

3
3cop.

✓
RESIDUALIDAD DEL PICLORAM Y ALGUNOS FACTORES

QUE INTERVIENEN EN SU DEGRADACION

TESIS

Presentada al Programa de estudios para graduados
Universidad Nacional - Instituto Colombiano Agro-
pecuario (ICA)

POR:

✓
CLEMENCIA GOMEZ ANGEL

Como requisito parcial para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

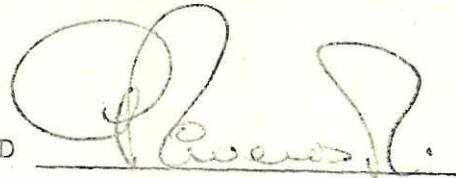
Bogotá, Colombia

1.973

TESIS APROBADA POR:

COMITE CONSEJERO

GUILLERMO RIVEROS. PhD



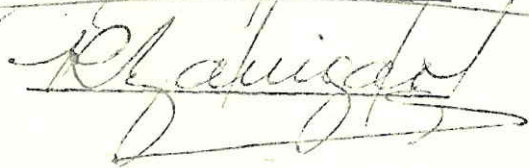
A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Guillermo Riveros', written over a horizontal line.

CARLOS E ROMERO. M.S.



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos E Romero', written over a horizontal line.

RODOLFO BARRIGA. PhD



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rodolfo Barriga', written over a horizontal line.

"El Presidente de Tesis y el consejo examinador de grado, no serán responsables de las ideas emitidas por el candidato".

(Artículo 217 de los Estatutos de la Universidad Nacional).

La autora expresa sus más sinceros agradecimientos a:

Dr. Guillermo Riveros E.

Dr. Carlos E Romero M.

Dr. Rodolfo Barriga

Dow Química de Colombia S.A.

Dr. Juan Alberto Páez

Instituto Colombiano Agropecuario

Programa de Fisiología Vegetal

Seccionales Tibaitatá y Turipaná

Srta. Ana Belén Prieto.

Y a todas aquellas personas que en una forma
o en otra contribuyeron a la realización de
éste trabajo.

COLOMBIA
AGROPECUARIO

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.....	1
1. REVISION DE LITERATURA	
1.1 Propiedades físicas y químicas.....	4
1.2 Absorción del picloram.....	5
1.2.1. Absorción a través de las raíces..	5
1.2.2. Absorción por el follaje.....	6
1.3 Transporte.....	9
1.3.1. A través de las raíces.....	9
1.3.2. Movimiento a través de las hojas..	9
1.4 Mecanismo de acción.....	11
1.5 Comportamiento del picloram en el suelo..	14
1.5.1. Adsorción por los coloides.....	14
1.5.2. Lixiviación.....	15
1.6 Descomposición del picloram.....	17
1.6.1. Degradación química.....	17
1.6.2. Degradación microbiana.....	18
1.7 Métodos analíticos para la determinación de picloram.....	19
2. MATERIALES Y METODOS.....	21
3. RESULTADOS Y DISCUSION	
Experimento 1.	
a- Efectos del picloram sobre plantas suscep- tibles.....	30

b-	Selección de las mejores medidas para medir residualidad de picloram.....	34
c-	Bioensayos en suelo serie Playón.....	51
	Experimento 2.	
	Residualidad del picloram bajo condiciones naturales.....	50
	Experimento 3.	
	Efecto de la temperatura y la humedad relativa en la degradación del picloram.....	81
4.	CONCLUSIONES.....	84
	RESUMEN.....	86
	BIBLIOGRAFIA.....	88
	ANEXO.....	98

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 I. V. I. C.

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. Análisis del suelo serie Playón utilizado en ensayo sobre residualidad de picloram. "Turipaná".....	26
TABLA 2. Condiciones ambientales que prevalecieron durante la realización de los ensayos en los años 1.971 y 1.972.....	27
TABLA 3. Efecto del picloram sobre la longitud de la raíz de la soya.....	41
TABLA 4. Evaluación visual del efecto del picloram sobre la soya.....	43
TABLA 5. Efecto del picloram sobre la longitud de la raíz del pepino.....	50
TABLA 6. Efecto del picloram sobre la altura y la expansión foliar del pepino a las 3 profundidades ensayadas 150 días después de la aplicación.....	76
TABLA 7. Efecto de la temperatura y la humedad relativa sobre la degradación del picloram.....	83
TABLA 8. Efecto del picloram sobre la altura de la soya (Primer bioensayo).....	99
TABLA 9. Efecto del picloram sobre la altura de la soya (Segundo bioensayo).....	100
TABLA 10. Efecto del picloram sobre la expansión foliar de la soya (Primer bioensayo).....	101
TABLA 11. Efecto del picloram sobre la expansión foliar de la soya (Segundo bioensayo).....	102
TABLA 12. Efecto del picloram sobre el peso seco de la soya (Primer bioensayo).....	103
TABLA 13. Efecto del picloram sobre el peso seco de la soya (Segundo bioensayo).....	104
TABLA 14. Efecto del picloram sobre la altura del pepino (Primer bioensayo).....	105

TABLA 15.	Efecto del picloram sobre la altura del pepino (Segundo bioensayo).....	106
TABLA 16.	Efecto del picloram sobre la expansión foliar del pepino (Primer bioensayo).....	107
TABLA 17.	Efecto del picloram sobre la expansión foliar del pepino (Segundo bioensayo).....	108
TABLA 18.	Efecto del picloram sobre el peso seco del pepino (Primer bioensayo).....	109
TABLA 19.	Efecto del picloram sobre el peso seco del pepino (Segundo bioensayo).....	110
TABLA 20.	Efecto del picloram sobre la altura del pepino (Bioensayo suelo).....	111
TABLA 21.	Efecto del picloram sobre la expansión foliar del pepino (Bioensayo suelo).....	112
TABLA 22.	Efecto del picloram sobre el peso seco del pepino (Bioensayo suelo).....	113
TABLA 23.	Efecto del picloram sobre la altura del pepino cohombro a las tres profundidades ensayadas 90 días después de la aplicación.....	114
TABLA 24.	Efecto del picloram sobre la expansión foliar del pepino cohombro a tres profundidades ensayadas 90 días después de la aplicación.....	115
TABLA 25.	Efecto del picloram sobre la altura del pepino a las tres profundidades ensayadas 30 días después de la aplicación.....	116
TABLA 26.	Efecto del picloram sobre la expansión foliar del pepino a las tres profundidades ensayadas 30 días después de la aplicación.....	117
TABLA 27.	Efecto del picloram sobre la altura del pepino a las tres profundidades ensayadas 60 días después de la aplicación.....	118
TABLA 28.	Efecto del picloram sobre la expansión foliar del pepino a las tres profundidades ensayadas 60 días después de la aplicación.....	119

~~CONFIDENTIAL~~

TABLA 29.	Efecto del picloram sobre la altura del pepino a las tres profundidades ensayadas, 90 días después de la aplicación.....	120
TABLA 30.	Efecto del picloram sobre la expansión foliar del pepino a las tres profundidades ensayadas 90 días después de la aplicación.....	121
TABLA 31.	Efecto del picloram sobre la altura del pepino a las tres profundidades ensayadas 150 días después de la aplicación.....	122
TABLA 32.	Efecto del picloram sobre la expansión foliar del pepino a las tres profundidades ensayadas 150 días después de la aplicación.....	123

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Efecto del picloram sobre la soya.....	31
FIGURA 2. Efecto del picloram sobre el pepino cohombre.	33
FIGURA 3. Efecto del picloram sobre la altura de la soya.	36
FIGURA 4. Efecto del picloram sobre la expansión foliar de la soya.....	38
FIGURA 5. Efecto del picloram sobre el peso seco de la soya.....	40
FIGURA 6. Efecto del picloram sobre la altura del pepino	45
FIGURA 7. Efecto del picloram sobre la expansión foliar del pepino.....	46
FIGURA 8. Efecto del picloram sobre el peso seco del pepino.....	48
FIGURA 9. Efecto del picloram sobre la altura del pepino (Bioensayo suelo).....	52
FIGURA 10. Efecto del picloram sobre la expansión foliar del pepino (Bioensayo suelo).....	53
FIGURA 11. Efecto del picloram sobre el peso seco del pepino (Bioensayo suelo).....	54
FIGURA 12. Efecto del picloram sobre la expansión foliar del pepino, 90 días después de la aplicación..	57
FIGURA 13. Efecto del picloram sobre la altura del pepino 90 días después de la aplicación.....	59
FIGURA 14. Efecto del picloram sobre la expansión foliar del pepino 30 días después de la aplicación...	63
FIGURA 15. Efecto del picloram sobre la altura del pepino 30 días después de la aplicación.....	65
FIGURA 16. Efecto del picloram sobre la expansión foliar del pepino 60 días después de la aplicación...	68
FIGURA 17. Efecto del picloram sobre la altura del pepino 60 días después de la aplicación.....	70

FIGURA 18.	Efecto del picloram sobre la expansión foliar del pepino 90 días después de la aplicación...	72
FIGURA 19.	Efecto del picloram sobre la altura del pepino 90 días después de la aplicación.....	74
FIGURA 20.	Residualidad del picloram hasta los 150 días en la capa de 0-20 cms.....	77
FIGURA 21.	Residualidad del picloram hasta los 150 días en la capa de 20-40 cms.....	79
FIGURA 22.	Residualidad del picloram hasta los 150 días en la capa de 40-60 cms.....	80

INTRODUCCION

La ganadería ha adquirido gran importancia en el país en los últimos años, a pesar de ello sólo existen alrededor de 16.400 hectáreas dedicadas a la siembra de pastos mejorados.

Uno de los principales factores limitantes en la producción ganadera de Colombia es la presencia de plantas indeseables en los potreros, los cuales causan pérdidas cuantiosas, representadas en una menor capacidad de carga, pérdida de animales y disminución de la calidad de los productos. Investigaciones realizadas por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, han estimado que se puede aumentar en un 30 por ciento la producción de forraje si se controlan efectivamente las malezas.

En los potreros se presentan multitud de especies indeseables de hoja ancha bien sea herbáceas o leñosas: las cuales al competir con los pastos por agua, luz y nutrimentos disminuyen su desarrollo y por tanto su productividad. Actualmente existen varios métodos de control de éstas malezas, dentro de los cuales se ha generalizado el control químico por las múltiples ventajas que ofrece tales como facilidad de aplicación a grandes extensiones, rapidez, eficiencia y bajo costo.

Dentro de los productos empleados para controlar malezas de hoja ancha, se encuentran varios herbicidas hormonales. Uno de los herbicidas más efectivos para controlar malezas de hoja ancha, tanto herbáceas como leñosas, en potreros es el picloram (ácido-4-amino-3,5,6-tricloropicolinico). Este producto presenta la característica de permanecer activo en el suelo por un tiempo largo lo cual constituye un problema cuando es aplicado en áreas de potreros que posteriormente se deseen sembrar con cultivos susceptibles como soya, algodón y frijol o cuando se quieran mejorar los potreros con siembras de leguminosas. Sin embargo en áreas dedicadas a potreros permanentes de gramíneas la alta residualidad puede considerarse como una ventaja por disminuir la frecuencia de las aplicaciones necesarias para mantener los potreros libres de malezas de hoja ancha.

Se han observado daños a cultivos susceptibles al ser sembrados en terrenos previamente dedicados a pastos y tratados con picloram y en cultivos susceptibles cercanos a los potreros donde se aplicaron herbicidas hormonales, debido al arrastre de los productos por el viento, o por contaminación de aguas, sin que se sepa con certeza si los síntomas se deben a éste u otro producto, por éstas razones se planeó el presente trabajo con los siguientes fines:

1. Determinar la susceptibilidad y los síntomas característicos de toxicidad de picloram en dos especies susceptibles.
2. Establecer un método que permita medir en forma precisa la cantidad de residuos de picloram en suelos.
3. Conocer la residualidad del producto bajo las condiciones del Valle del río Sinú, y
4. Estudiar la influencia de la temperatura y de la humedad sobre la degradación del producto.

1. REVISION DE LITEFATURA

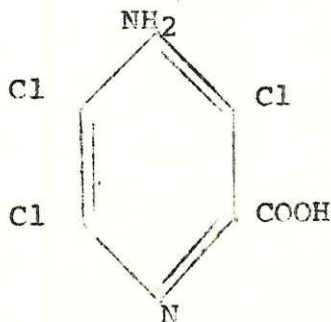
El picloram es un herbicida hormonal ampliamente usado en el mundo para el control de malezas de hoja ancha. En Colombia es utilizado en los potreros del Valle del río Sinú, una de las regiones ganaderas más importantes del país.

De acuerdo con Morales y Vargas (47), el picloram controla efectivamente una gama amplia de malezas de hoja ancha entre las que se incluyen: hierba morada (Blechum pyramidatum (Lamb) Urban), bledo (Amaranthus sp.), batatilla (Incomoea sp.), meloncillo (Cucumis melo L.), dormidera (Mimosa pudica L.), verbena (Stachytapheta sp.) y espino (Pithecelobium lanceolatum Benth).

1.1 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

El picloram puro es una amino piridina cuyo nombre comercial es el de Tordón* 22 K.

La fórmula estructural del picloram o ácido picolínico es:



* Marca registrada de Dow Chemical Company.

El Tordón 22 K, sal potásica del ácido picolínico, es formulado como líquido soluble, con una concentración de 240 gr-litro. Por su modo de acción pertenece al grupo de los herbicidas hormonales; tiene un peso molecular de 279,5 y una solubilidad en agua de 40 gr/100 gr, siendo un compuesto bastante soluble, susceptible de ser transportado en las aguas de drenaje. Su presión de vapor es de 6.16×10^{-7} mm de Hg a 35C, indicando que este compuesto es poco volátil. El pKa del producto es de 3,6 lo cual significa que a este pH la mitad del compuesto estará disociado y que a valores menores de acidez, comunmente encontradas en los suelos el grado de disociación del producto será mayor. (31,68).

1.2 ABSORCION DEL PICLORAM

1.2.1 Absorción a través de las raíces.

La absorción de éste producto por la raíz ocurre en forma similar a las sales o sea por difusión en la solución del suelo, por el apoplasto de la raíz, atravesando la epidermis a través de la corteza pasando luego al simplasto, este paso requiere energía, lo cual indica una toma activa.

Una vez acumulado dentro del simplasto la migración ocurre de la corteza hasta el cilindro central hasta llegar al xilema, donde el movimiento toma una dirección esencialmente

acropétala (Audus (2)).

1.2.2 Absorción por el follaje.

Al aplicar picloram al follaje de las plantas los efectos letales dependen de la absorción, penetración y movimiento a los sitios de acción. En absorción foliar la primera barrera que el producto debe atravesar es la cutícula, la cual es permeable a iones orgánicos, inorgánicos y moléculas no disociadas. Después de la penetración de la capa cuticular, el material pasa a través de la pared celular y las membranas plasmáticas hasta llegar al protoplasma. En un estudio reciente de revisión de los mecanismos de penetración foliar Franke (18), concluyó que la penetración de la pared celular es principalmente un proceso de difusión determinado por la solubilidad, coeficiente de partición y tamaño de la molécula. La adsorción subsecuente de la membrana plasmática es seguida por una incorporación dentro del protoplasma, lo cual requiere energía metabólica (Isensee et al (34)).

Entre las características morfológicas que afectan la absorción foliar se encuentran, espesor de la cutícula, naturaleza de los depósitos de cera, hidratación de la cutina y presencia de ectodesmatas; de éstas la cantidad de cera puede ser el principal factor que inhibe la penetración de los

compuestos no polares, entre los cuales se encuentra el picloram. (Coble et al (12)).

Además de las características foliares las condiciones ambientales también afectan la absorción foliar. Una humedad alta externa y baja dentro de la planta favorecen la entrada de los herbicidas auxínicos, bajo condiciones de humedad alta alrededor de la hoja, Sharma y Vaden (62), encontraron mayor penetración del 2,4-D pero no de picloram en hojas de Populus balsamifera L. La penetración es también aumentada por la adición de surfactantes y aumento de la humedad relativa como lo encontraron Sharma et al (62).

Se ha postulado que la luz aumenta la toma por un efecto directo sobre la permeabilidad del plasmalema o afectando los mecanismos energéticos de toma de sales. Al investigar el efecto de la luz sobre la penetración del picloram Sargent y Blackman (58), encontraron que la luz aumentó la penetración del producto en hojas de frijol.

Aumentos de la temperatura aceleran la penetración del 2,4-D y picloram por la cutícula. Se ha sugerido que la temperatura influencia la rata y la cantidad de difusión de sustancias lipofílicas a través de las membranas por reducción de la viscosidad citoplasmática y acumulación. A temperaturas

bajas la absorción y la acumulación de picloram es reducida (58).

La actividad biológica de ácidos y bases fuertes está relacionada con el pH de la solución, porque afecta la facilidad de penetración cuticular al modificar la polaridad de la cutícula y el grado de ionización de la sustancia que está penetrando. Para el picloram se esperaría que ocurriera una mayor absorción a pH bajo, debido a su menor disociación. Los datos obtenidos por Swansen y Baur (63), trabajando sobre tubérculos de papa tratados con picloram a una concentración de 10^{-3} M y a un pH de 5, confirman los trabajos de 2,4-D, sugiriendo que el picloram es absorbido primariamente como una molécula no disociada.

A un pH alto, donde la máxima disociación ocurriría la toma fué insignificante (Baur y Bovey (4)).

El efecto del pH en la absorción del picloram en células aisladas es importante; la acción sobre plantas intactas puede ser complicada por las barreras de penetración presentes en la superficie; siendo aumentadas o enmascaradas de acuerdo a la proporción de células bañadas por el herbicida.

1.3 TRANSPORTE

1.3.1 A través de las raíces

El picloram absorbido por las raíces pasa a través de las células de la endodermis y de la corteza por difusión al igual que lo hacen las sales; al llegar a la endodermis pasa al protoplasma de las células de las bandas de Caspary por un mecanismo activo el cual requiere energía metabólica; pasando luego a través de los protoplasmas interconectados de las células del periciclo hasta llegar al xilema y moverse a toda la planta, a una velocidad relativamente rápida hasta áreas de alta actividad (Salisbury (57)).

Evidencias de éste movimiento fueron determinadas por Reid y Hurtt (51), quienes al aplicar picloram a raíces de frijol encontraron producto a las 3 horas en la parte superior del tallo y postularon que el movimiento del picloram vía xilema es bastante rápido. Resultados similares fueron obtenidos por Merkle y Davis (45), quienes demostraron que el transporte del picloram por el xilema no es la única explicación para su movimiento.

1.3.2 Movimiento a través de las hojas

Al hacer una aplicación foliar el picloram se mueve en las plantas vía floema con los productos de la fotosíntesis, por

flujo en masa (55). El transporte puede ser basipolar como lo demostraron Horton y Fletcher (33), al aplicar picloram en pecíolos de frijol y col, secciones de tallo de arveja. Algunos factores pueden afectar el transporte, entre ellos se encuentran la concentración del producto y la longitud de las secciones. Además se ha encontrado que el transporte del picloram es disminuído a medida que aumenta la edad del tejido (Agbakoka y Gooding (1), (Jacobs (35), lo cual indica que es necesario el metabolismo activo.

Además de los factores mencionados las condiciones ambientales pueden afectar el movimiento del picloram; así Merkle y Davis (45), demostraron que tensiones moderadas de humedad no tienen efecto sobre el transporte, pero tensiones elevadas reducen el movimiento. Se sabe además que fuera de la humedad, la temperatura también afecta el transporte por el floema. Swanson y Baur (63), comprobaron que bajas temperaturas disminuyen su movimiento. En relación con el efecto de la luz Sargent y Blackman (58), encontraron que el movimiento es acelerado con la luz y que la acumulación en hojas bajo su acción es lenta y tiende a disminuir con el tiempo. Todo esto indica que el picloram se mueve con los productos de la fotosíntesis.

De estos estudios se ha postulado que el movimiento del picloram es similar al del ácido indol acético (AIA) y el ácido 2,4 diclorofenoxi acético (2,4-D) (Hamaker (25)).

1.4 MECANISMO DE ACCION

El efecto del picloram sobre los procesos fisiológicos de las plantas ha sido tema de numerosos estudios. Se ha encontrado que inhibe la germinación; así Chang et al (10), (11), observaron inhibición de la germinación de la semilla de soya con dosis altas (5 p.p.m.), lo cual estuvo asociado con disminución de la actividad de la alfa amilasa y enzimas proteolíticas. Estudios realizados por estos mismos autores demostraron que el picloram inhibió la respiración oxidativa promoviendo la ATP-asa sugiriendo que puede actuar como un desacoplador de la fosforilación oxidativa. En esta forma el picloram actuaría de una manera similar al ácido picolínico producido por Piricularia oryzae, el cual inhibe la respiración al unirse a los metales de las enzimas del sistema respiratorio (Tamarí et al (64)).

Se han efectuado estudios sobre el efecto del picloram en el crecimiento. Reid y Hurtt (51), encontraron reducción en el desarrollo de la raíz del frijol cuando aplicaron concentraciones de 67 microgramos. Eisinger et al (15), concluyeron

que el picloram al igual que el 2,4-D y el ácido indol acético, aumenta la diferenciación de raíces secundarias e induce cambios en la permeabilidad de la pared celular. Krepsts (39) y Lee (42), observaron destrucción y distorsión de las células corticales y desintegración del cambium y del floema en raíces de Cirsium arvense, cuando se trataron con dosis de 250 gramos de picloram. Además se han observado efectos sobre división celular ocasionando malformaciones como lo encontraron Wax et al (65), en plantas de soya y acumulación del producto en yemas foliares y en hojas (Davis (13), Bovey (5)). Varios estudios han demostrado que el picloram afecta la fotosíntesis reduciendo los niveles de clorofila como lo observó Gooding (19), actuando también sobre los otros pigmentos como las antocianinas, reduciendo su contenido (Rogerson y Fog (56)). En estudios recientes se ha tratado de relacionar los efectos de los herbicidas hormonales y su interacción con otros reguladores de crecimiento como el etileno; así Morgan y Baur (49), encontraron que concentraciones entre 1 y 10 p.p.m. de picloram aumentan la producción de etileno y atribuyeron las respuestas epinásticas de las plantas a la acción de él.

Muchos autores coinciden en que el efecto primario del picloram consiste en la alteración de los ácidos nucleicos, lo cual

causaría un desbalance fisiológico ocasionando formación de centros adicionales de alta actividad metabólica a donde se desplazarían preferencialmente los productos de la fotosíntesis. Esta aceleración del crecimiento causaría un aumento de la demanda sobre la producción de carbohidratos y las plantas morirían de hambre (Moreland (48)).

Se ha tratado de explicar la selectividad de las plantas al picloram. Malhotra et al (43) postularon que el contenido total de DNA y RNA está correlacionado con la resistencia al picloram; debido a que las plantas resistentes al picloram produjeron más nucleasas degradando el RNA inducido por el picloram. En base a estos resultados se ha logrado establecer la tolerancia relativa de los cultivos al picloram; Malhotra (43), observó el siguiente orden de sensibilidad: cebada > trigo > maíz > pepino > soya, mientras que Herr (32), en trabajos de campo encontró el siguiente orden: maíz > cebada > alfalfa > soya. Sin embargo la selectividad puede ser debida a diferencias varietales como encontraron Scifres et al (60), quienes al trabajar con seis variedades de sorgo concluyeron que las respuestas al picloram no son únicamente debidas a la herencia, sino que podrían interactuar otros factores tales como absorción diferencial.

1.5 COMPORTAMIENTO DEL PICLORAM EN EL SUELO

Se ha estudiado el efecto de factores ambientales sobre el comportamiento del picloram en el suelo y se ha llegado a sugerir que entre los factores responsables de su inactivación se encuentran: adsorción por los coloides, lixiviación, volatilización, fotodescomposición, degradación química y microbiana.

1.5.1 Adsorción por los coloides

La adsorción por los coloides puede afectar los procesos de inactivación de los pesticidas e influye sobre los de disipación.

El tipo de coloides tiene influencia sobre la adsorción del picloram, según Moden (46), además de la materia orgánica otros constituyentes del suelo adsorben el picloram. Hamaker (26), indica que el picloram existe como un catión orgánico y es adsorbido por la materia orgánica y los óxidos metálicos amorfos hidratados del suelo. Por lo tanto se esperaría que ocurriera mayor adsorción en suelos con alto contenido de materia orgánica y arcillas (23).

Varias investigaciones han demostrado que la adsorción de algunos herbicidas aumenta cuando el pH del suelo disminuye (46).

Esperándose una máxima adsorción a niveles de pH cercanos e inferiores al valor del pKa (Weber et al) (66). Así Bailey et al (4), encontraron mayor adsorción del picloram a H-montmorillonita (pH 3,35) que a Na-montmorillonita (pH 6,8) y es explicable que la máxima adsorción ocurriera a pH de 3,35 ya que este es un valor inferior al del pKa del picloram que es 3,6.

1.5.2 Lixiviación

Varios estudios han sido realizados con el objeto de observar el efecto de las lluvias sobre el movimiento de los herbicidas en el suelo y se ha llegado a considerar que este es uno de los medios más importantes de desaparición de picloram del suelo (Scifres et al (59)). Así Harris (30), comparó el movimiento de 28 herbicidas en columnas de suelo y encontró que los herbicidas que contienen anillo aromático y radicales ácidos son los más móviles.

El picloram en su forma ácida es ligeramente soluble en agua y la solubilidad de sus sales es mayor; es de esperarse que las pérdidas de picloram por lixiviación sean mayores cuando se aplica en forma de sal. Merkle et al (44), investigaron el movimiento del producto en un suelo arenoso y areno-limoso y encontraron alta movilidad en ambos suelos, lo cual indica

que la lixiviación es un medio importante para la pérdida de este herbicida.

El efecto de la lluvia sobre el movimiento del picloram, causado por percolación del agua, ha sido considerado análogo al de separación de materiales a través de columnas cromatográficas, y explica porque es posible encontrarlo en diferentes profundidades del suelo. Merkle et al (44), aplicaron picloram a un suelo areno-limoso y encontraron producto seis semanas después a una profundidad de 60 centímetros. Un año después no encontraron residuos detectables a esta misma profundidad, lo cual indicaría que al menos parte de él hubiera sido llevado a profundidades mayores.

Bajo las condiciones de Nebraska estos mismos autores (44) y Burnside (9), encontraron mayor movimiento en suelos areno-limosos. Sin embargo investigadores canadienses (38), observaron que en suelos con bajo contenido de materia orgánica el picloram permaneció en los 15 centímetros superiores, presentando la tendencia a moverse entre los 15 y los 20 centímetros; es posible que en este caso haya habido un doble efecto; adsorción y suministro limitado de agua los cuales limitaron el movimiento.

1.6 DESCOMPOSICION DEL PICLORAM

El picloram aplicado al suelo puede descomponerse por volatilización, fotodescomposición, degradación química y microbiana. Estos factores pueden interactuar y la importancia relativa de cada uno dependerá de condiciones especiales.

1.6.1 Degradación química

Varios estudios se han realizado para determinar la importancia de la inactivación del picloram debido a degradación química, la cual comprende procesos como reacciones de radicales libres, (Lambert et al (40)), oxidación, reducción, hidrólisis por ácidos y bases e hidratación (28).

Hance (28), al estudiar la descomposición no biológica de seis herbicidas en suelos arcillosos mantenidos a 85,95 y 107C, asumió que bajo estas condiciones podría ocurrir degradación química por alteraciones de la molécula, sin embargo le fué difícil calcular la vida media, por cuanto el picloram es estable a temperaturas elevadas. Redeman et al (50), sometieron suelos tratados con picloram a altas temperaturas, por 30 días y al hacer análisis no encontraron productos diferentes al picloram. En cambio Hamaker et al (27), observaron pérdidas del producto en suelos húmedos mantenidos a 32,5C, postulando que cuando hay presencia de

agua la degradación aumenta al aumentar la temperatura.

Los resultados obtenidos por Merkle et al (44), demostraron que el picloram se degradó más rápido a 38C que a 4 o a 20C. Dentro de una temperatura dada la disipación es mayor a capacidad de campo que a 0,1 de capacidad de campo, lo cual indica interacción entre la humedad y la temperatura en la degradación del producto y aunque el papel específico de la temperatura no ha sido establecido las conclusiones generales de muchos investigadores están de acuerdo que ésta es acelerada por altas temperaturas (Bovey et al (6,7)).

1.6.2 Degradación microbiana

El mecanismo por el cual una población microbiana desarrolla la capacidad de degradar un herbicida no está completamente entendido. Típicamente ocurre un período durante el cual no hay degradación, seguido por una rápida desaparición del producto (Kauffman (36,37)). Parece que varios microorganismos pueden adaptarse a utilizar el herbicida como fuente de energía, por cuanto este desaparece más rápidamente en suelos donde el producto ha sido, utilizado anteriormente (36).

Algunos factores que están comunmente asociados con aumento de la actividad microbiana acelerarían la descomposición y entre ellos se encuentran pH, humedad del suelo y contenido

de materia orgánica. Es así como se ha observado que la descomposición de 500 gramos de picloram puede estar asociada con la utilización de 5.000 a 50.000 kilos de materia orgánica (21).

Otra evidencia de la necesidad de un período de adaptación de los microorganismos para utilizar el producto la proporciona Grover (22), que al estudiar la degradación microbiana del picloram encontró un período en el cual la cantidad del producto se mantenía constante, el cual era seguido por una desaparición relativamente rápida.

Lo anterior está de acuerdo con lo observado por Rieck y Mc Calla (53), quienes encontraron un estímulo en el peso fresco del micelio y la cantidad de pigmentos de Aspergillus, en presencia del picloram. Este microorganismo, de acuerdo con Rieck (54) es un habitante normal del suelo que parece estar más relacionado con la degradación del picloram. Sin embargo hay investigadores (69) cuyos resultados les han llevado a concluir que la degradación microbiana del picloram es un proceso accidental por cuanto el producto no es una fuente adecuada de energía para ellos.

1.7 METODOS ANALITICOS PARA LA DETERMINACION DEL PICLORAM

Los residuos de picloram en un suelo son usualmente determinados por bioensayos. Este método mide la concentración de

picloram a través de la reacción de una planta susceptible, como fué descrito por Leasure (41); los parámetros más usados son el peso verde y los síntomas de fitotoxicidad.

Gooding (20), recientemente ha establecido un método de bioensayo para la determinación de picloram en agua utilizando Sesbania pucinea. Las plantas marcadoras más utilizadas en los bioensayos son: Soya (Glicine max L.), girasoles (Helianthus annus L.), frijol (Phaseolus vulgaris L.) algodón (Gossypium hirsutum L.) y pepinos (Cucumis sativus L.) (Dowler (14), Reid y Hurtt (52)).

Moden (46), indica que los bioensayos miden solamente el herbicida activo o disponible para las plantas. Es lógico pensar que esto sea así por cuanto esta es la fracción que puede interaccionar con ellas y producir los cambios de crecimiento que usualmente se utilizan como medida de la cantidad total del producto presente en el suelo.

2. MATERIALES Y METODOS

EXPERIMENTO 1.

a- Efectos del picloram sobre plantas susceptibles

Con el objetivo de establecer la sintomatología característica producida por diferentes dosis de picloram, se realizaron dos bioensayos utilizando soya (Glicine max L. Merr), variedad mandarín y pepino cohombro (Cucumis sativus L.), variedad Palomar, como plantas indicadoras. Se usó la escala de sensibilidad establecida por Malhotra (43). El estudio se realizó en el invernadero del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias "Tibaitatá". La temperatura promedio diaria durante el período experimental fué de 24C, con variaciones entre 20 y 32C, la humedad relativa promedio fué del 80 por ciento, variando entre 75 y 85 por ciento.

Porciones de 200 gramos de arena lavada, esparcidas sobre un plástico se les proporcionaron 20 ml de soluciones de picloram, de 5×10^{-4} , 5×10^{-3} , 5×10^{-2} , 5×10^{-1} y 5 p.p.m., para proporcionar cantidades de 5×10^{-3} , 5×10^{-2} , 5×10^{-1} , 5 y 50 microgramos de picloram por 100 gr de arena (ugr/100 gr). Las aplicaciones fueron efectuadas por medio de un atomizador conectado a una bomba eléctrica. Se utilizó una presión de 1,05 kg/cm² las soluciones se obtuvieron por dilución a partir de una solución patrón de 50 p.p.m.

Para preparar esta solución se pesaron 50 miligramos de picloram grado técnico de 99 por ciento de pureza y se llevaron un balón volumétrico hasta 1.000 ml, se le añadieron 15 gotas de NaOH 6N, para formar la sal sódica soluble en agua y se ajustó el pH a 7,0 con HCl diluido. Esta solución se mantuvo en un frasco oscuro a 4C para evitar la degradación por luz y temperatura. Las diluciones se efectuaron inmediatamente antes de realizar las aplicaciones.

Las porciones de arena tratada fueron transferidas a materos de cartón. Se sembraron cinco semillas de soya o pepino por matero a 1 cm de profundidad. Después de la emergencia se dejaron dos plantas por matero. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro replicaciones.

A partir de la emergencia cada matero recibió 20 ml de solución nutritiva de Hoagland, con tres días de intervalo hasta los 15 días. Cuando se observó la expansión completa de las primeras hojas verdaderas de los testigos se registraron los síntomas visuales en el tallo, las hojas cotiledonarias y las hojas verdaderas y se arrancaron cuidadosamente las plantas, se anotaron los síntomas en la raíz.

b- Selección de las mejores medidas para medir residualidad de picloram.

Se estableció con el fin de comparar diferentes tipos de medidas y escoger aquellas que mejor describieran los efectos del picloram. En las dos especies se efectuaron los siguientes registros: Síntomas visuales de daño de acuerdo con la escala preestablecida.

Se arrancaron las plantas y se midió la altura y la expansión foliar de la primera hoja verdadera. Se secaron las muestras en estufa a 80C por 24 horas, y se tomó el peso seco.

Con los datos de altura, expansión foliar y peso seco se construyeron gráficas, en las cuales se relacionó las variaciones de los parámetros con las dosis de picloram.

c- Calibración del bioensayo en suelo.

Con el fin de estudiar el comportamiento del picloram en el suelo en el que se efectuaron los trabajos en condiciones de campo, se tomaron muestras de este suelo de las profundidades 0-20, 20-40 y 40-60 y se trataron con picloram en exactamente la misma forma como se describió para el caso de la arena. Los efectos del producto fueron evaluados en pepino

ESCALA UTILIZADA PARA LA EVALUACION VISUAL DEL DAÑO

Escales	Altura	Curvatura	Encrespamiento	Deformación	Epinastia	Engrosa-	necrosis
	Hojas	L. Foliar	Yema Ter.			miento TL.	Base TL.
0	Inb. Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total
1	90% Test.	90% Test.	Media	Media	Media	25%+test.	25%+test.
2	75% Test.	75% Test.	Ligera	Ligera	Ligera	10%+Test.	10%+Test.
3	50% Test.	50% Test.	Normal	Ninguna	Ninguna	Normal	Normal
4	25% Test.	25% Test.	Normal	Ninguna	Ninguna	Normal	Normal
5	10% Test.	10% Test.	Normal	Ninguna	Ninguna	Normal	Normal
6	5% Test.	Ig. Test.	Normal	Ninguna	Ninguna	Normal	Normal
7	Ig. Test.	Ig. Test.	Normal	Ninguna	Ninguna	Normal	Normal

siguiendo el procedimiento descrito anteriormente.

EXPERIMENTO 2

Residualidad de picloram bajo condiciones naturales

Después de la calibración de los bioensayos se procedió a estudiar la residualidad del picloram en un suelo del Valle del Río Sinú. Los trabajos de campo se llevaron a cabo en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias "Turipaná", situado en el municipio de Cereté (Córdoba), a una altura de 13 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 28 C, una precipitación promedio anual de 1.200 mm, humedad relativa del 85 por ciento.

Algunas de las características del suelo utilizado se presentan en la Tabla 1.; en general el suelo del lote empleado pertenece a la serie Playón y se caracteriza por ser de textura arcillosa, imperfectamente drenado, con pendiente de 0,1 por ciento, muy ligeramente salino; presentando manchas ferruginosas desde los 25 centímetros de profundidad. Las condiciones ambientales que prevalecieron en el campo después de la aplicación del producto y mientras permaneció el ensayo se presentan en la Tabla 2.

Se efectuó un trazado de bloques al azar en el campo con cuatro replicaciones y parcelas de 2 metros de ancho por 4 de

TABLA 1. Análisis del suelo serie Playón utilizado en el ensayo sobre
 Residualidad de picloram "Turipaná"

Profundidad cms	Porcentaje					MO	Textura	MO Sat	Total %C:I.C.
	pH	Arena	Limo	Arcilla	Arcillosa				
0-20	4,9	36	10	54	Arcillosa	5,2	93	22,57	
20-40	6,6	38	10	52	Arcillosa	1,6	100	24,91	
40-60	6,7	34	8	58	Arcillosa	1,9	100	29,61	

Profundidad/cms.	Complejo de Cambio, meq/100 gramos				
	Ca	Mg	K	Na	Al
0-20	11,06	8,7	0,60	0,17	1,50
20-40	12,00	12,2	0,39	0,32	-
40-60	13,60	15,3	0,24	0,44	-

TABLA 2. Condiciones ambientales que prevalecieron durante la realización de los ensayos en los años 1971 y 1972

	Días después de la aplicación	Temperatura C.	H.R. %	Precipitación mm
1971	30	27,9	79	276,0
	60	28,5	80	499,0
	90	27,6	83	653,6
1972	30	28,2	82	86,7
	60	26,8	84	178,2
	90	27,2	85	417,8
	150	27,2	85	588,6

largo. Se aplicaron nueve dosis de picloram (Tordón 22 K) así: 0, 0,025, 0,05, 0,1, 0,2, 0,4, 0,8, 1,6 y 3,2 kg ia/Ha, utilizando los volúmenes de la formulación comercial (240gr/litro), necesarios para suministrar las dosis indicadas. La aplicación se realizó el 26 de Junio de 1971, con una aspersora experimental AZ a 2,10 kg/cm² de presión y un volumen de agua equivalente a 500 litros por hectárea. La temperatura y la precipitación, antes de la aplicación fueron de 27,9 C y 361 mm, respectivamente; las condiciones que prevalecieron durante la aplicación fueron: Temperatura 26,5 C, humedad relativa de 75 por ciento y ausencia de viento.

A los 90, 150 y 270 días de la aplicación se tomaron muestras de suelo de 1 kilogramo, de cada parcela de las capas comprendidas entre 0-20, 20-40 y 40-60 centímetros de profundidad. Estos suelos fueron llevados al inverdenadero de Tibaitafá, en donde se procedió a determinar su contenido de picloram por medio de los bioensayos descritos anteriormente.

Este experimento fue repetido en 1972, efectuando aplicaciones en otro lote de la misma serie, el 6 de Julio y realizando los muestreos a los 30, 60, 90 y 150 días, en vista de que los primeros bioensayos no indicaron residuos detectables después de los 150 días.

EXPERIMENTO 3**Efecto de la Temperatura y la Humedad Relativa sobre
la degradación del picloram**

Con el objetivo de observar el efecto de la temperatura y la humedad relativa sobre la degradación del picloram y siguiendo la metodología del Experimento 1, se aplicó picloram a un suelo serie Playón, en dosis de 12,5 ,25 y 160 ugr/100 gr de suelo.

Las materas fueron incubadas a 15 y 35 C y 80 y 100 por ciento de humedad relativa respectivamente. Se realizaron muestreos a los 8,30 y 90 días y se efectuaron bioensayos utilizando pepino cohombro como planta indicadora.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

EXPERIMENTO 1

a- Efectos del picloram sobre plantas susceptibles

Los efectos ocasionados por el picloram en la soya (Glicine max L.), como se puede apreciar en la figura 1, se caracterizan por reducci3n de la altura y de la expansi3n foliar. Curvamiento de hojas verdaderas hacia el haz, malformaci3n de las hojas cotiledonarias, epinastia, engrosamiento del tallo y abultamiento de la corona de la raiz. Las d3sis mayores inhibieron el desarrollo de raicillas y a3n la germinaci3n. Estos s3ntomas fueron mas marcados a medida que aument3 la d3sis; en la d3sis de 5, ugr/100 gramos de suelo ocasion3 la muerte y en 50 ugr/100 gramos de suelo inhibi3 la germinaci3n. La sintomatolog3a fu3 muy similar a la observada por otros investigadores al estudiar los efectos de herbicidas aux3nicos sobre varias plantas dicotiled3neas como pepino cohombro y tomate (17).

Es as3 como la reducci3n en altura y expansi3n foliar ha sido atribuida a efectos sobre el agrandamiento celular, a modificaci3n del metabolismo de los 3cidos nucleicos o a un desbalance hormonal (29); el engrosamiento del tallo ser3a ocasionado por la formaci3n de un centro metab3lico de acumu-



Figura 1. Efectos del picloram sobre la soya

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DEL PERU
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGROPECUARIAS Y PISCICULTIVAS
CALLE 100 N. 100 100 100

lación (48). La epinastia del tallo producida por un desbalance hormonal el cual ocasiona un crecimiento diferencial. De acuerdo con Morgan y Baur (49), éste fenómeno podría estar asociado por un incremento en los niveles de etileno.

Con relación a la inhibición del desarrollo de raicillas algunos investigadores ((15), (57)), encontraron reducción y otros no; sin establecerse exactamente el efecto de los herbicidas auxínicos a nivel de la raíz. La acción sobre la germinación se explicaría por un efecto indirecto sobre la fosforilación oxidativa e inhibición de las enzimas proteolíticas que degradan las reservas alimenticias a formas utilizables por el embrión.

En general todos éstos síntomas indican que los productos hormonales actúan sobre varios sistemas metabólicos y que la soya es una de las especies más sensibles.

Los efectos del picloram sobre el pepino cohombre (Cucumis sativus L.), se pueden observar en la Figura 2. En general se observó reducción de la altura y del peso seco con las dosis más bajas, incremento en éstos parámetros con niveles intermedios y una disminución con las dosis más altas. Se observaron además efectos sobre la morfología de la planta los cuales se manifiestan en menor tamaño y curvatura hacia abajo de las hojas, encrespamiento de la lámina de las hojas



Figura 2. Efectos del picloram sobre el pepino cohombro

verdaderas, deformación de la yema terminal, epinastia, engrosamiento del tallo y necrosis en la base del tallo. Los últimos síntomas descritos se acentúan al aumentar las dosis y son proporcionales a ellas.

Esta sintomatología descrita es una expresión de la alteración de los varios procesos fisiológicos mencionados en el caso de la soya (14), (61).

Desde el punto de vista de planta indicadora el pepino ofrece ventajas sobre la soya, para ser utilizada en bioensayos conducentes a detectar residuos de picloram, por ser más sensible ya que refleja síntomas a niveles tan bajos como 5×10^{-3} ugr/100 gramos de arena y a pesar de ello tolera dosis tan altas como 50 ugr/100 gr de arena sin que le causen la muerte.

b- Selección de las mejores medidas para medir residualidad de picloram

La selección de las mejores medidas para describir los efectos del picloram se basó en la reproducibilidad y proporcionalidad de los diferentes parámetros, así como su independencia a otras influencias; a cada una de las medidas se le halló la ecuación de la curva y cada una de las gráficas se elaboró en base al logaritmo natural de la concentración (eje X), contra el logaritmo natural de la medida efectuada (eje Y).

Debido a que se trabajó con números pequeños los logaritmos naturales son negativos.

Efectos de las dosis de picloram en la soya

a- Altura

En la figura 3 se presenta el efecto de las dosis de picloram sobre la altura de las plantas de soya. Se puede apreciar una reducción de la altura, proporcional a la dosis empleada siguiendo siempre la ecuación de la curva establecida, la cual es de tipo exponencial con un r de 0,98. Esta proporcionalidad fue más estrecha cuando se efectuaron las lecturas a los 15 días que cuando se realizaron a los 20. Los valores registrados a los 20 días se alejan bastante de la curva establecida de acuerdo a la ecuación, posiblemente porque las plantas, especialmente aquellas que recibieron las dosis bajas, se recuperaron mientras que las tratadas con niveles mayores fueron permanentemente afectadas.

Debido a la estrecha proporcionalidad observada al efectuar la cosecha a los 15 días parece que ésta es la duración óptima que debe tener el bioensayo, al menos en cuanto a altura se refiere.

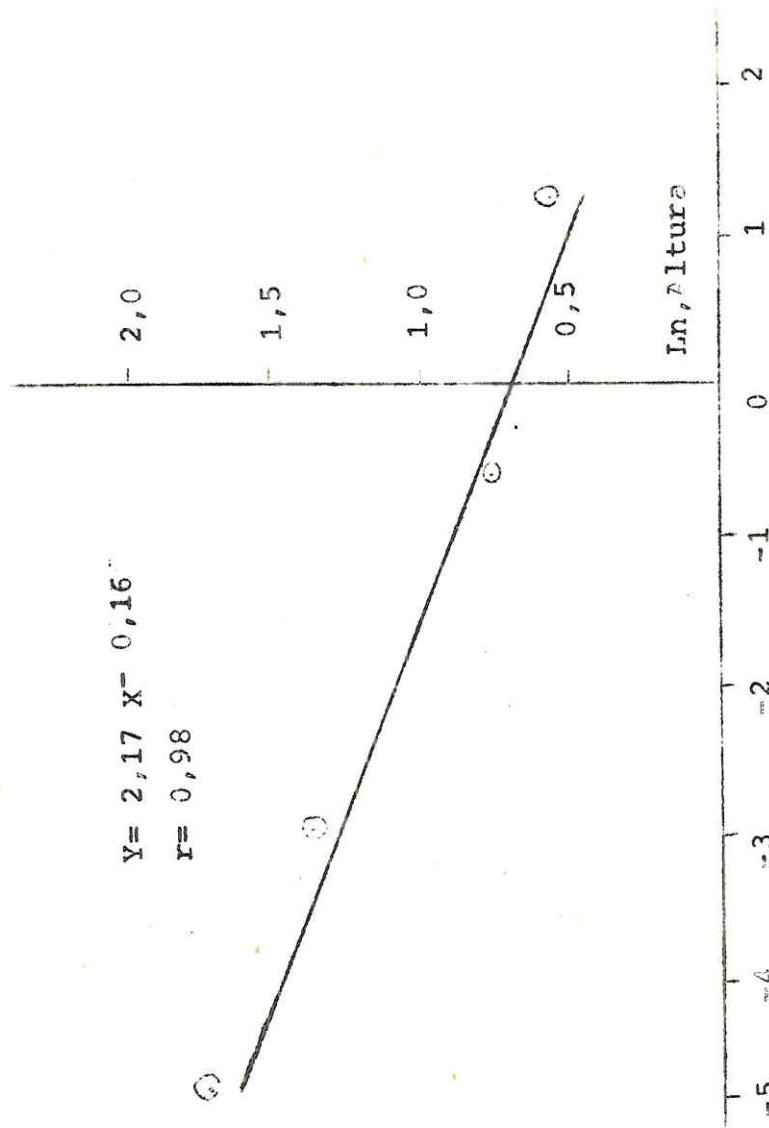


Figura 3. Efecto del picloram sobre la altura de la soya.

b- Expansión Foliar

Los efectos del picloram sobre la expansión foliar de las primeras hojas verdaderas de la soya, evaluada por la medida de la máxima anchura, mostraron una tendencia similar a los registros de altura. Al igual que en el caso de la altura la gráfica de la Figura 4 se obtuvo en base a la ecuación, que compara el logaritmo natural de la concentración de picloram contra el logaritmo natural de la expansión foliar, presentando un r de 0,97. La única diferencia es que la pendiente es mayormente negativa en la expansión foliar que en la altura, indicando un mayor efecto del picloram en la expansión foliar.

En general mientras mayor fue la dosis del producto los valores de anchura fueron menores. Así mismo se observó una mayor proporcionalidad cuando se efectuaron las mediciones a los 15 días de edad de las plantas que cuando se realizaron a los 20 días. De nuevo se pone en evidencia una tendencia a la recuperación, después de los 15 días, en las plantas que habían recibido las dosis más bajas del producto, lo cual indica que es necesario efectuar las medidas antes de que se manifieste la recuperación.

c- Peso Seco

La ecuación establecida para peso seco es de la misma naturaleza

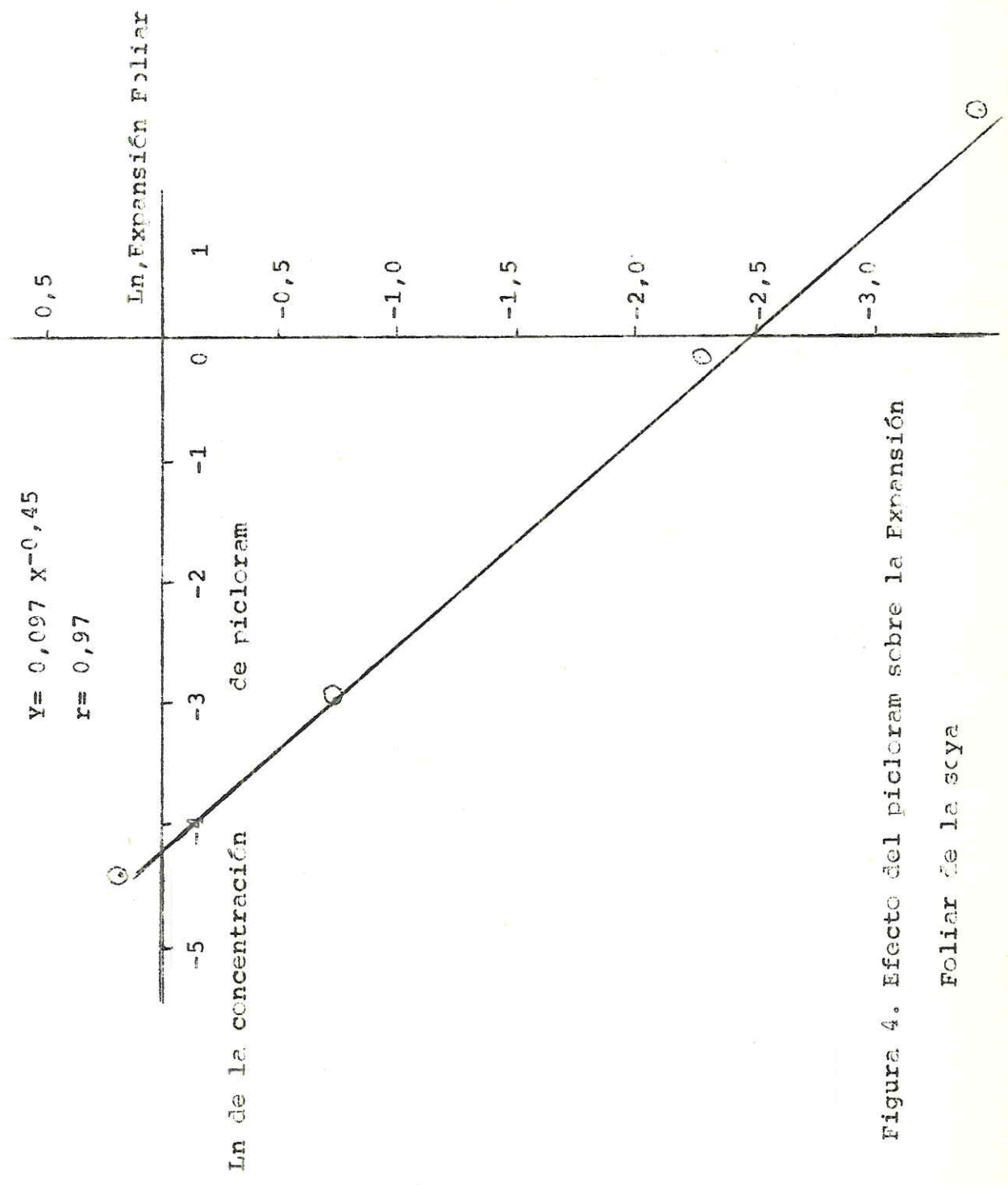


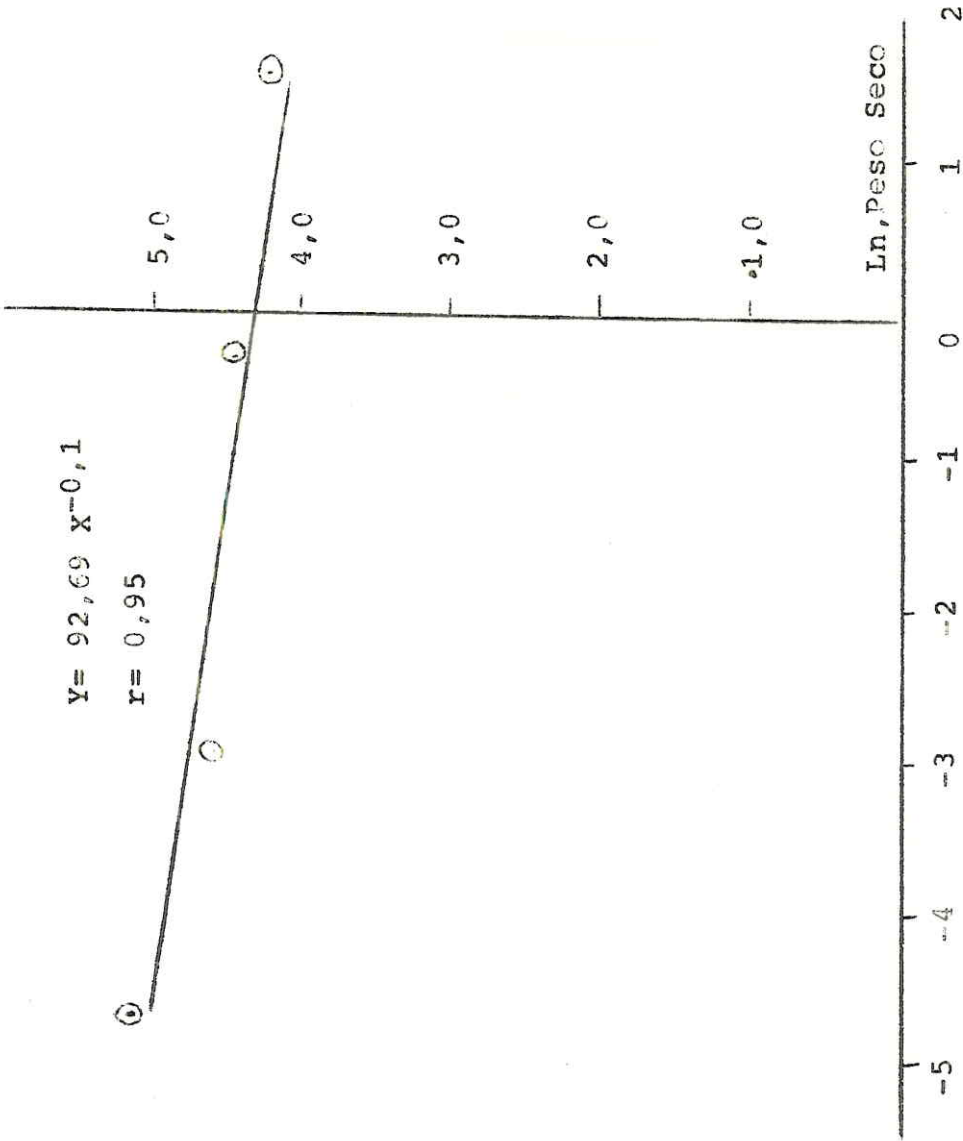
Figura 4. Efecto del picloram sobre la Expansión Foliar de la scya

que la de la altura y expansión foliar (Figura 5), con un r de 0,95, la diferencia con éstas dos medidas es la pendiente de la curva, la cual es muy pequeña. Aún cuando ocurrió reducción de la materia seca proporcionada por las plantas a medida que se aumentaba la dosis de picloram, la diferencia de valores entre una dosis y otra fue bastante pequeña, lo cual afecta en forma notable la reproducibilidad. Posiblemente hubiera podido obtenerse un mejor resultado si se hubiera tomado solamente el peso de los tallos porque se hubiera podido detectar el aumento debido a la formación de centros de acumulación en el tallo, por acción del producto.

Para éstas tres medidas se encontró correlación simple registrándose valores del coeficiente de correlación altos y significativos estadísticamente especialmente para altura y expansión foliar.

d- Longitud de la raíz

Los valores de longitud de la raíz, (Tabla 3), no indican un efecto consistente y proporcional, indicando que el producto no tuvo efecto sobre la longitud; sin embargo debido a que no se registró el peso de la raíz no se puede eliminar la posibilidad de que no hubiera ocurrido un efecto sobre la producción de raíces secundarias.



Ln de la Concentración de picloram

Figura 5. Efecto del picloram sobre el Peso Seco de la soya.

TABLA 3. Efecto del picloram sobre la longitud de la raiz de la soya

Dosis ugr/100 gr de arena	Longitud de la raiz cms
Testigo	6,5
5×10^{-3}	7,0
5×10^{-2}	8,3
5×10^{-1}	7,0
5	7,4
50	-

En vista de que la longitud de la raíz no presentó ningún tipo de tendencia, se consideró que ésta medida no es útil para detectar residuos de picloram.

e- Evaluación visual

La medida de la evaluación visual del efecto del picloram sobre la soya (Tabla 4), es un parámetro bastante subjetivo el cual sin embargo podría ser utilizado por un experimentador familiarizado con los síntomas.

En general puede considerarse que para establecer un bioensayo utilizando soya como planta indicadora, la altura y la expansión foliar son dos buenas medidas para evaluar residuos de picloram en un suelo en vista de que ambas presentan la misma tendencia; sin embargo las medidas no deben efectuarse después de los 15 días de sembradas porque la recuperación de algunas plantas causa desviaciones notables de la curva establecida.

Efectos de las dosis de picloram en el pepino

De la misma manera que en la soya la selección de la mejor medida para describir los efectos del picloram en el pepino se basó en la reproducibilidad y proporcionalidad de los diferentes parámetros, así como su independencia a otras influencias.

TABLA 4. Evaluación visual del efecto del picloram sobre la soya

Dosis ugr/100 gr arena	Evaluación Visual
Testigo	6,4
5×10^{-3}	5,4
5×10^{-2}	3,2
5×10^{-1}	1,0
5	0,0
50	-

a- Altura

En la Figura 6 se presenta el efecto de las dosis de picloram sobre la altura de la planta de pepino. La curva se obtuvo en base a la ecuación establecida, comparando la altura en cms contra la concentración del picloram, ugr/100 gr de arena. La tendencia de la curva es de tipo cuadrático presentando un r de 0,91. La altura aumenta a medida que se incrementa la dosis hasta el nivel de 5 ugr/100 gr de arena, a partir de ésta concentración disminuye, pero esta reducción no es significativa estadísticamente. Para los dos bioensayos realizados la respuesta fue similar; sin embargo los resultados de las plantas que crecieron 20 días tienden a alejarse de la curva; indicando alguna recuperación en las dosis inferiores.

Debido a la estrecha proporcionalidad observada al efectuar la cosecha a los 15 días, parece que ésta es la duración óptima que debe tener el bioensayo a menos en cuanto al registro de la altura se refiere.

b- Expansión Foliar

Los efectos del picloram sobre la expansión foliar del pepino, evaluada como la máxima anchura de la hoja mostraron una tendencia exponencial (Figura 7); la curva fue elaborada comparando la concentración de picloram (ugr/100 gr arena)

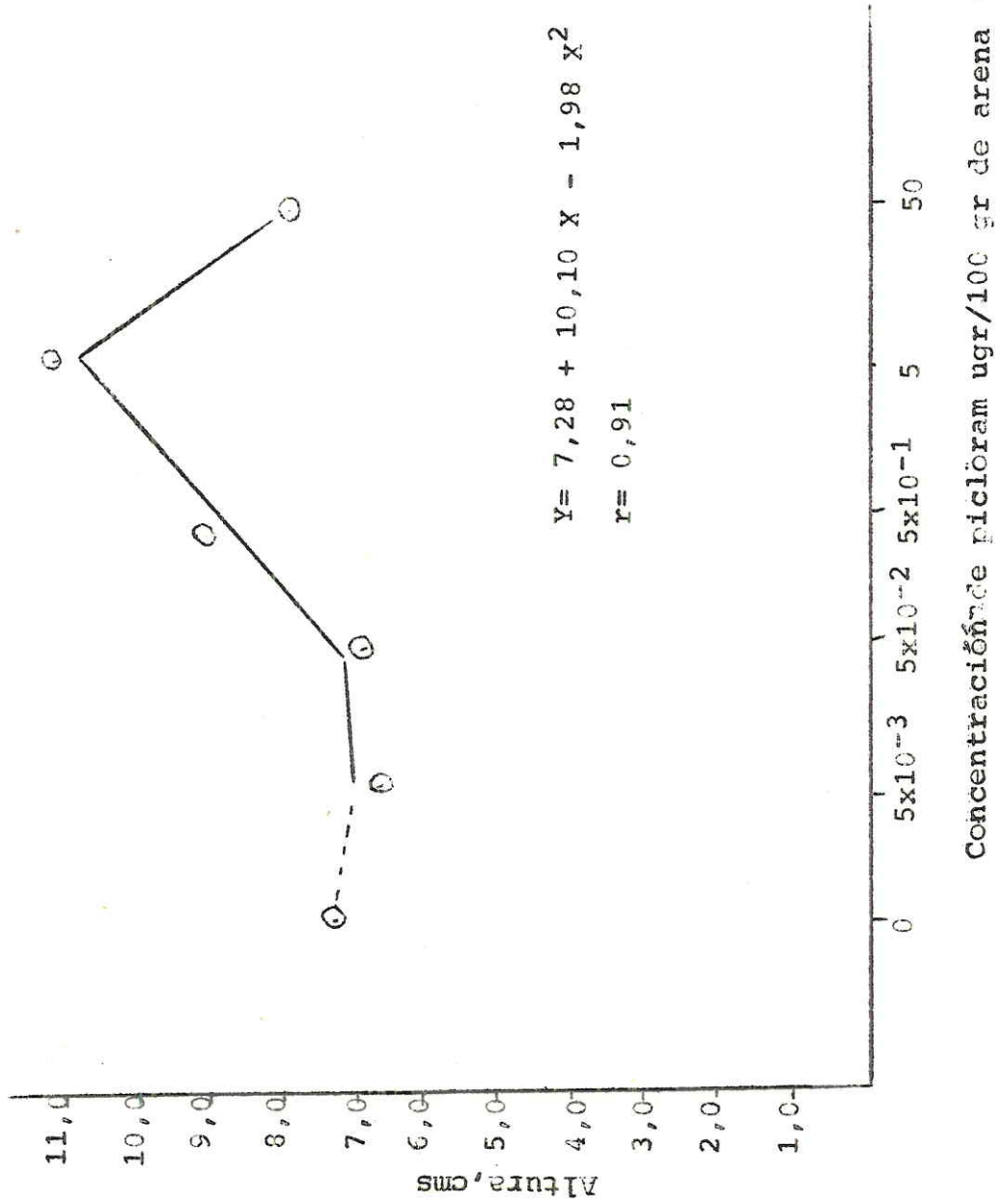


Figura 6. Efecto del picloram sobre la altura del menino

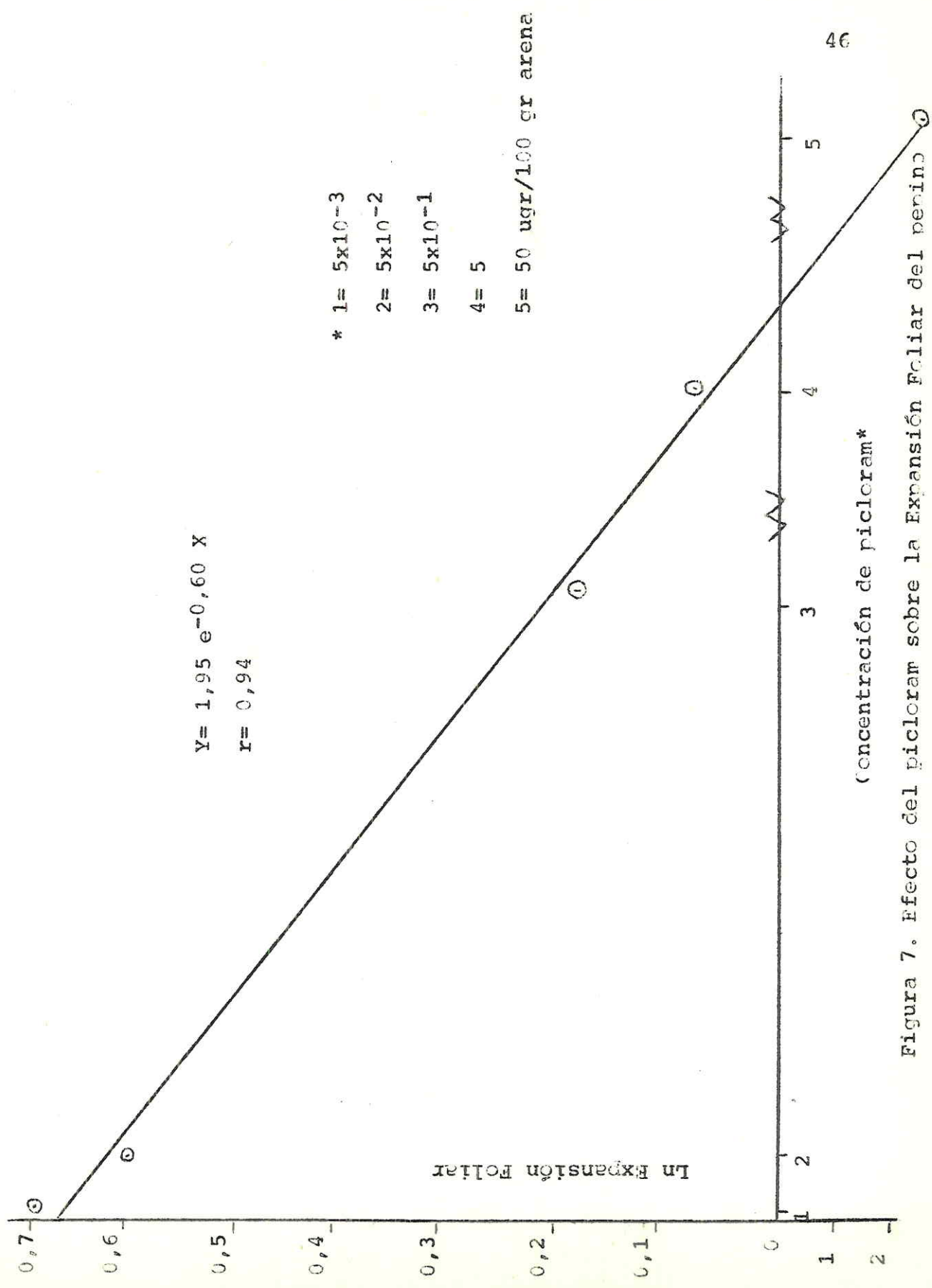


Figura 7. Efecto del picloram sobre la Expansión Foliar del peninj

contra el logaritmo natural de la expansión foliar ,con un r de 0,94. La tendencia a disminuir la expansión foliar a medida que aumentaba la dosis de picloram ,presentando proporcionalidad y reproducibilidad en los dos bioensayos realizados;aún cuando los dos se ajustaron a la misma tendencia,los resultados de las plantas que crecieron 20 días tendieron a alejarse de la curva introduciendo error en la evaluación.

En general debido a la reproducibilidad y consistencia de ésta medida se la puede considerar como la mejor para determinar residuos de picloram utilizando el pepino como planta indicadora.

c- Peso Seco

La ecuación establecida para el peso seco del pepino es de la misma naturaleza que la de la altura,de tipo cuadrático (Figura 8),La curva se elaboró comparando la concentración de picloram ugr/100 gr de arena contra el peso seco de la parte aérea expresado en miligramos,presentando un r de 0,55 Al igual que en el caso de la altura presentó un pico en la dosis de 5 ugr/100 gr de arena.Sin embargo debido al r tan bajo obtenido se consideró que ésta medida era de poco valor para establecer residuos de picloram.

$$Y = 29,23 + 30,47 X - 6,32 X^2$$

$$r = 0,55$$

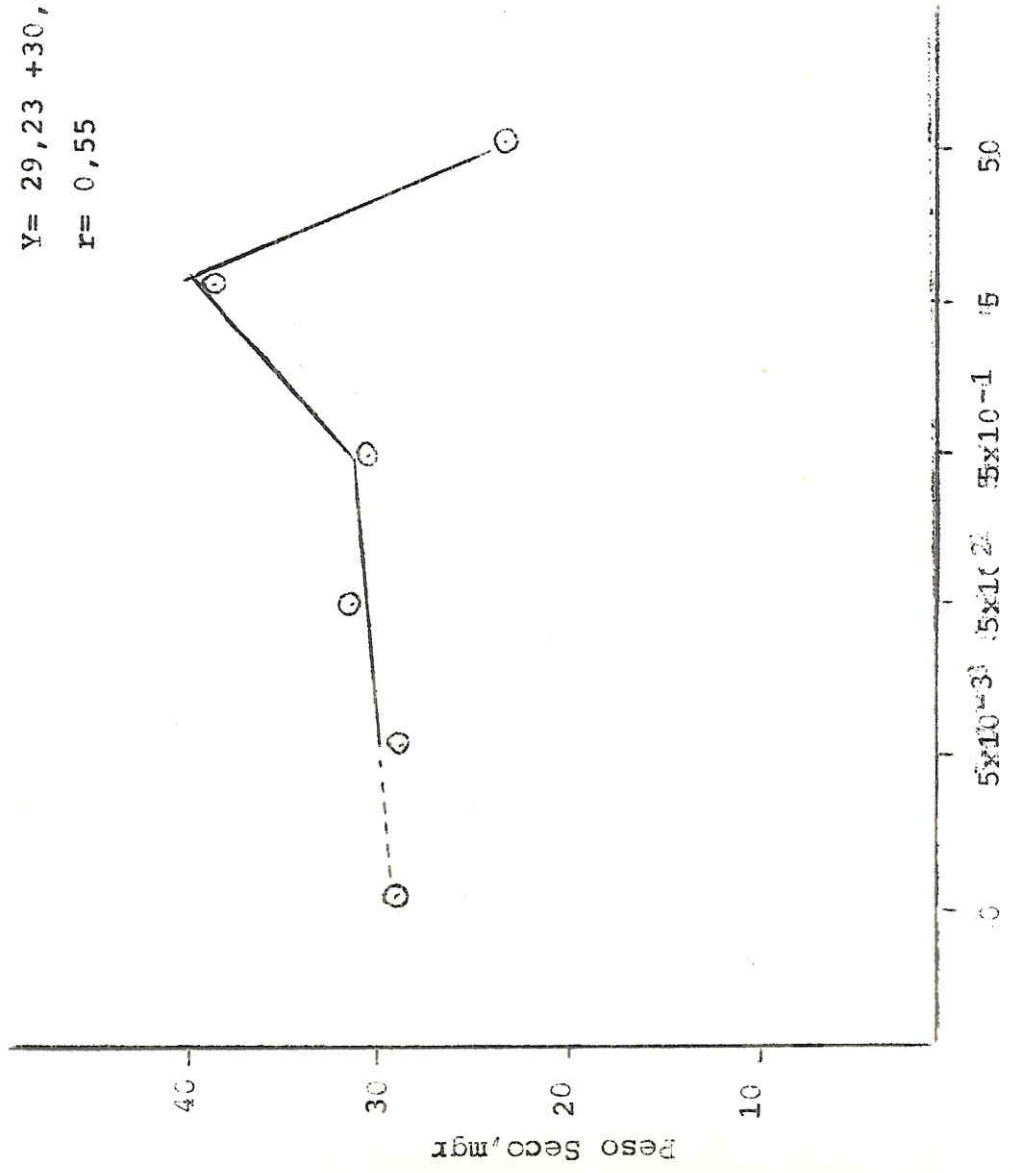


Figura 8. Efecto del picloram sobre el Peso Seco del pino.
 Concentración de picloram: ugr/100 gr de arena

d- Longitud de la Raiz

En la Tabla 5 se presenta el efecto del picloram sobre la longitud de la raíz del pepino. Los valores registrados presentan un efecto variable, sin mostrar ningún tipo de tendencia; por lo cual no puede considerarse como una buena medida para evaluar residuos de picloram.

De acuerdo con las evaluaciones realizadas puede decirse que la soya es una planta bastante sensible al picloram y que la altura y la expansión foliar son buenas medidas para evaluar residuos de éste producto. Sin embargo al utilizar ésta planta las medidas deben no hacerse después de los 15 días para evitar recuperación de las plantas que reciben las dosis inferiores.

Para el pepino la expansión foliar es marcadamente más sensible a la presencia de picloram que la altura de la planta; sin embargo debido a la respuesta cuadrática de ésta, se hace necesario tener en cuenta los dos parámetros para establecer con certeza la presencia de residuos de picloram.

Como ya se estableció anteriormente desde el punto de vista de planta indicadora para ser utilizada en bioensayos conducentes a detectar residuos de picloram, ésta especie ofrece la doble ventaja de ser más sensible porque refleja síntomas a niveles tan bajos como 5×10^{-3} ugr/100 gr arena y al mismo tiempo toleran dosis tan altas como 50 ugr/100 gr de arena sin que le causen la muerte.

TABLA 5. Efecto del picloram sobre la longitud de la raiz del pepino

Dosis	Longitud de la raiz
ugr/100 gr de arena	cms
Testigo	4,0
5x10	4,1
5x10	4,2
5x10	3,8
5	4,0
50	3,7

c- Bioensayos en suelo serie "Playón"

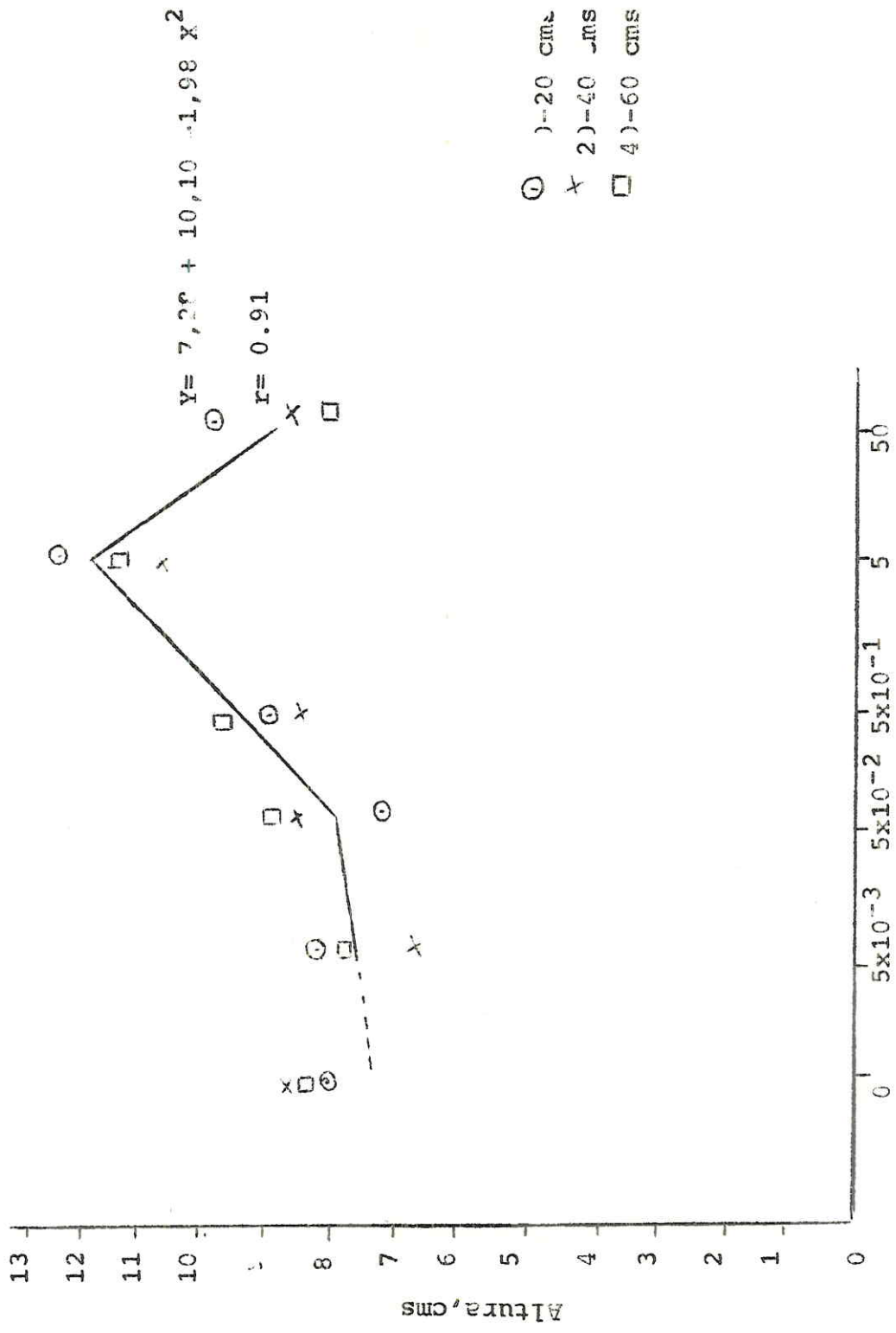
Con los resultados obtenidos en éste bioensayo realizado sobre suelo serie "Playón", utilizando el pepino como planta indicadora y con las ecuaciones de las curvas obtenidas anteriormente, se construyeron las curvas patrón para detectar residuos de picloram en éste suelo.

En la Figura 9 se presenta el efecto del picloram sobre la altura de las plantas de pepino sembradas sobre suelo tomado a las tres profundidades. Los resultados obtenidos se ajustan muy bien a la curva establecida; presentando una respuesta de doble fase; la cual es característica de algunas auxinas.

La respuesta de la expansión foliar (Figura 10), fúe igual a la obtenida anteriormente reduciéndose al aumentar la dosis y ajustándose muy bien a la curva establecida; lo cual sugiere que ésta sería la medida más indicada para detectar picloram en un suelo tratado.

El comportamiento del pepino en cuanto a peso seco (Figura 11) con las diferentes dosis fúe muy errático, por lo cual se consideró como una medida de poco valor.

Para todas las medidas realizadas en las tres profundidades, no se encontraron diferencias significativas estadísticamente.



Concentración de picloram; ugr/100 gr de suelo

Figura 9. Efecto del picloram sobre la altura del pepino (hicensayo suelo)

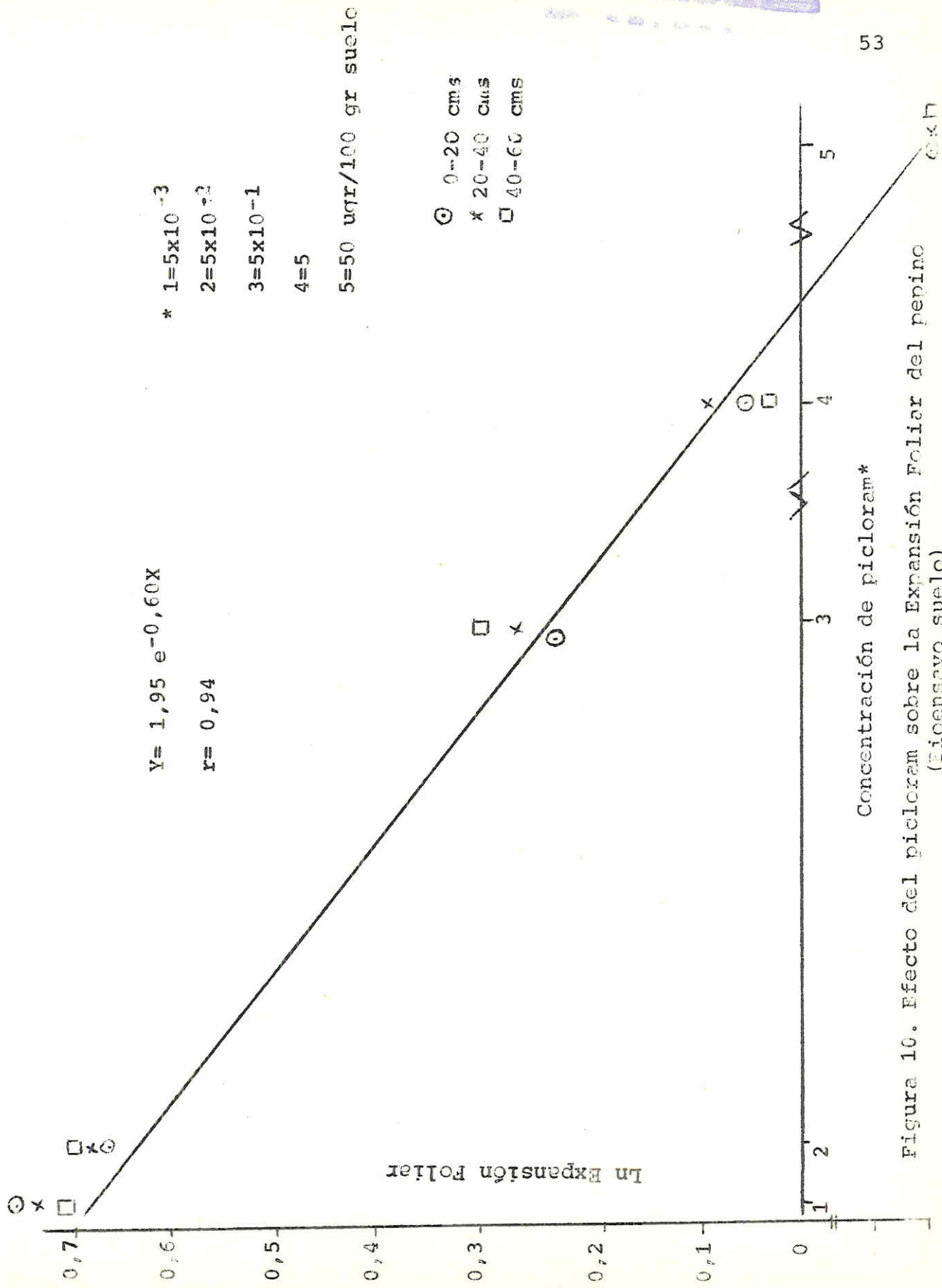
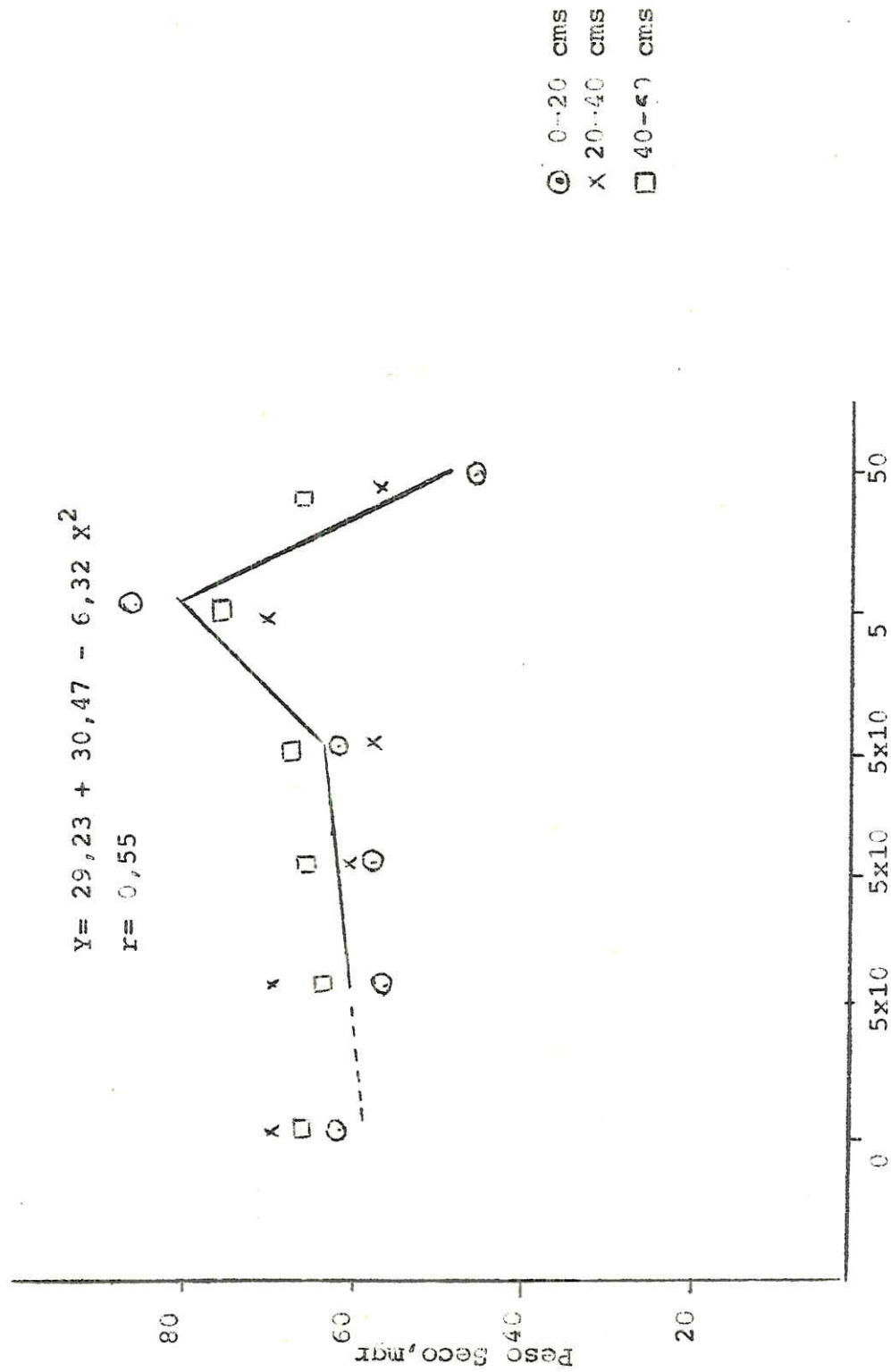


Figura 16. Efecto del picloram sobre la Expansión Foliar del pepino (Eicensayo suelo)



Concentración de picloram: ugr/100 gr suelo

Figura 11. Efecto del picloram sobre el Peso Seco del pepino
(Elicensayo suelo)

Este hecho pudo ser debido principalmente a que las matas se mantuvieron siempre húmedas; por lo tanto el producto se mantuvo en la solución del suelo y como no se permitió percolación el producto siempre se mantuvo en el medio de las raíces. Además si se observa la Tabla 1; se notará que éste suelo contiene alta proporción de bases intercambiables divalentes, haciendo muy difícil su desplazamiento por el picloram y evitando así la adsorción del producto a las arcillas. Puesto que el picloram posee un pKa inferior al pH del suelo; la cantidad de picloram disociado sería baja y no ocurriría adsorción a las arcillas del suelo. Por otra parte aún cuando el contenido de materia orgánica en la primera capa es suficiente para que haya proliferación de microorganismos; debido a que no hubo enriquecimiento del suelo con el herbicida es difícil que los microorganismos se adaptaran al producto y lo hubieran utilizado como fuente de energía degradándolo.

Los resultados obtenidos en el bioensayo, indican que el mejor parámetro para evaluar residuos de picloram en éste suelo es la expansión foliar; sin embargo debido a la respuesta cuadrática de la altura se hace necesario tener en cuenta las dos medidas para conocer con certeza los residuos de éste producto.

Estos experimentos realizados con el fin de considerar la mejor medida para medir residuos de picloram; aún cuando con-

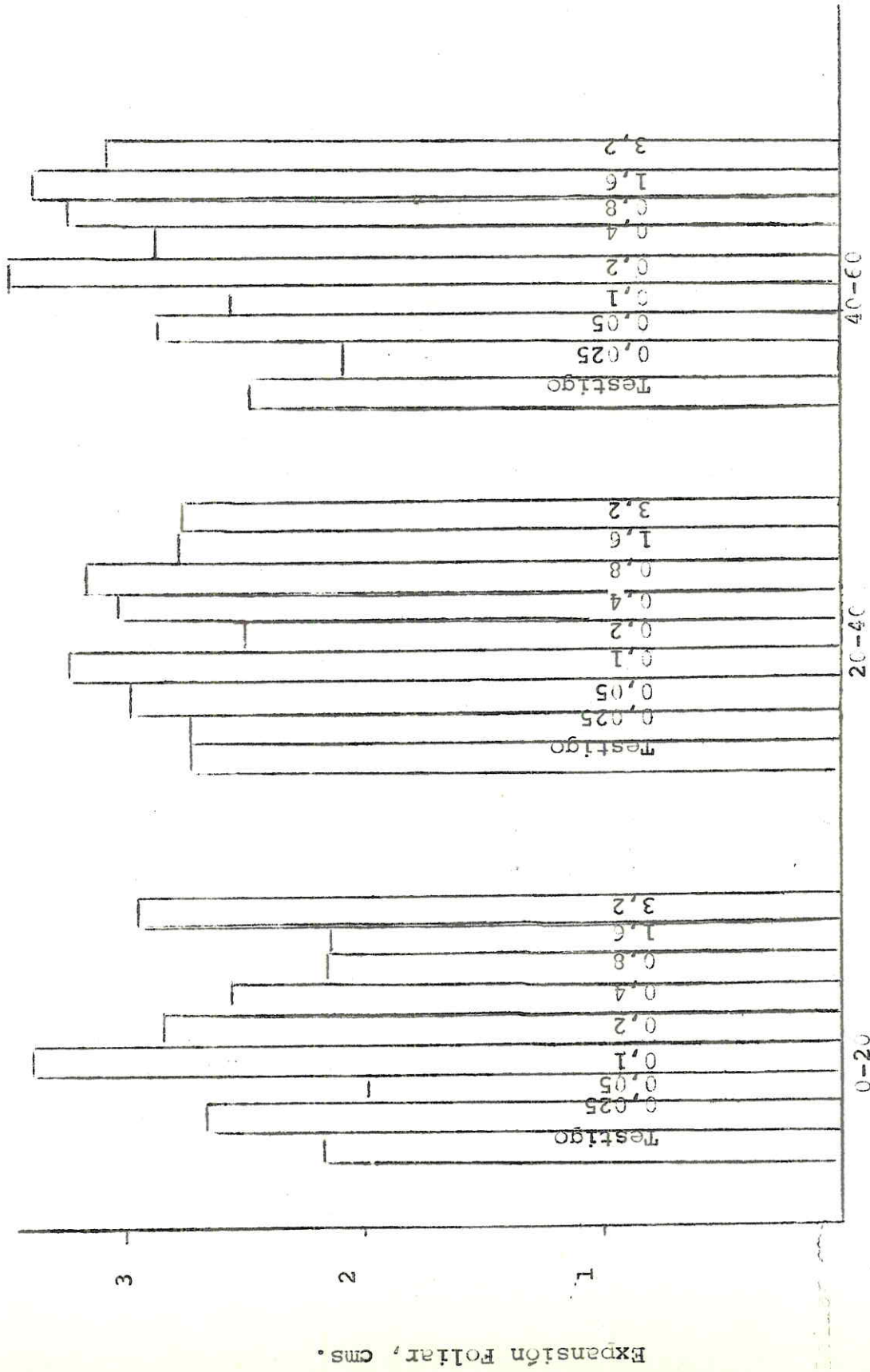
sideran los daños causados, proveen un método preciso y menos subjetivo para determinar la residualidad de picloram en un suelo tratado.

EXPERIMENTO 2

Residualidad de picloram bajo condiciones naturales

Se efectuó un ensayo en el cual se utilizaron los métodos establecidos en los experimentos anteriores con el fin de detectar los residuos de picloram existentes en diferentes profundidades de un suelo después de 90 días de haber sido aplicado el producto. Se utilizó como planta indicadora el pepino cohombro y se tomaron medidas de altura y expansión foliar.

En la Figura 12 se presentan los datos registrados de la expansión foliar, la cual representa la anchura máxima de la hoja del pepino sembrado en muestras de suelo tomadas a las tres profundidades de las parcelas que habían sido tratadas con diferentes dosis de picloram. Las medidas tomadas a las plantas que crecieron en la muestra de suelo tomada a la profundidad de 0-20 centímetros no indicaron residuos de picloram; puesto que todos los valores fueron similares a los del testigo. Al comparar estos resultados con los obtenidos de los bioensayos se puede apreciar que no hay indicaciones de reducción en la expansión foliar al aumentar la dosis de pi-



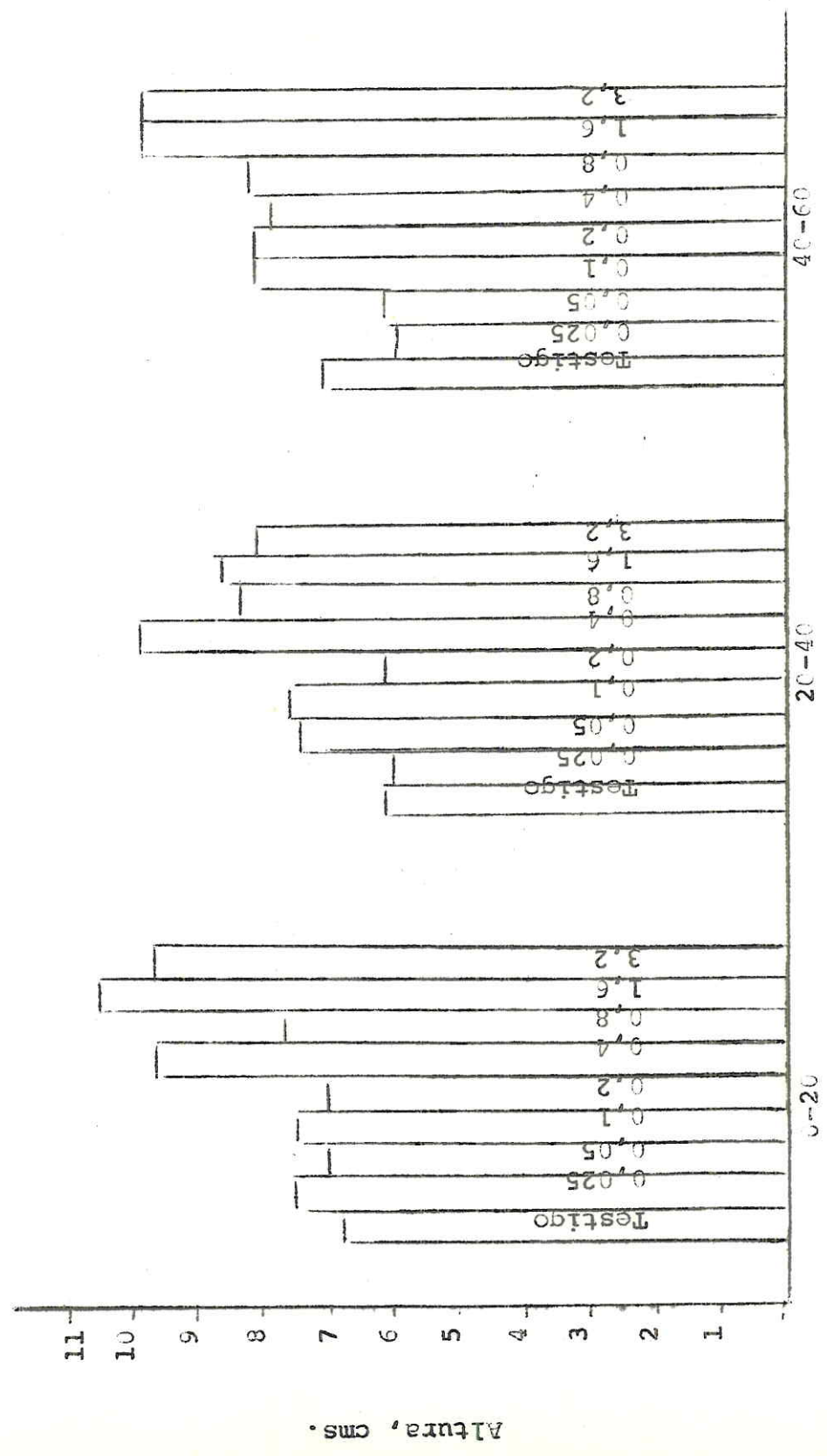
Profundidad del suelo

Figura 12. Efecto del picloram sobre la Expansión Foliar del Pino 90 días después de la aplicación.

cloram aplicadas al suelo. Es posible entonces que si hay residuos presentes estén en una concentración tal que no afecta el tamaño de las hojas. Se puede pensar entonces que las variaciones observadas podrían estar asociadas con niveles de picloram muy bajos e inferiores a 5×10^{-3} ugr/100 gr de suelo.

Para las otras dos profundidades ensayadas la situación presentada fúe similar a la anterior, por lo tanto puede decirse que a los 90 días después de la aplicación no se encontraban residuos detectables de picloram a ninguna de las profundidades ensayadas.

Los datos de la altura registrada por el pepino 15 días después de haber sido sembrado aparecen en la Figura 13. Las plantas que crecieron en suelo tomado a la profundidad de 0 a 20 centímetros solo presentaron diferencias en altura estadísticamente significativas con las plantas testigo cuando el suelo fúe tratado con las dosis de 0,4 , 1,6 y 3,2 kg ia/Ha de picloram (16,64 y 128 ugr de picloram por 100 gramos de suelo). Estos resultados indican que en ésta capa de suelo no permanecieron residuos de picloram 90 días después de ser tratados con dosis hasta de 0,2 kg ia/Ha. Al elevar las dosis se observaron incrementos significativos en la altura, atribuibles a residuos del producto. Los incrementos de altura no estuvieron acompañados por síntomas y por ésta razón las



Profundidad del suelo

Figura 13. Efecto del picloram sobre la altura del pepino 90 días después de la aplicación.

variaciones pueden estar asociadas con niveles muy bajos del producto. Estos resultados fueron consistentes con los encontrados en el caso de la expansión foliar.

En la capa de 20 a 40 centímetros, se presentaron incrementos en altura significativos estadísticamente a partir de 0,05 kg ia/Ha, con excepción de la dosis de 0,2 kg ia/Ha. Al comparar éstos resultados con la curva estandar puede decirse que los residuos en ésta capa de suelo son menores a 5×10^{-3} ugr de picloram/100 gr de suelo.

Para la profundidad de 40-60 cms, se observó promoción de la altura a partir de la dosis de 0,1 kg ia/Ha. No se presentaron diferencias entre 0,1 hasta 0,8 y se presentó un nuevo incremento en el suelo tratado con 1,6 y 3,2 kg ia/Ha de picloram. Si se asume que el producto se distribuyó en todo el perfil entre 0 y 60 centímetros, la concentración en ugr/100 gr de suelo en las diferentes capas sería de 2,6 , 5,1 , 10,6 , 21,6 y 42 ugr /100 gr de suelo, respectivamente para las dosis de 0,2 kg ia/Ha y superiores. Es decir que la promoción de crecimiento podría esperarse si hubiera residuos entre 0,5 y 5 ugr/100 gr de suelo, lo cual es factible con las dosis a partir de 0,05 kg ia/Ha.

De lo anterior se desprende que el picloram bajo las condiciones en que se efectuó el ensayo en el campo o sea de alta lluviosidad (643,6 mm en los 90 días), tiende a distribuirse

en todo el perfil, por lo cual se diluye a concentraciones que no alcanzan a causar síntomas de toxicidad en plantas susceptibles. También existe la posibilidad de que el producto sea llevado por el agua a profundidades del suelo mayores a las estudiadas.

La comparación de las dos medidas sugiere que la aplicación de picloram en dosis hasta de 3,2 kg ia/Ha, en el suelo "Playón", bajo las condiciones de alta lluviosidad que ocurrieron después de los tratamientos, no condujo a la acumulación del producto a niveles tóxicos para plantas susceptibles en la profundidad entre 0 y 60 centímetros.

Las posibles causas de la baja residualidad del picloram podrían ser por una adsorción a los coloides del suelo o por lixiviación. La adsorción es factible en éste tipo de suelo con alto contenido de arcillas; ya que de acuerdo con Hamaker (27), el picloram existe como un catión orgánico. Otros factores podrían contribuir a la inactivación del producto. Si se observa el pH del suelo (Tabla 1), éste es menor en los primeros 20 centímetros, por lo tanto se esperaría que hubiera ocurrido alguna adsorción en ésta capa, puesto que la mayor adsorción de un producto ocurre en valores cercanos al pKa (46). No obstante no todo el producto sería adsorbido por cuanto se presentaron residuos en todas las profundidades ensayadas. Por otra parte como se presentaron tres meses de intensa pre-

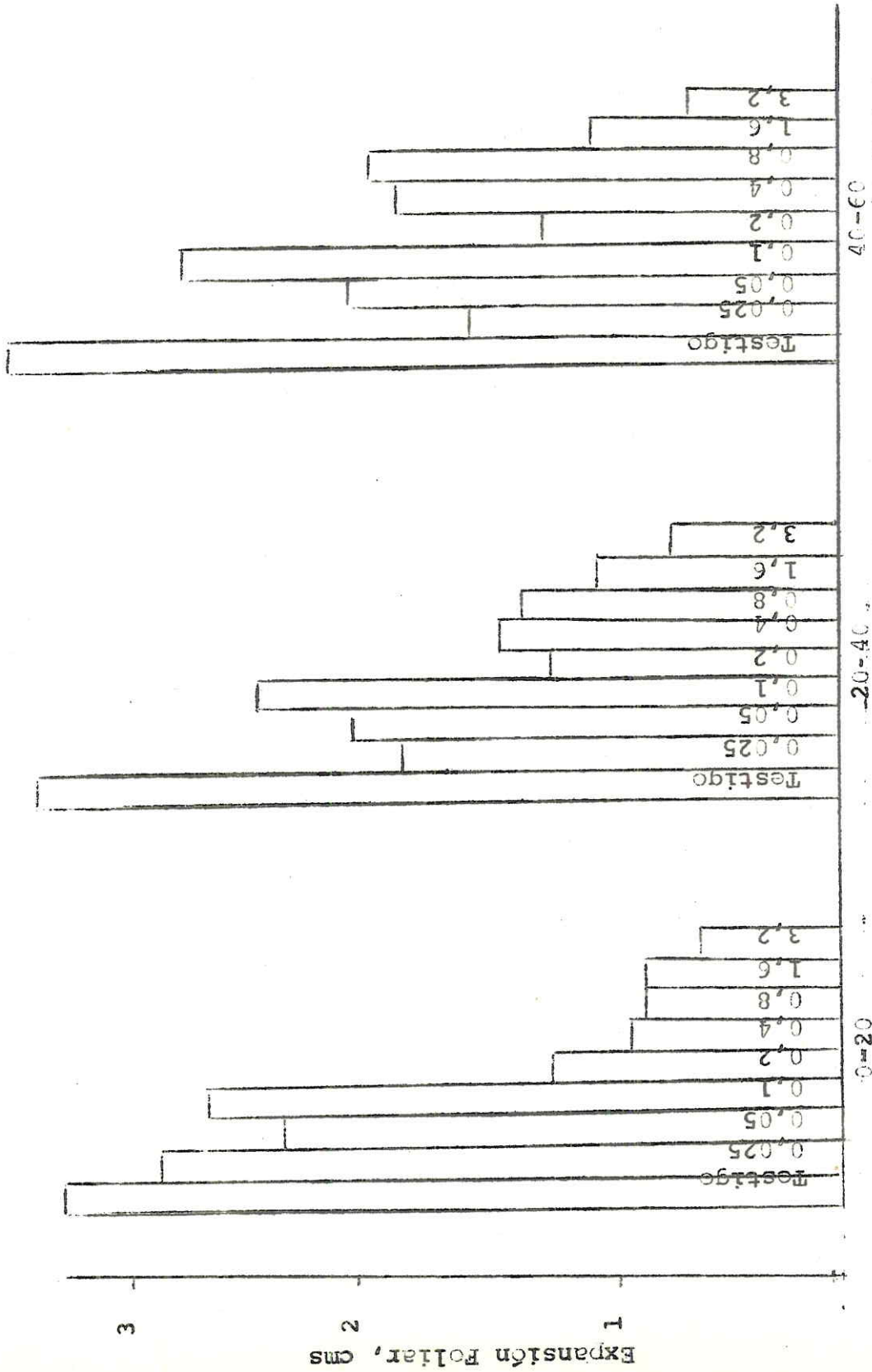
cipitación después de la aplicación, es factible que el producto haya sido lavado hasta profundidades de 60 centímetros o más, especialmente si se considera la gran solubilidad de la sal potásica del picloram en agua.

Se puede postular además, aún cuando el contenido de materia orgánica fúe suficiente para que hubiera habido actividad microbiana, al no haber enriquecimiento del suelo, los microorganismos no se adaptaron al producto y por lo tanto no lo utilizaron como fuente de energía.

Es muy probable entonces que el principal factor que influyó en la desaparición del picloram de la zona del suelo estudiada fúe la lixiviación.

Los resultados de los bioensayos realizados sobre suelo colectado del segundo experimento de campo en el cual se hicieron los muestreos 30 días después de la aplicación indicaron la presencia de residuos de picloram en todas las dosis aplicadas. En la Figura 14 se presentan los datos de la expansión foliar registrados por el pepino 15 días después de haber sido sembrado en muestras de suelo de las 3 profundidades, pertenecientes a un lote previamente tratado con diferentes dosis de picloram.

La anchura máxima de la hoja se redujo significativamente

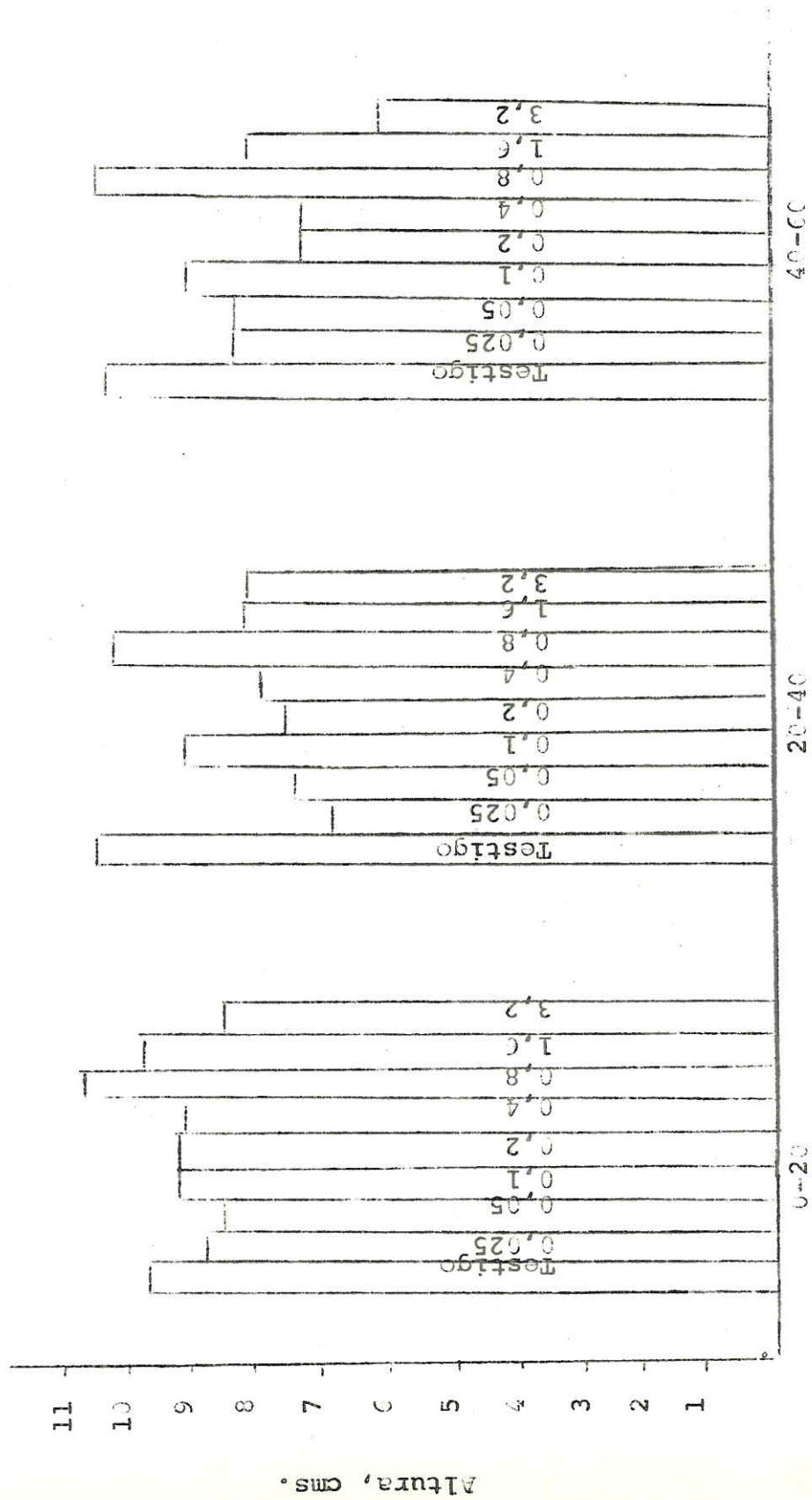


Profundidad del suelo

Figura 14. Efecto del picloram sobre la expansión foliar del pepino 30 días después de la aplicación.

en las plantas que crecieron en todos los suelos tratados en comparación con el suelo no tratado; la reducción fue más acentuada a partir de la dosis de 0,2 kg ia/Ha . Esta situación fue similar para las tres profundidades. Los resultados indican que existe una tendencia del producto a distribuirse en el perfil del suelo por cuanto se encontraron residuos de picloram en todas las profundidades ensayadas. Al comparar la reducción de la expansión foliar obtenida en el suelo tratado con la registrada en los ensayos efectuados para elaborar las curvas patrón, se observa que las cantidades de picloram presentes 30 días después de la aplicación en las tres profundidades bajo los diferentes tratamientos son relativamente altas. En general se observa que a partir de la dosis de 0,8 kg ia/Ha, el producto se distribuyó uniformemente en el perfil del suelo. Esta distribución sería debida principalmente a la precipitación ocurrida y se llegaría a pensar que bajo las condiciones en que se realizó el ensayo, se presentó lavado del producto hacia profundidades mayores a las estudiadas.

En la Figura 15 se presentan los datos de la altura registrados por el pepino 15 días después de haber sido sembrado en muestras de suelo de tres profundidades tomadas de las parcelas 30 días después de haber sido tratadas con las diferentes dosis de picloram.



Profundidad del suelo

Figura 15. Efecto del picloram sobre la altura del pepino 30 días después de la aplicación.

Se puede apreciar que cuando las plantas crecieron en las muestras tomadas entre 0 y 20 centímetros de profundidad no presentaron diferencias significativas estadísticamente en altura, entre ninguno de los tratamientos. No obstante se presentó reducción de la altura con dosis hasta de 0,4 kg ia /Ha y con la de 3,2 kg ia/Ha. Se observó promoción de altura con dosis de 0,8 y 1,6 kg ia/ha las cuales fueron mayores a medida que la cantidad agregada al suelo originalmente era mayor. Similar a lo ocurrido en altura en las curvas realizadas en los bioensayos; se presenta una curva de dos fases, la cual es característica de algunas auxinas. Al igual que en los bioensayos preliminares la inhibición y la promoción de altura estuvieron acompañadas de síntomas visuales tales como curvatura de las hojas hacia abajo, deformación de la yema terminal y epinastia; a excepción de la dosis de 0,025 kg ia/Ha, por lo tanto el producto se hallaría en concentraciones entre 5×10^{-1} y 5 ugr/100 gr de suelo, dosis que ocasionan los síntomas mencionados.

En la capa de 20-40 cms, se presentaron reducciones significativas estadísticamente en todas las dosis aplicadas, indicando mayor cantidad de residuos que en la primera capa de suelo y también más altas en las dosis mayores. Al comparar éstos resultados con las curvas estandar se pudo establecer que los residuos de todas las dosis se hallaban en-

tre 5×10^{-3} y 5 ugr de picloram/100 gr de suelo.

Para la profundidad de 40-60 cms se observó disminución de la altura de las plantas sembradas en las muestras tomadas de las parcelas tratadas con todas las dosis a excepción de 0,8 kg ia/Ha, la cual fue ligeramente mayor que el testigo, lo cual indicaría un nivel intermedio equivalente a 5 ugr /100 gr de suelo, que también mostró promoción y exhibió síntomas en los bioensayos utilizados para construir las curvas estandar. La inhibición observada en los casos restantes también estuvo acompañada de síntomas visuales indicando que realmente era debida a la presencia de picloram.

En la Figura 16 se presentan los datos de la expansión foliar registrados por el pepino 15 días después de haber sido sembrado en muestras de suelo de tres profundidades, pertenecientes a un lote previamente tratado y colectadas 60 días después de la aplicación.

Los datos tomados a las plantas que crecieron en suelo colectado de 0-20 cms, mostraron reducción significativa en todas las dosis en comparación con el testigo a excepción de la de 0,1 kg ia/Ha. Al comparar éstos resultados con los de la curva patrón elaborada para expansión foliar, solo se registraron residuos a partir de la dosis de 0,4 kg ia/Ha, los cuales nunca fueron superiores a 5 ugr/100 gr de suelo.

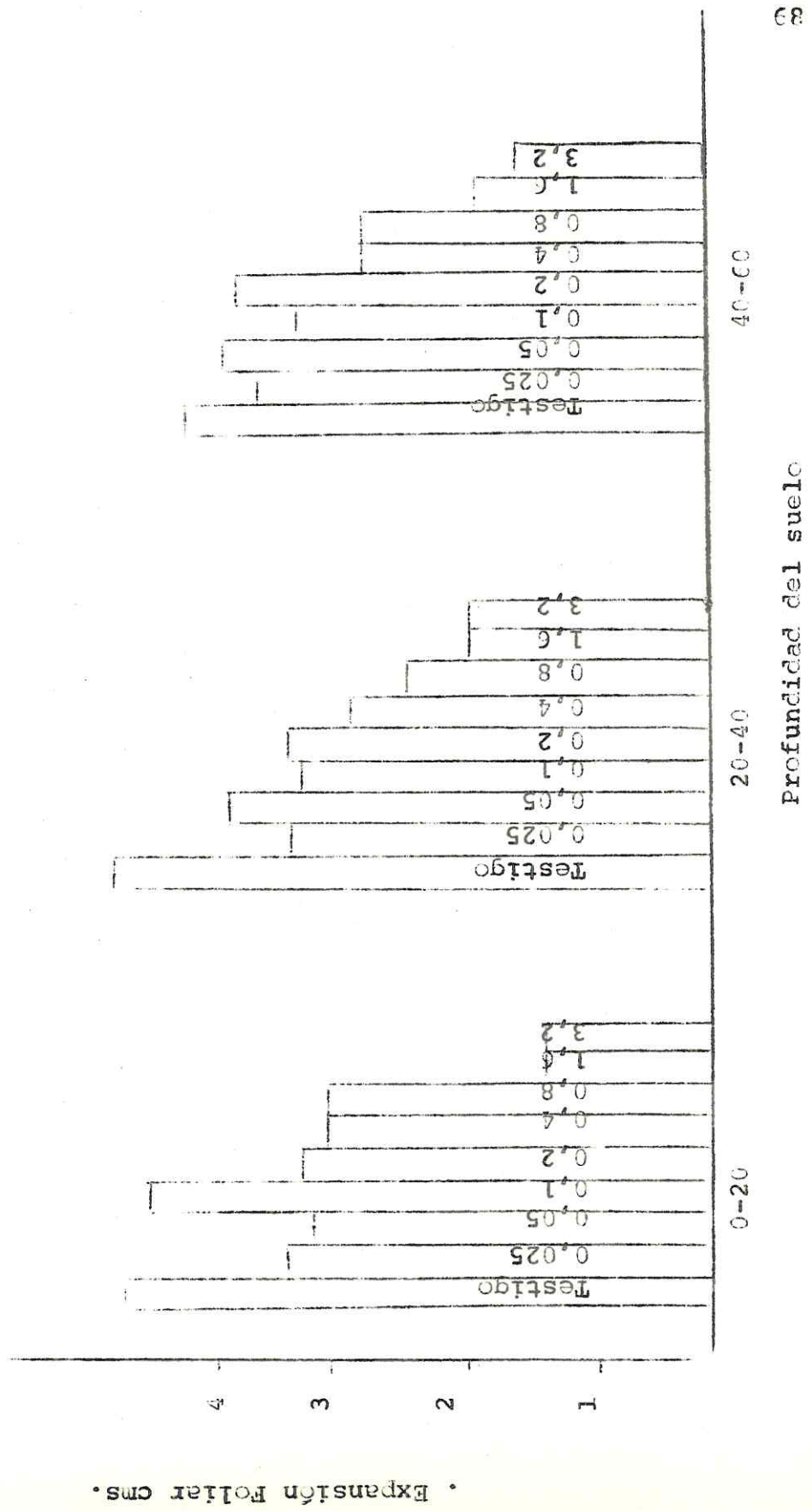


Figura 16. Efecto del picloram sobre la expansión foliar del pepino 10 días después de la aplicación.

Los residuos siempre fueron menores a los registrados a los 30 días, como se puede apreciar si se comparan las figuras 20, 21 y 22.

En la capa de 20-40 cms, también se presentó reducción de la expansión foliar asociada con residuos de picloram. Al comparar los valores de expansión foliar de las plantas que crecieron en los suelos tratados con las diferentes dosis con los de la curva estándar, se detectaron residuos de picloram solamente en los suelos que habían recibido 0,4, 0,8, 1,6 y 3,2 kg ia/Ha de picloram. En éste caso el nivel más alto sería de 5×10^{-2} ugr /100 gr de suelo.

De acuerdo con la expansión foliar de las plantas que crecieron en las muestras de suelos tomadas a la profundidad de 40-60 cms, se pudo observar que a los 60 días permanecieron residuos de picloram en todas las parcelas tratadas, pero significativamente mayores en los suelos tratados con dosis de 0,4 kg ia/Ha o mayores. La mayor cantidad de residuos es marcadamente mayor en los suelos que recibieron 1,6 y 3,2 kg ia/Ha.

La altura de las plantas del pepino sembradas en muestras de suelo de 3 profundidades colectadas 60 días después de la aplicación aparecen en la Figura 17. Se puede apreciar que los resultados no fueron tan consistentes como los de expansión foliar aunque se observa la tendencia de una mayor re-

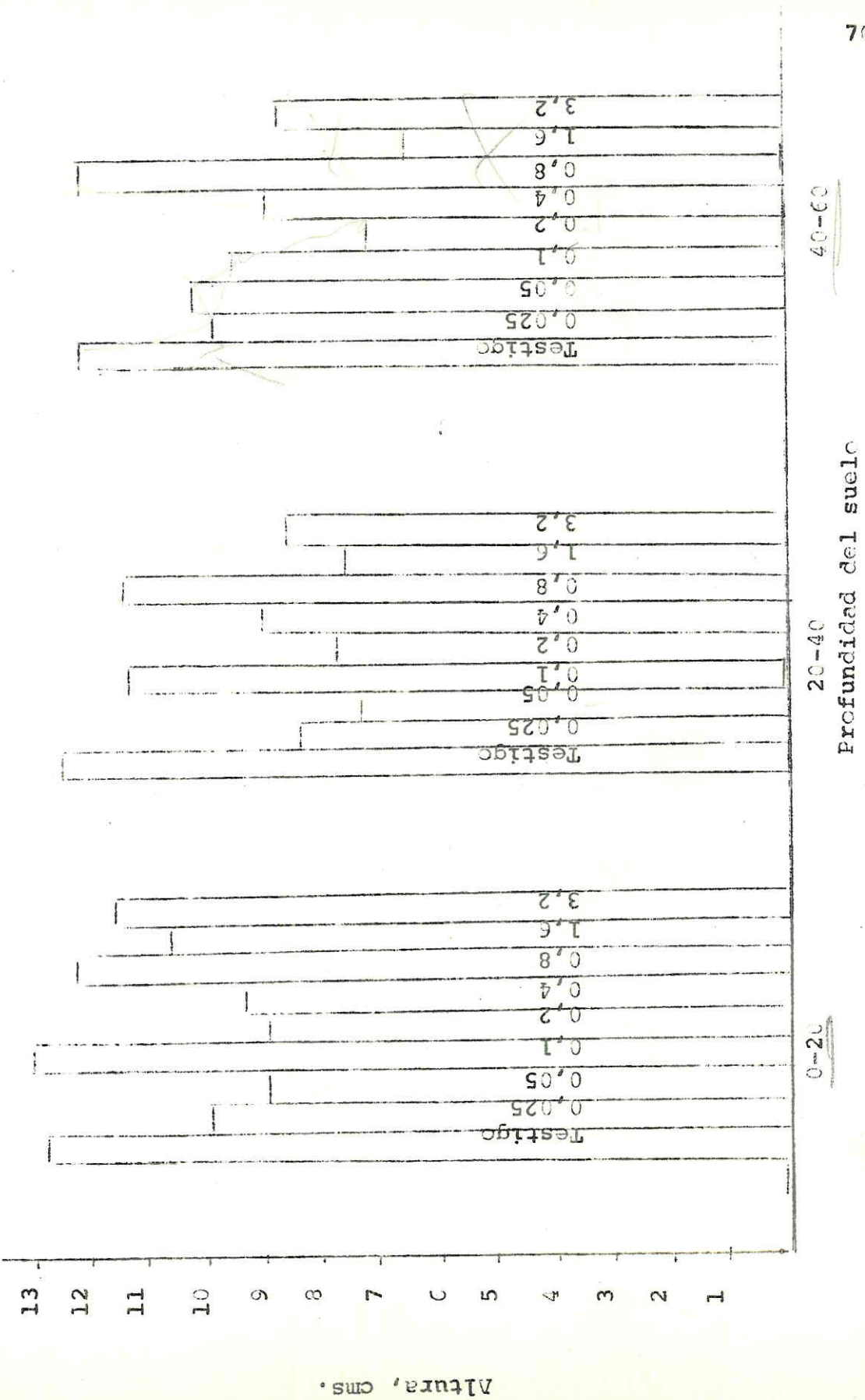


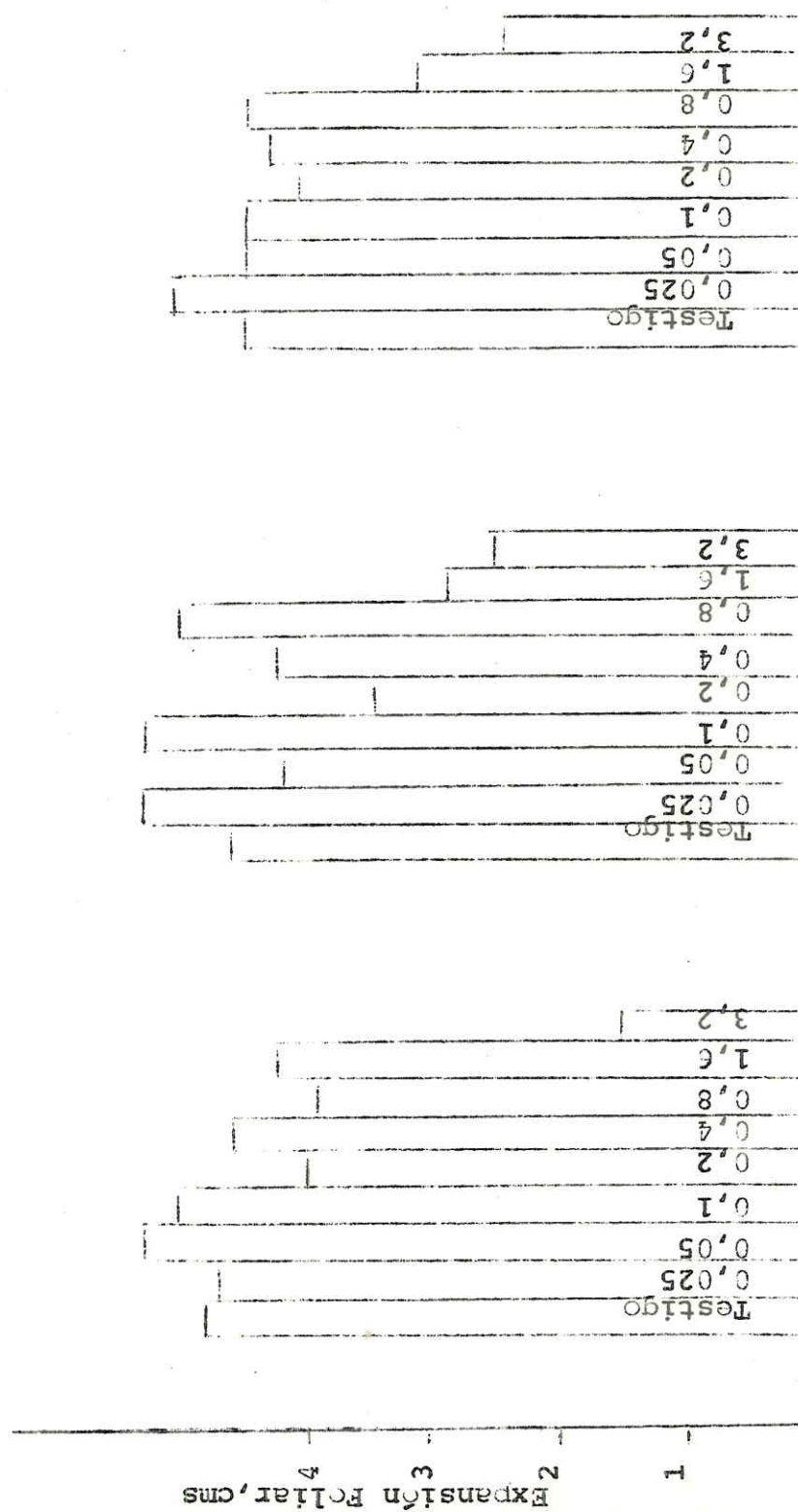
Figura 17. Efecto del picloram sobre la altura del penicino 60 días después de la aplicación.

ducción de altura a las mayores profundidades y a las mayores profundidades y a las mayores cantidades de picloram aplicado al suelo. Esto último es especialmente notable a la mayor profundidad.

En todas las profundidades la reducción de altura solo estuvo asociada con síntomas visuales de toxicidad en los suelos que recibieron de 0,4 a 3,2 kg ia/ha de picloram y éstos síntomas fueron más acentuados con las dosis mayores y a las mayores profundidades.

Estos resultados son consistentes con los de expansión foliar e indican que bajo las condiciones que prevalecieron después de aplicar el picloram al suelo, especialmente la precipitación, el producto tiende a moverse en el perfil del suelo y permanece en menores cantidades en las capas superficiales y tiende a acumularse en las mayores profundidades.

El efecto del picloram sobre la expansión foliar del pepino sembrado en un suelo tomado a las tres profundidades 90 días después de la aplicación aparece en la Figura 18. En la muestra de suelo de 0-20 cms de profundidad, las plantas presentaron una reducción marcada de la expansión foliar solo en la dosis de 3,2 kg ia/ha, mientras que en las otras concentraciones no ocurrió reducción significativa.



40-60

20-40

0-20

Profundidad del suelo

Figura 18. Efecto del picloram sobre la Expansión Foliar del pepino 90 días después de la aplicación.

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
 CAROLINA, GUAYAS

Lo anterior indica que solo con las dosis mayores permanecen residuos en la primera capa del suelo en cantidad suficiente para reducir el tamaño de las hojas.

En la profundidad de 20-40 cms, la expansión foliar de las plantas fue inhibida en los suelos tratados con dosis de 1,6 y 3,2 kg ia/ha. En los suelos tratados con las dosis inferiores la expansión foliar fue similar a la del testigo. Al comparar los valores con los de la curva patrón las dosis de 1,6 y 3,2 kg ia/ha mostraron residuos detectables de picloram equivalentes a 5×10^{-3} y 5×10^{-1} ugr /100 gr de suelo.

Algo similar puede decirse para la profundidad de 40-60 cms.

El efecto sobre la altura de las plantas de pepino sembradas sobre un suelo a los 90 días de aplicado aparece en la figura 19.

La altura que presentaron las plantas que crecieron en el suelo a la profundidad de 0-20 centímetros fue significativamente menor a la dosis de 3,2 kg ia/ha; en las otras dosis se presentó promoción, la cual no fue significativa para ninguna de ellas. La reducción en la altura estuvo acompañada de síntomas visuales, mientras que en la promoción esto no ocurrió.

Para la profundidad de 20-40 cms, solo se obtuvieron residuos detectables en la dosis de 3,2 kg ia/ha.

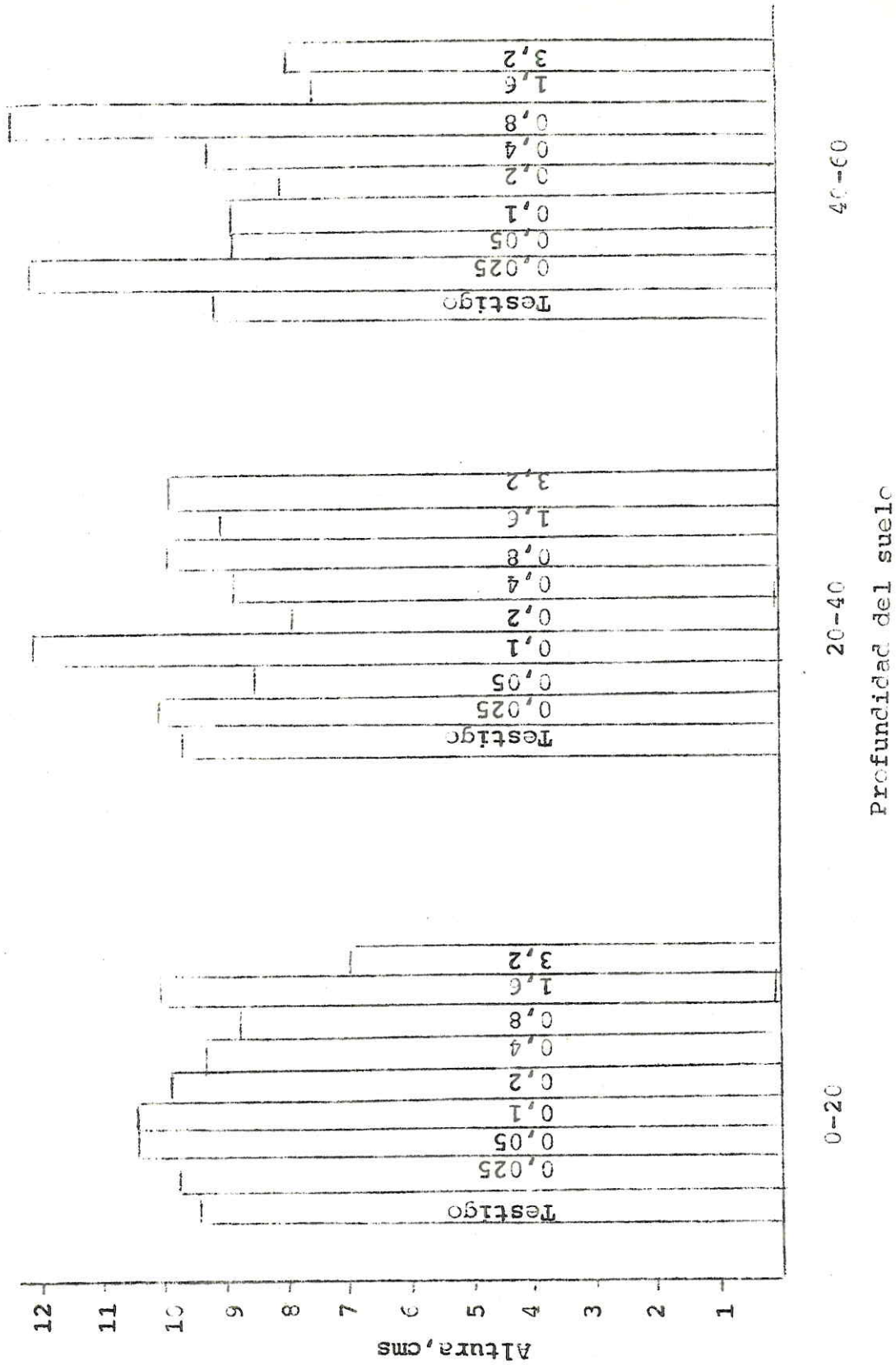


Figura 19. Efecto del picloram sobre la altura del pepino 90 días después de la aplicación.

En la capa de 40-60 centímetros se presentó reducción de la altura con las dosis de 1,6 y 3,2 kg ia/Ha; mientras que con las dosis menores los valores fueron similares o algo mayores que el testigo y al compararlos con la curva patrón no presentaron residuos detectables.

Es importante anotar que a los 90 días de la aplicación solo se encontraron residuos en las dosis mayores... tendiendo a acumularse en las capas superiores; indicando que el producto tendió a lavarse y que los 487,3 mm de precipitación caídos en los 90 días fueron suficientes para lixiviar las otras dosis a profundidades mayores de las estudiadas.

Los resultados obtenidos a los 150 días después de la aplicación (Tabla 6), mostraron plantas con expansión foliar y altura similares a la de los testigos. Estos valores al ser comparados con los de la curva estándar no indicaron residualidad de picloram.

Como se puede apreciar en la figura 20 en la que aparece la residualidad de acuerdo al tiempo para la profundidad de 0-20 centímetros. Calculada comparando los valores de expansión foliar y altura obtenidos en cada muestreo, con las curvas patrón establecidas en el experimento 1. A los 30 días se encontraron residuos en todas las dosis hasta de 5 ugr de picloram /100 gr de suelo para las dosis de 0,8 ,1,6 y 3,2 kg ia/Ha.

TABLA 6. Efecto del picloram sobre la Altura y la Expansión Foliar del pepino a las tres profundidades ensayadas, 150 días después de la aplicación

Dosis kg ia/Ha	Profundidad del suelo, cms					
	0-20		20-40		40-60	
	A	E	A	E	A	E
Testigo	9,3	4,4	8,2	4,0	9,0	3,5
0,025	8,3	3,0	9,5	3,4	8,0	3,0
0,05	9,1	3,5	8,9	3,0	8,3	3,5
0,1	9,6	3,8	9,0	3,5	9,3	3,7
0,2	8,6	3,6	9,9	3,2	8,9	3,7
0,4	8,9	3,3	8,7	3,3	8,1	3,1
0,8	9,1	3,6	8,2	3,5	8,9	3,4
1,6	9,0	3,1	9,0	3,7	9,6	3,4
3,2	8,9	3,0	8,6	3,6	8,1	3,9

A= Altura

E= Expansión Foliar

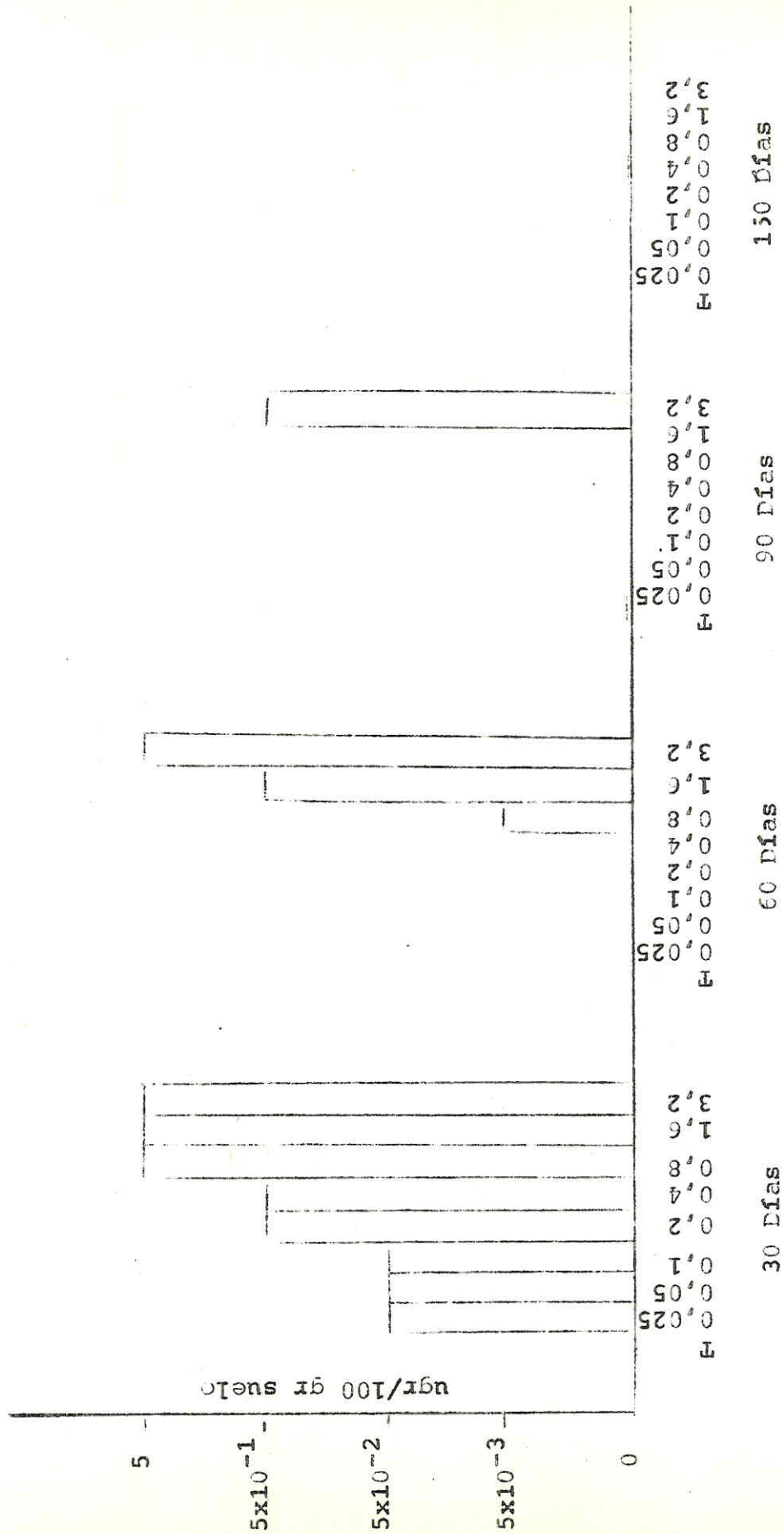


Figura 20. Residualidad del picloram hasta los 150 días en la capa de 0-20 cms 77

A los 60 días no se detectaron residuos hasta la dosis de 0,4 kg ia/Ha y a los 90 días solo se registraron residuos con la dosis de 3,2 kg ia/Ha, equivalentes a 5×10^{-1} ugr/100 gr de suelo. A los 150 días después de la aplicación los residuos habían desaparecido completamente.

En la Figura 21 aparece la residualidad encontrada a la profundidad de 20-40 centímetros, calculada de igual manera que la profundidad de 0-20. A los 30 días hubo movimiento del producto en ésta capa ;menos residuos a las tres dosis inferiores que en la primera capa; igual en las tres dosis medias y en las dos superiores. A los 60 días no se detectaron residuos con dosis hasta de 0,2 kg ia/Ha. Pero si con la dosis de 0,4 kg ia/Ha mientras que no con ésta dosis en la capa superior indicando movimiento de la primera a la segunda capa. A los 90 días se encontraron residuos solamente en las dos dosis superiores; la de 1,6 kg ia/ha presentó residuos en ésta capa y no en la superior ;la de 3,2 kg ia/ha presentó menos residuos en ésta capa que en la superior. A los 150 días no se encontraron residuos.

En la Figura 22 aparece la residualidad en la capa de 40-60 centímetros ;se puede observar que las cantidades son similares a las encontradas en la segunda capa; lo cual indica distribución uniforme en el perfil del suelo.

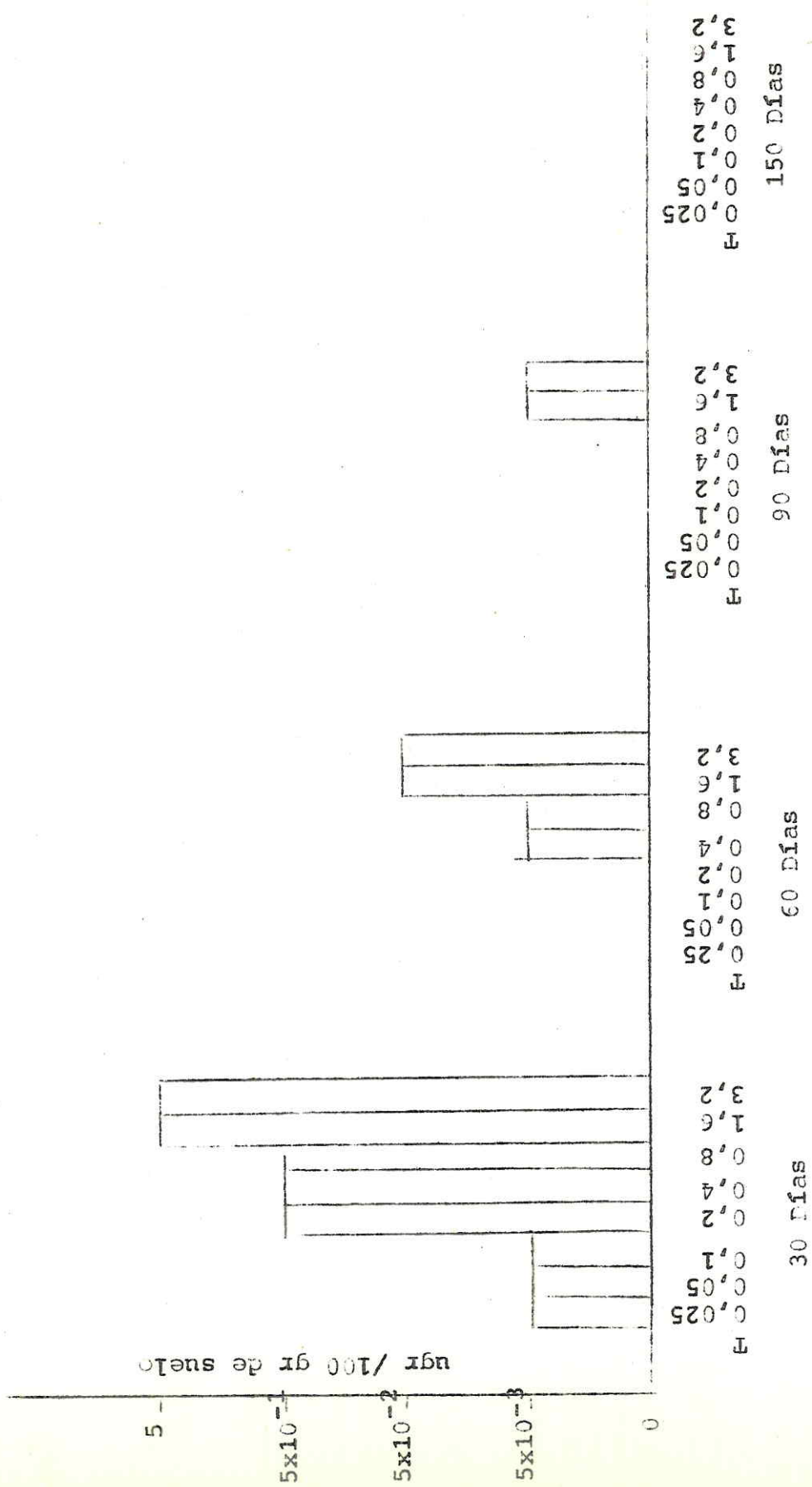


Figura 21. Residualidad del picloram hasta los 150 días en la capa de 20-40 cms. 79

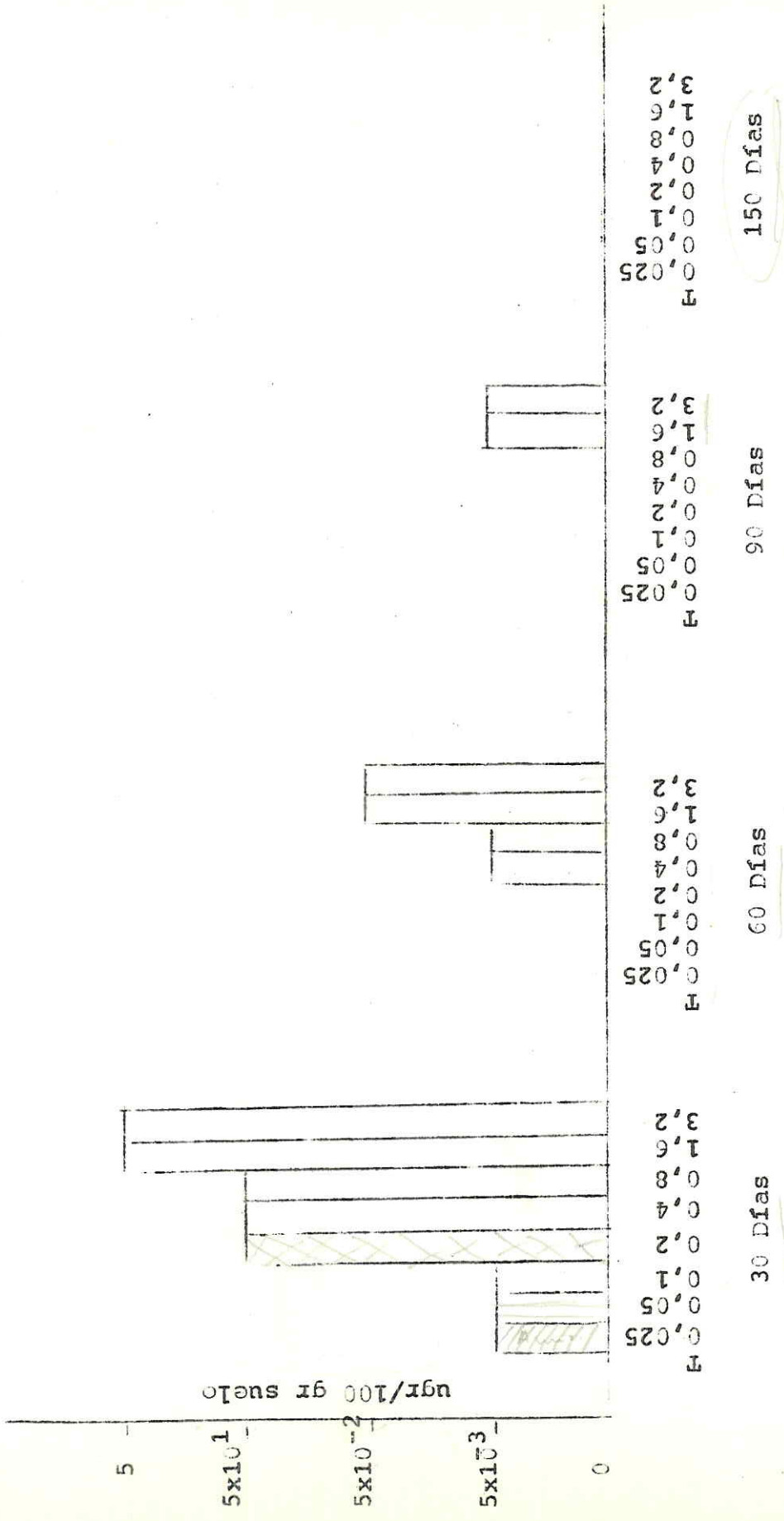


Figura 22. Residualidad de picloram hasta los 150 días en la capa de 40-60 cms.

Como ya se mencionó el picloram desapareció a un ritmo acelerado a partir de los 60 días y posiblemente fúe llevado a capas del perfil del suelo más profundas que las estudiadas, por las aguas lluvia en vista de que la precipitación hasta los 150 días fúe de 618,6 mm. En ésta forma las concentraciones que permanecieron en los primeros 60 centímetros no fueron suficientes para cusar síntomas de toxicidad en las plantas susceptibles utilizadas.

Estos resultados están de acuerdo con los obtenidos en la primera aplicación en la que se observó que la precipitación tuvo una gran influencia sobre la desaparición del producto. Sin embargo no se puede eliminar la posibilidad de que hubiera ocurrido adsorción por los coloides del suelo, pero ésta se debio realizar en baja proporción puesto que al hacer las aplicaciones el suelo se encontraba húmedo facilitando la disolución y puesto que según los resultados obtenidos indican movilización del producto hacia capas inferiores del perfil.

EXPERIMENTO 3

Efecto de la Temperatura y la Humedad Relativa en la degradación del picloram

Sobre los suelos a los que se aplicó picloram en dosis de 12,5 , 25 y 160ugr/100 gr de suelo e incubados a 15 y 35 C. bajo condiciones de 80 y 100 por ciento de humedad relativa,

se realizaron bioensayos a los 8,30 y 90 días después de la aplicación,utilizando el pepino como planta indicadora.

En la Tabla 7 se presentan los resultados de la altura y la expansión foliar de las plantas para cada uno de los tratamientos. En todos los muestreos realizados se presentó inhibición de la emergencia,indicando que el producto estaba presente en las concentraciones aplicadas. Estos resultados son contrarios a los obtenidos por Hamaker (27), quien aseguró que bajo éstas condiciones el picloram a pesar de su estabilidad a altas temperaturas sufre descomposición química.

De acuerdo a éstos resultados se podría decir que las diferentes temperaturas y humedades relativas a las que se incubó el suelo no tuvieron efecto sobre la degradación del picloram. Estos resultados indican que como no se permitió drenaje,no hubo lavado y el producto quedó en el suelo.Estas observaciones confirman los resultados obtenidos en el experimento 2,donde se apreció que la principal causa de desaparición del picloram de la zona de raíces es el lavado.

TABLA 7. Efecto de la Temperatura y la Humedad Relativa sobre la degradación del picloram.

Dosis ugr/100 gr	Temperatura C.	H.R. %	Altura	Días después de aplicar					Exp, Foliar
				8	30	90	8	30	
Testigo	15	80	9,5	10,2	9,5	3,2	3,7	4,0	
12,5	15	80	*						
25,0	15	80							
160,0	15	80							
Testigo	35	100	10,4	10,8	9,6	3,5	3,9	4,2	
12,5	35	100							
25,0	35	100							
160,0	35	100							83

* Todos los guiones corresponden a germinación sin emergencia.

4. CONCLUSIONES

Los resultados de éste trabajo permiten concluir:

A pesar de que la soya es una especie bastante sensible a la acción del picloram, el pepino es una mejor planta indicadora para detectar residuos de picloram por ser sensible a niveles tan bajos como 5×10^{-3} ugr de picloram/100 gr de suelo y porque dosis tan altas como 50 ugr de picloram/100 gr de suelo no causan su muerte. Con relación a las mejores medidas para medir residuos, se logró establecer que la altura y la expansión foliar son parámetros adecuados para determinar los efectos de residuos de picloram, tanto en pepino como en soya; sin embargo las medidas no deben efectuarse 15 días después de sembradas las plantas y deben ser complementadas con apreciaciones visuales de sintomatología. Este bioensayo en la práctica puede ser utilizado para decidir cuando y que cultivo sembrar en un suelo donde se ha aplicado picloram anteriormente.

Así mismo se observó que la formulación usada de picloram es bastante móvil en el suelo cuando se presenta precipitación abundante. En éstas condiciones no se presentan residuos a niveles tóxicos para plantas tan o menos sensibles que el pepino en los primeros 60 centímetros, 5 meses después de la aplicación.

Bajo las condiciones del suelo utilizado y la precipitación ocurrida en el Valle del Río Sinú, no se presentaron residuos detectables de picloram capaces de causar síntomas en plantas susceptibles después de 150 días de la aplicación. Lo anterior indica que después de éste período y bajo las mismas condiciones se podría sembrar sin riesgo cultivos susceptibles. Si se considera que el movimiento de aguas es más rápido en suelos livianos se esperaría desaparición más rápida del producto de las primeras capas en regiones con alta precipitación. En vista de que al no permitir percolación, la temperatura y la humedad relativa no influyeron en la degradación del picloram, es posible predecir que la residualidad sería más prolongada en regiones de baja precipitación tanto cálidas como frías.

RESUMEN

Se realizaron tres experimentos con el objetivo de: determinar la susceptibilidad y los síntomas característicos de toxicidad de picloram en dos especies susceptibles y establecer un método que permita medir en forma precisa la cantidad de residuos de picloram en suelos; conocer la residualidad del producto bajo las condiciones del Valle del Río Sinú y estudiar la influencia de la temperatura y de la humedad relativa sobre la degradación del producto. Los ensayos se efectuaron en los Centros Nacionales de Investigaciones Agropecuarias "Tibaitatá" y "Turipaná", bajo condiciones de campo y de invernadero.

Los resultados de los experimentos permitieron concluir: A pesar de que la soya es una especie bastante sensible a la acción del picloram, el pepino es una mejor planta indicadora para detectar residuos de picloram por ser sensible a niveles tan bajos como 5×10^{-3} ugr de picloram/100 gr de suelo, y porque dosis tan altas como 50 ugr de picloram/100 gr de suelo no causan su muerte. Con relación a las mejores medidas para medir residuos, se logró establecer que la altura y la expansión foliar son parámetros adecuados para determinar los efectos de residuos de picloram tanto en pepino como en soya; sin embargo las medidas no deben hacerse después de 15 días de sembradas las plantas y deben ser complementadas con apreciaciones visuales de sin-

tomatología. El picloram es bastante móvil en el suelo cuando se presenta precipitación abundante.

Bajo las condiciones del suelo utilizado y la precipitación ocurrida en el Valle del Río Sinú, no se presentaron residuos detectables de picloram capaces de causar síntomas en plantas susceptibles, 150 días después de la aplicación.

En vista de que al no permitir percolación, la temperatura y la humedad relativa no influyeron en la degradación del picloram, es posible predecir que la residualidad sería más prolongada en regiones de baja precipitación, tanto cálidas como frías.

BIBLIOGRAFIA

1. AGBAKOKA, C.S.O. and J.R.GOODING. 1969. Effect of stage of growth of field bind weed on absorption and translocation of C¹⁴ - labeled 2,4-D and picloram. *Weed.Sci.*17:436-438
2. AUDUS, L.J. 1964. The physiology and biochemistry of herbicides. Academic Press, New York. 555 p.
3. BAILEY, G.W. and T.ROTHBERT. 1968. Adsorption of organic herbicides by montmorillonite; role of pH and chemical character of adsorbate. *Soil.Sci.Soc.Amer. Proc.*32:222-234
4. BAUR, J.R. and R.W.BOVEY. 1970. The uptake of picloram by potato tuber discs. *Weed.Sci.*18:22-24
5. BOVEY, R.W., F.S.DAVIS. and M.G.MERKLE. 1967. Distribution of picloram in huisache after foliar and soil applications. *Weeds* 15:245-249
6. _____, C.C.DOWLER. and M.G.MERKLE. 1969. The persistence and movement of picloram in Texas and Puerto Rico soils. *Pest.Monit.J.*3:177-181

7. BOVEY, R.W.F.R. MILLER. and J. DIAZ-COLON. 1968. Growth of crops in soils after herbicidal treatments for brush control in tropics. *Agron. J.* 60: 678-679
8. BOVEY, R.W., M.L. KETCHERSID. and M.G. MERKLE. 1970. Comparison of salt and ester formulations of picloram. *Weed. Sci.* 18: 447-451
9. BURNSIDE, O.C., G.A. WICKS. and C.R. FENSTER. 1971. Dissipation of dicamba, picloram and 2,3,6-TBA across Nebraska. *Weed. Sci.* 19: 323-325
10. CHANG, I. and C.L. FOY. 1971. Effects of picloram mitochondrial swelling and ATP-ase. *Weed. Sci.* 19: 54-58
11. _____ 1971. Effect of picloram on germination and seedling development of four species. *Weed. Sci.* 19: 58-64
12. COBLE, H.D., F.W. SLIFE. and H.S. BUTLER. 1970. Absorption metabolism and translocation of 2,4-D by Honey vine milk weed. *Weed. Sci.* 18: 653-656
13. DAVIS, F.S., A. VILLAREAL., J.R. BAUR. and I.S. GOLDSTEIN. 1972. Herbicidal concentrations of picloram in cell culture and leaf buds. *Weed. Sci.* 20: 185-188
14. DOWLER, C.C. 1969. A cucumber bioassay test for the soil residues of certain herbicides. *Weed. Sci.* 17: 309-310

15. EISINGER, W.R., D.J. MORE. and C.E. HESS. 1966. Promotion of growth plants by Tordon. Down to Earth 21:8-10
16. EISINGER, W.R. 1968. Picloram: its auxinic properties and interactions with 2,4-D. Abstr. Meet. Weed. Sci. Am. p. 28
17. FLETCHER, J.T. 1968. The effect of picloram on tomatoes and cucumbers. Weed. Res. 8:153-155
18. FRANKE, W. 1967. Mechanisms of foliar penetration of solutions. Ann. Rev. of Plant. Physiol. 18:211-300
19. GOODING, J.R. and F.L.A. BECHER. 1967. Picloram as auxin substitute in tissue culture. Plant. Physiol. 42 supp 23
20. _____ 1968. A new selective bioassay for Tordon in water. Down to Earth 24:4-6
21. GORING, C.A.I., C.R. YOUNGSON. and J.W. HAMAKER. 1964. Tordon disappearance from soils. Down to Earth 20:3-5
22. GROVER, R. 1967. Studies on the degradation of 4-amino-3,5,6-trichloropicolinic acid in soil. Weed. Res. 7:61-67
23. _____ 1968. Influence of soil properties on phytotoxicity of 4-amino-3,5,6-trichloropicolinic acid. Weed. Res. 8:226-232

24. GROVER, R. 1970. Influence of soil moisture content on the bioactivity of picloram. *Weeds* 8:110-111
25. HAMAKER, J.W., H. JOHNSTAN., R.T. MARTIN. and C.T. REDEMAN. 1963. A picolinic acid derivative: A plant growth regulator. *Science* 141:363
26. _____, C.A.I. GOXING. and C.R. YOUNGSON. 1966. Sorption and leaching of 4-amino-3,5,6-trichloropicolinic acid in soils. *In Organic Pesticides in the Environment. Advances in Chemistry Series 60.* pp.23-27
27. _____, C.R. YOUNGSON. and G.A.I. GOXING. 1967. Prediction of the persistence and activity of Tordon herbicide in soils under field conditions. *Down to Earth* 23:30-36
28. HANCE, R.J. 1967. Decomposition of herbicides in the soil by non-biological chemical processes. *J.Sci. Food.Agr.* 18:544-547
29. HANSON, J.B. and F.W. SLIFE. 1969. Role of RNA metabolism in the action of auxin herbicides. *Res.Reviews.* 25:59-67
30. HARRIS, C.I. 1967. Movement of herbicides in soil. *Weeds* 12:214-216
31. HERBICIDES HAND BOOK. 1967. Weed Science Society American W.F. Humprey, New York. 293 p.

32. HERR, D.E., E. STROUBE. and R.A. RAY. 1966. Effect of Tordon residues on agronomic crops. Down to Earth 21:17-18
33. HORTON, R.F. and R.A. FLETCHER. 1968. Transport of the auxin picloram, through petioles of bean and coleus and stem sections of pea. Plant. Physiol. 43:2045-2048
34. ISENSEE, A.R., G.E. JONES. and B.C. TURKER. 1971. Absorption and translocation of picloram by oats and soybeans. Weed. Sci. 19:727-731
35. JACOBS, W.P. 1967. Comparison of the movement and vascular differentiation. Effects of the endogenous auxins and phenoxyacetic acid weed-killer in stems and petioles of coleus and phaseolus. Ann. N.Y. Acad. Sci. 155:102-117
36. KAUFFMAN, D.D. 1964. Microbial degradation of 2,2-dichloropropionic acid in five soils. Can. J. Microbial. 10:843-852
37. _____ et al. 1968. Chemical vs microbial decomposition of amitrole in soil. Weeds 16:266-272
38. KLIGMAN, G.C. 1961. Weed control as a Science. John Wiley, New York. 421 p.

39. KREPTS, L.B. and H.P. ALLEY. 1967. Histological abnormalities induced by picloram on Canada thistle roots lester. Weeds 15:56-59
40. LAMBERT, S.M., P.E. PORTER. and R.H. SCHIEFERSTEIN. 1965. Movement and sorption of chemicals applied to the soil. Weeds 13:185-190
41. LEASURE, J.K. 1964. Bioassay methods for the 4-amino-3,5,6-trichloropicolinic acid. Weeds 12:232-233
42. LEE, G.A., A.K. DOBRENZ. and H.P. ALLEY. 1967. Preliminary investigations of the effect of Tordon and 2,4-D on leaf and root tissue of Canada thistle. Down to Earth 32:21-23
43. MALHOTRA, S.S. and J.B. HANSON. 1970. Picloram sensitivity and nucleic acids in plants. Weed.Sci. 18:1-4
44. MERKLE, M.G. and F.S. DAVIS. 1967. Factors affecting the persistence of picloram in soil. Agron.Jour. 59:413-415
45. _____ 1967. Effect of moisture stress on absorption and movement of picloram and 2,4,5-T in beans. Weeds 15:10-12
46. MODEN, L.D. 1971. Picloram dissipation and interactions in soil. M.S. Thesis. University of Nebraska, Lincoln, Nebraska. 68 h. (Mimeografiada)

47. MORALES, L. D. VARGAS. 1972. Control de malezas en potreros. ICA, Programa de Fisiología Vegetal, Turipaná. 19 h. (Mimeografiado)
48. MORELAND, D.E. et al. 1969. Effects of herbicides on RNA and protein synthesis. *Weed.Sci.*17:550-553
49. MORGAN, P.W. and J.R. BAUR. 1970. Involvement of ethylene in picloram induced leaf movement response. *Plant.Physiol.*46:655-659
50. REDEMAN, C.T. et al. 1968. The fate of 4-amino-3,5,6-trichloropicolinic acid in spring wheat and soil. *Bull.Environ.Contam.Toxic.*3:80-96
51. REID, C.P.P. and W. HURTT. 1969. Translocation and distribution of picloram in bean plants associated with nastic movements. *Plant.Physiol.*44:1393-1396
52. _____ 1969. A rapid bioassay for simultaneous identification and gutation of picloram in aqueous solutions. *Weed.Res.*9:136-141
53. RIECK, C.E. and T.M. McCALLA. 1969. Stimulatory effects of 4-amino-3,5,6-trichloropicolinic acid on the growth of *Aspergillus*. *Bact.Proc.* p.4
54. _____ 1969. Microbial degradation of 4-amino-3,

- 5,6-trichloropicolinic acid in soils and pure cultures of soil isolates. Ph.D. Thesis. University of Nebraska, Lincoln Nebraska. 64 h. (Mimeografiada).
55. ROBERTSON, MARGARET. and R. KIRWOOD. 1969. The mode of action on foliage applied translocated herbicides with particular reference to the Phenoxy acid compounds. *Weed. Res.* 9:224-250
56. ROGERSON, A.B. and C.L. FOG. 1968. Effect of dicamba and picloram on growth and anthocyanin content in black valentine beans under different environmental conditions (abstract). *Proc 21 st. sth. Weed. Conf.* 347
57. SALISBURY, F.B. and C. ROSS. 1969. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing, California. 747 p.
58. SARGENT, J.A. and G.E. BLACKMAN. 1970. Studies on foliar penetration. Factors controlling the penetration of 4-amino-3,5,6-trichloropicolinic acid into the leaves of Phaseolus vulgaris. *Jour. of. Exp. Bot.* 21:219-227
59. SCIFRES, C.J., O.C. BURNSIDE. and M.K. McCARTY. 1969. Movement and persistence of picloram in pasture soils of Nebraska. *Weed. Sci.* 17:486-488
60. _____ and R.W. BOVEY. 1970. Differential responses of sorghum varieties to picloram. *Agron. J.* 62:775-777

61. SHANNON, J.C., J.B. HANSON. and C.M. WILSON. 1964. Ribonuclease levels in the mesocotyl tissue of Zea mays as a function of 2,4-D application. Plant. Physiol. 39:804
62. SHARMA, M.P. and W.H. VAN DEN BORN. 1970. Foliar penetration of picloram and 2,4-D in Aspen Balsam Polar. Weed. Sci. 18:57-63
63. SWANSON, C.R. and J.R. BAUR. 1969. Absorption acid penetration of picloram in potato tuber discs. Weed. Sci. 17:311-314
64. TAMARI, K.N., N. OGASAWARA. and J. KAJI. 1967. Biochemical response of plants to toxins produced by the rice blast fungus. In the Dinamic Role of Molecular Constituents in Plant Parasite Interactions. National Science Foundation and the American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. 372 p.
65. WAX, L.M., L.A. KNUTH. and F.W. SLIFE. 1969. Response of soybeans to 2,4-D, dicamba and picloram. Weed. Sci. 17:388-393
66. WEBER, J.B., S.B. WEED. and S.W. WAND. 1969. Adsorption of s-triazines by soil organic matter. Weed. Sci. 17:393-394

67. WEED RESEARCH ORGANIZATION. 1970. Agricultural Research council Technical Report,17 p.15
68. WEED CONTROL HANDBOOK. 1968. The British crop protection council. Ed by J.D. Foger and S.A.Evans. Black Well Scientific Publications,Oxford 494 p.
69. YOUNGSON,C.R. et al. 1967. Factors influencing the decomposition of Tordon herbicides in soils. Down to Earth 23:3-11

A N E X O

TABLA 8: Efecto del picloram sobre la altura de la Soya
(Primer bioensayo)

DCSIS	PROMEDIO, ALTURA
ugr/100 gr arena	cms
Testigo	7,2
5×10^{-3}	6,3
5×10^{-2}	5,3
5×10^{-1}	3,7
5	2,3

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	G1	S.C	C.M	FCALC	F.Tablas 5% 1%
Tratamientos	4	63,13	15,78	59,45	6.39 15.98
Error	15	3,98	0.26		
Total	19	67,11			

SC TOT= 567.91 FACT= 500.79 PROMEDIO= 5.00

CODEV= 10.30 EREST= 0.25 DMS5= 0.77 DMS1= 1.07

TABLA 9: Efecto del picloram sobre la altura de la Soya
(Segundo bioensayo)

DOSIS ugr/100 gr arena	PROMEDIO, ALTURA cms
Testigo	16.05
5×10^{-3}	13.12
5×10^{-2}	14.12
5×10^{-1}	11.75
5	4.55

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	G1	S.C	C.M	FCALC	F.TABLAS 5% 1%
Tratamientos	4	310.86	77.71	55.88	6.39 15.98
Error	15	20.86	1.39		
Total	19	331.72			

SC TOT= 3173.45 FACT= 2841.72 PROMEDIO= 11.92

CODEV= 9.89 EREST= 0.59 DMS5= 1.77 DMS1= 2.46

TABLA 10: Efecto del picloram sobre la Expansión Foliar de la Soya. (Primer bicensayo)

DOSIS	PROMEDIO, E. FOLIAR
ugr/100 gr arena	cms
Testigo	2,12
5×10^{-3}	1,76
5×10^{-2}	1,41
5×10^{-1}	0,40
5	0,11

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FCALC	F.TABLAS 5% 1%
Tratamientos	4	12.02	3.00	81.72	6.39 15.98
Error	15	0.55	0.03		
Total	19	12.57			

SC TOT= 39.64 FACT= 27.07 PROMEDIO= 1.16

CODEV= 16.48 EREST= 0.09 DMS5= 0.28 DMS1= 0,40

TABLA 11: Efecto del picloram sobre la Expansión Foliar de la Soya (Segundo bioensayo)

DOSIS	PROMEDIO, E. FOLIAR
ugr/100 gr arena	cms
Testigo	4.12
5×10^{-3}	3.45
5×10^{-2}	3.52
5×10^{-1}	2.31
5	0.10

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FCALC	F.TABLAS 5% 1%
Tratamientos	4	40.73	10.18	176.18	6.39 15.98
Error	15	0.86	0.05		
Total	19	41.60			

SC TOT= 187.67 FACT= 146.06 PROMEDIO= 2.70

CODEV= 8.90 EREST= 0.12 DMS5= 0.36 DMS1= 0.50

TABLA 12: Efecto del picloram sobre el Peso Seco de la Soya. (Primer bicensayo)

DOSIS	PROMEDIO, PESO SECO
ugr/100 gr arena	mgr.
Testigo	196.62
5×10^{-3}	185.17
5×10^{-2}	165.77
5×10^{-1}	114.12
5	104.02

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FCALC	F.T 5% 1%
Tratamientos	4	28045.00	7011.25	27.49	6.39 15.98
Error	15	3825.26	255.01		
Total	19	31870.26			

SC TOT= 500937.51 FACT= 469067.25 PROMEDIO= 153.14

CODEV= 10.43 EPEST= 7.98 DMS5= 24.05 DMS1= 33.31

TABLA 13: Efecto del picloram sobre el Peso Seco de la Soya (Segundo bioensayo)

DOSIS	PROMEDIO, PESO SECO
ugr/100 gr arena	mgr.
Testigo	200.30
5×10^{-3}	136.56
5×10^{-2}	138.77
5×10^{-1}	107.62
5	33.31

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FCALC	F.T 5% 1%
Tratamientos	4	58751.18	14687.79	31.09	6.39 15.98
Error	15	7086.37	472.42		
Total	19	65837.56			

SC TOT= 369969.12 FACT= 304131.56 PROMEDIO= 123.31

CODEV= 17.63 EREST= 10.86 DMS5= 32.73 DMS1= 45,33

TABLA 14: Efecto del picloram sobre la Altura del Pepino.
(Primer bioensayo)

DOSIS	PROMEDIO, ALTURA
ugr/100 gr arena	cms
Testigo	8,25
5×10^{-3}	6,62
5×10^{-2}	7,30
5×10^{-1}	7,47
5	11,87
50	8,37

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FCALC	F.TABLAS 5% 1%
Tratamientos	5	69.09	13.81	9.63	5.05 10.97
Error	18	25.82	1.43		
Total	23	94.91			

SC TOT= 1754,92 FACT= 1660.00 PROMEDIO= 8.31

CODEV= 14.40 EREST= 0.59 DMS5= 1.77 DMS1= 2.43

TABLA 15: Efecto del picloram sobre la Altura del Pepino.
(Segundo bioensayo)

DOSIS	PROMEDIO, ALTURA
ugr/100 gr arena	cms
Testigo	11.21
5×10^{-3}	8,92
5×10^{-2}	9,25
5×10^{-1}	10.05
5	10.75

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FCALC	F.TABLAS	
					5%	1%
Tratamientos	4	14.98	3.74	4.08	6.39	15.98
Error	15	13.76	0.91			
Total	19	28.74				

SC TOT= 2043.77 FACT= 2015.02 PROMEDIO= 10.03

CODEV= 9.54 EREST= 0.47 DMS5= 1.44 DMS1= 1.99

TABLA 16: Efecto del picloram sobre la Expansión Foliar del Pepino (Primer bioensayo)

DOSIS	PROMEDIO, E. FOLIAR
ugr/100 gr arena	cms
Testigo	3,56
5×10^{-3}	2,40
5×10^{-2}	1,42
5×10^{-1}	1,30
5	1,25
50	0.10

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FCALC	F.TABLAS
					5% 1%
Tratamientos	5	27,81	5,56	27,81	5.05 10.97
Error	18	3,59	0.20		
Total	23	31,41			
SC TOT=	98,57	FACT=	67,16	PROMEDIO=	1,67
CODEV=	26,73	EREST=	0,22	DMS5=	0,66
				DMS1=	0,91

TABLA 17: Efecto del picloram sobre la Expansión Foliar del Pepino (Segundo bioensayo)

DOSIS	PROMEDIO, E. FOLIAR
ugr/100 gr arena	cms
Testigo	4,32
5×10^{-3}	2,65
5×10^{-2}	2,30
5×10^{-1}	1,10
5	0.25

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FCALC	F.TABLAS	
					5%	1%
Tratamientos	4	38,85	9.71	138.41	6.39	15.98
Error	15	1,05	0.07			
Total	19	39,90				
SC TOT=	130.21	FACT=	90,31	PROMEDIO=	2,12	
CODEV=	12,47	EPREST=	0.13	DMS5=	0.39	DMS1= 0.55

TABLA 18: Efecto del picloram sobre el Peso Seco del Pepino
(Primer bioensayo)

DOSIS	PROMEDIO, PESO SECO
ugr/100 gr arena	mgr.
Testigo	26,38
5×10^{-3}	22,20
5×10^{-2}	29,40
5×10^{-1}	41,80
5	41,67
50	23,60

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FCALC	F.TABLAS 5% 1%
Tratamientos	5	1545.99	309.19	1.84	5.05 10.97
Error	18	3010.23	167,23		
Total	23	4556.23			

SC TOT= 27388.23 FACT= 22832.00 PROMEDIO= 30,84

CODEV= 41,93 EREST= 6.46 DMS5= 19.20 DMS1= 26,33

TABLA 19: Efecto del picloram sobre el Peso Seco del Pepino
(Segundo bioensayo)

DOSIS	PROMEDIO, PESO SECO
ugr/100 gr arena	mgr.
Testigo	132.72
5×10^{-3}	65,35
5×10^{-2}	96,42
5×10^{-1}	76,31
5	81,86

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FCALC	F.TABLAS	
					5%	1%
Tratamientos	4	10904.93	2726.23	4.97	6.39	15.98
Error	15	8212.74	547.51			
Total	19	19117.68				

SC TOT= 183047.37 FACT= 163929.68 PROMEDIO= 90.53

CODEV= 25,85 EPEST= 11.70 DMS5= 35.24 DMS1= 48.81

TABLA 20: Efecto del picloram sobre la altura del pepino
(Bicensayo suelo)

DOSIS ugr/100 gr suelo	PROMEDIO, ALTURA, cms		
	PROFUNDIDAD DEL SUELO, cms		
	0-20	20-40	40-60
Testigo	9,5	10,4	10,2
5×10^{-3}	9,1	6,9	9,1
5×10^{-2}	6,0	8,0	8,8
5×10^{-1}	8,2	7,8	8,9
5	14,8	10,8	12,3
50	10,7	8,6	5,7

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FCALC	F.T/ELAS	
					5%	1%
Replicaciones	3	30,14	10,04	2,31	9,01	28,24
Dosis	5	223,61	44,72	10,30	5,05	10,97
Error Dosis	15	65,14	4,34			
Profundidad	2	12,15	6,07	1,29	19,30	99,30
Error Prof.	36	170,01	4,72			
Interacción	10	98,35	9,83	2,08	3,33	5,64
Total	71	599,43				
C.V.A.=	22,78	DMSA5=	1,81	DMSA1=	2,51	
C.V.B.=	23,75	DMSB5=	1,27	DMSB1=	1,70	
	DMS INT 5=	3,11		DMS INT 1=	4,18	

TABLA 21: Efecto del picloram sobre la Expansión Foliar del pepino (Dicoensayo suelo)

DOSIS ugr/100 gr suelo	PROMEDIO, EXP. FOLIAR, cms		
	PROFUNDIDAD DEL SUELO, cms		
	0-20	20-40	40-60
Testigo	3,2	3,3	3,4
5×10^{-3}	2,0	2,0	2,5
5×10^{-2}	1,5	2,0	2,2
5×10^{-1}	1,1	1,2	1,3
5	1,0	0,9	1,0
50	0,1	0,1	0,1

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FCALC	F.TABLAS	
					5%	1%
Replicaciones	3	0.42	0.14	1.08	9.01	28,24
Dosis	5	69,97	13,99	107.35	5.05	10,97
Error Dosis	15	1,95	0.13			
Profundidad	2	0.33	0.16	1.33	19.30	99.30
Interacción	10	0.70	0.07	0.56	3,33	5.64
Error Prof.	36	4,56	0,12			
Total	71	77,95				

C.V.A.= 25,43 DMSA5= 0,31 DMSA1= 0.43

C.V.B.= 25,08 DMSB5= 0.20 DMSB1= 0.28

DMS INT 5= 0.51 DMS INT 1= 0.68

TABLA 22: Efecto del picloram sobre el Peso Seco del pepino
(Bioensayo suelo)

DOSIS ugr/100 gr suelo	PROMEDIO, PESO SECO, mgr.		
	PROFUNDIDAD DEL SUELO, mgr.		
	0-20	20-40	40-60
Testigo	65,6	84,3	78,1
5×10^{-3}	42,7	75,2	66,7
5×10^{-2}	53,3	59,5	66,3
5×10^{-1}	58,4	54,0	64,1
5	91,5	56,1	65,4
50	91,5	56,1	65,4

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FCALC	F.TABLAS	
					5%	1%
Replicaciones	3	1018.34	339.44	1.85	9.01	28,24
Dósis	5	7604.92	1520.98	8,30	5.05	10.97
Error Dósis	15	2749.97	183.33			
Profundidad	2	58,43	29,21	0.07	19.30	99.30
Error Prof.	36	14724.63	409.01			
Total	71	32863.92				
C.V.A.=	21.93	DMSA5=	11.77	DMSA1=	16.30	
C.V.B.=	32,75	DMSB5=	11.85	DMSB1=	15.88	
		DMS INT 5=	29,03	DMS INT 1=	38,89	

TABLA 23: Efecto del picloram sobre la altura del pepino cohombro a las tres profundidades ensayadas 90 días después de la aplicación.

DOSIS Kg/ha	PROMEDIO, ALTURA cms		
	PROFUNDIDAD DEL SUELO, cms		
	0-20	20-40	40-60
Testigo	6,8	6,3	7,2
0,025	7,3	6,2	6,1
0,05	7,0	7,6	6,3
0,1	7,4	7,8	8,3
0,2	7,0	6,3	8,3
0,4	9,8	10,0	8,1
0,8	7,8	8,5	8,4
1,6	10,7	8,8	10,0
3,2	9,9	8,3	10,0

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M.	FCALC	F.TABLAS	
					5%	1%
Replicaciones	3	7,42	2,47	2,67	8,84	27,49
Dosis	8	150,78	18,84	20,38	3,44	6,03
Error Dosis	24	22,19	0,92			
Profundidad	2	3,16	1,58	1,51	19,37	99,36
Error Prof.	54	56,53	1,04			
Interacción	16	39,20	2,45	2,34	2,59	3,89
Total	107	279,30				

C.V.A.= 11,96 DMSA5= 0,80 DMSA1= 1,09
 C.V.B.= 12,72 DMSB5= 0,48 DMSB1= 0,64

DMS INT 5= 1,45 DMS INT 1= 1,93

TABLA 24. Efecto del picloram sobre la expansión foliar del pepino cohombro a las tres profundidades ensayadas 90 días después de la aplicación.

DOSIS Kgia/Ha	PROMEDIO, E. FOLIAR, cms		
	PROFUNDIDAD DEL SUELO, cms		
	0-20	20-40	40-60
Testigo	2,2	2,7	2,5
0,025	2,7	2,1	2,1
0,05	2,0	3,0	2,9
0,1	3,4	3,4	2,6
0,2	2,9	2,5	3,5
0,4	2,6	3,1	2,9
0,8	2,2	3,2	3,3
1,6	2,2	2,8	3,4
3,2	3,0	2,8	3,1

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FCALC	F.TABLAS	
					5%	1%
Replicaciones	3	0,48	0.16	0.77	9,55	30,82
Dósis	8	6,94	0.86	4.15	4,46	8,65
Error Dósis	24	5.02	0.20			
Profundidad	2	2,45	1.22	7.03	19.00	99.00
Interacción	16	11.98	0.74	4.28	4.49	8.53
Error Prof.	54	9.43	0.17			
Total	107	36.31				

C.V.A.= 16.36

DMSA5= 0.38

DMSA1= 0.52

C.V.B.= 14.95

DMSE5= 0.19

DMSB1= 0.26

DMS INT 5= 0.59

DMS INT 1= 0.79

TABLA 25. Efecto del picloram sobre la altura del pepino a las tres profundidades ensayadas, 30 días después de la aplicación.

DOSIS Kgia/Ha	PROMEDIO ALTURA cms		
	PROFUNDIDAD DEL SUELO, cms		
	0-20	20-40	40-60
Testigo	9,5	10,4	10,2
0,025	8,6	6,6	6,0
0,05	8,4	7,3	8,2
0,1	9,1	9,0	9,0
0,2	9,1	7,4	7,2
0,4	8,9	7,8	7,4
0,8	10,5	10,1	10,4
1,6	9,6	7,9	8,0
3,2	8,3	8,0	6,0

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FCALC	F.TABLAS	
					5%	1%
Replicaciones	3	6,82	2,27	1,05	8,84	27,49
Dosis	8	125,06	15,63	7,20	3,44	6,03
Error Dosis	24	52,09	2,17			
Profundidad	2	17,61	8,80	6,27	19,37	99,36
Interacción	16	41,30	2,58	1,84	2,59	3,89
Error Prof.	54	75,86	1,40			
Total	107	318,77				
C.V.A.=	17,37		DMSA5=	1,23	DMSA1=	1,68
C.V.B.=	13,97		DMSB5=	0,56	DMSB1=	0,74
		DMS INT 5=	1,68		DMS INT 1=	2,24

TABLA 26. Efecto del picloram sobre la Expansión foliar del pepino a las tres profundidades ensayadas 30 días después de la aplicación.

DOSIS Kg/ha	PROMEDIO, E. FOLIAR, cms		
	PROFUNDIDAD DEL SUELO, cms		
	0-20	20-40	40-60
Testigo	3,2	3,3	3,4
0,025	2,8	1,8	1,5
0,05	2,3	2,0	2,0
0,1	2,6	2,4	2,7
0,2	1,2	1,2	1,2
0,4	0,9	1,4	1,8
0,8	0,6	1,3	1,9
1,6	0,8	1,0	1,0
3,2	0,6	0,7	0,6

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FCALC	F.TABLAS	
					5%	1%
Replicaciones	3	1,65	0,55	1,99	8,84	27,49
Dosis	8	68,71	8,59	30,99	3,44	6,03
Error Dosis	24	6,65	0,27			
Profundidad	2	0,98	0,49	1,52	19,37	99,36
Interacción	16	6,41	0,40	1,23	2,59	3,89
Error Prof.	54	17,60	0,32			
Total	107	102,03				

C.V.A.= 30,58 DMSA5= 0.44 DMSA1= 0.60
 C.V.B.= 33,17 DMSB5= 0.27 DMSB1= 0.36

DMS INT 5= 0.81 DMS INT 1= 1,08

TABLA 27. Efecto del picloram sobre la altura del pepino a las tres profundidades ensayadas 60 días después de la aplicación.

DOSIS Kg/ha	PROMEDIO ALTURA, cms		
	PROFUNDIDAD DEL SUELO, cms		
	0-20	20-40	40-60
Testigo	13,7	13,5	13,3
0,025	10,9	9,4	10,9
0,05	9,9	8,3	11,3
0,1	14,0	12,3	10,6
0,2	9,9	8,7	8,1
0,4	10,2	10,0	10,0
0,8	13,2	12,5	13,2
1,6	11,5	8,6	7,6
3,2	12,5	9,7	9,8

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FCALC	F.TABLAS	
					5%	1%
Replicaciones	3	11,38	3,79	2,73	8,84	27,49
Dosis	8	260,31	32,53	23,41	3,44	6,03
Error Dosis	24	33,35	1,39			
Profundidad	2	41,32	20,66	12,00	19,37	99,36
Interacción	16	66,54	4,15	2,41	2,59	3,89
Error Prof.	54	93,01	1,72			
Total	107	505,95				

C.V.A.= 10,83 DMSA5= 0,99 DMSA1= 1,34
 C.V.B.= 12,06 DMSB5= 0,62 DMSB1= 0,82

DMS INT 5= 1,86 DMS INT 1= 2,48

TABLA 28. Efecto del picloram sobre la Expansión foliar del pepino a las tres profundidades ensayadas 60 días después de la aplicación.

DOSIS Kgia/Ha	PROMEDIO, E. FOLIAR, cms		
	PROFUNDIDAD DEL SUELO, cms		
	0-20	20-40	40-60
Testigo	4,6	4,7	4,1
0,025	3,3	3,3	3,5
0,05	3,1	3,8	3,8
0,1	4,4	3,2	3,2
0,2	3,2	3,3	3,7
0,4	3,0	2,8	2,8
0,8	3,0	2,4	2,7
1,6	1,3	1,8	1,8
3,2	0,7	1,9	1,5

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	GL	S.C	C.M	FCALC	F.TABLAS	
					5%	1%
Replicaciones	3	0,02	0,00	0,01	8,84	27,49
Dosis	8	89,11	11,13	20,87	3,44	6,03
Error Dosis	24	12,80	0,53			
Profundidad	2	1,10	0,55	3,00	19,39	99,36
Interacción	16	11,41	0,71	3,87	2,59	3,89
Error Prof.	54	9,96	0,18			
Total	107	124,42				

C.V.A.= 25,10 DMSA5= 0,61 DMSA1= 0,83
 C.V.B.= 14,76 DMSB5= 0,20 DMSB1= 0,27

DMS INT 5= 0,61 DMS INT 1= 0,81

TABLA 29. Efecto del picloram sobre la altura del pepino a las tres profundidades ensayadas, 90 días después de la aplicación.

DOSIS Kg/ha	PROMEDIO ALTURA, cms		
	PROFUNDIDAD DEL SUELO, cms		
	0-20	20-40	40-60
Testigo	9,6	9,7	9,1
0,025	9,9	10,2	12,2
0,05	10,6	8,6	8,7
0,1	10,6	12,2	8,9
0,2	10,0	8,0	8,1
0,4	9,5	8,9	9,1
0,8	8,9	10,0	12,5
1,6	10,2	9,2	7,5
3,2	7,1	10,0	8,0

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FCALC	F.TABLAS	
					5%	1%
Replicaciones	3	2,99	0,99	0,36	8,69	26,83
Dosis	8	66,83	8,35	2,98	3,20	5,48
Error Dosis	24	67,27	2,80			
Profundidad	2	4,53	2,26	0,69	19,43	99,44
Interacción	16	165,32	10,33	3,15	2,33	2,37
Error Prof.	54	177,34	3,28			
Total	107	484,30				

C.V.A.= 17,64 DMSA5= 1,40 DMSA1= 1,91
 C.V.B.= 19,10 DMSB5= 0,85 DMSB1= 1,14

DMS INT 5= 2,57 DMS INT 1= 3,43

TABLA 30. Efecto del picloram sobre la Expansión foliar del pepino a las tres profundidades ensayadas, 90 días después de la aplicación.

DOSIS Kgia/Ha	PROMEDIO, E. FOLIAR, cms		
	PROFUNDIDAD DEL SUELO, cms		
	0-20	20-40	40-60
Testigo	4,2	4,0	3,9
0,025	4,1	4,6	4,4
0,05	4,6	3,6	3,9
0,1	4,4	4,6	3,9
0,2	3,5	3,0	3,5
0,4	4,0	3,7	3,7
0,8	3,4	4,4	3,9
1,6	3,7	2,5	2,7
3,2	1,3	2,2	2,1

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FCALC	F.TABLAS	
					5%	1%
Replicaciones	3	1,08	0,36	0,73	8,84	27,49
Dosis	8	77,70	9,71	19,66	3,44	6,03
Error Dosis	24	11,85	0,49			
Profundidad	2	2,73	1,36	2,61	19,39	99,36
Interacción	16	30,72	1,92	3,67	2,59	3,89
Error Prof.	54	28,28	0,52			
Total	107	152,39				

C.V.A.= 19,62 DMSA5= 0,59 DMSA1= 0,80
 C.V.B.= 20,20 DMSB5= 0,34 DMSB1= 0,45

DMS INT 5= 1.02 DMS INT 1= 1.37

TABLA 31. Efecto del picloram sobre la altura del pepino a las tres profundidades ensayadas 150 días después de la aplicación.

DOSIS Kgia/Ha	PROMEDIO ALTURA, cms		
	PROFUNDIDAD DEL SUELO, cms		
	0-20	20-40	40-60
Testigo	9,3	8,2	9,0
0,025	8,3	9,5	8,0
0,05	9,1	8,9	8,3
0,1	9,6	9,0	9,3
0,2	8,6	9,9	8,9
0,4	8,9	8,7	8,1
0,8	9,1	8,2	8,9
1,6	9,0	9,0	9,6
3,2	8,9	8,6	8,1

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FC/ALC	F.TABLAS	
					5%	1%
Replicaciones	3	10,76	3,58	2,26	9,28	29,46
Dosis	8	20,98	2,62	1,65	4,07	7,59
Error Dosis	24	38,09	1,58			
Profundidad	2	2,53	1,26	0,95	19,16	99,17
Interacción	16	34,67	2,16	1,63	3,24	5,29
Error Prof.	54	71,87	1,33			
Total	107	178,92				

C.V.A.= 14,69 DMSA5= 1,06 DMSA1= 1,44
 C.V.B.= 13,46 DMSB5= 0,54 DMSB1= 0,72

DMS INT 5= 1,64 DMS INT 1= 2,18

TABLA 32. Efecto del picloram sobre la expansión foliar del pepino a las tres profundidades ensayadas, 150 días después de la aplicación.

DOSIS Kgia/Ha	PROMEDIO, E. FOLIAR, cms		
	PROFUNDIDAD DEL SUELO, cms		
	0-20	20-40	40-60
Testigo	4,4	4,0	3,6
0,025	3,0	3,4	3,0
0,05	3,5	3,0	3,5
0,1	3,8	3,5	3,7
0,2	3,6	3,2	3,7
0,4	3,3	3,3	3,1
0,8	3,6	3,5	3,4
1,6	3,1	3,7	3,4
3,2	3,6	3,6	3,9

ANALISIS DE VARIANZA

F.V	Gl	S.C	C.M	FCALC	F.TABLAS	
					5%	1%
Replicaciones	3	1,42	0,47	1,25	9,55	30,82
Dosis	8	10,74	1,34	3,55	4,46	8,65
Error Dosis	24	9,08	0,37			
Profundidad	2	3,64	1,82	4,83	19,00	99,00
Interacción	16	6,69	0,41	1,11	3,63	6,23
Error Prof.	54	20,40	0,37			
Total	107	51,98				

C.V.A.= 19,34 DMSA5= 0.51 DMSA1= 0.70
 C.V.D.= 19,32 DMSB5= 0,29 DMSB1= 0,38

DMS INT 5= 0.87 DMS INT 1= 1.16