LIXIVIACION DE DIURON Y ATRAZINA EN DOS SUELOS COLOMBIANOS

TESIS

Presentada al Programa de Estudios para Graduados en Ciencias Agrarias

Universidad Nacional - Instituto Colombiano Agropecuario

Por

JOSE ANTONIO BERNAL RIVERA

Como requisito parcial para optar al título de

MAGISTER SCIENTIAE

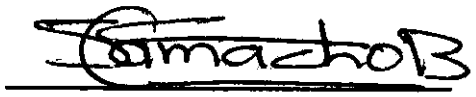
Bogotá, Colombia

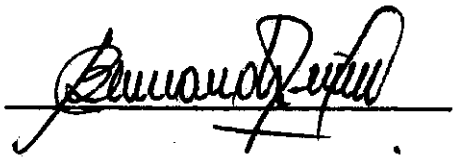
1977

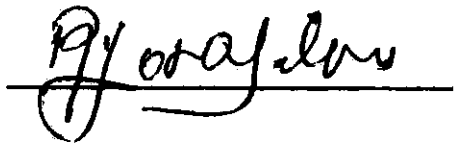
TESIS APROBADA POR

COMITE CONSEJERO

BIBLIOTECA
DE CIENCIA

SAUL CAMACHO B. Ph.D. 

BERNARDO PEÑA A. M.S. 

RODRIGO LORA S. M.S. 

"El Presidente de Tesis y el Consejo Examinador de grado, no serán respon - sables de las ideas emitidas por el candidato".

El autor expresa sus más sinceros agradecimientos:

A los doctores: Saúl Camacho B., Bernardo Peña A., Rodrigo Lora S., Jerry Doll y Emiro Rojas B.

Al Instituto Colombiano Agropecuario

Al Programa de Fisiología Vegetal, Seccionales Tibaitatá y Nataima.

A la señorita María Elena Valenzuela A., por su trabajo de mecanografía.

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

CONTENIDO

		Página
1.	INTRODUCCION	1
2.	REVISION DE LITERATURA	3
2.1.	Propiedades del diuron.	3
2.1.1.	Solubilidad de las úreas sustituídas.	4
2.1.2.	Adsorción.	5
2.2.	Propiedades de la atrazina.	6
2.2.1.	Solubilidad de las s-triazinas.	7
2.2.2.	Efecto de la adsorción.	8
2.3.	Efecto de la textura del suelo y lluvia.	10
2.4.	Efecto de la lluvia y humedad del suelo.	12
3.	MATERIALES Y METODOS	20
3.1.	Lixiviación y residualidad suelo serie Tibaitatá.	20
3.1.1.	Ensayo de campo.	20
3.1.1.1.	Suelos.	20
3.1.1.2.	Precipitación y temperatura.	20

Página

3.1.1.3.	Productos y dosis.	23
3.1.1.4.	Epocas y profundidades de muestreo.	23
3.1.1.5.	Planta marcadora.	24
3.1.1.6.	Cosecha y parámetros de evaluación.	24
3.2.	Ensayos de lixiviación en cilindros de plástico.	24
3.2.1.	Factores fijos.	25
3.2.2.	Factores variables.	25
3.2.3.	Análisis de datos.	26
4.	RESULTADOS Y DISCUSION	29
4.1.	Ensayos de campo.	29
4.1.1.	Atrazina.	29
4.1.2.	Diuron.	31
4.2.	Ensayos en cilindros plásticos.	35
5.	CONCLUSIONES	40
6.	RESUMEN	42
	BIBLIOGRAFIA	44
	APENDICE	49

LISTA DE TABLAS

TABLA No.		Página
1	Análisis de fertilidad de suelos serie Espinal y Tibaitatá.	21
2	Precipitación mensual (mm) en los Centros Experimentales de Nataima y Tibaitatá durante el año de 1972.	22
3	Cantidad de agua utilizada para los tres niveles de humedad en cada uno de los suelos.	27
4	Tratamiento de el ensayo en cilindro de plástico.	28

LISTA DE FIGURAS

FIGURA No.		Página
1	Porcentaje de reducción en peso seco de avena por la acción de la atrazina, 4 kg ia/Ha; a los 20, 50 y 90 días en suelos serie Espinal y Tibaitatá a cuatro profundidades.	30
2	Efecto de 2 kg ia/Ha de atrazina expresado en por - centaje de reducción de peso seco de avena en suelos serie Espinal y Tibaitatá a 20, 50 y 90 días y a cuatro profundidades.	32
3	Porcentaje de reducción del peso seco de avena con 2 kg ia/Ha de diuron, suelos serie Espinal y Tibaitatá a 20, 50 y 90 días después de la aplicación y a cuatro profundidades.	34

FIGURA No.

Página

4	Lixiviación de 1 kg ia/Ha de diuron determinado por la reducción del peso seco de avena en suelos serie Espinal y Tibaitatá a 20, 50 y 90 días y a cuatro profundidades.	36
5	Porcentaje de reducción con 4 kg ia/Ha de atrazina aplicando cinco niveles de lluvia simulada en suelos serie Espinal y Tibaitatá a cuatro profundidades.	37
6	Lixiviación de diuron 2 kg ia/Ha con cinco intensidades de lluvia simulada y a cuatro profundidades en suelos serie Espinal y Tibaitatá.	39

LISTA DE TABLAS DEL APENDICE

TAB LA No.		Página
1	Interacción de herbicidas por profundidad sobre altura de avena en muestras de suelos serie Tibaitatá recolectadas 20 días después de la apli - cación.	50
2	Promedio de peso verde en gr/planta de avena en muestras de suelo serie Tibaitatá recolectadas 20 días después de la aplicación.	51
3	Interacción de herbicidas por profundidad sobre el peso seco promedio en gr/planta de avena en suelo serie Tibaitatá 20 días después de la aplicación.	52
4	Actividad de atrazina y diuron sobre la altura de avena promedio por planta en cm suelo serie Ti - baitatá, 20 días.	53

TABLA No.		Página
5	Actividad de atrazina y diuron sobre peso fresco promedio en gr por planta de avena suelo serie Tibaitatá a los 20 días.	54
6	Actividad de atrazina y diuron sobre elpeso seco promedio en gr/planta de avena suelo serie Tibaitatá, 20 días.	55
7	Promedio de altura en cm por planta en muestras de suelo serie Tibaitatá recolectadas 50 días des - pués de la aplicación.	56
8	Promedio de peso fresco en gr por planta de avena en muestras de suelo serie Tibaitatá 50 días después de la aplicación de los herbicidas.	57
9	Promedio de peso seco en gr por planta de avena en muestras de suelo serie Tibaitatá recolectadas 50 días después de la aplicación.	58

TABLA No.		Página
10	Actividad de atrazina y diuron sobre la altura promedia en cm por planta de avena en suelo serie Tibaitatá recolectado a 50 días.	59
11	Actividad de atrazina y diuron sobre el peso fresco de avena en gr por planta en suelo serie Tibaitatá, 50 días.	60
12	Actividad de atrazina y diuron sobre el peso seco promedio en gr por planta suelo serie Tibaitatá, 50 días.	61
13	Interacción de herbicidas por profundidad sobre la altura de avena en suelo serie Tibaitatá, recolectados 90 días después de la aplicación.	62
14	Interacción de herbicidas por profundidad sobre peso fresco de avena en suelo serie Tibaitatá en muestras recolectadas 90 días después de la aplicación.	63

TABLA No.		Página
15	Interacción de herbicidas por profundidad sobre el peso seco de avena suelo serie Tibaitatá 90 días después de la aplicación.	64
16	Actividad de atrazina y diuron sobre la altura de plantas de avena suelo serie Tibaitatá, 90 días.	65
17	Actividad de atrazina y diuron sobre el peso fresco de avena en suelo serie Tibaitatá, 90 días.	66
18	Actividad de atrazina y diuron sobre el peso seco de avena suelo serie Tibaitatá, 90 días.	67
19	Interacción de herbicidas por profundidad sobre la altura de avena en suelo serie Espinal recolectados 20 días después de la aplicación.	68
20	Interacción de herbicidas por profundidad sobre el peso fresco de avena suelo serie Espinal 20 días después de la aplicación.	69

TABLA No.		Página
21	Actividad de atrazina y diuron sobre la altura de avena en suelo serie Espinal, 20 días.	70
22	Actividad de atrazina y diuron sobre el peso fresco de avena suelo serie Espinal. Bioensayo a 20 días.	71
23	Interacción de herbicidas por profundidad sobre la altura de avena suelo serie Espinal 90 días después de la aplicación.	72
24	Interacción de herbicidas por profundidad sobre el peso fresco de avena suelo serie Espinal, 90 días después de la aplicación.	73
25	Actividad de atrazina y diuron sobre la altura de avena en suelo serie Espinal, 90 días.	74
26	Actividad de atrazina y diuron sobre el peso verde de avena en suelo serie Espinal, 90 días.	75

TABLA No.		Página
27	Promedio de peso verde en gr por planta en las interacciones lluvia por humedad y lluvia por profundidad en la lixiviación de atrazina suelo serie Tibaitatá.	76
28	Promedio de altura cm por planta en las interacciones lluvia por humedad y lluvia por profundidad en la lixiviación de atrazina suelo serie Tibaitatá.	77
29	Promedio de peso verde en la interacción lluvia por humedad y lluvia por profundidad en la lixiviación de diuron suelo serie Tibaitatá.	78
30	Promedio de altura en la interacción de lluvia por humedad y lluvia por profundidad en la lixiviación de diuron suelo serie Tibaitatá.	79
31	Promedio de peso verde en la interacción lluvia por humedad y lluvia por profundidad testigo suelo serie Tibaitatá.	80

TABLA No.		Página
32	Promedio de altura en la interacción lluvia por humedad y lluvia por profundidad testigo suelo serie Tibaitatá.	81
33	Interacción lluvia por humedad y lluvia por profundidad en la lixiviación de atrazina suelo serie Espinal promedio de peso verde.	82
34	Interacción lluvia por humedad y lluvia por profundidad en la lixiviación de atrazina suelo serie Espinal altura promedio de plantas.	83
35	Interacción de lluvia por humedad y lluvia por profundidad en la lixiviación de diuron suelo serie Espinal promedio de peso verde.	84
36	Interacción de lluvia por humedad y lluvia por profundidad en la lixiviación de diuron suelo serie Espinal altura promedio de planta.	85

TABLA No.		Página
37	Interacción de lluvia por humedad y lluvia por profundidad testigo suelo serie Espinal peso verde promedio.	86
38	Interacción de lluvia por humedad y lluvia por profundidad testigo suelo serie Espinal promedio de altura.	87

1. INTRODUCCION

En los últimos años se ha hecho énfasis en el estudio de la presencia de pesticidas en el medio ambiente, como consecuencia de los efectos que se producen en los sitemas biológicos. En lo que respecta a herbicidas el problema se ha enfocado desde el punto de vista de su persistencia en el suelo y la posibilidad de efectos tóxicos en cultivos posteriores, contamina - ción de aguas subterráneas, lagos y ríos.

La lixiviación o lavado es uno de los factores importantes que influyen en la fitotoxicidad de los herbicidas aplicados al suelo, pudiendo ser controlada en mayor o menor grado por la textura y humedad del suelo al momento de la aplicación, la intensidad de las lluvías posteriores y la solubilidad del producto.

Los herbicidas pueden ser más lixiviados en suelos livianos que en suelos pesados y si esta condición es favorecida por una intensidad alta de las lluvias o un exceso de irrigación, el producto puede llegar a la capa de suelo donde crecen las raíces del cultivo y causarle daño, si es susceptible. En casos extremos puede producir contaminación de las aguas subterráneas. Si por el contrario la época es de sequía, el herbicida puede quedar en la su - perficie del suelo y sufrir pérdidas por fotodescomposición, o por volatilización

impidiendo que se ponga en contacto con las semillas en germinación o plántulas de malezas en emergencia, afectando la economía del agricultor ya sea en forma directa por el costo del producto y su aplicación o indirectamente por la competencia que ejercen las malezas sobre el cultivo.

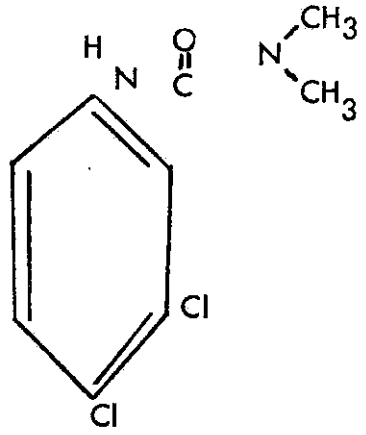
Atendiendo las consideraciones anteriores, se desarrolló el presente trabajo en los Centros Experimentales Tibaitatá y Nataima, en ensayos de campo y de invernadero, con el fin de determinar la influencia de la humedad del suelo y la intensidad de las lluvías sobre el movimiento vertical de los herbicidas diuron y atrazina, ampliamente utilizados para el control de malezas en cultivos de importancia económica en los sitios indicados.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Propiedades del diuron.

El diuron* es un producto formulado como polvo mojable cuyo nombre químico es 3-(3,4-diclorofenil)-1,1 dimetil úrea, y su solubilidad en agua es de 42 mg/l.

Su fórmula estructural es la siguiente:



La mayoría de investigaciones sobre el modo de acción de los herbicidas a base de úreas sustituídas, han concluído que interfieren con la participación del agua en el flujo de electrones no cíclicos de la fotosíntesis

---

* Marca registrada de Dupont de Colombia.

(Inhibidor de la reacción de Hill). Estos herbicidas parecen no interferir con la reducción de NADP y tampoco interfieren en otra parte del sistema de flujo de electrones (Audus, 1964).

2.1.1. Solubilidad de las úreas sustituídas.

Las fenil úreas están clasificadas en el grupo de los pesticidas no iónicos los cuales varían ampliamente en sus propiedades incluyendo solubilidad, polaridad y vapor de presión. Basados en su solubilidad en agua las fenil úreas están divididas en tres categorías: el diuron que tiene una solubilidad de 42 ppm,se encuentra en la segunda categoría o moderadamente soluble que va de 18 a 500 ppm. La movilidad en el suelo de las fenil úreas de la segunda categoría está clasificada de moderada a alta para norea y monuron, moderada o baja para diuron y baja para neburon (3, 24, 45).

El movimiento de las fenil úreas en el suelo está en relación inversa a la solubilidad y decrece con el incremento de la materia orgánica en el suelo. La actividad de estos herbicidas decrece a medida que se incrementa el contenido de materia orgánica (3, 27, 42).

2.1.2. Adsorción.

La adsorción de las úreas sustituídas en solución acuosa por el material del suelo está relacionada con el contenido de materia orgánica y parece ocurrir como resultado de las fuerzas de Vander Waals (Doherty S. Warren, 1969; Hance, 1965). (Hance, 1969; Yuen S. Hilton, 1967).

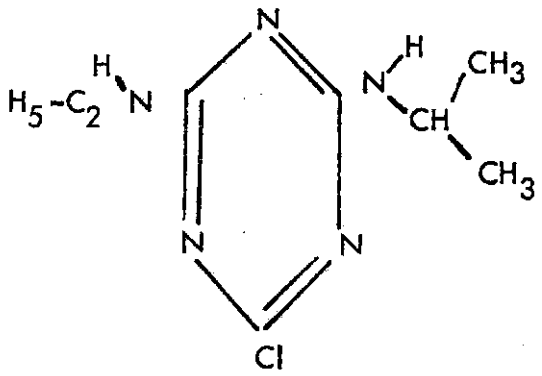
Nash (32), encontró ligeramente mayor la actividad del diuron en un suelo a pH 7.9 que a un pH de 4.7. Esto sugiere que el diuron puede mostrar características aniónicas a un pH alto; y esto lo puede hacer más soluble en agua, fenómeno que disminuye la adsorción por el suelo; así: el producto permanece en solución para ser absorbido por las plantas.

La actividad herbicida y la adsorción de las fenil úreas por el suelo, fue relacionada parcialmente con el contenido de arcilla. Frissel y Bolt (19), encontraron relativamente baja la adsorción (menor de 1 M mol/gr) de diuron, por las arcillas, Montmorillonita, Illita y Kaolinita. En estudios similares Bailey y otros encontraron relativamente baja la adsorción de monuron y diuron (1.3 a 1.5 M mol/gr) (4, 35).

2.2. Propiedades de la atrazina.

Está formulada como polvo mojable del 80% de ingrediente activo y como un líquido emulsionable de 50%, el nombre comercial es gesaprin 80 y la casa productora es Ciba-Geigy. El nombre químico es 2-Cloro-6-Fetilamino-4-isopropilamino-s-triazina. Su solubilidad en agua es de 33 ppm.

Su fórmula estructural es la siguiente:



El modo de acción de las triazinas es de interrumpir la fotosíntesis al igual que las úreas sustituídas. El grado de efectividad de ambos herbicidas cambia de acuerdo a la intensidad de la luz (Sheets, 1961).

2.2.1. Solubilidad de las S-Triazinas.

La molécula de las S-Triazinas presenta algunas de las características de un compuesto aromático en razón de la fuerza electronegativa de los átomos de nitrógeno en el anillo, pero la química de los derivados de triazina no puede ser comparada con los correspondientes derivados del benzeno. Los hidroxiaminos S-Triazinas son de naturaleza anfotérica y como tal son solubles en ácidos y bases inorgánicas fuertes. (Smolin y Raport, 1959; Allcock, 1967).

Word y Weber (1968), han demostrado que la solubilidad en agua de las S-Triazinas, depende del pH siendo más solubles bajo condiciones ácidas.

Estudios realizados por Boitson and Finkel (1959), muestran que las sales de oxi y amino derivados de s-triazinas resultaron de la formación de grupos NH_2^+ o NH_3 , sugiriendo que la protonización ocurre sobre los átomos de nitrógeno del anillo.

De acuerdo a la naturaleza de la molécula Weber (1972), clasifica a las s-triazinas como compuestos básicos; pertenecientes al grupo de los pesticidas iónicos. Estos compuestos básicos tienen la tendencia a acep-

tar un protón.

2.2.2. Efecto de la adsorción.

Una de las revisiones de más fácil comprensión sobre las fuerzas involucradas en la adsorción de herbicidas orgánicos por arcillas minerales fue preparada por Frissel (1961), quien estudió los efectos del pH de la suspensión y la concentración electrolítica sobre la adsorción de 14 compuestos orgánicos incluyendo las cloro-s-triazinas (simazina, clorazina y trietazina), sobre las arcillas minerales Illita, Montmorillonita y Kaolinita; encontró que los procesos de adsorción depende del pH y postuló que las triazinas son adsorbidas como moléculas neutras en ambientes neutros y básicos y como iones cargados positivamente en ambientes ácidos y que la Montmorillonita adsorbe mayor cantidad de triazinas que la Illita y la Kaolinita respectivamente.

La adsorción de soluciones acuosas (pH 7) de cinco s-triazinas, sobre 25 tipos de suelo, cuatro arcillas minerales y dos suelos de turbera fue determinada por Talbert y Fletchall (1965). La adsorción decreció en la mayoría de los casos, en el siguiente orden: prometrina prometona simazina atrazina propazina. Los análisis de correlación indican que la adsorción de prometrina fue la más alta relacionada con el contenido de arcilla

del suelo, mientras que la adsorción de las Clor-s-triazinas fue más alta relacionada con el contenido de materia orgánica. Los herbicidas fueron prontamente lavados del suelo con agua desionizada lo que permite concluír que el mecanismo de adsorción es reversible.

Nearpass (1967), encontró que la adsorción de atrazina y simazina por un suelo del 6.8% de m.o., 55% de arcilla y pH de 4.95, dependía del cambio de acidez del suelo. La simazina fue más absorbida que la atrazina.

Weber (1967), determinando la constante de imigración de 13 s-triazinas demostró que la sustitución en la posición dos de la molécula demostró tener un gran efecto sobre la basicidad del compuesto. Con sustituciones similares en las posiciones 4 y 6, el compuesto decrece en basicidad, así: OH OCH_3 SCH_3 Cl. En estudios posteriores encontró que la estructura molecular y el pH afectan la solubilidad en agua de las s-triazinas y en igual forma su adsorción por la Montmorillonita, llegando a la conclusión de que el máximo de adsorción de cada compuesto ocurre en la vecindad de su pKa.

En resumen se puede decir que los factores que influyen en la adsorción de las s-triazinas por los coloides de arcillas son:

a. Estructura molecular, basicidad y solubilidad del compuesto; b. Tipo de arcilla mineral; c. Acidez; d. Tipo y concentración de iones en la solución y sobre la superficie de la arcilla y e. Temperatura.

2.3. Efecto de la textura del suelo y lluvia.

La suerte de los herbicidas monuron, simazina y atrazina en suelos arcillo-limosos y limosos fue seguida durante un período de 16 meses. El crecimiento de avena por 40 días en el campo como cultivo de bioensayo mostró que la simazina y atrazina, fueron menos fitotóxicos en suelos de textura fina, cuando la lluvia fue alta. Bioensayos de soya en diferentes horizontes de suelo, mostraron que una concentración de alta cantidad de monuron fue retenida entre 0 y 8 cm de horizonte de suelo, en cambio la de simazina y atrazina fue menor; se notó un marcado decrecimiento en la fitotoxicidad del monuron entre los 4.5 y 8.3 cm, a los 16 meses, comparado con la de los cuatro meses después de la aplicación. La atrazina mostró ser la más susceptible al lavado entre los tres herbicidas del estudio (15).

La lixiviación de herbicidas a través del suelo fue determinada usando columnas de vidrio de 7 cm de diámetro y 2 mm de espesor de las paredes. La cara interior de las paredes fue revestida con parafina para redu-

cir al mínimo la canalización por los lados. Las columnas se llenaron con suelo a alturas de 5, 10 y 15 cm y llevadas a capacidad de campo. Se aplicaron los herbicidas uniformemente sobre la superficie del suelo en solución acuosa de 5 mm por cilindro. Después de la aplicación los herbicidas fueron lavados a través de la columna, adicionando 254 mm de agua. La cantidad de herbicida lixiviado fue calculada por extrepolación, encontrándose que el lavado de los herbicidas fue en orden decreciente a través de los tres suelos: arenoso-fino, franco-limoso y orgánico (Eshel y Warren, 1967).

En Wyoming Welden y Timons (1957), probaron en cinco dosis, en un campo de alfalfa establecido sobre un suelo franco, la penetración y persistencia del diuron, usando subparcelas, las cuales fueron irrigadas en exceso en una mitad y la otra ligeramente regada por el método de semi-inundación, 10 meses más tarde se trató cada mitad de la subparcela de nuevo con diuron en la dosis original. Se tomaron muestras de suelo de cada parcela a cuatro profundidades en cinco épocas y se plantó un bioensayo con avena para determinar la presencia de diuron, el principal resultado fue: a. Aplicaciones simultáneas de 2 y 4.5 kg/Ha de diuron no fueron llevadas a una profundidad de 10 cm por debajo de la superficie del suelo. b. La irrigación frecuente aumentó la penetración de diuron en el suelo pero no incre-

mentó la profundidad final de penetración. La desaparición del diuron en el suelo se aumentó gradualmente al aumentar la irrigación. Este resultado puede ser debido en parte a la adsorción y en parte a la descomposición por microorganismos. c. El diuron fue localizado en mayor cantidad en la capa de 0 a 2 cm de profundidad. A razón de 2.2 kg/Ha el diuron desapareció en una cosecha, de los suelos francos bajo frecuente irrigación por semiinundación, pero persiste dos cosechas si la irrigación se disminuye. d. En aplicaciones de 2.2 kg/Ha de diuron en suelos limo-arenosos bajo irrigación por surcos permanecieron residuos hasta 15 meses en cantidades fitotóxicas para la avena (Weldon y Timons, 1961) .

2.4. Efecto de la lluvia y humedad del suelo.

La lluvia o irrigación han sido consideradas de importancia para la mayoría de los herbicidas preemergentes, pudiéndose atribuír tres posibles funciones a la humedad aplicada a la superficie: 1. El movimiento del herbicida dentro del suelo reduciendo las pérdidas en la superficie. b. El movimiento del herbicida dentro del suelo lo pone en contacto con las semillas en germinación o con las plántulas de malezas en emergencia. 3. Crea suficientes condiciones de humedad en el suelo para la absorción de los herbicidas por las plantas (Stickler y Hinesly, 1969).

Suelos con alta humedad (75 a 100% de capacidad de campo) favorecieron la toma de terbutrina por las raíces de plantas de trigo de invierno (Triticum aestivum L.) . La terbutrina causa mayor daño a alta transpiración y en suelos arenosos (Figuerola y Furtick, 1972).

En estudios realizados para determinar el efecto de la lluvia simulada sobre la fitotoxicidad de varios herbicidas como el DNBP, el PCP, la mezcla 1:1 de 2,4-D ester y 2,4,5-T y la mezcla 2:2:1 de ester de 2,4-D y 2,4,5-T y picloram, se encontró que fueron menos afectados que los herbicidas solubles en agua como el paraquat y ácido cacodílico. (Bovey y Díaz, 1969).

La relación entre la humedad del suelo y la efectividad de los herbicidas preemergentes, para el control de Setaria faberii Hook con 25,21 y 37% de humedad, fue estudiada bajo condiciones de invernadero utilizando un suelo limo arcilloso. Los herbicidas utilizados fueron la atrazina, EPTC, amiben, trifluralina, propaclor y alaclor. La efectividad de atrazina y EPTC se incrementó cuando la humedad del suelo fue aumentada de 25 a 31% pero el mayor incremento fue obtenido a 37% de humedad. El amiben dió como respuesta un ligero incremento, la trifluralina decreció ligeramente y el propaclor y alaclor apenas un ligero efecto (Stickler y Hinesly, 1969).

A medida que el contenido de humedad se incrementó, la bioactividad del picloram decreció debido a los efectos de variación de los niveles de humedad del suelo sobre la concentración del picloram en la interfase suelo-agua, (Grover, 1970).

La toxicidad del herbicida terbutrina aplicado al suelo en pepino (Cucumis sativum L.) y avena, fue incrementada 2.2 veces cuando la intensidad de la luz fue elevada de 11.000 a 22.000 lumens/m^2 y 1.5 veces cuando el nivel de humedad fue elevado de bajo a alto (50 a 100%), (Housewort y Tweedy, 1971).

Formulaciones granular, líquida y polvo mojable de NPA, amiben y DCPA fueron aplicadas al suelo y provistas de humedad mediante lluvia artificial, o por sub-irrigación. Las formulaciones granulares de herbicidas fueron tan efectivas como las líquidas para el control de malezas, cuando estuvieron provistos de alta humedad; las altas temperaturas y suelos secos condujeron a pérdidas de NPA por volatilización (Cárdenas y Santelmann, 1966).

La disipación de atrazina en campos regados por aspersión fue constante o sostenida en un suelo arcillo-limoso, en el oriente de Nebraska pero no así en suelos limosos del centro o del occidente del mismo estado. La pérdida de atrazina fue continua en suelos en berbecho pero no así en

suelos cultivados en maíz, en el occidente de Nebraska. En la zona central u oriental de Nebraska la atrazina persiste en el suelo por algo más de un año, pero si en el oriente se aplica riego por aspersión, la mayoría de atrazina se pierde antes de la época de crecimiento. Utilizando la avena como planta indicadora se puede concluír que el riego por aspersión reduce marcadamente la longevidad de la atrazina en los suelos estudiados (Burnside et al, 1971).

Los factores que afectan la lixiviación de prometrina, fueron determinados en el laboratorio, usando la técnica del tubo de abertura de Lambert et al, (1965). Se evaluaron el tipo de suelo, la cantidad de agua aplicada en la superficie y clase de formulación de prometrina. En el estudio se usó suelo limoso-arenoso fino, arcilloso y limoso suelto. Se aplicaron cantidades de agua de 2.5, 5.1, 7.6 y 10.2 cc y tres formulaciones de prometrina (180 g/l de concentrado emulsionable, 5% granular y polvo mojable del 80%). Una vez aplicada la prometrina a razón de 3.4 kg/Ha , se colocaron horizontalmente para ser sembradas con Amaranthus retroflexus L. como indicadora de la profundidad de lixiviación, teniendo en cuenta si ésta fue muerta o retardada en su crecimiento.

Se encontró que la prometrina fue lixiviada a mayor profundi-

dad en suelos de textura arenosa que en suelos de textura arcillosa. Hubo una pequeña correlación entre la profundidad de lixiviación y la cantidad de agua usada para el lavado de herbicidas. La prometrina en concentrado emulsionable fue lixiviada a mayor profundidad que el polvo mojable y el agranular (Talbert et al, 1971).

La rata de difusión de atrazina, simazina y propazina fue similar para un mismo suelo. Aumentando el contenido de humedad, el pH y la temperatura del suelo dá como resultado una mayor rata de difusión, pudiéndose concluír que una indicación relativa de la movilidad de los herbicidas puede ser obtenida de las propiedades físicas y químicas del suelo y de los herbicidas empleados, aunque las ratas de difusión pueden ser gobernadas por una combinación de las propiedades suelo-herbicida, (Lavy, 1970).

La capacidad de adsorción de un suelo limoso para atrazina fue determinada después de extracciones con éter etílico, alcohol etílico y agua caliente, dando por resultado que los componentes extractables con el alcohol y éter de la materia orgánica, como grasas, aceites, ceras y resinas tiene una insignificancia en cuanto a capacidad de absorber atrazina, pero los materiales que se pueden extraer con agua caliente como los polisacáridos, tienen una pequeña capacidad de adsorción. De los materiales seleccionados

como representativos de los componentes de la materia orgánica del suelo, los polisacáridos tienen baja afinidad, las proteínas y ácidos nucléicos tienen afinidad intermedia y el ácido húmico y la lignina tienen una alta afinidad por atrazina. Comparaciones isotérmicas de adsorción de atrazina por lignina y ácido húmico a 25 y 62°C sugieren que un débil enlace químico puede contribuír a la retención del herbicida por la materia orgánica del suelo, también puede influír la polaridad (Dunigan y McIntesh, 1971).

Estudios de invernadero sobre el movimiento lateral y toxicidad del cycloate utilizando Echinochloa crusgalli como planta indicadora, se encontró que el cycloate tuvo mayor movimiento en un suelo limo arenoso que en un suelo limoso y teniendo en cuenta el grado de humedad se determinó que el cycloate tiene mayor movilidad en suelos húmedos que en suelos secos, (Stanger y Apploby, 1971).

En ensayos de invernadero se sembró Poa pratensis L. en suelos recién tratados con 11 herbicidas y en suelos seleccionados de 0 a 2 y de 2 a 4 cm de profundidad, de parcelas procedentes de lotes tratados 10 meses antes con los mismos herbicidas. Los tratamientos recientes con los herbicidas reducen significativamente el crecimiento de las raíces de la Poa pratensis L. En los tratamientos de campo la dosis de 13.5 kg/Ha de siduron, causan la

misma inhibición del crecimiento de raíces. Las aplicaciones recientes más fitotóxicas fueron la atrazina y la simazina que mataron las plantas de poa a dosis de 4.5 kg/Ha.

El crecimiento de las raíces de poa plantada en las muestras de residuo fue significativamente reducida en todos los tratamientos.

Entre los herbicidas de mayor tendencia a persistir en el nivel de 0 a 5 cm del suelo y más fitotóxicos para el crecimiento de raíces fueron la simazina, el bensulide y el terbutol; y entre los herbicidas con tendencia a la lixiviación en el nivel de 5 a 10 cm y que causaron gran reducción en el crecimiento de raíces de poa estuvieron la trifluralina, atrazina y DCPA (Smith y Callaham, 1969).

Bajo condiciones controladas de tensión de agua en el suelo y temperatura del mismo (0.3 a 2.5 bars y 10 a 25°C), después del tratamiento a las raíces con diuron y manteniendo la temperatura y movimiento de aire, la humedad relativa y la intensidad de la luz constantes, se observó que la rata de fotosíntesis declina con el tiempo para las plantas tratadas con diuron pero no para los testigos, en cambio no fue detectada ninguna variabilidad en la rata de respiración y la rata de transpiración decreció ligeramente sobre la aplicación de diuron y luego permaneció constante. Estos datos indican

que la temperatura del suelo y la tensión del agua en el suelo juegan un importante papel sobre la acción herbicida del diuron aplicado al suelo, (Sedgley y Boersme, 1969).

El movimiento de prometrina y fluometuron marcados con carbono 14 y aplicaciones a suelos limosos y arenosos en presencia de soluciones 0.01 y 0.5 N de $CaCl_2$, indican que la movilidad de la prometrina en los dos suelos saturados con agua fue decreciendo por incremento de la concentración de $CaCl_2$. La movilidad del fluometuron fue incambiable en los dos suelos por las concentraciones de cloruro de calcio (Abernathy y Davidson, 1971).

En atención a que los herbicidas utilizados en el presente estudio son de frecuente uso en diferentes zonas y cultivos de nuestro país, era evidente la necesidad de conocer su comportamiento al menos en dos tipos de suelo, ya que la anterior revisión de literatura indica que los trabajos realizados en este sentido se han efectuado en otros países.

Gómez, en 1973 desarrolló un trabajo "Residualidad del Picloram y algunos factores que intervienen en su degradación", que es uno de los primeros que se han adelantado en Colombia.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lixiviación y residualidad suelo serie Tibaitatá.

3.1.1. Ensayo de campo.

Los ensayos de campo se llevaron a cabo en los Centros Experimentales Tibaitatá y Nataima, para observar el movimiento vertical del diuron y atrazina bajo las condiciones ambientales de cada uno de ellos, aplicando los productos al suelo previamente preparado como para el establecimiento de un cultivo comercial; la aspersión fue hecha mediante un equipo calibrado para hacer una aplicación en 200 litros de agua por Ha.

3.1.1.1. Suelos.

Se utilizaron suelos pertenecientes a las series Espinal (textura franco-arenosa) y Tibaitatá (Textura franco-limosa) y con las propiedades químicas que se consignan en la Tabla 1.

3.1.1.2. Precipitación y temperatura.

La región del Espinal donde está localizado el Centro Experi - mental Nataima, tiene una temperatura promedia anual de 28°C y la de Ti-

TABLA 1. Análisis de fertilidad de suelos series Espinal y Tibaitatá.

Suelo	pH	M.O. %	Fósforo ppm	Potasio mg/100	Al gr	ccc
S.Espinal	6.4	1.56	8.16	0.18	0.1	6.95
S. Tibaitatá	6.1	7.16	42.67	0.064	0.18	6.0

baitatá tiene una temperatura promedia de 14°C. Los datos de precipitación fueron obtenidos en las Estaciones Metereológicas de los respectivos Centros Experimentales y mostraron los siguientes promedios durante el tiempo del experimento:

Nataima : 509.6 mm

Tibaitatá : 976.9 mm

La Tabla 2 incluye los promedios de precipitación mensual en

TABLA 2. Precipitación mensual (mm) en los Centros Experimentales de Nataima y Tibaitatá, durante el año de 1972.

Localidades	mm de precipitación mensual											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviem.	Dic.
Nataima	171.4	30.8	106.3	297.8	155.4	56.4	4.5	74.1	12.2	238.5	139.2	28.2
Tibaitatá	78.7	60.3	130.7	258.7	421.5	305.4	250.0	313.8	224.8	254.5	57.3	60.2

FUENTE: Estaciones Metereológicas Centros Experimentales Nataima y Tibaitatá.

cada una de las localidades objeto del presente estudio.

3.1.1.3. Productos y dosis.

Se aplicaron diuron a 1 y 2 kg ia/Ha y atrazina a 2 y 4 kg ia/Ha, aplicados inmediatamente después de la última rastrillada, en parcelas de 2 x 5 m con 2 m de separación entre parcelas. El diseño utilizado fue el de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

3.1.1.4. Epocas y profundidades de muestreo.

Los herbicidas fueron aplicados el 3 de abril de 1972 y el 4 de mayo del mismo año, en las localidades de Tibaitatá y Nataima, respectivamente.

Muestras de suelos fueron recolectadas a los 20, 50 y 90 días después de la aplicación de los herbicidas en el campo, a profundidades de 0-5,5-10,10-15 y 15-20 cm, tomando una muestra por parcela a cada profundidad completamente al azar, teniendo la precaución de evitar la contaminación entre niveles. Una vez seleccionadas las muestras fueron secadas al aire, molidas y pesadas para homogenizarlas.

3.1.1.5. Planta marcadora.

Como planta indicadora se utilizó Avena sativa L., variedad ICA Soracá, sembrando 15 semillas por matera de 500 gr de suelo para dejar un promedio de 10 plantas a la emergencia.

3.1.1.6. Cosecha y parámetros de evaluación.

A los 20 días después de cada siembra, la avena fue cosechada y como parámetros de evaluación se tomaron: altura, peso verde y peso seco de la parte aérea.

3.2. Ensayos de lixiviación en cilindros de plástico.

En el invernadero los suelos serie Tibaitatá y serie Espinal, fueron colocados en cilindros plásticos de 30 cm de altura por 7 cm de diámetro interior, llenados a la misma altura y con igual peso (540 g para suelo serie Tibaitatá y 730 g para suelo serie Espinal), con el fin de lograr un grado de compactación más uniforme. El suelo en estas condiciones se llevó a tres niveles de humedad de 100%, 50% y 0% de capacidad de campo y posteriormente se aplicaron los herbicidas y la lluvia simulada, con intervalos de 24 y 48 horas, respectivamente. Con relación a los herbicidas se

consideraron los siguientes factores:

3.2.1. Factores fijos.

Los productos y dosis fueron: Atrazina, 4 kg ia/Ha y Diuron 2 kg ia/Ha.

La aplicación se hizo directamente a la superficie del suelo de las columnas con un atomizador de mano, con un volumen de aspersión de 200 l/Ha.

Al igual que los ensayos de campo, se usó la planta de avena como planta indicadora. Se sembraron 15 semillas de avena en cada una de las secciones en que se dividieron los cilindros y con cuatro repeticiones, a los 15 días después de aplicados los productos. La cosecha se efectuó a los 20 días de sembrada la avena, tomando datos de altura y peso seco.

Los anteriores procedimientos se emplearon como factores fijos del experimento.

3.2.2. Factores variables.

Se utilizaron tres niveles de humedad: 100, 50 y 0% de capa-

cidad de campo, calculados mediante el uso de ollas de presión y teniendo en cuenta la curva de retención de humedad para cada uno de los suelos. En la Tabla 3 aparecen las cantidades de agua utilizadas para cada nivel y para cada suelo.

Se utilizaron cinco niveles de lluvia simulada: 40, 30, 20, 10 y 0 mm que se aplicaron con una probeta durante una hora aproximadamente, a las 24 horas después de la aplicación de los herbicidas.

Después de 15 días de reposo en posición vertical, con el fin de asegurar un mejor equilibrio en el movimiento de los herbicidas, se cortaron los cilindros en cinco secciones: 0-5, 5-10, 10-15 y 15-20 cm, tomados a partir de la superficie libre. El suelo correspondiente a cada una de las secciones fue colocado en vasos de cartón para ser sembrados con avena.

El diseño fue de bloques al azar en arreglo factorial con dos suelos, cuatro niveles de lluvia y tres niveles de humedad de suelo para cada uno de los dos herbicidas más un testigo sin herbicida pero que recibió los mismos tratamientos con lluvia y humedad (Tabla 4).

3.2.3. Análisis de datos.

A los datos se les practicó un análisis de varianza simple, para

determinar en qué tratamiento hubo mayor movilidad.

TABLA 3. Cantidad de agua utilizada para los tres niveles de humedad en cada uno de los suelos.

Tipo de suelo	cc de agua para cada nivel		
	100%	50%	0%
Suelo serie Espinal	160.7	80.3	0.0
Suelo serie Tibaitatá	121.7	60.8	0.0

TABLA 4. Tratamiento de el ensayo en cilindro de plástico.

Localidad	Herbicida	% de cc	LLuvia
Nataima:	Atrazina	100	40-30-20-10-0
	Atrazina	50	40-30-20-10-0
	Atrazina	0	40-30-20-10-0
	Diuron	100	40-30-20-10-0
	Diuron	50	40-30-20-10-0
	Diuron	0	40-30-20-10-0
Tibaitatá:	Atrazina	100	40-30-20-10-0
	Atrazina	50	40-30-20-10-0
	Atrazina	0	40-30-20-10-0
	Diuron	100	40-30-20-10-0
	Diuron	50	40-30-20-10-0
	Diuron	0	40-30-20-10-0

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Se tomaron datos de altura, peso verde y peso seco promedio por planta para cada uno de los tratamientos, los resultados se presentan en porcentaje de reducción de peso seco y los otros parámetros se enuncian en el Capítulo del Apéndice.

4.1. Ensayos de campo.

4.1.1. Atrazina.

En el suelo serie Tibaitatá la atrazina a 4 kg ia/Ha muestra su mayor actividad en la profundidad de 0.5 cm durante los primeros 20 días después de la aplicación, presentando luego un descenso para los 50 y 90 días. En el suelo serie Espinal la actividad fue un poco menor a la profundidad de 0.5 pero permanece casi constante hasta los 90 días después de la aplicación. En las profundidades 5-10, 10-15 y 15-20 en el suelo serie Tibaitatá la atrazina no presentó movimiento durante los primeros 20 días detectado por la susceptibilidad de la avena. En el suelo serie Espinal la atrazina presenta movimiento hasta los 20 cm de profundidad, siendo más notorio a los 20 días después de la aplicación y presentando un descenso progresivo hasta los 50 días y rápido de los 50 a los 90 días (Figura 1).

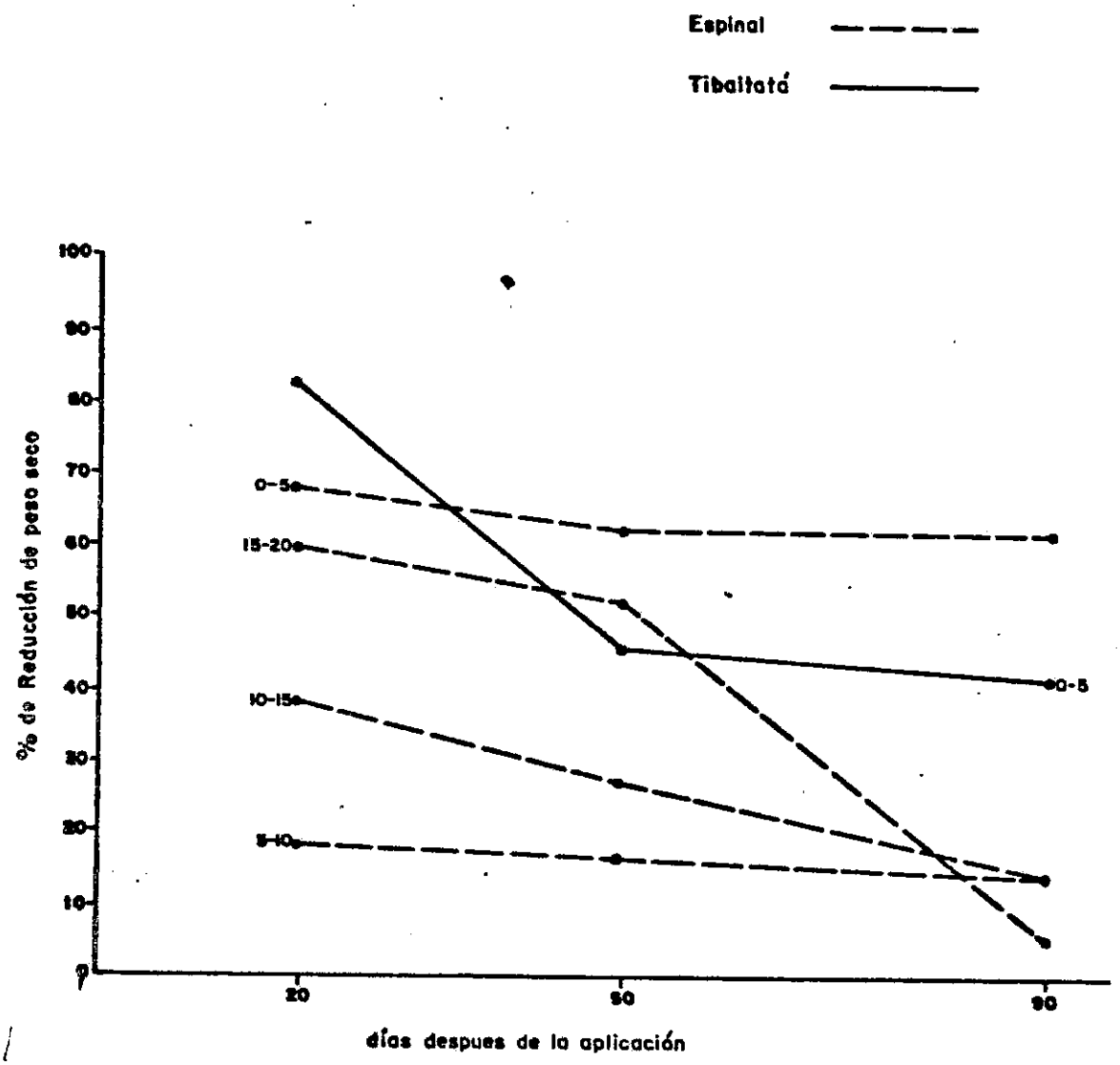


FIGURA 1. Porcentaje de reducción en peso seco de avena por la acción de la atrazina, 4 Kg i.a./Ha; a los 20, 50 y 90 días en suelos serie Espinal y Tibaitatá a cuatro profundidades.

Los resultados de la dosis de 2 kg ia/Ha de atrazina se presentan en la Figura 2, indicando que tanto en el suelo serie Tibaitatá como en el suelo serie Espinal la mayor actividad de la Atrazina se presentó en la capa de 0.5 cm de la superficie del suelo durante los primeros 20 días después de la aplicación y decreció notablemente a los 50 y 90 días, siendo mayor en el suelo serie Tibaitatá que en el suelo serie Espinal, en el cual hubo movimiento a la profundidad de 5-10 hasta los 50 días y a las profundidades de 10.20 durante los primeros 20 días, en cambio para el suelo serie Tibaitatá la atrazina a dosis de 2 kgr ia/Ha no presenta movimiento más allá de los primeros 5 cm de profundidad.

Si comparamos las dos Figuras encontramos que la lixiviación y el efecto residual de la atrazina para los dos tipos de suelo depende además de las propiedades físicas del suelo, de la dosis utilizada siendo mayor para 4 kgr de i.a./Ha que para dosis de 2 kgr ia /Ha .

4.1.2. Diuron.

La actividad del diuron a 2 kg ia/Ha sobre las plantas de avena fue mayor en la capa de 0-5 cm de profundidad en los dos tipos de suelo durante los primeros 20 días siendo más alta en el suelo serie Tibaitatá

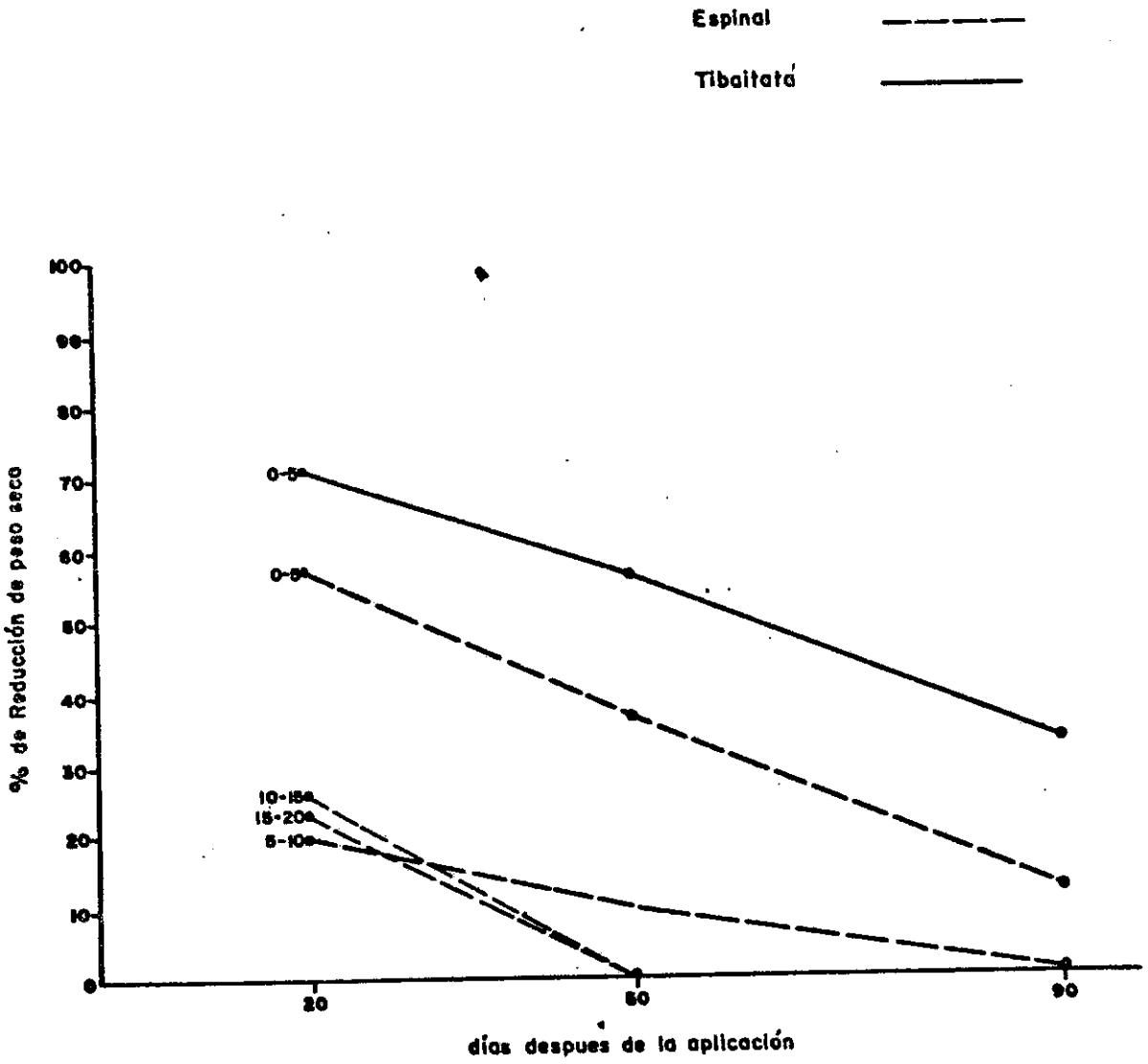


FIGURA 2. Efecto de 2 Kg i.a/Ha de atrazina expresado en porcentaje de reducción de peso seco de avena en suelos serie Espinal y Tibaitatá a 20, 50 y 90 días y a cuatro pronfundidades.

que en el suelo serie Espinal, la cual decreció notablemente y progresiva - mente hasta los 90 días en el suelo serie Tibaitatá y no así en el suelo serie Espinal .

Para las demás profundidades presentó movimiento vertical du - rante los primeros 20 días, siendo mayor para el suelo serie Espinal que para el suelo serie Tibaitatá. Para la profundidad 5-10 la actividad del diuron fue menor en los dos tipos de suelo indicando un cambio en las propiedades físicas de éstos por lo cual el herbicida pudo ser totalmente adsorbido o descompuesto por la actividad microbiana o bien pudo tener paso libre a las siguientes profundidades. Los resultados se muestran en la Figura 3.

A 1 kgr de i.a/Ha el diuron no se movió por debajo de 5 cm en suelos serie Tibaitatá y presenta un ligero efecto residual hasta los 90 días, en cambio en suelo serie Espinal el diuron a esta dosis se movió verticalmente hasta los 20 cm de profundidad en los primeros 20 días y no presenta efecto residual, por encima de estos lo que puede ser debido precisamente al movimiento y distribución en las diferentes profundidades.

Los porcentajes de reducción en el peso seco de avena tratada con diuron fueron bajos especialmente a 1 kg de i.a/Ha lo que indica que la avena se pudo considerar como una planta no buena indicadora para de -

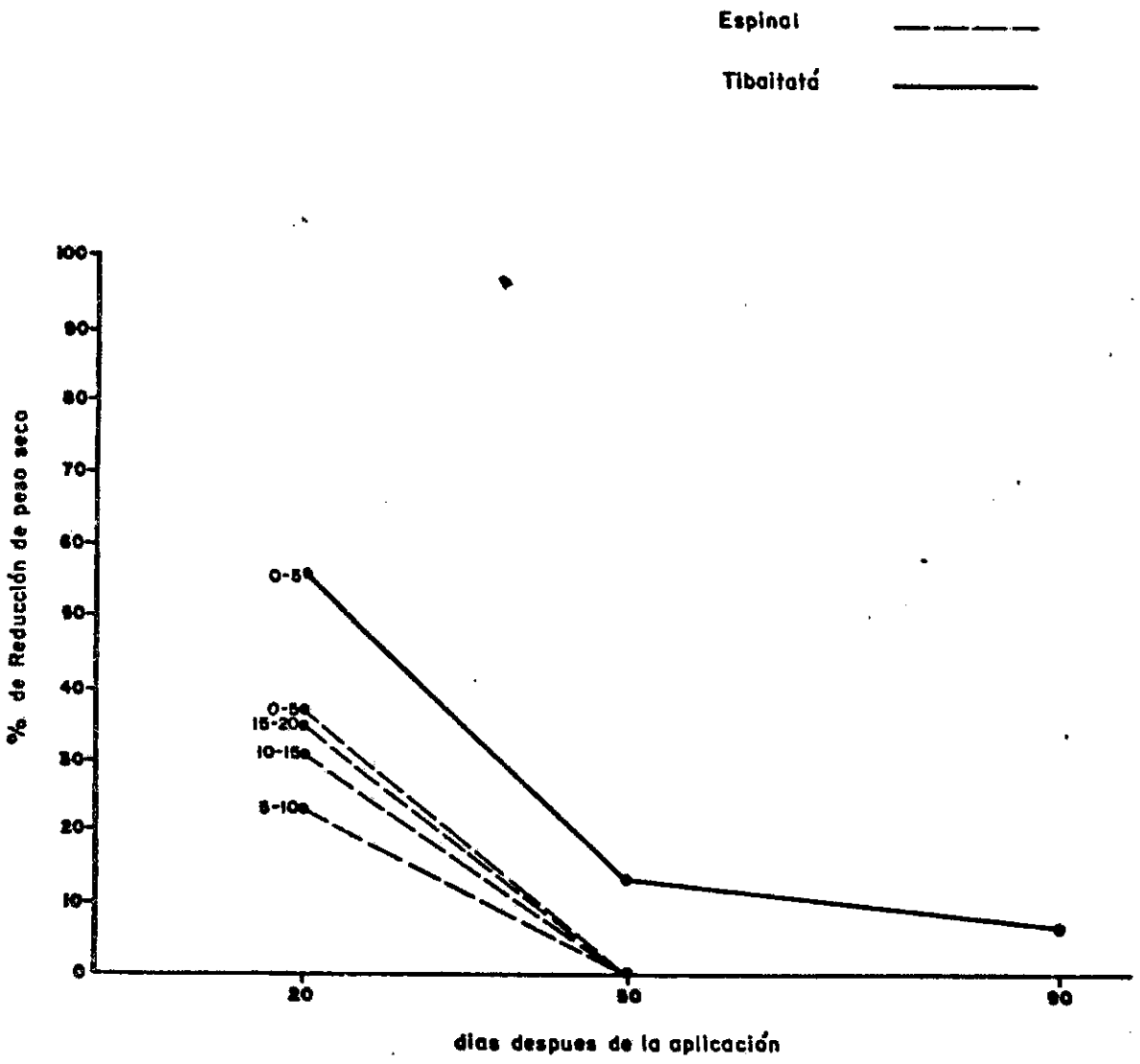


FIGURA 3. Porcentaje de reducción del peso seco de avena con 2 Kg i.a./Ha de diuron, suelos serie Espinal y Tibaitatá a 20, 50 y 90 dias después de la aplicación y a 4 profundidades.

tectar residuos de diuron por debajo de esta dosis. Los resultados se presentan en la Figura 4.

Comparando los resultados de las dos series de suelos, se puede observar que el diuron en el suelo serie Tibaitatá tiene un efecto residual hasta los 90 días, posiblemente debido a la adsorción por los coloides orgá - nicos e inorgánicos de la fase sólica y su posterior intercambio con la fase líquida y gaseosa. Al igual que la atrazina influye la dosis y la textura del suelo ya que en los suelos arenosos del Espinal presentá movimiento hasta los 20 cm de profundidad.

4.2. Ensayos en cilindros plásticos.

Como en los ensayos de campo la atrazina mostró mayor movi - miento a 4 kg i.a/Ha, se vió la necesidad de complementar con ensayos en cilindros de plástico obteniéndose los resultados que se presentan en la Fi - gura 5, los cuales indican que la mayor actividad de la atrazina se efectuó en la capa de 0-5 cm con los cinco niveles de lluvia simulada, siendo más alta en suelos serie Tibaitatá que en suelos serie Espinal, igualmente indica que la lixiviación fue mayor en suelos serie Espinal a la profundidad de 5-10 cm. Con 40 mm de lluvia simulada la atrazina se movió en los dos tipos de

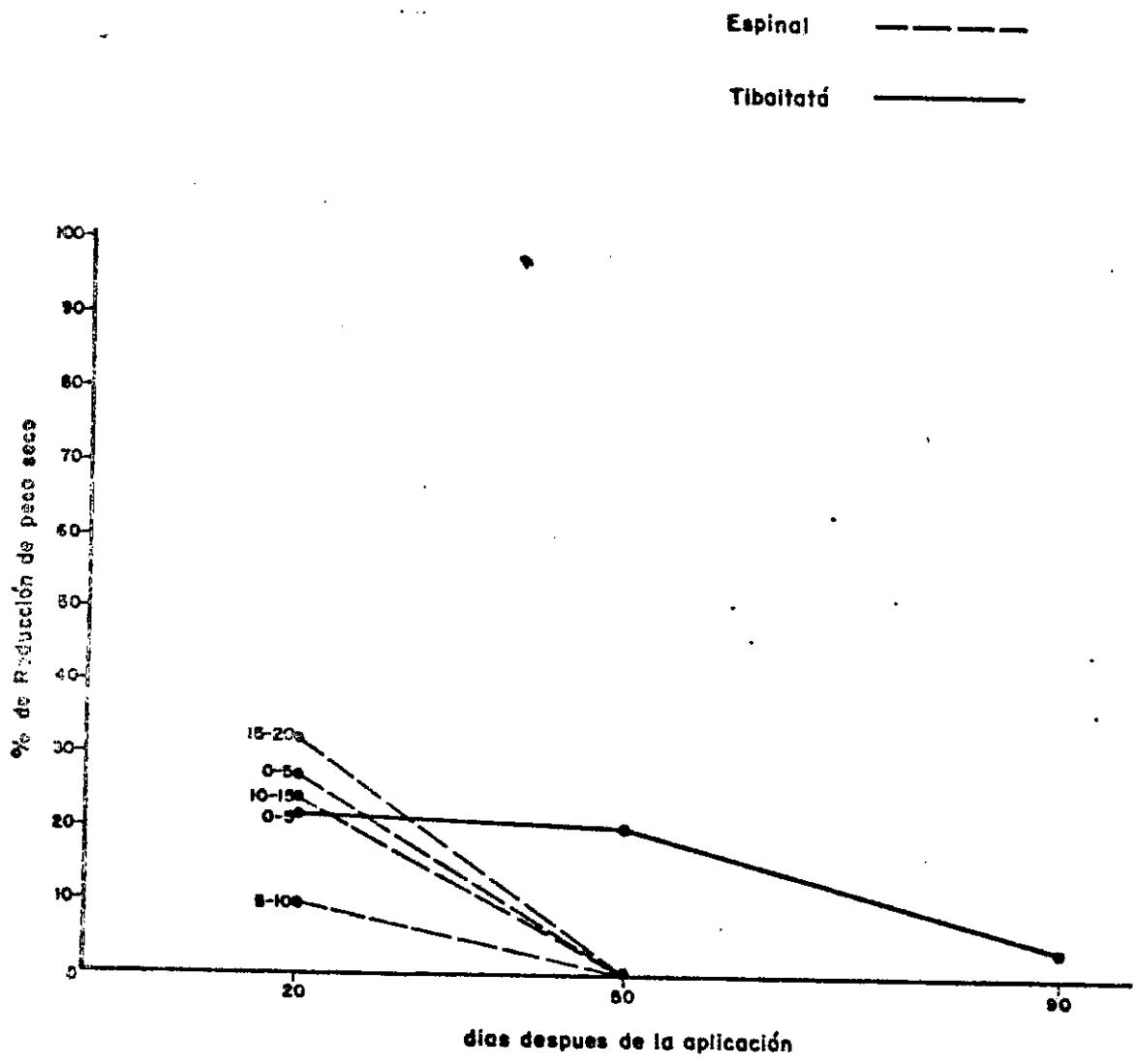


FIGURA 4. Lixiviación de 1 Kg i.a./Ha de diuron determinado por la reducción del peso seco de avena en suelos serie Espinal y Tibaitatá a 20, 50 y 90 días y a 4 profundidades.

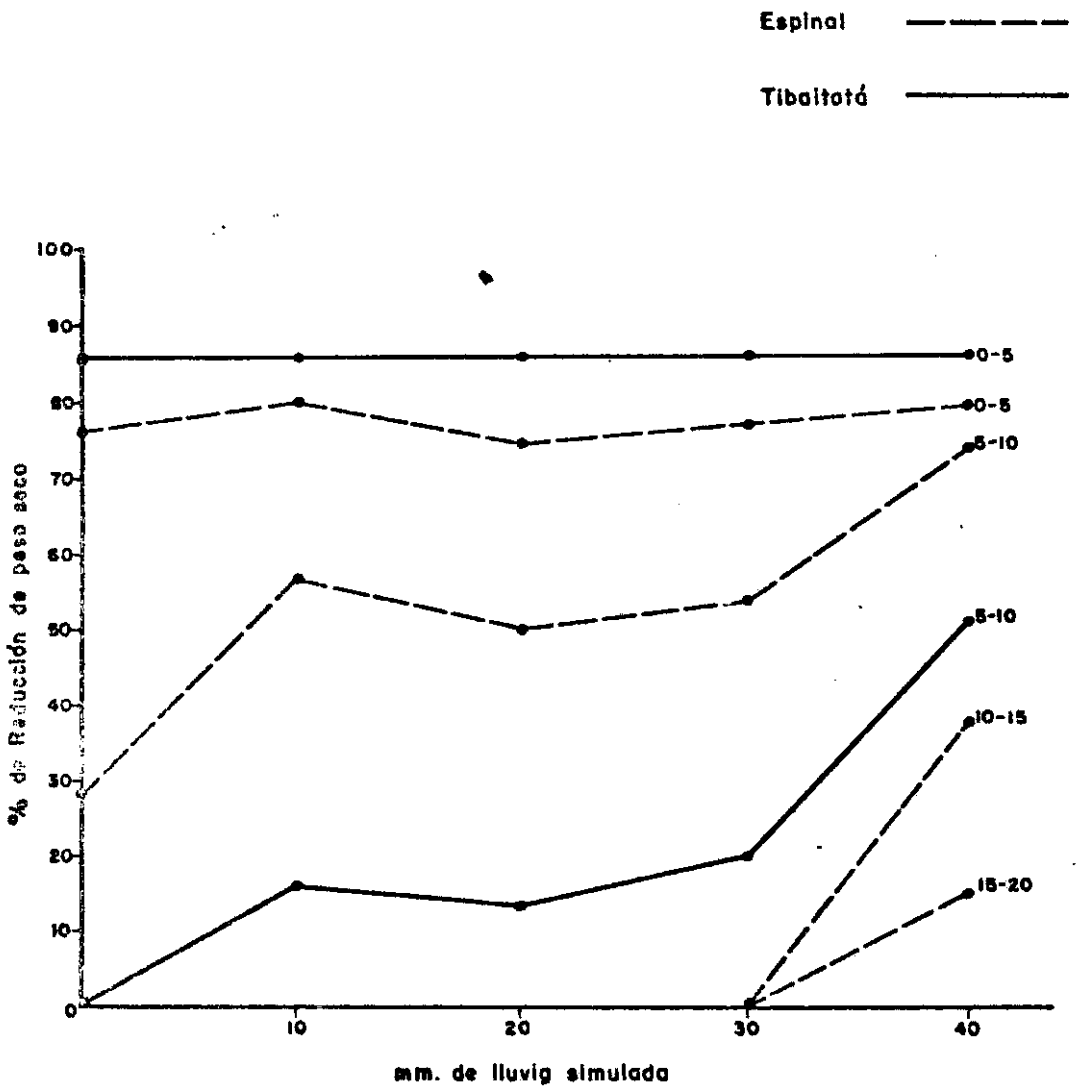


FIGURA 5. Porcentaje de reducción con 4 Kg i.a./Ha de atrazina, aplicando 5 niveles de lluvia simulada en suelos serie Espinal y Tibaitatá a 4 profundidades.

suelo hasta 20 cm de profundidad, lo que comprueba que a más de la dosis y de las propiedades físicas del suelo (textura, estructura y M.O.) influye también la intensidad de las lluvias.

En el suelo serie Tibaitatá se puede decir que la actividad del diuron se presentá en una forma casi constante, en la profundidad de 0-5 con las cinco intensidades de lluvia simulada, mientras que en el suelo serie Espinal para esta profundidad la actividad del diuron se aumentó notoriamente con intensidades de lluvia de 40 mm. Además en los dos tipos de suelo se presentó movimiento del diuron hasta los 10 cms de profundidad, incremento que fue muy notorio con 40 mm de lluvia simulada. Con 10 mm de lluvia se presenta un ligero movimiento (15% de reducción en el porcentaje de peso seco de avena). En suelos serie Tibaitatá hubo diferencia en la actividad del diuron en las profundidades de 0-5 y 5-10. Para los dos tipos de suelos siguientes. En el suelo serie Espinal la atrazina presentó notable movimiento en las profundidades 5-10 y 10-15 durante los 90 días del experimento siendo más marcada en los primeros 20 días del experimento, especialmente en las profundidades de 15 a 20 en la cual la avena no detecta residuos a los 90 días. Los datos que se presentan en la Figura 6 indican claramente que el movimiento de diuron a dosis de 2 kgr i.a/Ha dependió de la textura del suelo y del contenido de M.O.

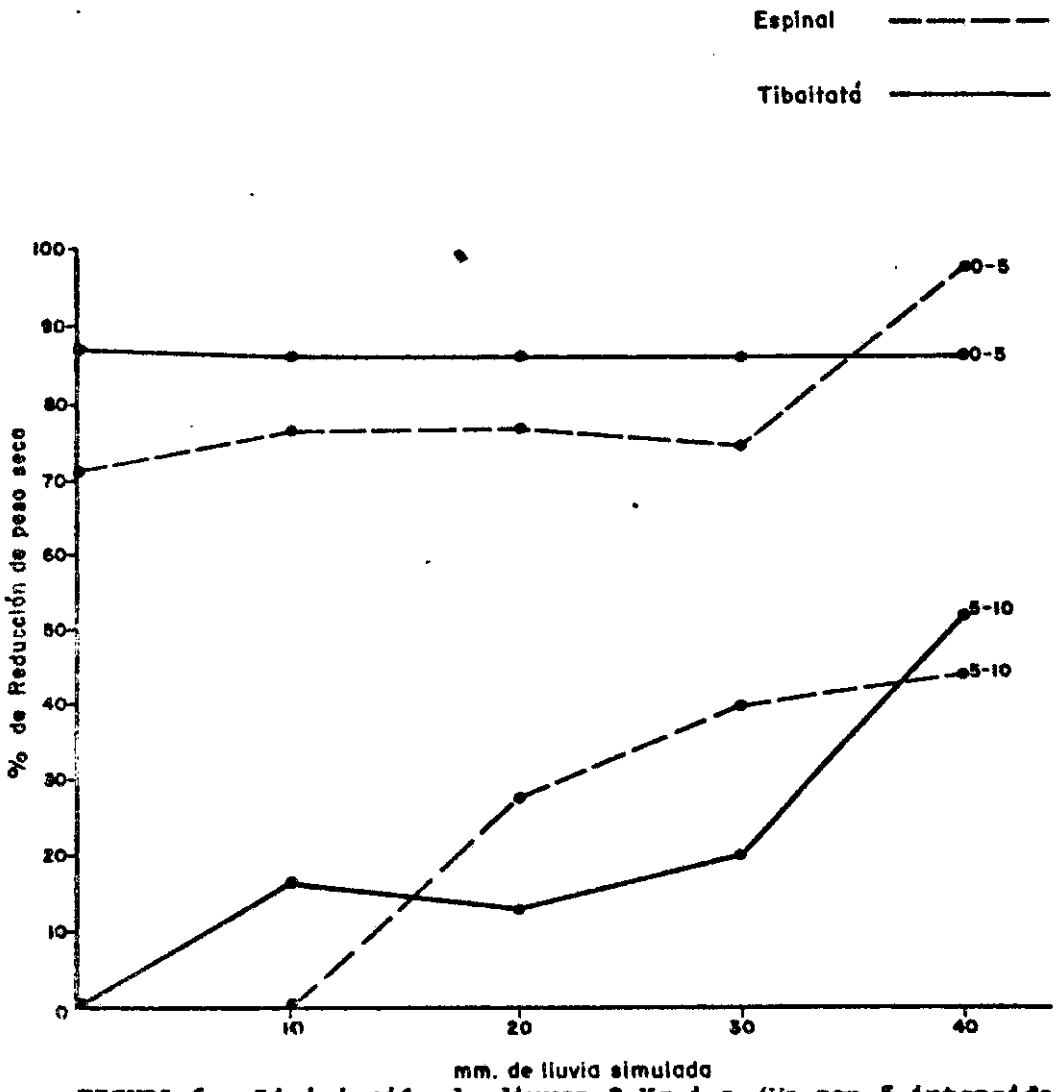


FIGURA 6. Lixiviación de diuron 2 Kg i.a./Ha con 5 intensidades de lluvia simulada y a 4 profundidades en suelos serie Espinal y Tibaitatá.

5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo se pueden deducir las siguientes conclusiones:

La mayor actividad herbicida de atrazina y diuron se presentó en los primeros cinco centímetros del suelo, tanto en el ensayo de campo como el realizado en cilindros de plástico y en las dos series de suelos (Espinal y Tibaitatá).

En el ensayo de campo en suelo serie Tibaitatá hubo lixiviación de los herbicidas hasta los 20 centímetros de profundidad en los primeros 20 días después de la aplicación y con la dosis alta de cada uno de los herbicidas. En el suelo serie Espinal con la dosis más alta de atrazina se presentó movimiento vertical hasta los 90 días, en la dosis de 2 kg de ia/Ha se presentó movimiento hasta los 20 primeros días. El diuron en ambas dosis 2 y 1 kg ia/Ha se movió hasta los 20 centímetros en los primeros 20 días.

La residualidad de la atrazina es hasta de 90 días, siendo mayor en la dosis alta y en el suelo serie Espinal. El diuron presentó un efecto residual hasta los 20 días en el suelo serie espinal y hasta de 90 días en suelos series Tibaitatá escasamente detectado por la avena a los 50 y 90 días.

El ensayo realizado en cilindros de plástico se detectó movi - miento vertical de atrazina con la mayor intensidad de lluvia y con el suelo a capacidad de campo, siendo mayor en el suelo liviano (serie Espinal) que en el suelo pesado (serie Tibaitatá). El movimiento de diuron no llega a los 20 centímetros en los dos tipos de suelo y con los niveles más altos de lluvia y humedad.

La atrazina y el diuron no presentó problema en cuanto a lixi- viación en aplicaciones de tipo comercial, ya que las dosis que se utilizaron están por debajo de las empleadas en este ensayo.

6. RESUMEN

Con el fin de determinar la influencia de la textura, la humedad del suelo al momento de la aplicación y las lluvias posteriores sobre la lixiviación de diuron y atrazina, se realizó un experimento en los Centros Experimentales Tibaitatá y Nataima, bajo condiciones de campo y condiciones de invernadero.

En el campo se aplicó diuron a dosis de 2 y 1 kg ia/Ha y atrazina a 4 y 2 kg ia/Ha , sobre la superficie del suelo con las labores de labranza necesarias para el establecimiento de cualquier cultivo comercial. La aspersión se hizo con un equipo de gas carbónico, utilizando un volumen de 200 litros de agua por hectárea y una presión de 25 lb por p ulgada cuadrada. El movimiento de los herbicidas en el suelo se determinó por el método de bioensayo, utilizando la Avena sativa L. como planta indicadora, sembrándola en muestras de suelo recogidas a los 20, 50 y 90 días después de la aplicación y cosechándola 20 días después de la siembra.

En el invernadero los suelos fueron colocados en cilindros de plástico de 30 centímetros de altura por siete de diámetro; sobre la superfi - cie del suelo se aplicó una cantidad de agua equivalente a los niveles de humedad de cero, 50 y 100 porciento de capacidad de campo, teniendo en

cuenta la capacidad de infiltración del suelo. En estas condiciones de humedad se aplicó igualmente sobre la superficie de los cilindros los herbicidas diuron a razón de 2 kg ia/Ha y atrazina a 4 kg ia/Ha , mediante un atomizador de mano procurando que el herbicida quedara distribuído uniformemente. Con un intervalo de 24 horas se aplicaron cinco intensidades de lluvia simulada, dejándolos en esta forma ocho días para asegurar el máximo movimiento de los herbicidas. Al final de este tiempo se dividió cada cilindro en secciones de 6 cm para sembrarlas con a vena.

Los resultados analizados estadísticamente permitieron concluír que los herbicidas se lixiviaron aún en condiciones de campo, presentando un prolongado efecto residual dependiendo de la dosis y siendo influenciada su actividad por la humedad del suelo. Con niveles altos de humedad e intensidades de lluvía por encima de 20 mm, la atrazina se lixivió en la capa de 0-10 cm de superficie y el diuron fue detectado a una profundidad mayor en los suelos livianos (serie Espinal). En suelos de la serie Tibaitatá el efecto residual del diuron y de la atrazina en sus dosis bajas fue menor que en los suelos de la serie Espinal, posiblemente debido a la acción de los microorganismos.

BIBLIOGRAFIA

1. ABERNATHY, J.R. and DAVIDSON, J.M. Effect of calcium chloride on prometryne and fluometuron adsorption in soil. Weed Sci. (EE.UU). 19: 517-521. 1971.

2. ALLCOCK, H.R. Heteroaton ring systems and polymers. New York, Academic Press, 1967. p. 17

3. ASHTON, F.M. Movement of herbicides in soil with simulated furrow irrigation. Weeds 9: 612-619. 1961.

4. BAILEY, G.W.; WHITE, L.S. and ROTHBERG, T. Adsorption of organic herbicides by montmorillonita. Role of pH and Chemical Character by adsorbate. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32: 222. 1968.

5. BAYER, D.E. Effect of surfactants on leaching of substituted urea herbides in soil. Weed Sci. (EE.UU.). 15: 249-252. 1967.

6. BOITSOU, I.N. and FINKEL SHTEIN, A.I. Optrial investigations of the moleculer structure of s-triazine derivates. Opties and sputroscopy. 7: 307. 1969.

7. BOVEY, R.W. and DIAZ-COLON, J.D. Effect of simulated rainfall on herbicide performance, Weed Sci. (EE.UU.). 17: 154-157. 1969.

8. BURSIDE, O.C.; FENSTER, C.R. and WICKS, G.A. Dissipation and leaching of monuron, simazine and atrazine in Nebraska soil. Weed Sci. (EE.UU.) 11: 209-213. 1963.

9. _____; FENSTER, C.R. and WICKS, G.A. Soil persistence of repeated annual applications of atrazine. Weed Sci. (EE.UU.) 19: 290-293. 1971.

10. CARDENAS, J. and SANTELMANN, P.W. Influence of irrigation and formulation of activity of NPA, amiben and DCPA. Weed Sci. (EE.UU.) 14: 309-312. 1966.

11. DELI, J. and WARREN, G.F. Adsorption, desorption and leaching of dephenamid in soils. Weed Sci. (EE.UU.) 19: 67-72. 1971.

12. DOHERTY, P.J. and WARREN, J.F. The adsorption of four herbicides by different types of organic mather and a bentomnite clay. Weed Res. 9: 20-26. 1969.

13. DUBEY, H.D. and FREEMAN, J.F. Leaching of linuron and diphenamid in soils. Weed Sci. (EE.UU.) 13: 360-362. 1965.

14. DUNIGAN, E.P. and McINTESH, T.H. Atrazine soil. Organic matther interactions. Weed Sci. (EE.UU.) 19: 279-282. 1971.

15. ESHEL, Y. and WARREN, G.F. A simplified method for determining phytotoxicity, leaching and adsorption of herbicides ins soils. Weed Sci. (EE.UU.) 15: 115-118. 1967.

16. FIGUEROLA, L.F. and FURTICK, W.R. Edaphic factors affecting the activity of terbutryn. Weed Sci. (EE.UU.) 20: 28-30. 1972.

17. FLYNT, T.O.; RILEY, J.E.; BOVEY, R.W. and MEYER, R.E. Auger soil sampler for herbicides residues. Weed Sci. (EE.UU.) 19: 583-584. 1971

18. FRISSEL, M.S. and BOLT, G.H. Interaction between certain ionizable organic compounds (Herbicides) and clay minerals. Soil Sci. 94: 284. 1962.

19. FRISSEL, M.J. The adsorption of some organic compounds especially herbicides, on clay minerals. Hand Book ondinz N.R. 673. Wageningen, 1961. 54 p.

20. GROVER, R. Influence of soil moisture content on the bicactivity of picloram. Weed Sci. (EE.UU.) 18: 110-111. 1970.

21. GROVEL, R. Influence of organic matter. texture and available water en the toxicity of simazine in soil. Weed Sci. (EE.UU.) 14: 148-151. 1966.

22. HANCE, R.J. The adsorption of linuron, atrazine, and EPTC by model aliphatie adsorbente and soil organic preparations. Weed Res. 9: 108-113. 1969.

23. HARRIS, C.I. Adsorption movement and phytotoxicity of monuron and s-triazine herbicides in soils. Weed Sci. (EE.UU.) 14: 6-10. 1966.

24. _____. Movement of herbicides in soil. Weed Sci. 15: 214-216. 1967.

25. HARGOVE, R.S. and MERKLE, M.G. The less of alachler from soil. Weed Sci. (EE.UU.) 19: 562-564. 1971.

26. HELLING, S.C. ; KAUFMAN, D. and DIETER, C.T. Algas bioassay detection of pesticide movility in soils. Weed Sci. (EE.UU.) 19: 685-690. 1971.

27. HELLING, C.S. Pesticide movility in soils. III. Influence of soil properties. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 35: 743-748. 1971.

28. HOUSEWORTH, L.D. and TWEEDY, B.G. Interactions of light, temperature and hoisture on terbutryn toxicity. Weed Sci. (EE.UU.) 19: 732-735. 1971.

29. LAMBERT, S.M.; PORTER, P.E. and SCHIEFERSTEIN, R.H. Movement and sorption of chemicals applied to the soil. Weed Sci. (EE.UU.). 13: 185-190. 1965.

30. LAVY, T.L. Diffusion of three clor- s-triazine in soil. Weed Sci. (EE.UU.) 18: 53-56. 1970.

31. LYEU, L.C. and CIBES-VIADE, H.R. Leaching of atrazine, ametrine, and prometrine in the soil. Jour Agr. of the Univ. of Puerto Rico. 54: 5-18. 1970.

32. NEARPASS, D.C. Effect of the predominating cation on the adsorption of simazine and atrazine by Bayboro clay, Soil. Science. 103-177. 1967.

33. SANTELMANN, P.W.; WEBER, J.B. and WIESE, A.T. A study of soil bioassay technique using prometryne. Weed Sci. (EE.UU.) 19: 170-174. 1971.

34. SEDGLEY, R.H. and BOERSME, L. Effect of soil water stress and soil temperature on translocation of diuron. Weed Sci. (EE.UU.) 17: 304-306. 1969.

35. SHEETS, T.S. The comparative toxicities of monuron and simazine in soil. Weedds 6: 413-424. 1958.

36. SMITH, G.S. and CALLAHAM, L.M. The respose of Kentucky Bluegrass to soil residues of preemergence herbicides. Wedd Sci. (EE.UU.) 17: 13-15. 1969.

37. SMOLIN, E.M. and RAPOPORT, L. S-triazines and derivates. Opties and Spectroscopy. 7: 307. 1959.

38. STANGER JUNIOR, E. and APPLEBY, P. Effect of soil type and irrigation method en lateral movement of cycloate. Weed Sci. (EE.UU.). 19: 709-711. 1971.

39. STICKLER, R.L.; KNAKE, E.L. and HINESSELY, T.D. Soil meisture and affectiveness of preemergence herbicides. Weed Sci. (EE.UU.) 17: 257-259. 1969.

40. TALBERT, R.E. and FLETCHALL, O.H. The adsorption of some S-triazine in soils. Weeds 13: 46. 1965.

41. _____; SMITH, D.R. and FRANS, R.E. Volatilization, leaching, and adsorption of prometryne in realtion to selectivity in cotton. Weed Sci. (EE.UU.) 19: 6-10. 1971.

42. UPCHURCH, R.P. and MASON,D.A. The influence of soil organic matter of the phytotoxicity of herbicides. Weeds 10: 9-14. 1962.

43. WARD, T.M. and WEBER, J.B. A queous solubility of alkylaminio s-triazines as a function of pH and Molecular structure. J. Agr. Food Chem. 16: 959. 1969.

44. WEBER, J.B. Spectrophotometrically determined ionization constants of 13 alkylamino-s-triazines and the relation ships of molecular structure and basicity. Spectrochimica Acta 23A: 458. 1967.

45. _____. Interaction of organic pesticides with particulate matter in aquatic and soil systems. Washington, American Chemical Society, 1972.

46. WELDON, L.W. and TIMMONS, F.L. Penetration and persistence of diuron in soil. Weed Sci. (EE.UU.) 9: 195-203. 1961.

47. WIESE, A.F. and SMITH, D.T. Herbicides activity as affected by soil incorporation and rainfail. Weed Sci. (EE.UU.) 18: 515-517. 1970.

APENDICE

TABLA 1. Interacción de herbicidas por profundidad sobre altura de avena en muestras de suelos serie Tibaitatá recolectadas 20 días después de la aplicación.

Profundidades	Herbicidas					Prom. Prof.
	Atraz.[4]	Atraz.[2]	Diur.[2]	Diur.[1]	Testigo	
0 - 5	11.67	11.42	16.72	17.80	19.72	15.47
5 - 10	20.90	22.30	20.90	21.97	22.17	21.65
10 - 15	19.27	22.52	20.15	20.32	23.15	21.08
15 - 20	18.05	19.87	18.70	18.60	21.20	19.28
Promedio Herb.	17.47	19.03	19.11	19.67	21.56	19.37

ANALISIS DE VARIANZA

F.V.		Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. Calculado
Replicaciones	3	41.345	13.782	1.68
Herbicidas	4	138.762	34.690	4.22
Error Herbicida	12	98.699	8.225	-
Profundidad	3	467.207	155.736	42.18
Interacción	12	162.133	13.511	3.66
Error Prof.	45	166.146	3.692	-
Total	79	1.074.292		

C.V.A. = 14.80 DMSA5 = 2.210 DMSA1 = 3.103
C.V.B. = 9.92 DMSA5 = 1.227 DMSB1 = 1.635
DMS Int5 = 2.745 DMS Int1 = 3.655

TABLA 2. Promedio de peso verde en gr/planta de avena en muestras de suelo serie Tibaitatá recolectadas 20 días después de la aplicación.

Profundidades	Herbicidas					Prom. Prof.
	Atraz.^{4}	Atraz.^{2}	Diur.^{2}	Diur.^{1}	Testigo	
0 - 5	0.029	0.058	0.174	0.247	0.335	0.169
5 -10	0.287	0.307	0.282	0.347	0.295	0.304
10 -15	0.250	0.360	0.310	0.290	0.375	0.317
15 -20	0.262	0.275	0.252	0.312	0.337	0.288
Promedio Herb.	0.207	0.250	0.255	0.299	0.336	0.269

ANALISIS DE VARIANZA

Fuente de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. calculado
Replicaciones	3	0.012	0.004	0.78
Herbicidas	4	0.156	0.039	7.58
Error herbicida	12	0.062	0.005	
Profundidad	3	0.279	0.093	19.48
Interacción	12	0.180	0.015	3.14
Error profundidad	45	0.215	0.005	
Total	79	0.904		

C.V.A.	= 26.62	DMSA5	= 0.005	DMSA1	= 0.078
C.V.B.	= 25.66	DMSB5	= 0.044	DMSB1	= 0.059
DMS Int5	= 0.099	DMS Int1	= 0.132		

TABLA 3. Interacción de herbicidas por profundidad sobre el peso seco promedio en gr/planta de avena en suelo serie Tibaitatá 20 días después de la aplicación.

Profundidades	Herbicidas					Prom. prof.
	Atraz^{4}	Atraz^{2}	Diur^{2}	Diur^{1}	Testigo	
0 - 5	0.030	0.017	0.026	0.045	0.057	0.035
5 - 10	0.045	0.057	0.047	0.055	0.050	0.051
10 - 15	0.042	0.062	0.050	0.050	0.060	0.053
15 - 20	0.047	0.057	0.045	0.065	0.060	0.055
Promedio Herb.	0.041	0.049	0.042	0.054	0.057	0.049

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. Calculado
Replicaciones	3	0.001	0.000	0.98
Herbicidas	4	0.003	0.001	3.29
Error herbicida	12	0.003	0.000	
Profundidad	3	0.005	0.002	7.00
Interacción	12	0.004	0.000	1.36
Error profundidad	45	0.011	0.000	
Total	79	0.027		

C.V.A. = 31.42 DMSA5 = 0.012 DMSA1 = 0.017
C.V.B. = 32.09 DMSB5 = 0.010 DMSB1 = 0.013
DMS Int 5 = 0.022 DMS Int 1 = 0.030

TABLA 4. Actividad de atrazina y diuron sobre la altura de avena promedio por planta en cm suelo serie Tibaitatá, 20 días.

Dosis ppm	Atrazina	Diuron
5×10^{-3}	18.87	20.27
5×10^{-2}	18.32	21.17
1×10^{-1}	19.47	20.35
5×10^{-1}	13.82	18.15
1	10.30	21.17
5	9.62	10.47

ANALISIS DE VARIANZA

Fuente de varianza	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F. calculado
Replicaciones	3	1.102	0.367	0.14
Herbicidas	1	133.656	133.656	49.14
Dosis	5	116.055	23.211	8.53
Herb. x dosis	5	599.785	119.957	44.10
Error	33	89.754	2.720	
Total	47	940.352		

C.de V. = 9.85

DMSA 5	= 0.971	DMSA 1	= 1.309
DMSB 5	= 1.682	DMSB 1	= 2.268
DMS Int 5	= 0.687	DMS Int 1	= 0.926

TABLA 5. Actividad de atrazina y diuron sobre peso fresco promedio en gr por planta de avena suelo serie Tibaitatá a los 20 días.

Dosis ppm	Atrazina	Diuron
5×10^{-3}	0.414	0.317
5×10^{-2}	0.341	0.317
1×10^{-1}	0.329	0.407
5×10^{-1}	0.145	0.281
1	0.080	0.262
5	0.014	0.317

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculado
Replicaciones	3	0.005	0.002	1.31
Herbicidas	1	0.037	0.037	29.69
Dosis	5	0.105	0.021	17.03
Herb. x dosis	5	0.678	0.136	110.03
Error	33	0.041	0.001	
Total	47	0.865		

C. de V = 14.15 DMSA 5 = 0.021 DMSA 1 = 0.028
DMSB 5 = 0.036 DMSB 1 = 0.048
DMS Int 5 = 0.015 DMS Int 1 = 0.020

TABLA 6. Actividad de atrazina y diuron sobre el peso seco promedio en gr/planta de avena suelo serie Tibaitatá, 20 días.

Dosis ppm	Atrazina	Diuron
5×10^{-3}	0.059	0.052
5×10^{-2}	0.049	0.054
1×10^{-1}	0.057	0.065
5×10^{-1}	0.020	0.051
1	0.012	0.052
5	0.004	0.013

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculado
Replicaciones	3	0.000	0.000	0.12
Herbicidas	1	0.002	0.002	30.14
Dosis	5	0.003	0.001	7.52
Herb. x dosis	5	0.015	0.003	37.54
Error	33	0.003	0.000	
Total	47	0.023		

C. de V. = 22.02

DMSA 5	= 0.005	DMSA 1	= 0.007
DMSB 5	= 0.009	DMSB 1	= 0.012
DMS Int 5	= 0.004	DMS Int 1	= 0.005

TABLA 7. Promedio de altura en cm por planta en muestras de suelo serie Tibaitatá recolectadas 50 días después de la aplicación.

Profundidades	Herbicidas					Prom.
	Atraz.^{4}	Atraz.^{2}	Diur.^{2}	Diur.^{1}	Testigo	Prof.
0 - 5	12.92	15.72	20.15	20.45	16.92	17.23
5 - 10	21.05	20.87	21.65	21.47	16.87	20.38
10 - 15	20.65	20.97	19.50	20.15	16.05	19.46
15 - 20	20.02	20.62	19.65	20.42	17.07	19.56
Promedio Herb.	18.66	19.55	20.23	20.62	16.73	19.16

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. Calculado
Replicaciones	3	23.021	7.674	0.64
Herbicidas	4	153.762	38.440	3.21.
Error herbicida	12	143.913	11.993	
Profundidad	3	109.249	36.416	9.68
Interacción	12	164.968	13.747	3.65
Error Profundidad	45	169.355	3.763	
Total	79	764.268		

C.V.A.	= 18.07	DMSA 5	= 2.669	DMSA 1	= 3.747
C.V.B.	= 10.12	DMSB 5	= 1.239	DMSB 1	= 1.650
DMS Int. 5	= 2.771	DMS Int 1	= 3.690		

TABLA 8. Promedio de peso fresco en gr por planta de avena en muestras de suelo serie Tibaitatá 50 días después de la aplicación de los herbicidas.

Profundidades	Herbicidas					Prom. Prof.
	Atraz[4]	Atraz[2]	Diur[2]	Diur[1]	Testigo	
0 - 5	0.210	0.200	0.362	0.335	0.340	0.289
5 - 10	0.365	0.382	0.337	0.367	0.340	0.358
10 - 15	0.377	0.435	0.362	0.392	0.322	0.378
15 - 20	0.450	0.480	0.400	0.310	0.367	0.401
Promedio Herb.	0.351	0.374	0.366	0.351	0.342	0.357

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F. Calculado
Replicaciones	3	0.012	0.004	0.29
Herbicidas	4	0.011	0.003	0.20
Error herbicida	12	0.161	0.013	
Profundidad	3	0.140	0.047	7.29
Interacción	12	0.192	0.016	5.50
Error profundidad	45	0.287	0.006	
Total	79	0.802		

C.V A.	= 32.46	DMSA 5	= 0.089	DMSA 1	= 0.125
C.V.B.	= 22.39	DMSB 5	= 0.051	DMSB 1	= 0.068
DMS Int 5	= 0.114	DMS Int 1	= 0.152		

TABLA 9. Promedio de peso seco en gr por planta de avena en muestras de suelo serie Tibaitatá recolectadas 50 días después de la aplicación.

Profundidades	Herbicidas					Prom. Prof.
	Atraz.[4]	Atraz.[2]	Diur.[2]	Diur.[1]	Testigo	
0 - 5	0.022	0.018	0.035	0.032	0.040	0.040
5 - 10	0.047	0.042	0.040	0.033	0.040	0.040
10 - 15	0.047	0.050	0.050	0.042	0.035	0.045
15 - 20	0.037	0.037	0.047	0.042	0.032	0.032
Promedio herb.	0.037	0.043	0.037	0.037	0.037	0.039

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. Calculado
Replicaciones	3	0.000	0.000	0.48
Herbicidas	4	0.000	0.000	1.02
Error herbicida	12	0.001	0.000	
Profundidad	3	0.003	0.001	9.21
Interacción	12	0.002	0.000	2.20
Error profundidad	45	0.004	0.000	
Total	79	0.011		

C.V.A. = 26.67	DMSA 5 = 0.008	DMSA 1 = 0.011
C.V.B. = 24.96	DMSB 5 = 0.006	DMSB 1 = 0.008
	DMS Int 5 = 0.014	DMS Int 1 = 0.018

TABLA 10. Actividad de Atrazina y Diuron sobre la altura promedia en cm por planta de avena en suelo serie Tibaitatá recolectado a 50 días.

Dosis ppm	Atrazina	Diuron
5×10^{-3}	20.52	22.40
5×10^{-2}	20.90	21.95
1×10^{-1}	20.92	22.07
5×10^{-1}	18.27	21.72
1	10.85	21.65
5	8.175	15.950

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. Calculado
Replicaciones	3	5.887	1.962	1.18
Herbicidas	1	227.059	227.059	136.70
Dosis	5	162.801	32.560	19.60
Herb. x dosis	5	596.848	119.370	71.87
Error	33	54.813	1.661	
Total	47	1.047.406		

C.de V. = 6.86

DMSA 5	=	0.759	DMSA 1	= 1.023
DMSB 5	=	1.315	DMSB 1	= 1.772
DMS Int 5	=	0.537	DMS Int 1	= 0.723

TABLA 11. Actividad de atrazina y diuron sobre el peso fresco de avena en gr por planta en suelo serie Tibaitatá, 50 días.

Dosis ppm	Atrazina	Diuron
5×10^{-3}	0.377	0.419
5×10^{-2}	0.365	0.465
1×10^{-1}	0.367	0.451
5×10^{-1}	0.256	0.393
1	0.173	0.406
5	0.125	0.230

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculado
Replicaciones	3	0.11	0.004	0.97
Herbicidas	1	0.173	0.173	46.00
Dosis	5	0.051	0.010	2.74
Herbic. x dosis	5	0.350	0.070	18.67
Error	33	0.124	0.004	
Total	47	0.709		

C. de V. = 18.33

DMSA 5	= 0.036	DMSA 1	= 0.049
DMSB 5	= 0.062	DMSB 1	= 0.084
DMS Int 5	= 0.026	DMS Int 1	= 0.034

TABLA 12. Actividad de atrazina y diuron sobre el peso seco promedio en gr por planta suelo serie Tibaitatá, 50 días.

Dosis ppm	Atrazina	Diuron
5×10^{-3}	0.047	0.059
5×10^{-2}	0.038	0.055
1×10^{-1}	0.048	0.043
5×10^{-1}	0.036	0.047
1	0.017	0.041
5	0.013	0.023

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F. Calculado
Replicaciones	3	0.000	0.000	1.51
Herbicidas	1	0.002	0.002	21.63
Dosis	5	0.001	0.000	2.63
Herb. x dosis	5	0.007	0.001	18.28
Error	33	0.002	0.000	
Total	47	0.012		

C. de V. = 21.76

DMSA 5	= 0.005	DMSA 1	= 0.007
DMSB 5	= 0.009	DMSB 1	= 0.012
DMS Int 5	= 0.004	DMS Int 1	= 0.005

TABLA 13. Interacción de herbicidas por profundidad sobre la altura de avena en suelo serie Tibaitatá, recolectados 90 días después de la aplicación.

Profundidades	Herbicidas					Prom. Prof.
	Atraz.4	Atraz3	Diur2	Diur.1	Testigo	
0 - 5	12.65	11.20	14.15	10.70	11.92	12.12
5 - 10	14.90	14.07	15.20	10.40	9.55	12.82
10 - 15	13.75	12.62	14.72	7.25	9.50	11.57
15 - 20	14.60	11.15	14.72	7.80	8.37	11.27
Promedio Herb.	13.97	12.26	14.62	9.03	0.83	11.94

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. Calculado
Replicaciones	3	27.866	9.289	1.53
Herbicidas	4	388.803	97.201	15.98
Error herbicida	12	72.980	6.082	
Profundidad	3	28.070	9.357	2.36
Interacción	12	73.858	6.155	1.55
Error Profundidad	45	178.785	3.973	
Total	79	770.362		

C .V.A. = 20.64	DMSA 5	= 1.901	DMSA 1	= 2.668
C.V.B. = 16.68	DMSB 5	= 1.273	DMSB 1	= 1.696
	DMS Int 5	= 2.847	DMS Int 1	= 3.791

TABLA 14. Interacción de herbicidas por profundidad sobre peso fresco de avena en suelo serie Tibaitatá en muestras recolectadas 90 días después de la aplicación.

Profundidades	Herbicidas					Prom. Prof.
	Atraz^{4}	Atraz^{2}	Diur^{2}	Diur^{1}	Testigo	
0 - 5	0.128	0.119	0.171	0.112	0.120	0.130
5 - 10	0.225	0.201	0.215	0.150	0.130	0.184
10 - 15	0.160	0.174	0.187	0.115	0.115	0.150
15 - 20	0.200	0.143	0.182	0.122	0.110	0.152
Promedio Herb.	0.178	0.159	0.189	0.125	0.119	0.154

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F. Calculado
Replicaciones	3	0.002	0.001	0.17
Herbicidas	4	0.063	0.016	5.28
Error herbicida	12	0.036	0.003	
Profundidad	3	0.030	0.010	8.67
Interacción	12	0.016	0.001	1.15
Error profundidad	45	0.052	0.001	
Total	79	0.198		

C.V.A. = 35.40	DMSA 5 = 0.042	DMSA 1 = 0.059
C.V.B. = 22.05	DMSB 5 = 0.022	DMSB 1 = 0.029
	DMS Int 5 = 0.049	DMS Int 1 = 0.065

TABLA 15. Interacción de herbicidas por profundidad sobre el peso seco de avena suelo serie Tibaitatá 90 días después de la aplicación.

Profundidades	Herbicidas					Prom. Prof.
	Atraz.[4]	Atraz.[2]	Diur.[2]	Diur.[1]	Testigo	
0 - 5	0.012	0.014	0.019	0.011	0.020	0.015
5 - 10	0.027	0.024	0.027	0.014	0.015	0.022
10 - 15	0.025	0.017	0.025	0.014	0.013	0.019
15 - 20	0.030	0.018	0.019	0.016	0.016	0.020
Promedio Herb.	0.024	0.018	0.023	0.014	0.016	0.019

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. Calculado
Replicaciones	3	0.000	0.000	0.19
Herbicidas	4	0.001	0.000	2.80
Error herbicida	12	0.001	0.000	
Profundidad	3	0.000	0.000	7.82
Interacción	12	0.001	0.000	3.84
Error profundidad	45	0.001	0.000	
Total	79	0.005		

C.V.A. = 53.50	DMSA 5	= 0.008	DMSA 1	= 0.011
C.V.B. = 22.94	DMSB 5	= 0.003	DMSB 1	= 0.004
	DMS Int 5	= 0.006	DMS Int 1	= 0.008

TABLA 16. Actividad de atrazina y diuron sobre la altura de plantas de avena suelo serie Tibaitatá, 90 días.

Dosis ppm	Atrazina	Diuron
5×10^{-3}	16.75	10.40
5×10^{-2}	15.65	13.80
1×10^{-1}	15.07	13.47
5×10^{-1}	10.42	13.60
1	9.15	14.50
5	8.72	10.00

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. Calculado
Replicaciones	3	8.387	2.796	1.28
Herbicidas	1	1.332	1.332	0.61
Dosis	5	205.332	41.066	18.84
Herbicida x dosis	5	154.359	30.872	14.16
Error	33	71.926	2.180	
Total	47	441.336		

C.de V. = 11.54

DMSA 5	= 0.869	DMSA 1	= 1.172
DMSB 5	= 1.506	DMSB 1	= 2.030
DMS Int 5	= 0.615	DMS Int 1	= 0.829

TABLA 17. Actividad de atrazina y diuron sobre el peso fresco de avena en suelo serie Tibaitatá, 90 días.

Dosis ppm	Atrazina	Diuron
5×10^{-3}	0.297	0.107
5×10^{-2}	0.251	0.200
1×10^{-1}	0.225	0.206
5×10^{-1}	0.057	0.237
1	0.020	0.219
5	0.017	0.054

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. Calculado
Replicaciones	3	0.285	0.095	1.06
Herbicidas	1	0.154	0.154	1.61
Dosis	5	0.479	0.096	1.07
Herbicida x dosis	5	0.900	0.180	2.02
Error	33	2.944	0.089	
Total	47	4.752		

C.deV. = 14.98

DMSA 5	= 0.176	DMSA 1	= 0.237
DMSB 5	= 0.305	DMSB 1	= 0.411
DMS Int 5	= 0.124	DMSB Int 1	= 0.168

TABLA 18. Actividad de atrazina y diuron sobre el peso seco de avena suelo serie Tibaitatá, 90 días.

Dosis ppm	Atrazina	Diuron
5×10^{-3}	0.039	0.017
5×10^{-2}	0.032	0.033
1×10^{-1}	0.033	0.028
5×10^{-1}	0.010	0.021
1	0.008	0.018
5	0.006	0.007

ANALISIS DE VARIANZA

Fuente de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. Calculado
Replicaciones	3	0.000	0.000	0.83
Herbicidas	1	0.000	0.000	0.19
Dosis	5	0.001	0.000	0.21
Herbicida x dosis	5	0.005	0.001	20.83
Error	33	0.001	0.000	
Total	47	0.008		

C. de V. = 31.43

DMSA 5	=	0.004	DMSA 1	= 0.005
DMSB 5	=	0.007	DMSB 1	= 0.009
DMS Int 5	=	0.003	DMS Int 1	= 0.004

TABLA 19. Interacción de herbicidas por profundidad sobre la altura de avena en suelo serie Espinal recolectados 20 días después de la aplicación.

Profundidades	Herbicidas					Prom. Prof.
	Atraz.^{4}	Atraz.^{2}	Diur.^{2}	Diur.^{1}	Testigo	
0 - 5	6.87	7.12	8.92	8.87	8.30	8.02
5 - 10	7.52	7.20	8.45	6.97	8.12	7.80
10 - 15	8.90	8.57	8.47	8.27	9.32	8.71
15 - 20	7.10	8.87	8.07	9.47	10.32	8.77
Promedio Herb.	7.70	7.94	8.48	8.40	9.01	8.30

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. Calculado
Replicaciones	3	5.367	1.789	1.75
Herbicidas	4	16.743	4.186	4.10
Error herbicida	12	12.258	1.022	
Profundidad	3	15.774	5.245	3.06
Interacción	12	31.972	2.664	1.56
Error profundidad	45	77.002	1.711	
Total	79	159.077		

C.V.A. = 12.16	DMSA 5 = 0.779	DMSA 1	= 1.093
C.V.B. = 15.74	DMSB 5 = 0.836	DMSB 1	= 1.113
	DMS Int 5 = 1.868	DMS Int 1	= 2.488

TABLA 20. Interacción de herbicidas por profundidad sobre el peso fresco de avena suelo serie Espinal 20 días después de la aplicación.

Profundidades	Herbicidas					Prom. Prof.
	Atraz.[4]	Atraz.[2]	Diur.[2]	Diur.[1]	Testigo	
0 - 5	0 245	0.554	1.200	1.496	1. 383	0.976
5 - 10	1.088	1.384	1.339	1.744	1.155	1.342
10 - 15	1.211	1.502	1.210	1.461	1.619	1.401
15 - 20	1.000	1.403	1.087	1.445	1.818	1.341
Promedio Herb.	0.874	1.211	1.209	1.537	1.494	1.265

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. Calculado
Replicaciones	3	0.328	0.109	0.81
Herbicidas	4	4.565	1.141	8.42
Error herbicida	12	1.627	0.136	
Profundidad	3	2.276	0.759	7.66
Interacción	12	3.657	0.305	3.08
Error profundidad	45	4.457	0.099	
Total	79	16.910		

C.V.A. = 29.11

DMSA 5	= 0.284	DMSA 1	= 0.398
DMSB 5	= 0.201	DMSB 1	= 0.268
DMS Int 5	= 0.450	DMS Int 1	= 0.599

TABLA 21. Actividad de atrazina y diuron sobre la altura de avena en suelo serie Espinal, 20 días.

Dosis ppm	Atrazina	Diuron
5×10^{-3}	13.07	9.82
5×10^{-2}	11.77	10.27
1×10^{-1}	10.15	8.42
5×10^{-1}	7.60	8.57
1	6.95	8.10
5	6.77	6.32

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. Calculado
Replicaciones	3	4.588	1.529	0.92
Herbicidas	1	15.420	15.420	9.30
Dosis	5	55.104	11.021	6.65
Herbicida x dosis	5	120.838	24.168	14.58
Error	33	54.695	1.657	
Total	47	250.646		

C. de V. = 14.60

DMSA 5	= 0.754	DMSA 1	= 1.011
DMSB 5	= 1.307	DMSB 1	= 1.751
DMS Int 5	= 0.533	DMS Int 1	= 0.715

TABLA 22. Actividad de atrazina y diuron sobre el peso fresco de avena suelo serie Espinal. Bioensayo a 20 días.

Dosis ppm	Atrazina	Diuron
5×10^{-3}	1.887	1.485
5×10^{-2}	2.086	1.294
1×10^{-1}	1.053	1.093
5×10^{-1}	0.218	0.789
1	0.169	0.744
5	0.181	0.255

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. Calculado
Replicaciones	3	0.059	0.020	0.28
Herbicidas	1	0.002	0.002	0.02
Dosis	5	2.902	0.580	8.27
Herbicida x dosis	5	16.652	3.330	47.43
Error	33	2.317	0.070	
Total	47	21.993		

C. de V. = 28.85

DMSA 5	= 0.155	DMSA 1	= 0.208
DMSB 5	= 0.269	DMSB 1	= 0.360
DMS Int 5	= 0.110	DMS Int 1	= 0.147

TABLA 23. Interacción de herbicidas por profundidad sobre la altura de avena suelo serie Espinal 90 días después de la aplicación.

Profundidades	Herbicidas					Prom. Prof.
	Atraz.[4]	Atraz.[2]	Diur.[2]	Diur.[1]	Testigo	
0 - 5	9.97	13.97	16.40	15.10	14.27	13.94
5 - 10	12.62	15.00	14.02	12.80	14.40	13.77
10 - 15	13.22	14.27	13.87	14.25	13.22	13.83
15 - 20	15.05	13.97	14.10	14.22	15.75	14.62
Promedio Herb.	12.71	14.38	14.60	14.09	14.41	14.04

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. Calculado
Replicaciones	3	342.845	114.282	14.73
Herbicidas	4	37.116	9.279	1.20
Error herbicida	12	93.117	7.760	
Profundidad	3	9.266	3.089	1.06
Interacción	12	87.817	7.318	2.50
Error profundidad	45	131.598	2.924	
Total	79	701.759		

C.V.A. = 19.84	DMSA 5	= 2.147	DMSA 1	= 3.014
C.V.B. = 12.18	DMSB 5	= 1.092	DMSB 1	= 1.455
	DMS Int 5	= 2.443	DMS Int 1	= 3.253

TABLA 24. Interacción de herbicidas por profundidad sobre el peso fresco de avena suelo serie Espinal, 90 días después de la aplicación.

Profundidades	Herbicidas					Prom. Prof.
	Atraz.^{4}	Atraz.^{2}	Diur.^{2}	Diur.^{1}	Testigo	
0 - 5	0.555	2.247	3.675	2.387	2.592	2.292
5 - 10	2.230	3.190	2.895	2.537	3.095	2.789
10 - 15	2.162	2.967	3.035	2.370	2.725	2.652
15 - 20	2.615	3.035	2.470	2.665	2.752	2.707
Promedio Herb.	1.891	2.860	3.019	2.490	2.791	2.610

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. calculado
Replicaciones	3	39.847	13.282	16.66
Herbicidas	4	12.708	3.177	3.99
Error herbicida	12	9.565	0.797	
Profundidad	3	2.899	0.966	3.40
Interacción	12	12.963	1.080	3.80
Error profundidad	45	12.808	0.285	
Total	79	90.790		

C.V.A. = 34.20	DMSA 5	= 0.688	DMSA 1	= 0.966
C.V.B. = 20.44	DMSB 5	= 0.341	DMSB 1	= 0.454
	DMS Int 5	= 0.762	DMS Int 1	= 1.015

TABLA 25. Actividad de atrazina y diuron sobre la altura de avena en suelo serie Espinal, 90 días.

Dosis ppm	Atrazina	Diuron
5×10^{-3}	7.80	10.92
5×10^{-2}	8.60	11.35
1×10^{-1}	9.02	10.32
5×10^{-1}	5.34	9.40
1	5.15	7.17
5	4.99	5.95

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. calculado
Replicaciones	3	2.005	0.668	1.29
Herbicidas	1	67.404	67.404	130.24
Dosis	5	13.629	2.726	5.27
Herbicida x dosis	5	149.452	29.890	57.76
Error	33	17.079	0.518	
Total	47	249.568		

C.de V. = 8.99

DMSA 5	= 0.422	DMSA 1	= 0.565
DMSB 5	= 0.730	DMSB 1	= 0.978
DMS Int 5	= 0.298	DMS Int 1	= 0.399

TABLA 26. Actividad de atrazina y diuron sobre el peso verde de avena en suelo serie Espinal, 90 días.

Dosis ppm	Atrazina	Diuron
5×10^{-3}	0.290	1.077
5×10^{-2}	0.520	1.060
1×10^{-1}	0.419	0.725
5×10^{-1}	0.127	0.625
1	0.127	0.424
5	0.125	0.142

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de varianza	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. calculado
Replicaciones	3	0.220	0.073	2.30
Herbicidas	1	1.993	1.993	62.56
Dosis	5	0.691	0.138	4.34
Herbicida x dosis	5	2.548	0.510	16.00
Error	33	1.051	0.032	
Total	47	6.503		

C.deV. = 37.82	DMSA 5	= 0.105	DMSA 1	= 0.140
	DMSB 5	= 0.181	DMSB 1	= 0.243
	DMS Int 5	= 0.074	DMS Int 1	= 0.099

TABLA 27. Promedio de peso verde en gr por planta en las interacciones lluvia por humedad y lluvia por profundidad en la lixivación de atrazina suelo serie Tibaitatá.

Humedad	mm lluvia simulada					Prom. Humedad
	40	30	20	10	0	
100	1.258	1.410	1.391	0.990	1.002	1.210
50	1.660	1.454	1.381	1.073	0.854	1.284
0	0.709	1.111	1.216	1.104	0.811	0.990
Promedio lluvia	1.209	1.325	1.329	1.055	0.889	

Profundidad	mm lluvia simulada					Promed. Prof.
	40	30	20	10	0	
0 - 5	0.130	0.124	0.101	0.210	0.142	0.141
5 - 10	0.992	1.194	1.170	1.241	1.125	1.109
10 - 15	1.980	1.806	1.719	1.640	1.251	1.679
15 - 20	1.803	2.174	2.293	1.131	1.190	1.178

TABLA 28. Promedio de altura cm por planta en las interacciones lluvia por humedad y lluvia por profundidad en la lixiviación de atrazina suelo serie Tibaitatá.

Humedad	mm lluvia simulada					Prom. Humedad
	40	30	20	10	0	
100	8.25	8.49	8.84	7.90	7.92	8.28
50	9.57	9.56	8.90	8.89	8.18	9.02
0	8.46	8.62	8.39	8.17	9.33	8.59
Promedio lluvia	8.76	8.89	8.71	8.32	8.46	

Profundidad	mm lluvia simulada					Promed. Humed.
	40	30	20	10	0	
0 - 5	7.02	7.23	6.91	6.67	7.71	7.11
5 - 10	8.15	8.67	8.00	8.25	8.62	8.34
10 - 15	10.00	9.32	9.31	10.42	8.86	9.58
15 - 20	10.04	10.14	10.63	8.00	8.73	9.50

TABLA 29. Promedio de peso verde en la interacción lluvia por humedad y lluvia por profundidad en la lixiviación de diuron suelo serie Tibaitatá.

Humedad	mm de lluvia simulada					Prom. Humedad
	40	30	20	10	0	
100	0.91	0.98	1.08	8.95	1.31	1.05
50	0.76	1.48	1.14	1.59	1.94	1.38
0	1.45	1.84	1.67	1.81	1.84	1.73
Promedio lluvia	1.05	1.43	1.29	1.45	1.69	

Profundidad	mm de lluvia simulada					Promed. Prof.
	40	30	20	10	0	
0 - 5	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	0.09
5 - 10	1.21	1.63	1.47	1.57	1.73	1.52
10 - 15	1.51	2.22	1.53	2.17	2.57	2.00
15 - 20	1.37	1.97	2.10	1.95	2.38	1.92

TABLA 30. Promedio de altura en la interacción de lluvia por humedad y lluvia por profundidad en la lixiviación de diuron suelo serie Tibaitatá.

Humedad	mm de lluvia simulada					Prom. Humedad
	40	30	20	10	0	
100	7.92	8.03	8.67	8.85	9.35	8.72
50	8.98	8.74	8.30	9.39	9.72	9.03
0	9.13	9.40	9.04	8.99	9.13	9.12
Promedio lluvia	8.68	9.02	9.00	9.08	9.40	

Ptofundidad	mm de lluvia simulada					Prom. Prof.
	40	30	20	10	0	
0 - 5	7.01	6.73	7.08	7.03	7.05	6.98
5 - 10	8.46	8.77	8.45	9.04	9.06	8.76
10 - 15	6.75	10.46	8.98	9.98	10.48	10.00
15 - 20	9.15	10.12	10.16	10.13	11.00	10.11

TABLA 31. Promedio de peso verde en la interacción lluvia por humedad y lluvia por profundidad testigo suelo serie Tibaitatá.

Humedad	mm de lluvia simulada					Prom. Humedad
	40	30	20	10	0	
100	2.22	2.02	1.92	2.07	1.99	2.04
50	2.18	2.28	2.32	2.23	1.98	2.27
0	2.03	1.97	2.10	2.08	1.91	2.02
Promedio lluvia	2.15	2.09	2.12	2.12	1.95	

Profundidad	mm de lluvia simulada					Prom. Prof.
	40	30	20	10	0	
0 - 5	1.90	1.92	1.86	2.02	1.94	1.99
5 - 10	2.00	1.96	1.99	1.89	1.90	1.95
10 - 15	2.51	2.13	2.33	2.38	2.21	2.31
15 - 20	2.16	2.34	2.28	2.21	2.26	2.25

TABLA 32. Promedio de altura en la interacción lluvia por humedad y lluvia por profundidad testigo suelo serie Tibaitatá.

Humedad	mm de lluvia simulada					Prom. Humedad
	40	30	20	10	0	
100	8.46	9.05	8.61	9.04	8.85	8.80
50	9.16	9.05	9.35	9.14	9.61	9.26
0	9.40	9.58	9.54	9.30	9.66	9.49
Promedio lluvia	9.01	9.23	9.17	9.17	9.37	

Profundidad	mm de lluvia simulada					Prom. Prof.
	40	30	20	10	0	
0 - 5	9.08	8.91	9.02	8.92	8.95	8.98
5 - 10	8.77	9.27	9.21	8.70	9.40	9.07
10 - 15	8.97	9.44	9.02	9.45	9.57	9.20
15 - 20	9.20	9.30	9.43	9.56	9.58	9.41

TABLA 33. Interacción lluvia por humedad y lluvia por profundidad en la lixiviación de atrazina suelo serie Espinal promedio de peso verde.

Humedad	mm de lluvia simulada					Prom. Humedad
	40	30	20	10	0	
100	0.21	0.32	0.33	0.49	0.74	0.42
50	0.42	0.55	0.75	0.98	1.36	0.81
0	0.73	1.08	1.24	1.00	1.02	1.02
Promedio lluvia	0.45	0.65	0.77	0.82	1.04	

Profundidad	mm de lluvia simulada					Prom. Prof.
	40	30	20	10	0	
0 - 5	0.10	0.10	0.14	0.09	0.15	0.12
5 - 10	0.14	0.39	0.56	0.38	1.34	0.58
10 - 15	0.59	0.98	1.13	1.33	1.77	1.08
15 - 20	0.96	1.15	1.26	1.39	1.29	1.21

TABLA 34. Interacción lluvia por humedad y lluvia por profundidad en la lixiviación de atrazina suelo serie Espinal altura promedia de plantas.

Humedad	mm de lluvia simulada					Prom. Humedad
	40	30	20	10	0	
100	6.92	7.25	7.08	7.76	8.18	7.44
50	7.37	7.78	7.76	8.02	9.08	8.00
0	7.80	9.02	9.13	8.41	8.75	8.62
Promedio lluvia	7.37	8.01	7.99	8.06	8.67	

Profundidad	mm de lluvia simulada					Prom. Prof.
	40	30	20	10	0	
0 - 5	7.11	7.52	7.38	7.26	7.52	7.36
5 - 10	7.38	7.98	7.86	7.81	9.21	8.05
10 - 15	7.68	3.42	8.25	8.46	8.88	8.34
15 - 20	7.28	3.14	8.36	8.73	9.08	8.34

TABLA 35. Interacción de lluvia por humedad y lluvia por profundidad en la lixiviación de diuron suelo serie Espinal promedio de peso verde.

Humedad	mm de lluvia simulada					Prom. Humedad
	40	30	20	10	0	
100	0.56	0.67	1.21	1.02	1.35	0.96
50	1.58	0.75	0.50	1 10	1.14	1.02
0	1.21	1.00	1.20	1 21	0.89	1.10
Promedio lluvia	1.12	0.81	0.97	1.11	1.13	

Profundidad	mm de lluvia simulada					Prom. Prof.
	40	30	20	10	0	
0 - 5	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.11
5 - 10	0.56	0.65	1.09	1.47	1.43	1.04
10 - 15	1.45	1.31	1.37	1.60	1.51	1.38
15 - 20	1.27	1.50	1.31	1.25	1.44	1.58

TABLA 36. Interacción de lluvia por humedad y lluvia por profundidad en la lixiviación de diuron suelo serie Espinal altura promedia de planta.

Humedad	mm de lluvia simulada					Prod. Humedad
	40	30	20	10	0	
100	8.40	8.13	8.31	8.41	8.93	8.44
50	8.87	9.80	7.71	8.65	10.35	9.08
0	9.18	10.46	8.94	9.10	8.51	9.24
Promedio lluvia	8.81	9.46	8.32	8.72	9.26	

Profundidad	mm de lluvia simulada					Prom. Prof.
	40	30	20	10	0	
0 - 5	7.58	7.78	7.15	7.22	7.65	7.48
5 - 10	8.62	9.72	8.62	8.92	9.76	9.13
10 - 15	9.55	10.00	8.80	9.19	9.86	9.48
15 - 20	9.51	10.36	8.72	9.56	9.78	9.59

TABLA 37. Interacción de lluvia por humedad y lluvia por profundidad testigo suelo serie Espinal peso verde promedio.

Humedad	mm de lluvia simulada					Prom. Humedad
	40	30	20	10	0	
100	1.38	1.32	1.22	1.45	1.37	1.35
50	1.41	1.37	1.38	1.42	1.39	1.40
0	1.29	1.30	1.43	1.36	1.24	1.32
Promedio lluvia	1.36	1.33	1.34	1.41	1.33	

Profundidad	mm de lluvia simulada					Prom. Prof.
	40	30	20	10	0	
0 - 5	1.39	1.23	1.23	1.37	1.38	1.30
5 - 10	1.30	1.36	1.36	1.35	1.20	1.34
10 - 15	1.26	1.31	1.42	1.38	1.31	1.34
15 - 20	1.26	1.39	1.36	1.41	1.33	1.35

TABLA 38. Interacción de lluvia por humedad y lluvia por profundidad testigo suelo serie Espinal promedio de altura.

Humedad	mm de lluvia simulada					Prom. Humedad
	40	30	20	10	0	
100	8.93	8.55	9.16	9.21	9.22	9.01
50	8.80	9.21	9.24	9.43	9.06	9.15
0	9.13	9.45	9.08	9.31	8.87	9.17
Promedio lluvia	8.93	8.95	9.16	9.30	9.00	

Profundidad	mm de lluvia simulada					Prom. Prof.
	40	30	20	10	0	
0 - 5	9.33	9.20	9.45	9.40	9.30	9.33
5 - 10	8.93	9.24	8.95	9.38	9.04	9.11
10 - 15	8.92	9.10	9.08	9.35	8.93	9.09
15 - 20	8.64	8.75	9.15	9.16	8.83	8.92