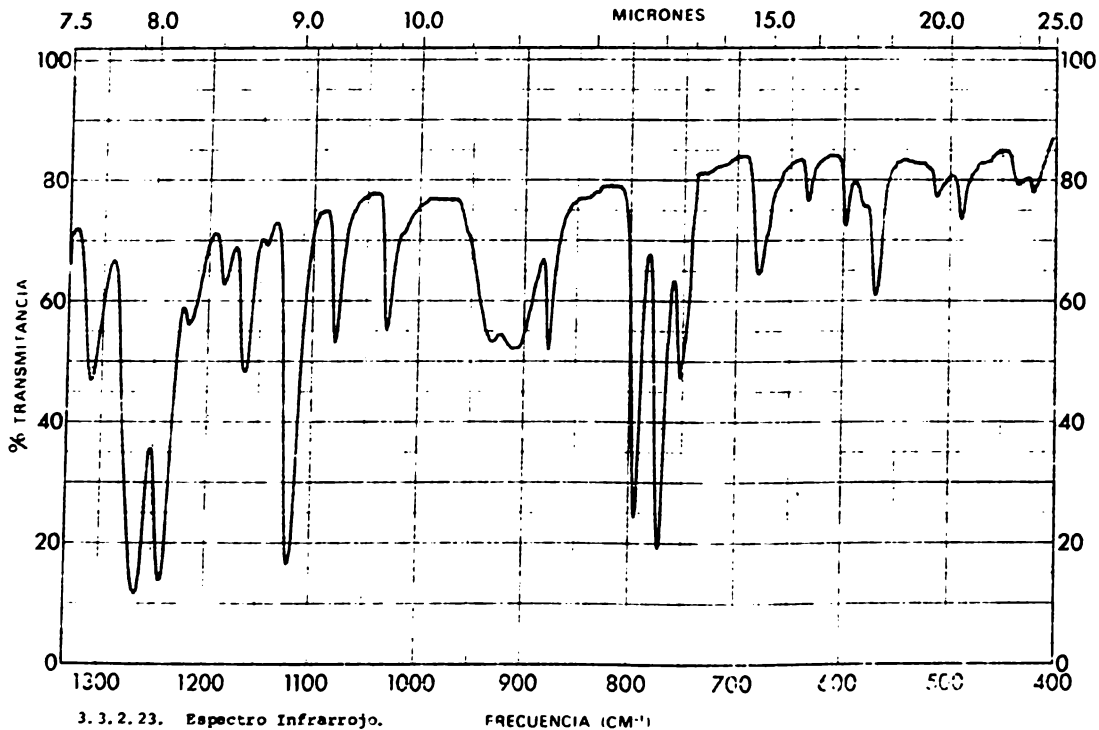


3. 3. 2. 22. Espectro Infrarrojo.

FRECUENCIA (CM<sup>-1</sup>)

AFSE

MUESTRA <i>AcI 200000000</i>	CURVA Nº <i>27542</i>	VEL DE BARRIDO <i>lent</i>	OPERADOR <i>D. S. S.</i>
ORIGEN <i>San Juan G. Juan</i>	CONC. <i>-</i>	RENDIDA <i>R</i>	FECHA <i>12/11/56</i>
DISOLVENTE <i>CH<sub>2</sub>Cl</i>	ESPESOR DE CELDA <i>-</i>	COMENTARIOS <i>ph. 6.5.6</i>	
	REFERENCIA <i>CCX</i>		



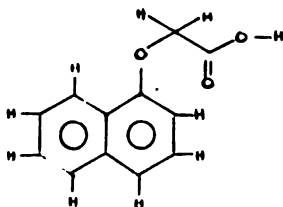
3. 3. 2. 23. Espectro Infrarrojo.

FRECUENCIA (CM<sup>-1</sup>)

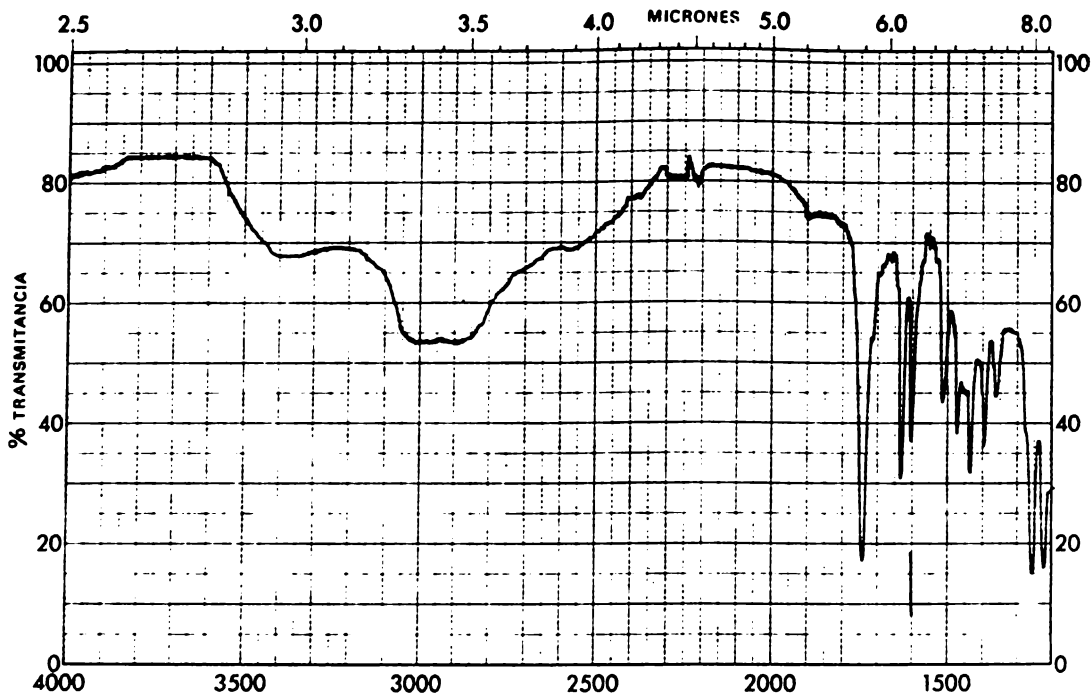


MUESTRA <u>Activa</u>	CURVA n.º <u>24572</u>	VOL DE BARRIDO <u>500</u>	OPERADOR <u>Mhank</u>
ORIGEN <u>Junius Gubon</u>	CONC. <u>---</u>	RENDIDA <u>A</u>	FECHA <u>12/11/75</u>
DISOLVENTE <u>KBr</u>	ESPEJOS DE CELDA <u>---</u>	COMENTARIOS <u>pelucado</u>	
	REFERENCIA <u>---</u>		

No. de bandas	Frecuencia (4) (5) (cm <sup>-1</sup> )	Unión	Grupo
1	3400	O-H Libre	Carboxilo
1	3100	C-H	aromático
1	2900	O-H asoc.	carboxilo
2	1750, 1715	C=O	carboxilo
4	1600, 1590 1510, 1410	C=C	aromático (naftaleno)
1	1310	C-H	alifático (metileno).
2	1255, 1240	C-O	naftoxi
1	1110	C-O	carboxilo
2	795, 770	C-H	aromático naftaleno sustituído.



Fórmula Estructural.

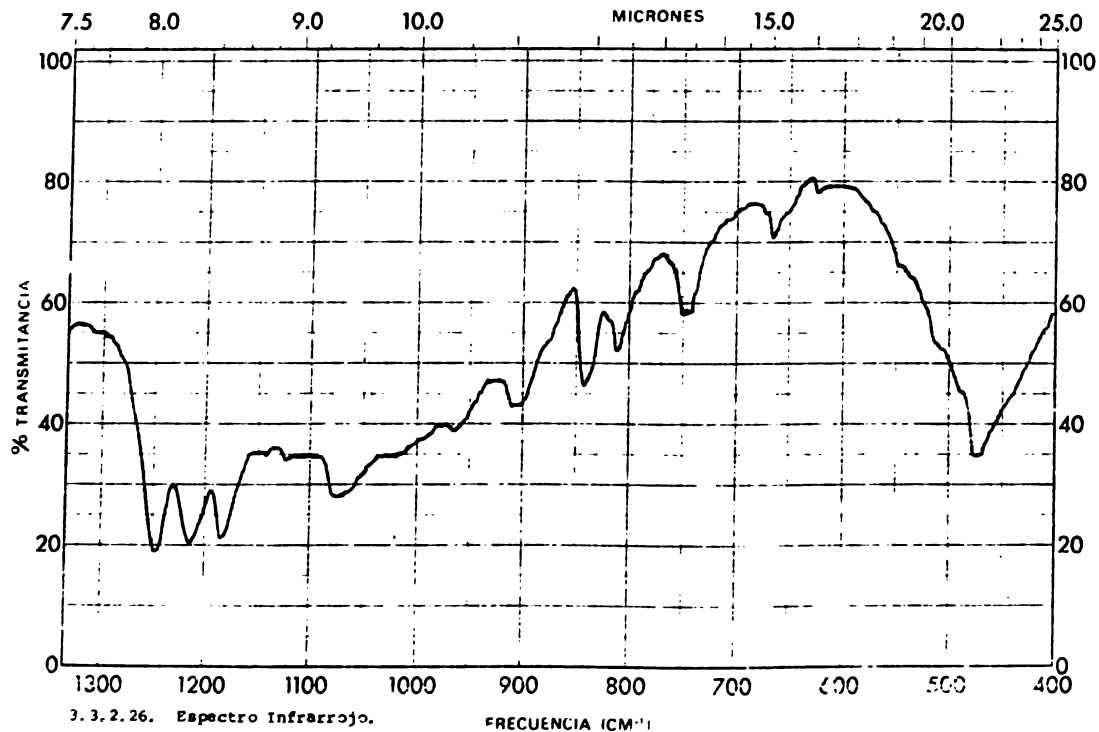


3.3.2.25. Espectro Infrarrojo.

FRECUENCIA (CM<sup>-1</sup>)



MUESTRA <u>ca. amoniacal</u> ORIGEN <u>San Luis Obispo</u> FUENTE <u>ca</u>	CURVA N° <u>24587</u> CONC. _____ ESPESOR DE CELDA _____ REFERENCIA <u>ca</u>	VEL DE BARRIDO <u>lenta</u> BARRIDA <u>si</u> COMENTARIOS <u>ca. ca</u>	OPERADOR <u>ca. ca</u> FECHA <u>12/3/88</u>
---	--	---	--

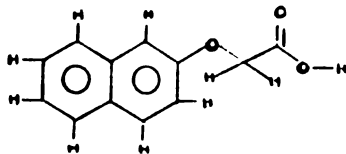


3. 3. 2. 26. Espectro Infrarrojo.

350

MUESTRA <i>Leucopentaceno</i>	CURVA Nº <i>200</i>	VEL DE BARRIDO <i>2</i>	OPERADOR <i>...</i>
ORIGEN <i>...</i>	CONC. <i>...</i>	RENDIDA <i>...</i>	FECHA <i>...</i>
SOLVENTE <i>...</i>	ESPAISOR DE CELDA <i>...</i>	COMENTARIOS <i>...</i>	
	REFERENCIA <i>...</i>		

No. de bandas	Frecuencia (4) (5) (cm <sup>-1</sup> )	Unión	Grupo
1	3335	O-H libre	carboxilo
1	3000	O-H asoc.	carboxilo
1	2900	C-H	aromático
1	1745	C=O	carboxilo
4	1640, 1600 1510, 1440	C=C	aromático (naftaleno)
1	1360	C-H	metileno
3	1250, 1215 1185	C-O	naftoxi
1	1075	C-O	carboxilo
3	840, 810, 750	C-H	aromático (naftaleno).



Fórmula Estructural.

Fig. 3.3.2.27. Interpretación de espectros del ácido  $\beta$  Naftoxia-  
cético (4), (5).



Después de la corroboración de que los espectros anteriores, corresponden a las estructuras expuestas, se puede concluir que efectivamente la reacción de síntesis, sigue el camino de formación de los ácidos oxiacéticos, cuya fórmula estructural se encuentra representada al pie de cada una de las interpretaciones de los espectros infrarrojos correspondientes.

### 3.4. BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Hayes, N.V. y Branch, G.E.K., Jour Amer. Chem. Soc. 65:1555  
1564 (1943).
- 2.- Weast, R.C., Hand book of Chemistry and Physics. 55th Ed. -  
(RC Press, Inc., Cleveland, Ohio (1975).
- 3.- Meloan, C.W. y Kiser, R.M, Problemas y Experimentos en Análisis Instrumental., México, D.F., Ed. Reverté la. Ed. Pag.  
53 (1965).
- 4.- Silverstein, P.W. y Bossler, G.C., Spectrometric Identificat  
tion of Organic Compounds. 3a. Ed. N.Y. Wiley (1967).
- 5.- Colthup, N.B., J. Opt. Soc. Amer. 40:397 (1950). Revisado -  
en 1967.

## CAPITULO 4.

### EXPERIMENTACION CON PELARGONIUM INQUINANS.

El hecho de que durante todo el año (en zonas templadas), es factible obtener esquejes de Pelargonium inquinans, y de - que éstos arraiguen con cierta facilidad y en un período de - tiempo relativamente corto, fueron las razones por las cuales se eligió esta planta, para observar la acción fitohormonal - que tienen los ácidos fenoxiacéticos sintetizados, en la for- mación de raíces.

#### 4.1. DISEÑO TOTALMENTE AL AZAR.

El tipo de diseño seguido para el desarrollo de la parte experimental, destinada a mostrar la actividad fitohormonal - de los ácidos fenoxiacéticos, en esquejes de Pelargonium in- quinans (malvón), fué el llamado "Diseño Totalmente al Azar". Este diseño se eligió, ya que además de ser el tipo más senci- llo de arreglo experimental, en el cual los tratamientos es- tán asignados completamente al azar a las unidades experimen- tales, éste permite una flexibilidad completa, es decir, que puede usarse cualquier número de tratamientos y de réplicas. Además de las ventajas arriba mencionadas, existen otras, co- mo son; el análisis estadístico es fácil, aun si el número de

réplicas no es el mismo para todos los tratamientos, o si los errores experimentales difieren de un tratamiento a otro, y - aun cuando los datos de algunas de las unidades o algunos tra tamientos completos se hayan perdido, o se rechacen por alguna causa, el método de análisis sigue siendo sencillo. Por otro lado, la pérdida de información debida a los datos faltantes, es de menor importancia que en cualquier otro diseño (1).

Un hecho compensa hasta cierto punto los errores experimentales elevados, con respecto a otros diseños. Para un número dado de tratamientos y unidades experimentales, la aleatorización completa proporciona el máximo número de grados de libertad para la estimación del error, además la sensibilidad del experimento aumenta a medida que aumenta también - el número de grados de libertad del error (2).

Resumiendo, la aleatorización completa puede ser apropiada; a) donde el material experimental es homogéneo; b) donde es probable que una parte apreciable de las unidades se destruyan o no responda, c) en experimentos pequeños, donde la mayor precisión de otros diseños, no compensa la pérdida de grados de libertad del error (1) (2).

En el caso de esta experimentación, todas las condiciones para los diferentes tratamientos, fueron las mismas, esto

es, refiriéndose a las condiciones ambientales, como son: lugar de experimentación, tierra donde se efectuó el estacado, temperatura, humedad ambiente, etc. Puede ser considerado como probable, la pérdida de un número apreciable de unidades, ya que - la experimentación se desarrolla con material vivo. En referencia al caso c) del párrafo anterior, es más difícil acertar si realmente se trata de un experimento pequeño, y si otros diseños compensan lo anteriormente dicho.

#### 4.2. DESARROLLO EXPERIMENTAL.

En este trabajo se trata de demostrar uno de los efectos fitohormonales más interesantes que poseen los ácidos oxiacéticos, esto es, la estimulación del arraigo de esquejes de Pe largonium inquinans.

De los nueve ácidos oxiacéticos sintetizados, fueron elegidos solo cinco de estos para mostrar el efecto fitohormonal antes mencionado, estos fueron; el ácido fenoxiacético, los ácidos o,m y p-metil fenoxiacéticos y el ácido o-metoxi fenoxiacético. Los cuatro ácidos restantes, fueron descartados, partiendo de la base, de que estos ácidos (principalmente los naftoxiacéticos), han recibido cuidadosa atención como reguladores del crecimiento vegetal. (3) (4) (5), además de presentar una variación marcada, en lo que a estructura se refiere. Una de las principales razones por las cuales, se decidió trabajar solo con cinco de los ácidos sintetizados, fue que el introducir un ácido oxiacético más, al experimento, habría agrandado de tal forma este, que la dificultad de mantener las mismas condiciones para todos los tratamientos, habría hecho incontrolable la experimentación.

La parte experimental correspondiente a la determinación de la actividad fitohormonal de los ácidos fenoxiacéticos, fué

desarrollada en el Invernadero de la Unidad Agropecuaria (Campo 4) de la F.E.S. - Cuautitlán - UNAM, fig. 4.2.1. con unas di mensiones de: ancho 7.5 metros, largo 30 metros, alto 3.0, lateral x 5 metros centro.



Fig. 4.2.1. Invernadero F.E.S. - Cuautitlán - UNAM.

#### 4.2.1. Preparación de soluciones hormonales.

Después de la elección de los ácidos fenoxiacéticos, destinados a demostrar su actividad fitohormonal, se procedió a preparar las diferentes soluciones.

Todas las soluciones hormonales, fueron preparadas por el mismo procedimiento general. Se prepararon soluciones madre - de cada uno de los ácidos fenoxiacéticos, a 500 ppm. de las - cuales, se diluyeron 60, 80, 100, 120 y 140 ml. hasta 1 litro con agua, para preparar soluciones hormonales a una concentración de 30, 40, 50, 60 y 70 ppm., respectivamente. Esto se hizo para cada una de las hormonas por separado. Una vez preparadas las soluciones hormonales diluidas, estas fueron guardadas en frascos de color ambar, para evitar su descomposición, hasta el momento de ser utilizados.

#### 4.2.2. Obtención de esquejes.

La obtención de esquejes fué llevada a cabo de la manera siguiente: a) Se eligieron las plantas más sanas y robustas, a juicio del experimentador, de los jardines de la F.E.S. - Cuautitlán, Campo 1 UNAM.

b).- De las ramas tiernas de la planta se cortaron fragmentos entre 15 - 25 cm. de longitud. El corte inferior se hizo preferentemente en un nudo. Los cortes deben hacerse ho-



rizontales, y el instrumento cortante debe estar bien afilado, para evitar dañar la corteza de los esquejes. (6) (7).

c).- Se suprimieron las hojas de la base, dejando solamente dos o tres en el extremo superior del esqueje.

Una vez obtenidos los esquejes, fueron etiquetados, anotando la hormona, concentración y número de esquejes correspondiente, para su posterior tratamiento y después dejados en reposo durante 24 horas en el Invernadero, con objeto de que perdieran humedad. Esta operación tiene como finalidad que los esquejes se encuentren ávidos de agua y puedan absorber fácilmente la solución de regulador del crecimiento, (6) (7). Fig.

#### 4.2.2.1.

La cantidad de esquejes cortados, fué de 260.

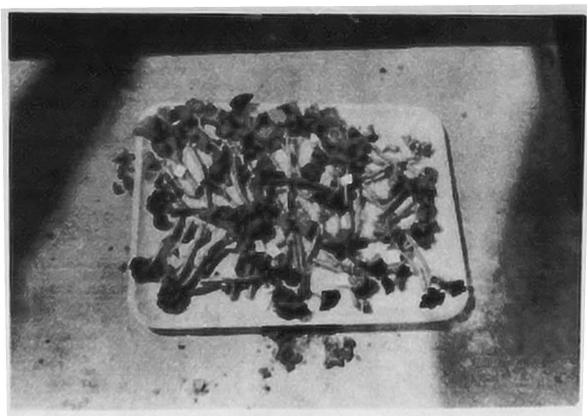


Fig. 4.2.2.1. Esquejes de Pelargonium inquinans.

#### 4.2.3. Aplicación del método de inmersión lenta.

Después de cumplido el tiempo de reposo de los esquejes, éstos fueron puestos en contacto con el regulador del crecimiento, de acuerdo al método de inmersión lenta (8), ya que al parecer, es el que puede poseer un menor porcentaje de -- error. Se eligió un número de esquejes igual a 10 (número - de réplicas) por concentración más 10 esquejes correspondien - tes al tratamiento testigo, da un total de 260 esquejes de - Pelargonium inquinans (malvón) para el tratamiento completo. Ver Fig. No. 4.2.3.1.

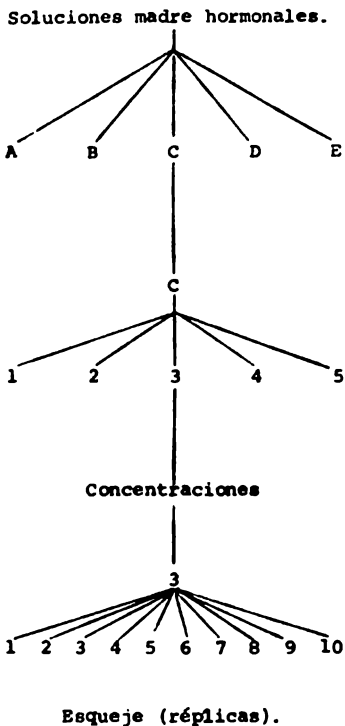


Fig. 4.2.3.1. Diagrama de distribución de soluciones hormonales para el tratamiento de esquejes de Pelargonium Inquinans.

Total: = 250 esquejes (tratamientos hormonales) + 10 esquejes - testigo = 260.

Cada uno de los 260 esquejes, fueron puestos en contacto con la solución correspondiente al tratamiento adecuado, esto es, que los 260 esquejes (incluyendo los testigos) fueron colocados en una distribución al azar, siendo cada uno de ellos puestos en contacto con una solución, la cual, poseía una concentración definida, correspondiente a una de las cinco hormonas; fig. 4.2.3.2. y 4.2.3.3.

Por lo tanto, fueron tratados 250 esquejes con las soluciones hormonales, dejando 10 como testigos, que se sometieron a un tratamiento similar, pero empleando solamente agua.

Todos los esquejes fueron dejados en contacto con la solución correspondiente, en un tiempo igual a 6 hrs. (8), debido a que la especie de planta utilizada es de relativamente fácil enraizamiento (9).

#### 4.2.4. Condiciones de Arraigamiento.

Una vez cumplido el tiempo de humedecido, los esquejes fueron sacados del baño y lavados los extremos inferiores con abundante agua 5 - 10 ml. Finalmente los esquejes fueron colocados en tierra porosa húmeda, plantándolos verticalmente y a una profundidad entre 7 y 12 cm. (6) (7), aproximadamente y dejadas en el medio de arraigo durante 35 días. Figs. 4.2.4.1. y 4.2.4.2.

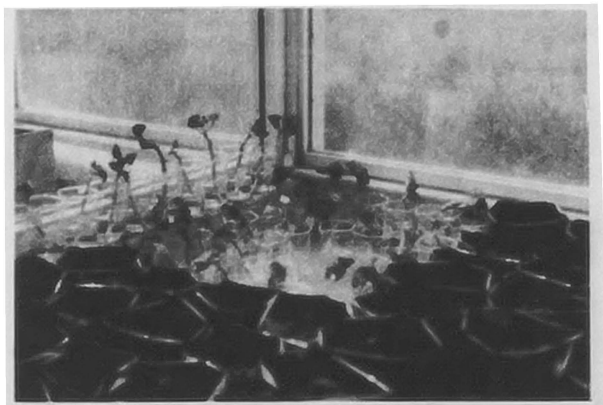


Fig. 4.2.3.2. Esquejes en contacto con solución hormonal.

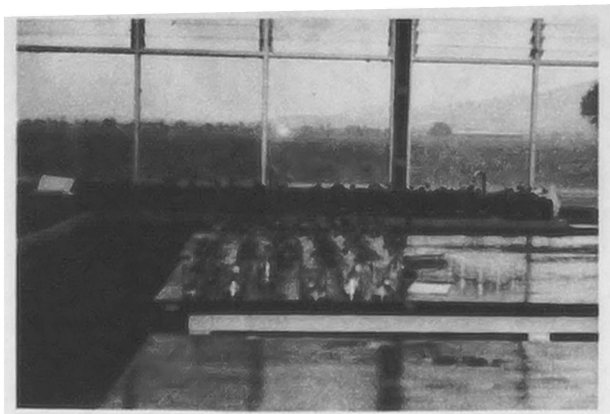


Fig. 4.2.3.3. Esquejes en contacto con solución hormonal.

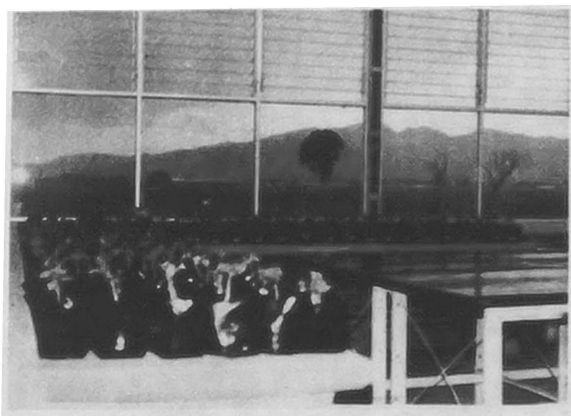


Fig. 4.2.4.1. Arraigo y control del crecimiento de esquejes de *Pelargonium inquinans*.

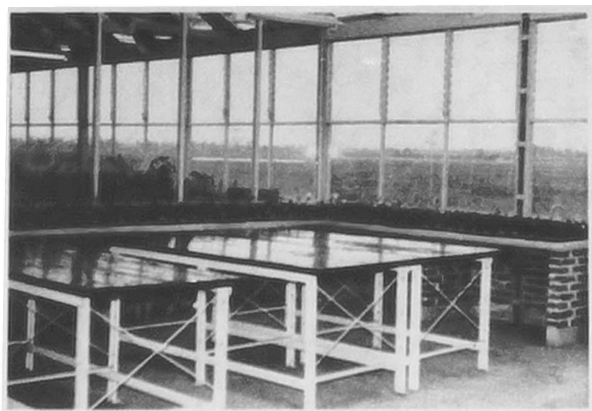


Fig. 4.2.4.2. Arraigo y control del crecimiento de esquejes de *Pelargonium inquinans*.

Las condiciones, tanto de temperatura como de humedad relativa mantenidas en el lugar elegido para el arraigo, variaron a lo largo del tratamiento entre; 25° y 33°C de temperatura y entre 35% y 55% de humedad relativa, siendo los valores promedio, de 28.3°C y 42% respectivamente.

Al cabo de 35 días de haber colocado los esquejes en el medio de arraigo, tiempo durante el cual fué llevado un control cuidadoso del crecimiento, fueron extraídos, para realizar el contéo de raíces iniciadas (primarias), variable importante, ya que la especie usada, es una planta herbácea, perteneciente a la familia de las Geraniáceas, (10) la cual, produce raíces fibrosas y cuya variable más frecuente y más importante, es el número de raíces primarias, no tomando en cuenta otras variables, como son: tipo, longitud, etc.

#### 4.3. BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Cochran, W.G. y Cox, G.M., Diseños Experimentales. México. Ed. Trillas 1a. Ed. Pag. 321 (1978).
- 2.- Snedecor, C.P. y Cochran, W.G., Métodos Estadísticos. México Ed. Continental. (1974).
- 3.- Zimmerman, P.W. and Wilcoxon, F., Several Chemical Growth Responses in Plants. Contrib. Boyce Thompson Inst. 7:209-229 (1935).
- 4.- Zimmerman, P.W., and Hitchcock, A.E., Substituted Phenoxi and Benzoic Acid Growth Substances and the relation of -- Structure to Physiological Activity. Contrib. Boyce Thompson Inst. 12:231 - 343 (1942).
- 5.- Thimann, K.V., and Bonner, J., Physiol. Rev. 18:545 (1938).
- 6.- Mitchell, W.J., y Marth, C.D., Fitohormonas y otros Reguladores del crecimiento 1a. Ed. Editorial Aguilar Madrid -- Esp. (1950).
- 7.- Naudorf, A., Las Fitohormonas en la Agricultura, 1a. Ed.- Ed. Salvat, Barcelona España (1951).
- 8.- Weaver, R.J., Reguladores del crecimiento de las plantas - en la Agricultura. 1a. Ed. Editorial Trillas, México, pags. 91 - 171 (1976).
- 9.- Diaz, J.L., Indice y Sinonimia de las plantas medicinales



en Mexico - Monografías Científicas I., IME - PLAM Ed. -  
Libros de México. México, pag. 259 (1976).

- 10.- Zim, S.U., Enciclopedia de Ciencias Naturales. Editorial  
Bruguera, S.A. Edición en español de la edición de 1967  
de la Golden, Press. Inc. Vol II pag. 928 (1967).

## CAPITULO 5.

### RESULTADOS.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos, del efecto de la concentración sobre el número de raíces - iniciadas por esquejes de *Pelargonium inquinans* de cada -- uno de los ácidos fenoxiacéticos utilizados.

Los datos son presentados en forma de tabla, conteniendo los valores individuales de raíces primarias por esqueje a diferentes concentraciones.

Concentración (ppm)	0	30	40	50	60	70
No. de raíces iniciadas por Esquejes.	5	6	7	8	7	4
	7	7	6	8	1	4
	12	4	0	1	0	11
	7	2	4	7	6	6
	6	3	5	5	0	7
	0	17	3	0	13	3
	0	9	5	9	11	4
	8	0	11	2	3	8
	6	3	5	0	6	2
	11	0	10	4	5	2

Tabla 5.1. Efecto de la concentración sobre el número de raíces iniciadas por esqueje de Pelargonium inquinans del ácido fenoxiacético (Hormona "A").

Concentración (ppm)	0	30	40	50	60	70
No. de raíces iniciadas por esquejes.	5	1	0	8	12	0
	7	3	6	4	14	0
	12	0	8	0	4	1
	7	1	13	2	0	4
	6	2	12	0	1	10
	0	0	1	3	0	8
	0	5	5	4	12	8
	8	9	11	8	9	14
	6	7	9	6	8	5
	11	0	10	6	7	11

Tabla 5.2. Efecto de la concentración sobre el número de raíces iniciadas por esqueje de *Pelargonium inquinans* del ácido o-Metil fenoxiacético (Hormona "B").

Concentración (ppm)	0	30	40	50	60	70
No. de raíces iniciadas por esquejes.	5	0	0	13	6	3
	7	1	7	5	12	4
	12	12	11	6	7	0
	7	14	0	3	0	14
	6	8	0	3	10	6
	0	10	7	3	9	6
	0	0	6	0	0	1
	8	0	5	7	3	4
	6	9	0	0	5	7
	11	1	0	9	6	0

Tabla 5.3. Efecto de la concentración sobre el número de raíces iniciadas por esquejes de *Pelargonium inquinans* del ácido m-Metil fenoxiacético (Hormona "C").

Concentración (ppm)	0	30	40	50	60	70
No. de raíces iniciadas por esquejes.	5	7	5	2	5	8
	7	0	8	10	9	8
	12	4	1	0	0	5
	7	8	0	8	0	2
	6	5	7	0	8	5
	0	2	0	6	9	0
	0	18	2	5	9	7
	8	0	5	4	5	3
	6	8	9	11	6	0
	11	6	0	0	12	5

Tabla 5.4. Efecto de la concentración sobre el número de raíces iniciadas por esqueje de *Pelargonium inquinans* del ácido p-Metil fenoxiacético (Hormona "D").

Concentración (ppm)	0	30	40	50	60	70
No. de raíces iniciadas por esquejes.	5	3	0	4	0	28
	7	10	4	8	7	8
	12	0	6	2	5	0
	7	5	7	6	0	10
	6	10	4	5	22	11
	0	4	5	9	0	9
	0	3	7	0	18	2
	8	8	0	22	15	1
	6	0	16	10	17	0
	11	8	9	6	1	10

Tabla 5.5. Efecto de la concentración sobre el número de raíces iniciadas por esqueje de *Pelargonium inquinans* del ácido o-metoxi fenoxiacético (Hormona "E").

## CAPITULO 6.

### ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS.

#### 6.1. ANALISIS DEL EFECTO A DIFERENTES CONCENTRACIONES HORMONALES.

A continuación, se realiza el análisis estadístico de los datos obtenidos, los cuales, son mostrados en las tablas correspondientes a cada uno de los reguladores del crecimiento utilizados.

Los datos presentados en las tablas siguientes, se refieren al número de raíces presentadas por esqueje, correspondientes a cada uno de los tratamientos indicados.

Procediendo a efectuar los cálculos, se obtienen los siguientes datos:

La media  $\bar{X}$  para cada muestra,

La suma de cuadros de desviaciones  $\sum x^2$ , como se muestra al final de cada tabla.

La  $s^2$  global (varianza global) de la varianza dentro de las muestras. Cada muestra provee un cierto número de grados de libertad ( $g.l$ ) para la suma de las desviaciones cuadradas, la  $s^2$  global se determina teniendo también un cierto número de  $g.l$ . El hacerlo global implica la suposición de que la varian



za entre esquejes es la misma para cada concentración utilizada. El error estándar de la media de cualquier esqueje, es -- calculado por  $(s^2/n)^{1/2}$  donde "n" es el número de réplicas (esquejes por concentración).

Utilizando el método de análisis de datos correspondiente al diseño utilizado, método estadístico llamado "Análisis de varianza" (1) (2) (3) (4) se desea encontrar ¿Cuándo es significativa la diferencia entre las ganancias medias de los grupos?, esto es, si es provocada por las diferentes concentraciones de las soluciones hormonales usadas, o sólo es un efecto de variación aleatoria.

Suponemos que "a" grupos de números, surgen de poblaciones distribuidas normalmente con la misma varianza  $\sigma^2$  y con medias  $u_1, u_2, \dots, u_a$ . Se desea probar la hipótesis de que estas medias son iguales. Esta hipótesis implica que la clase de concentración usada, no afecta la ganancia en raíces.

La hipótesis al inicio del análisis, es:

$H_0: u_1 = u_2 = u_3 = u_4 = u_5 = u_T$ , donde u es la media poblacional, y el subíndice indica el tipo de concentración de la solución hormonal utilizada.

Concentración (ppm).	0	30	40	50	60	70	Total
No. de raíces iniciadas por esqueje.	5	6	7	8	7	4	
	7	7	6	8	1	4	
	12	4	0	1	0	11	
	7	2	4	7	6	6	
	6	3	5	5	0	7	
	0	17	3	0	13	3	
	0	9	5	9	11	4	
	8	0	11	2	3	8	
	6	3	5	0	6	2	
	11	0	10	4	5	2	
$\Sigma x$	62	51	56	44	52	51	316=G
$\Sigma \bar{x}$	6.2	5.1	5.6	4.4	5.2	5.1	31.6
$\Sigma x^2$	524	493	406	304	446	332	2505
$(\Sigma x)^2/n$	384.9	260.1	313.6	193.6	270.4	260.1	1682.7
$\Sigma x^2$	139.1	232.9	92.4	110.4	175.6	71.9	822.3
q. l.	9	9	9	9	9	9	54

$$s^2_g = \frac{822.3 - 31.6^2}{54} = 15.22$$

Tabla 6.1. Efecto de la concentración sobre el número de raíces iniciadas por esqueje de *Pelargonium inquinans* del ácido fenoxiacético (Hormona "A").

Hasta aquí el cálculo de la  $s^2$  global se ha obtenido para poder determinar el valor de la prueba F; también llamada razón de varianzas. El valor F, provee un criterio para probar la hipótesis nula, de que medias poblacionales son las mismas en todas las clases. El valor de F deberá tener un valor cercano a 1, y habrá de aumentar cuando las  $u_i$  difieran de manera considerable (1) (2).

Para poder llegar al valor F, es conveniente simplificar los cálculos del análisis, y por tanto éstos se resumen a continuación:

Fuente de variación	g.l.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio
Entre concentraciones (tratamientos).	a-1	$(\sum X)^2/n - C$	$\frac{(\sum X)^2/n - C}{a-1}$
Dentro de concentraciones (error)	n-a	$\sum X^2 - (\sum X)^2/n$	$\sum x^2/(n-a)$

T o t a l                      n-1                       $\sum X^2 - C$

C =  $G^2/an$  ;

$$F = \frac{(\sum X)^2/n - C}{\sum x^2 / (a-1)} = \frac{\text{Media cuadrada de tratamientos.}}{\text{Media cuadrada del error.}}$$

Donde: "a" es el número de tratamientos,

"n" es el número de réplicas por tratamiento,

X es cada uno de los valores obtenidos en número de raíces iniciadas,

C es la corrección para la media y,

G es el valor global de las réplicas.

Tabla 6.1. Continuación.

Fuente de var.	g.l	Sum. C.	C.M.	F	F (tablas) 5%
Tratamientos	5	18.44	3.68		
Error	54	822.3	15.22	0.242	2.38

-----

C= 1664.26

Puesto que el valor F (exp.) es menor que F (tablas), implica, que la hipótesis de que todas las  $u_i$  son iguales, no se rechaza, motivo por el cual se determina que las concentraciones probadas, no causaron ningún efecto diferente al del testigo.

De lo anterior, se puede concluir que la hormona A (ácido fenoxiacético), no fué activa a ninguna de las concentraciones probadas y por tanto, resulta ineficaz como regulador del crecimiento en el rango de concentraciones mencionado.

Concentración (ppm)	0	30	40	50	60	70	Total
No. de raíces iniciadas por esqueje.	5	1	0	8	12	0	
	7	3	6	4	14	0	
	12	0	8	0	4	1	
	7	1	13	2	0	4	
	6	2	12	0	1	10	
	0	0	1	3	0	8	
	0	5	5	4	12	8	
	8	9	11	8	9	14	
	6	7	9	6	8	5	
	11	0	10	6	7	11	
-----							
$\Sigma X$	62	28	75	41	67	61	334=G
$\Sigma \bar{x}$	6.2	2.8	7.5	4.1	6.7	6.1	33.4
$\Sigma x^2$	524	170	741	245	695	587	2962
$(\Sigma X)^2/n$	384.4	78.4	562.5	168.1	448.9	372.1	2014.4
-----							
$\Sigma x^2$	139.6	91.6	178.5	76.9	246.1	214.9	947.6
g.1	9	9	9	9	9	9	54
-----							

Tabla 6.2. Efecto de la concentración sobre el número de raíces iniciadas por esqueje de *Pelargonium inquinans* del ácido o-Metil fenoxiacético (Hormona "B").

Fuente de var.	g.l	Sum.C	C.M.	F.	F (tablas)5%
Tratamientos	5	154.74	31.02		
error	54	947.6	17.54	1.769	2.38

---

Puesto que el valor F exp. es menor que F (tablas), implica que la hipótesis inicial no se rechaza, por tanto al igual que el caso de la hormona A, ninguna de las concentraciones -- probadas resultó tener efecto alguno, por ésto se concluye que el ácido o-metil fenoxiacético no es activo como regulador del crecimiento en el rango utilizado.

Concentración (ppm)	0	30	40	50	60	70	Total
No. de raíces iniciadas por esqueje.	5	0	0	13	6	3	
	7	1	7	5	12	4	
	12	12	11	6	7	0	
	7	14	0	3	0	14	
	6	8	0	3	10	6	
	0	10	7	3	9	6	
	0	0	6	0	0	1	
	8	0	5	7	3	4	
	6	9	0	0	5	7	
	11	1	0	9	6	0	
-----							
$\Sigma x$	62	55	36	49	58	45	305=g
$\Sigma \bar{x}$	6.2	5.5	3.6	4.9	5.8	4.5	30.5
$\Sigma x^2$	524	587	280	387	480	359	2617
$(\Sigma x)^2/n$	384.4	302.5	129.6	240.1	336.4	202.5	1595.5
-----							
$\Sigma x^2$	139.6	284.5	150.4	146.9	143.6	156.5	1021.5
-----							
g.l.	9	9	9	9	9	9	54
-----							

Tabla 6.3. Efecto de la concentración sobre el número de raíces iniciadas por esquejes de *Pelargonium inquinans* del ácido m-Metil fenoxiacético (Hormona "C").

Puente de var.	g.l.	Sum. C.	C.M.	F.	F. (Tablas) 5%
Tratamientos	5	45.08	9.0		
Error	54	1021.5	18.9	0.476	2.38

---

Puesto que el valor  $F(\text{exp.})$  es menor que  $F(\text{tablas})$ , implica que la hipótesis inicial no se rechaza, por tanto resulta - - igual a los dos casos anteriores, que la hormona "C" (ácido m-metil fenoxiacético), no es activo como regulador del crecimiento (enraizamiento) en el rango de concentraciones dado.



Concentración (ppm)	0	30	40	50	60	70	Total
No. de raíces iniciadas por esqueje.	5	7	5	2	5	8	
	7	0	8	10	9	8	
	12	4	1	0	0	5	
	7	8	0	8	0	2	
	6	5	7	0	8	5	
	0	2	0	6	9	0	
	0	18	2	5	9	7	
	8	0	5	4	5	3	
	6	8	9	11	6	0	
	11	6	0	0	12	5	
-----							
$\sum x$	62	58	37	46	57	43	303=G
$\sum \bar{x}$	6.2	5.8	3.7	4.6	5.7	4.3	30.3
$\sum x^2$	524	582	249	366	501	265	2487
$(\sum x)^2/n$	384.9	336.4	136.9	211.6	324.9	184.9	1579.6
-----							
$\sum x^2$	139.1	245.6	112.1	124.4	176.1	80.1	907.4
g.l.	9	9	9	9	9	9	54
-----							

Tabla 6.4. Efecto de la concentración sobre el número de raíces iniciadas por esqueje de *Pelargonium inquinans* del ácido p-Metil fenoxiacético (Hormona "D").

Fuente de var.	g.l.	Sum. C.	C.M.	F.	F. (Tablas) 5%
Tratamientos	5	49.5	9.89		
Error	54	907.4	16.8	0.588	2.38

-----

Como puede ser observado, el valor de F (exp.) es menor - que el valor de F (tablas), lo cual, indica que el ácido p-metil fenoxiacético, en las concentraciones probadas, no causó efectos diferentes al testigo, por tanto, la actividad de éste como estimulante del enraizamiento, es nula al menos en este rango.

Concentración (ppm)	0	30	40	50	60	70	Total
No. de raíces iniciadas por esqueje.	5	3	0	4	0	28	
	7	10	4	8	7	8	
	12	0	6	2	5	0	
	7	5	7	6	0	10	
	6	10	4	5	22	11	
	0	4	5	9	0	9	
	0	3	7	0	18	2	
	8	8	0	22	15	1	
	6	0	16	10	17	0	
	11	8	9	6	1	10	
-----							
$\sum X$	62	51	58	72	85	79	407=G
$\sum \bar{X}$	6.2	5.1	5.8	7.2	8.5	7.9	40.7
$\sum X^2$	524	387	528	846	1397	1255	4937
$(\sum X)^2/n$	384.4	260.1	336.4	518.4	722.5	624.1	2845.9
-----							
$\sum x^2$	139.1	126.9	191.6	327.6	674.5	630.9	2091.1
g.l.	9	9	9	9	9	9	54
-----							

Tabla 6.5. Efecto de la concentración sobre el número de raíces iniciadas por esqueje de *Pelargonium inquinans*, del ácido o-metoxi fenoxiacético (Hormona "E").

Fuente de var.	g.l.	Sum. C.	C.M.	F.	F. (tablas)5%
Tratamientos	5	85.68	17.13		
Error	54	2091.1	38.71	0.439	2.38

---

Como se puede observar el valor de F (exp.) es menor que el presentado por F. (tablas), por lo cual, se concluye que el ácido o-metoxi fenoxiacético, dentro del rango marcado de concentraciones, no es activo como estimulante del enraizamiento de la especie marcada.

Puente de var.	g.l.	Sum. C.	C.M.	F.	F. (tablas)5%
Tratamientos	5	85.68	17.13		
Error	54	2091.1	38.71	0.439	2.38

---

Como se puede observar el valor de F (exp.) es menor que el presentado por F. (tablas), por lo cual, se concluye que el ácido o-metoxi fenoxiacético, dentro del rango marcado de concentraciones, no es activo como estimulante del enraizamiento de la especie marcada.

## 6.2. ANALISIS DE DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE HORMONAS.

A continuación se muestra el análisis estadístico realizado entre hormonas, con el fin de registrar si existe alguna diferencia significativa en el tipo de hormona utilizada. Los cálculos referidos al análisis estadístico de las diferentes hormonas, son presentados en la tabla 6.6.

Hormonas Concentración (ppm)	A	B	C	D	E	Total
0	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	
30	5.1	2.8	5.5	5.8	5.1	
40	5.6	7.5	3.6	3.7	5.8	
50	4.4	4.1	4.9	4.6	7.2	
60	5.2	6.7	5.8	5.7	8.5	
70	5.1	6.1	4.1	4.3	7.9	
$\Sigma X$	31.6	33.4	30.1	30.3	40.7	166.1=G
$\Sigma \bar{X}$	5.26	5.56	5.01	5.05	6.78	27.66
$\Sigma X^2$	168.22	201.44	156.11	157.91	284.59	968.27
$(\Sigma X)^2/n$	166.42	185.92	151.00	153.01	276.08	932.43
$\Sigma x^2$	1.8	15.52	5.11	4.9	8.51	35.84
g.l.	5	5	5	5	5	25

Tabla 6.6. Número de raíces iniciadas por efecto de las diferentes hormonas, sobre esquejes de *Polargonium inquinans* a diversas concentraciones.

f fuente de var.	g.l	Sum. C.	C.M.	F.	F (tablas) 10%
Tratamientos	4	12.79	3.19		
Error	25	35.84	1.43	2.23	2.18

---

Se puede observar que en este caso el valor de F (exp.) resultó ser mayor que el valor de F (tablas), lo cual indica que al menos una de las hormonas causó un efecto diferente a las demás.

El valor de F (tablas) tiene una significancia del 10%, esto es, que se tiene una probabilidad de más del 90%, de -- que la aseveración antes hecha, sea cierta.

A continuación, se procede a obtener por interpolación - el valor exacto de la probabilidad de certeza.

Probabilidad	0.10	?	0.05
Valor de F (tablas)	2.18	2.23	2.60

Interpolando:

$$\frac{2.23 - 2.18}{2.60 - 2.23} = \frac{0.05}{0.37} = 0.135$$

Por lo tanto:

$$P = (0.135) (0.05) + (0.865) (0.10) = 0.09325$$

Obteniendo.

$$\%P = 9.325\%$$

El resultado obtenido antes, significa que se tiene un 90.675% de certeza, de que al menos una de las hormonas es diferente a las demás.

Cuando en un análisis de varianza se encuentra que un valor de F es significativo, el siguiente paso a seguir, es determinar cual o cuales de las medias de tratamientos son significativamente diferentes, ésto es, en nuestro caso se trata de determinar cual o cuales de las hormonas son diferentes significativamente. Para poder determinar ésto, se recurre a la prueba múltiple de "t" (t de Student), llamada "Diferencia Mínima Significativa", la cual, deberá ser usada cuando se comparan solamente dos tratamientos adyacentes, -- después de que éstos han sido ordenados por magnitud.

La fórmula básica de esta prueba es;  $D.M.S. = t \cdot S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$  donde; t es el valor obtenido de las tablas de la distribución de "t"; con los grados de libertad del error y el nivel de significancia deseado y  $S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$  es la desviación estándar de la diferencia entre dos medias.

Procediendo a los cálculos, tenemos:

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = (2s^2/n)^{1/2} = (2 \text{ CME}/n)^{1/2}$$

CME = cuadrado medio del error.

$\bar{x}_A$ = 5.26	en orden de magnitud	$\bar{x}_C$ = 5.01
$\bar{x}_B$ = 5.56		$\bar{x}_D$ = 5.05



$\bar{x}_C = 5.01$	en orden de magnitud	$\bar{x}_A = 5.26$
$\bar{x}_D = 5.05$		$\bar{x}_B = 5.56$
$\bar{x}_E = 6.78$		$\bar{x}_E = 6.78$

$$\bar{x}_E - \bar{x}_C = 6.78 - 5.01 = 1.77$$

$$\bar{x}_E - \bar{x}_B = 6.78 - 5.56 = 1.22$$

$$\bar{x}_B - \bar{x}_C = 5.56 - 5.01 = 0.55$$

calculando DMS;

"t" de tablas al nivel de significancia del 10% = 1.316

CME (cuadrado medio del error) = 1.43

$$DMS = t \cdot (2 \text{ CME}/n)^{1/2} = (1.316) (2 \times 1.43/6)^{1/2} = 0.9085$$

por tanto; DMS (90%) = 0.9085

A continuación, se procede a comparar el valor obtenido para la DMS, con los de las diferencias medias de los pares involucrados, ésto es, que si el valor obtenido de las diferencias de las medias resulta ser mayor al obtenido por la DMS, implicará que existe una diferencia significativa entre las hormonas comparadas, y por tanto, al menos una de ellas resultará ser mejor que las demás.

Para poder determinar si existe diferencia significativa entre las hormonas, deberá de cumplirse lo siguiente;

$$|\bar{x}_i - \bar{x}_j| \geq t \cdot S_{\bar{x}_i - \bar{x}_j}$$

Procediendo a comparar las diferencias de las medias con el valor obtenido para la DMS, se tiene;

$$\begin{array}{l} \left| \bar{x}_E - \bar{x}_C \right| \quad \triangleright \quad 0.9085 \\ \left| \bar{x}_E - \bar{x}_B \right| \quad \triangleright \quad 0.9085 \\ \left| \bar{x}_B - \bar{x}_C \right| \quad \triangleleft \quad 0.9085 \end{array}$$

Se puede observar de los pares tomados en consideración, que sólo la media referida a la hormona E, cumple con el requisito impuesto por el tratamiento estadístico referido al análisis de la DMS (diferencia mínima significativa), por tanto, puede concluirse que solo la hormona E (ácido o-metoxi - fenoxiacético), posee actividad fitohormonal con respecto a las otras cuatro hormonas del crecimiento.

### 6.3. INFERENCIAS SOBRE EL ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS.

Puede ser observado del análisis estadístico realizado, correspondiente a cada una de las hormonas por separado, que no se presentó ningún resultado satisfactorio, en cuanto a la estimulación del enraizamiento de la especie utilizada. Sin embargo, estos resultados son útiles ya que se ha iniciado un estudio de cinco reguladores del crecimiento diferentes a los utilizados tradicionalmente, y por tanto en posteriores ocasiones, donde se investiguen algunos de los diferentes efectos que estas sustancias puedan causar, ya sea en esta misma especie -- o en otra, se tendrá este trabajo como antecedente y como un posible punto de partida.

Existe un gran número de parámetros que pueden ser variados, a fin de encontrar un punto o un intervalo en el cual los ácidos fenoxiacéticos estudiados, presenten actividad como estimulantes del enraizamiento. Algunos de los parámetros que pueden ser variados, a fin de aumentar la eficiencia de la investigación de las diferentes hormonas, son: tiempo de arraigo, condiciones ambientales, mezclas de hormonas, etc.

Parece ser un poco contradictorio, el hecho de que los re

sultados primarios indiquen que dentro de cada una de las -- hormonas del crecimiento por separado, no exista diferencia alguna, ésto es, que el efecto causado por las diferentes -- concentraciones probadas de cada una de las hormonas, sobre la estimulación del enraizamiento, haya sido nulo, y por tanto pueda decirse, que ya que no existe diferencia entre las diversas concentraciones y el tratamiento testigo, el efecto de las hormonas a su vez por este hecho resulten ser iguales unas con otras, y que sin embargo, los últimos resultados obtenidos (aquellos referidos al efecto causado por las hormonas sobre los esquejes de *Pelargonium inquinans* a diferentes concentraciones; tabla 6.6), indiquen que una de las hormo-- nas resulta ser diferente a las otras cuatro, ésta es, la -- hormona "E" (ácido o-metoxi fenoxiacético), la cual, según - el análisis estadístico, presenta actividad fitohormonal como estimulante del enraizamiento de la especie utilizada.

Lo anterior se puede explicar de la manera siguiente; como se puede observar de los resultados presentados en las tablas 6.1. - 6.5., todos los valores medios obtenidos de los - diferentes tratamientos con soluciones de diferente concentración caen en un rango que involucra, tanto los valores medios de concentraciones, como el valor medio testigo, que a su vez, se encuentra en los extremos de éstos rangos, es decir, que -

algunas de las hormonas probadas (hormonas A, B, C, y D) presentan el valor medio testigo en la parte superior del rango marcado por la variación natural del experimento, y otras - (hormona E) este valor lo presentan cercano al límite inferior de su propio rango. Por tanto, al hacer la comparación de los resultados obtenidos ya no dentro de cada una de las hormonas, sino entre ellas, es que éstas resultan obviamente diferentes.

6.4. BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Cochran, W.G., y Cox, G.M., Diseños Experimentales. Ed. Trillas 1a. Ed. México pag. 321 (1978).
- 2.- Snedecor, C.P., y Cochran, W.G., Métodos Estadísticos,- Ed. Continental 3a. Ed. (1974).
- 3.- Kreyzig. E., Estadística Matemática. 1a. Ed. Editorial Limusa - Wiley, México. pag. 291 (1976).
- 4.- Hoel, P.G., Introduction to Mathematical Statistics. 4th. Ed. Wiley International. N.Y. pag. 283 (1970).

## CAPITULO 7

### CONCLUSIONES.

a).- Se realizó la síntesis y caracterización de nueve -  
ácidos oxiacéticos, llegando a la conclusión de que la reac--  
ción de síntesis, efectivamente sigue el camino de formación  
de estos ácidos.

b).- Se realizó un análisis estadístico, con el fin de -  
cuantificar el efecto causado por el tratamiento de esquejes  
de *Pelargonium inquinans* con diferentes concentraciones hog  
monales, llegándose a la conclusión de que ninguna de éstas  
últimas, presentó actividad fitohormonal significativa como  
estimulante del enraizamiento de la especie usada (dentro --  
del rango de concentraciones probadas) y con las técnicas y  
condiciones propias del experimento).

c).- Realizando un análisis estadístico similar al de  
la determinación del efecto de la concentración sobre el --  
arraigo de esquejes, se encontró que una de las hormonas -  
(ácido o-metoxi-fenoxiacético), presentó propiedades diferen  
tes a las otras cuatro restantes, en cuanto al arraigo de -  
esquejes. Lo anterior se derivó del tratamiento estadísti-  
co hecho con el fin de cuantificar el efecto causado por ca  
da una de las diferentes hormonas a diferentes concentracio