

INACTIVACION INICIAL Y MOVILIDAD DE ATRAZINA Y SIMAZINA EN TRES SUELOS DE COSTA RICA.

Claudio Javier Gamboa H.*

Primo Luis Chavarría C.*

Adolfo Soto A.*

ABSTRACT

Initial inactivation and mobility of atrazine in three soils of Costa Rica. A trial, under greenhouse conditions, was conducted at the Agronomy Faculty of the University of Costa Rica, in order to determine the initial inactivation and mobility of atrazine and simazine in three soils of volcanic origin of Costa Rica. Silty clay loam in La Argentina and Itiquis, sandy loam in Fraijanes.

For the mobility test, the herbicides at a rate of 1,5 a.i./ha were applied to soil columns of 11 cm in diameter by 24 cm high, to which 250 ml of water were added daily during four days to promote the mobilization of the chemicals. Later, the columns were segmented into four pieces six cm high in which oats (*Avena sativa* L. cv. "Sierra") was planted, in order to determine through a bio-analysis, the depth to which the herbicide had mobilized.

There were significant differences among soils and highly significant among depths and soils x depths.

Most of the applied atrazine and simazine was retained in the upper six cm in the three soils, eventhough, small amounts of the herbicides, reached depths from 18 to 24 cm in the silty clay loam soils and higher in the sandy loam soil.

The largest fresh weight reduction of oats of the upper six cm occurred in the soil from Itiquis, followed by the soil from La Argentina and then from Fraijanes, which corresponded to the herbicide activity in those soils. In the uppermost section, the simazine activity showed a negative correlation with the potassium, while the atrazine showed a negative correlation with the clay content of the soils and a higher activity than the simazine.

*Investigadores del Programa de Combate de Malezas, Estación Experimental Fabio Baudrit M., Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

INTRODUCCION

Para el combate de malas hierbas, el uso de herbicidas constituye uno de los métodos que mayores ventajas ofrece pues resulta efectivo y oportuno y permite aumentar la densidad y las áreas de siembra en varios cultivos.

Después de que un herbicida se aplica al suelo, está sujeto a la acción de varios procesos que promueven su inactivación, tales como la adsorción en los coloides minerales y orgánicos, la lixiviación por la lluvia o agua de riego, las alteraciones fotoquímicas, la volatilización y la absorción por las plantas, así como la descomposición por parte de los microorganismos (17).

La movilidad de los herbicidas en los suelos se afecta principalmente por su solubilidad, afinidad con los coloides, la dosis aplicada, el contenido de materia orgánica, arcilla y cantidad de agua que pasa a través del suelo (10). Dao y Lavy (4) y Helling (10) señalan al proceso de adsorción como el fenómeno que más afecta la inactivación, el lavado, la degradación química y microbial, y la absorción de los herbicidas por las plantas.

Harris (8) encontró que la movilidad de la atrazina y la simazina se correlacionó inversamente con la adsorción en cuatro suelos. Al respecto Bailey y White (1) recopilaron información sobre las características que influyen sobre la adsorción de plaguicidas orgánicos y señalan que su actividad está determinada por la naturaleza físico-química del herbicida, por las características del suelo y las condiciones climáticas.

Varios autores (5, 6, 9, 11, 15, 18) al estudiar el comportamiento de la atrazina y la simazina en el suelo encontraron que la materia orgánica juega un papel importante en la adsorción de los herbicidas y que es el factor que más directamente se relaciona con el comportamiento de estos productos en el suelo. Bailey y White (1), encontraron una menor bioactividad de los herbicidas en suelos con alto contenido de materia orgánica y en suelos arcillosos, que en aquellos en donde predomina el limo y/o la arena. Estos autores indican que la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico tiene correlación positiva con la adsorción y que estas propiedades pueden ser negativamente relacionadas con el lavado de los herbicidas en el suelo.

Weber, Weed y Sheets (21) anotan que las triazinas forman un grupo de herbicidas que se comportan como bases débiles y consideran que conforme un herbicida es más básico, mayor será su capacidad de ser adsorbido por los suelos ácidos. Al respecto, varios autores (2, 7, 8, 12, 18) mencionan que la atrazina y la simazina presentan una mayor inactivación en suelos ácidos que en los suelos alcalinos.

Harris (8) y Helling (10) en estudios realizados sobre movilidad de triazinas simétricas en columnas de suelo, anotan que los herbicidas son más móviles en suelos arenosos que en los arcillosos.

Ashton, Birk y Roadhouse, citados por Chavarría (3), mediante análisis químico para determinar la movilidad de la atrazina en un suelo franco, encontraron que aproximadamente el 90% de la atrazina residual estaba en los

primeros 5 cm de suelo. Muir (14), en observaciones por tres años en el cultivo de maíz encontró que la atrazina se movió de 1,2 - 1,6 cm de profundidad en el perfil del suelo.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la influencia de algunas características físicas y químicas de tres suelos de origen volcánico de Costa Rica, sobre la actividad inicial y la movilidad de la atrazina y la simazina en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se llevó a cabo en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica, localizada en la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio.

Se utilizaron tres suelos de origen volcánico procedentes de La Argentina, Itiquís y Fraijanes en la provincia de Alajuela. Estos se localizan a alturas 950, 1000 y 1650 msnm respectivamente y sus principales características se anotan en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Características físicas, químicas y clasificación de los suelos usados para el presente estudio*. 1981.

Características	SUELOS		
	La Argentina	Itiquís	Fraijanes
Arena (%)	45,24	48,14	64,94
Limo (%)	22,80	20,10	26,30
Arcilla (%)	31,96	31,76	8,76
Nombre textural	Franco arcillo limoso	Franco arcillo limoso	Franco arenoso
pH (H ₂ O)	5,8	6,4	6,2
pH (KCl)	5,0	5,1	5,2
M.O. (%) ^{1/}	6,0	6,86	11,46
C.I.C. ^{2/} (meq/100 g)	22,8	28,87	47,50
K (meq/100 g)	0,62	1,07	0,29
Ca (meq/100 g)	8,0	7,0	7,0
Mg (meq/100 g)	2,0	1,4	1,3
S.B. ^{3/} (%)	46,57	32,80	18,09
Clasificación	Andic Dystrandept	Typic Dystrandept	Typic Humitropept

1/ M.O. = Materia orgánica, 2/ C.I.C. = Capacidad de Intercambio Catiónico, 3/ S.B. = Saturación de Bases

*Análisis realizado en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

Las muestras de suelo se tomaron a una profundidad de 0-20 cm. Se seleccionaron lugares en donde no se había aplicado herbicida, por lo menos durante los últimos dos años.

Como fuente de atrazina se utilizó Gesaprim 80% PM y de simazina se usó Gesatop 80% PM, producidos por la Compañía Ciba-Geigy. En el Cuadro 2, se señalan las principales características de estos herbicidas.

CUADRO 2. Algunas características de los herbicidas atrazina y simazina utilizados en el experimento.

Nombre Técnico	Nombre químico	Solubilidad en H ₂ O (ppm)	DL ₅₀ (mg/kg)
Atrazina	2-cloro-4-etilamina-6-isopropilamino-s-triazina	33 (a 27°C)	3080
Simazina	2-cloro-4-6-bis (etilamino)-s-triazina	3,5 (a 20°C)	>5000

Para estudiar la movilidad de la atrazina y la simazina en los suelos, se utilizaron columnas de 11 cm de diámetro y 24 cm de profundidad, para ellos se prepararon cilindros con cinco secciones de 6 cm de longitud cada una, las cuales se unieron con cinta engomada.

Los cilindros se recubrieron en su interior con una capa delgada de parafina para evitar que el agua se deslizara por las paredes. En el extremo inferior de cada cilindro se ajustó una malla metálica para retener el suelo que se agregó y en el extremo superior quedó una sección libre de 6 cm para la aplicación del agua.

Se prepararon 12 columnas de cada tipo de suelo, a un grado de compactación lo más uniforme posible; luego se llevó a capacidad de campo cada suelo y se aplicaron los tratamientos de herbicidas a 1,5 kg i.a./ha en la parte superior de la columna.

Para promover la lixiviación de los herbicidas, a cada columna se le agregó 1000 ml de agua, que se aplicaron en volúmenes de 250 ml por día, aplicando la mitad de esos volúmenes (125 ml) cada 12 horas. Al cabo de los cuatro días, las columnas se dejaron en reposo durante 24 horas; posteriormente fueron separadas las secciones de los cilindros conteniendo el suelo que correspondía a las diferentes profundidades de las columnas. A cada sección se le ajustó un plástico agujereado en la parte inferior y se colocó sobre una bandeja.

Para evaluar la presencia de los herbicidas en las diferentes profundidades de las columnas, se sembraron 16 semillas de avena (*Avena sativa* cv. "Sierra") en cada sección de acuerdo a los métodos descritos por Santelman (16) y Weber y Peeper (20).

A los 5, 10 y 15 días después de la siembra se fertilizó con una solución Hoagland modificada por Weber (19), a razón de 50 ml para cada sección. El riego se efectuó poniendo agua destilada en las bandejas cada vez que fue necesario para mantener el suelo a capacidad de campo.

Las plantas de avena se dejaron crecer durante 20 días y luego se obtuvo su peso fresco; estos datos se transformaron a porcentaje respecto al tes

tigo del suelo correspondiente para eliminar las diferencias en crecimiento que pudieron originarse en las características químicas y físicas propias de cada uno.

Se utilizó un diseño experimental irrestrictamente al azar, con arreglo factorial de tres suelos x tres herbicidas x cuatro profundidades; cada tratamiento estuvo repetido cuatro veces.

Las reducciones de peso fresco registradas para la avena en las diferentes secciones de las columnas, son atribuibles al efecto del herbicida que logró movilizarse hasta esas secciones y permaneció activo en ellas.

Además del correspondiente análisis de variación, los datos de porcentaje de peso fresco de la avena se sometieron al análisis de correlación con las características físicas y químicas de los suelos, para determinar si alguna de esas características influyeron sobre la inactivación inicial y la movilidad de los herbicidas en estudio.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre suelos y altamente significativas ($P \leq 0,01$) entre profundidades, así como en la interacción suelo x profundidad.

En el suelo de La Argentina, la reducción en peso en los primeros seis centímetros de profundidad, para los herbicidas atrazina y simazina fue de 97 y 70% respectivamente (Figuras 1 y 2). Para las profundidades de 6-12, 12-18 y 18-24 cm la reducción de peso fue siempre inferior al 14%. Esto indica que la movilidad de los herbicidas en ese suelo quedó restringida principalmente a los primeros 6 cm de profundidad, pero aparentemente una pequeña cantidad de ambos herbicidas se movilizó inclusive hasta la profundidad de 18-24 cm.

Para el suelo Itiquís el porcentaje de reducción de peso fresco de la avena fue de 97% en los seis primeros centímetros con el herbicida atrazina y 82% con la simazina. En las otras secciones se produjeron reducciones de peso de 22% con la atrazina y 14% con la simazina, lo que indica que pequeñas cantidades de herbicidas se movieron hasta esas secciones.

Para el suelo Fraijanes, la atrazina redujo el peso de la avena en un 61% en la sección de 0-6 cm, 20% en la de 6-12 cm, 13% en la de 12-18 cm y 33% en la 18-24 cm. La simazina produjo a su vez reducción de peso de 58, 17, 10 y 18% en las secciones de 0-6, 6-12, 12-18 y 18-24 cm respectivamente. Ambos herbicidas mostraron en este suelo mayor movilidad hasta la sección de 18-24 cm y una menor actividad en la sección de 0-6 cm que en los otros suelos, lo que se explica en base a su alto contenido de arena (65%).

Los suelos Itiquís y La Argentina para la profundidad de 0-6 cm, presentaron mayor reducción en el peso de la planta indicadora, lo que indica que en estos hubo mayor cantidad de herbicida activo que en el suelo Fraijanes. Esto coincide con el mayor contenido de arcilla (más de 31%) de estos suelos, en comparación con el de Fraijanes (8,76%). Para las profundidades de 6-12 y 12-18 cm, las reducciones en el peso fresco de la avena fueron si

milares en los tres suelos, por lo que supone que las cantidades de herbicida presentes fueron parecidas. En la sección de 18-24 cm se registró una reducción mayor de peso fresco en el suelo Fraijanes, mientras que ese efecto fue intermedio en Itiquís y menor en La Argentina.

Los resultados indican que los herbicidas penetraron más en el suelo de Fraijanes que en el Itiquís y La Argentina, lo que explica en parte la menor actividad de los productos en la sección de 0-6 cm en Fraijanes, al existir un mayor lavado de los mismos hasta la sección de 18-24 cm. Al respecto varios autores (2, 10, 17) señalan que el lavado de los herbicidas de las capas superficiales causa una pérdida de actividad de los mismos en las primeras capas del perfil del suelo.

Las diferencias en cuanto a cantidad de herbicidas en la sección de 18-24 cm de profundidad en los suelos, se pueden deber al mayor contenido de arena del suelo de Fraijanes (Cuadro 1); ya que el movimiento de agua en los suelos arenosos, es mayor que en los suelos arcillosos; ésto podría ayudar a la penetración de los productos en ese suelo. Varios autores (1, 8, 10), han encontrado también mayor movilidad de herbicidas en suelos arenosos que en arcillosos.

No obstante lo anterior, resulta extraño que en el suelo Fraijanes, se presentó una mayor cantidad de herbicida activo en la primera y la última sección de la columna que en las intermedias, lo que pareciera indicar que una parte del herbicida fue arrastrado por el agua que pudo haberse deslizado por las paredes de las columnas y se acumuló en la sección inferior, a pesar de las precauciones que se tomaron, para evitar ese efecto.

En los Cuadros 3 y 4, se puede observar que para cada uno de los suelos, hubo una mayor actividad en la profundidad de 0-6 cm, mientras que las cantidades de herbicidas en las restantes profundidades fueron similares. Varios autores (3, 10, 13, 14) informan resultados similares, en el sentido de que la mayor cantidad de herbicida permanece en las capas superiores del suelo.

CUADRO 3. Peso fresco de la parte aérea de la avena sembrada en suelo de diferentes secciones de columnas a las que se le aplicó atrazina ó simazina (% en relación al testigo).

Suelo	PROFUNDIDAD (cm)			
	0-6	6-12	12-18	18-24
Fraijanes	40,46 ^{bA}	81,89 ^{aA}	83,57 ^{aA}	74,66 ^{aB}
Itiquís	10,51 ^{bB}	84,27 ^{aA}	87,86 ^{aA}	80,66 ^{aAB}
La Argentina	16,92 ^{bB}	90,20 ^{aA}	95,20 ^{aA}	89,64 ^{aA}

*Las medias con la misma letra minúscula para cada línea y mayúsculas para cada columna, no difieren por la prueba de Tukey al 5%.

En el Cuadro 4 y en las Figuras 1 y 2 se observa que para la sección 0-6 cm de profundidad, la atrazina presentó una mayor actividad que la simazina, mientras que para las otras secciones, la presencia de ambos herbicidas fue igual. Estas diferencias del efecto de los herbicidas, en la sección de 0-6 cm puede deberse en parte, a la mayor solubilidad de la atrazina (Cuadro 2), lo que permitió una mayor disponibilidad de ese herbicida para la planta indicadora. También puede deberse a que la atrazina se inactiva menos en el suelo, así como que resultó más efectivo como herbicida que la simazina.

CUADRO 4. Peso fresco de la parte aérea de la avena sembrada en suelos de diferentes secciones de columnas a las que se les aplicó atrazina o simazina* (% en relación al testigo).

Herbicida	PROFUNDIDAD (cm)			
	0-6	6-12	12-18	18-24
Atrazina	15,03 ^{aA*}	82,22 ^{bA}	86,47 ^{bA}	82,53 ^{bA}
Simazina	30,24 ^{aB}	88,08 ^{bA}	87,29 ^{bA}	80,78 ^{bA}

*Las medias con la misma letra minúscula, para cada línea, y mayúscula para cada columna, no difieren por la prueba de Tukey al 5%.

En el Cuadro 5, se observa que la atrazina presentó mayor actividad en el suelo Itiquís, mientras que la simazina no mostró diferencias en actividad en los tres suelos en estudio. Se encontró además que en el suelo Itiquís, la atrazina presentó mayor actividad que la simazina, mientras que en los otros suelos los herbicidas se comportaron igual. Sobre este aspecto es difícil ofrecer una explicación satisfactoria, ya que como se aprecia en el Cuadro 7, la atrazina en la sección de 0-24 cm no presentó correlación con las características físicas y químicas de los suelos que se estudiaron, sobre esto Chavarría (3) señala que el comportamiento de los herbicidas resulta influido por todas las características del suelo y generalmente no de una en particular.

CUADRO 5. Peso fresco de la parte aérea de la avena en función de los herbicidas y de los suelos* (% en relación al testigo).

Suelo	HERBICIDA	
	Atrazina	Simazina
Fraijanes	70,76 ^{aA}	69,53 ^{aA}
Itiquís	59,33 ^{bB}	69,31 ^{aA}
La Argentina	70,03 ^{aA}	75,94 ^{aA}

*Las medias con la misma letra minúscula, para cada línea y mayúsculas para cada columna, no difieren por la prueba de Tukey al 5%.

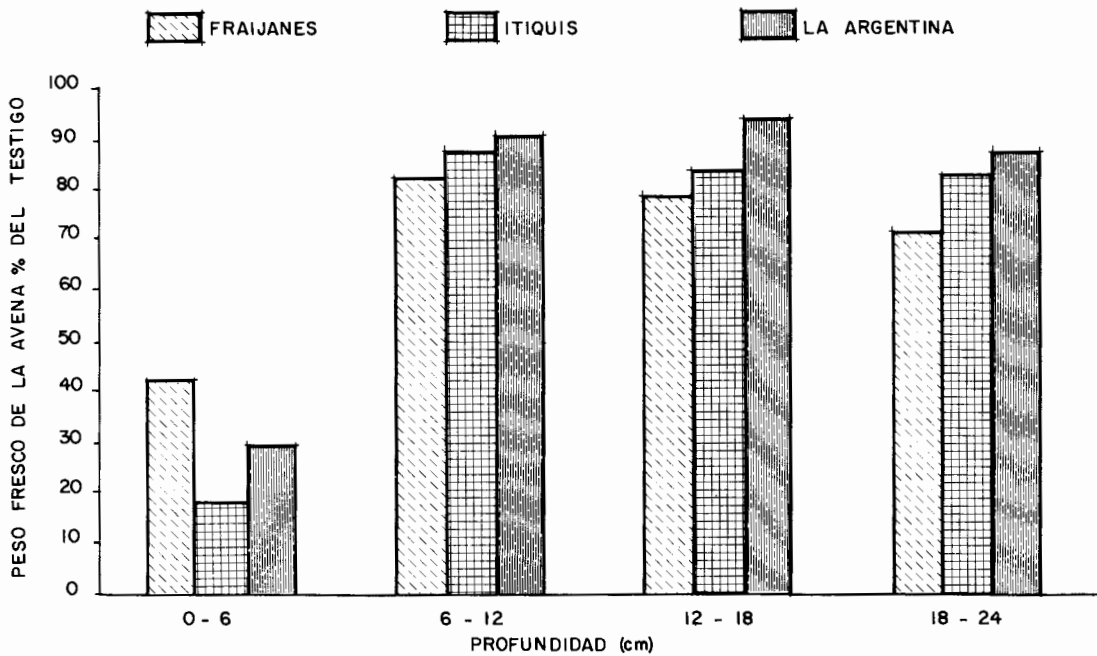


FIG.2. PESO FRESCO DE LA AVENA OBTENIDO EN LAS CUATRO SECCIONES DE COLUMNAS DE TRES SUELOS TRATADOS CON SIMAZINA.

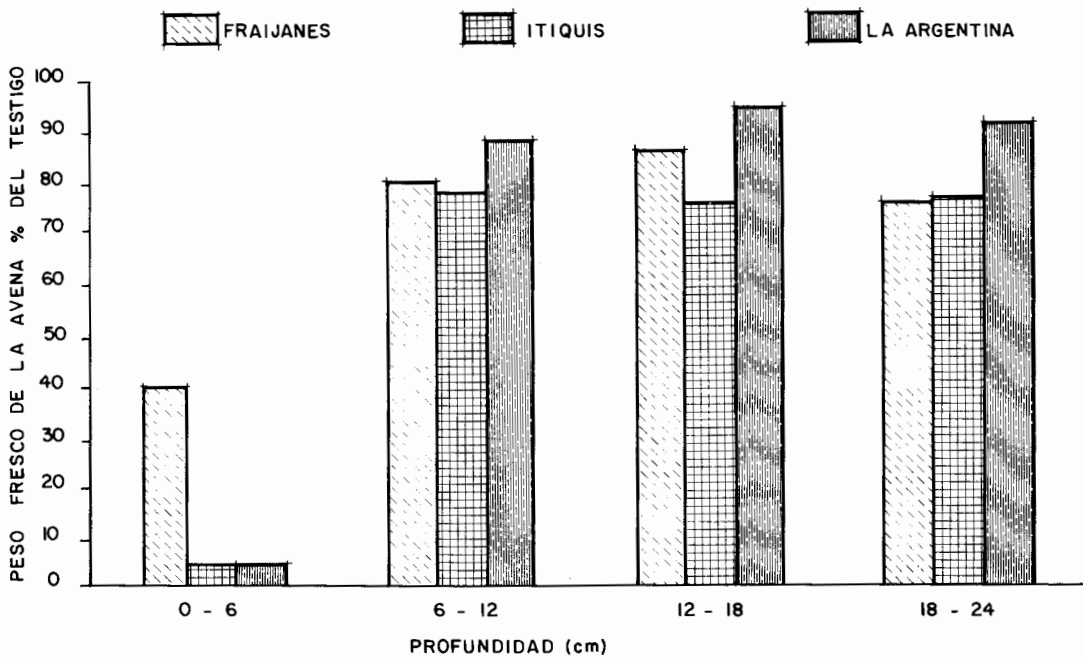


FIG.1. PESO FRESCO DE LA AVENA OBTENIDO EN LAS CUATRO SECCIONES DE COLUMNAS DE TRES SUELOS TRATADOS CON ATRAZINA.

En los Cuadros 6 y 7 se anotan los coeficientes del análisis de correlación, entre las características de los suelos y el porcentaje de peso fresco de la avena que se obtuvo con los tratamientos atrazina y simazina, respectivamente. Sin embargo, las interacciones que pueden ocurrir entre un herbicida y los distintos componentes del suelo, pueden ser de naturaleza muy compleja y resulta difícil diferenciar la participación de cada uno de esos factores por separado.

CUADRO 6. Coeficientes de correlación entre las características de los tres suelos y el porcentaje de peso fresco de la avena obtenido en las diferentes secciones de las columnas de suelos cuando se aplicó atrazina.

Característica	PROFUNDIDAD (cm)					
	0-6	6-12	12-18	18-24	0-24	6-24
Arcilla (%)	0,9999**	0,4020 ns	0,0021 ns	0,5327 ns	0,5418 ns	0,3015ns
Ca (meq/100 g)	0,4952 ns	0,9931 ns	0,8612 ns	0,9995*	0,4504 ns	0,9748ns

*Significativo a la probabilidad de 1%

**Significativo a la probabilidad de 5%

CUADRO 7. Coeficientes de correlación entre las características de los tres suelos y el porcentaje de peso fresco de la avena obtenido en las diferentes secciones de las columnas de suelo cuando se aplicó simazina.

Características del suelo	PROFUNDIDAD (cm)					
	0-6	6-12	12-18	18-24	0-24	6-24
Arena (%)	0,7742 ns	0,9939 ns	0,8787 ns	0,9979*	0,5906 ns	0,9708ns
M.O. (%)	0,7679 ns	0,9950 ns	0,8834 ns	0,9977*	0,5986 ns	0,9731ns
CIC (meq/100 g)	0,7065 ns	0,9999**	0,9224 ns	0,9978*	0,6690 ns	0,9900ns
K (meq/100 g)	0,9979*	0,6529 ns	0,3184 ns	0,6769 ns	0,1171 ns	0,5473ns
Ca (meq/100 g)	0,0246 ns	0,6967 ns	0,9161 ns	0,6733 ns	0,9996*	0,7855ns

**Significativo a la probabilidad de 1%

*Significativo a la probabilidad de 5%

Cuando se consideró el peso fresco de la avena que se obtuvo en la sección de 0-6 cm con la atrazina, se encontró una correlación significativa negativa ($P \leq 0,01$) con el porcentaje de arcilla y positiva ($P \leq 0,05$), en la sección de 18-24 cm con el contenido de calcio (Cuadro 6).

Para la simazina, se obtuvo correlación significativa positiva ($P \leq 0,05$) con el contenido de Ca en las secciones de 0-24 cm, pero con el K fue negativa ($P \leq 0,05$) al considerar el peso de la avena que creció en la sección de 0-6 cm con los porcentajes de materia orgánica, arena, la C.I.C., la correlación fue significativa y negativa ($P \leq 0,01$) al conside

rar la sección 18-24 cm al igual que lo fue para la C.I.C. en la sección de 6-12 cm (Cuadro 7). Al respecto varios autores citados por Hance (7) han encontrado correlación con calcio al estudiar la inactivación de la atrazina en suelos.

Por otra parte no se encontró correlación con el pH para ninguno de los herbicidas en estudio, sin embargo Montes de Oca (13) en un trabajo similar al presente, con dos ureas sustituidas (diurón y linurón) y con los mismos suelos, obtuvo correlación positiva, lo que indica que, aunque estos herbicidas son parecidos a las triazinas en su mecanismo de acción, no lo son en su comportamiento en el suelo.

En la sección de 0-6 cm aparentemente quedó retenida mayor cantidad de herbicida y en dicha sección la actividad de la atrazina se correlacionó con la arcilla. Fuentes, citado por Montes de Oca (13), observó que los suelos volcánicos jóvenes presentan altos contenidos de alofana, mientras que en suelos más evolucionados, la alofana ha derivado a formas cristalinas menos reactivas como la caolinita.

Los resultados obtenidos en este trabajo parecen corroborar lo expuesto anteriormente, ya que, de acuerdo con el Cuadro 8, el suelo Itiquís presenta, además de materiales amorfos, cierta cantidad de caolinita y trazas de gibsita, por lo que considera un suelo más evolucionado en donde se puede esperar una mayor actividad de los herbicidas estudiados.

CUADRO 8. Composición mineralógica de los suelos usados para el presente estudio.

Suelo	Amorfos	Caolinita	Gibsita
La Argentina	4 x	1 x	- -
Fraijanes	4 x	- -	- -
Itiquís	4 x	1 x	Tr.

xxxx = 80%, x = 20%, Tr. = Trazas,

*Análisis efectuados por: H. Ikawa. College of Tropical Agriculture. Department of Agronomy and Soil Science. University of Hawaii at Manoa. 1979.

También es importante anotar que Montes de Oca (13) igualmente obtuvo que en los suelos con más arena, el herbicida se adsorbió menos y quedó más expuesto al proceso de lixiviación cuando se agregó al agua. En cambio, en suelos con alto contenido de arcilla, ésta adsorbió el herbicida y sólo pudo ser arrastrado por el agua la pequeña cantidad de herbicida que quedó en la solución del suelo; posteriormente parte del herbicida así adsorbido en la primera sección se liberó y pasó a la solución del suelo para lograr se restableciera el equilibrio que siempre debe de haber entre la cantidad de herbicida adsorbido y el que está en la solución del suelo, que es en definitiva el que ocasionaría el efecto sobre la avena. Esto parece corroborarse al observar en la Figura 1 y 2 en que la atrazina y la simazina ocasionaron el mayor efecto sobre la avena en los primeros 6 cm de los suelos de la Argentina e Itiquís que son los que tienen mayor contenido de arcilla; en cambio en el suelo Fraijanes el efecto en esa sección fue considerablemente menor.

RESUMEN

En la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica se efectuó un experimento en condiciones de invernadero para determinar la inactivación inicial y la movilidad de la atrazina y la simazina en tres suelos derivados de cenizas volcánicas de Costa Rica (La Argentina e Itiquís franco arcillo limoso y Fraijanes, un franco arenoso).

Para estudiar la movilidad de dichos herbicidas se utilizaron columnas de 11 cm de diámetro y 24 cm de profundidad, a las que se aplicaron los herbicidas en dosis de 1,5 kg i.a./ha y se agregó 250 ml de agua por día, durante cuatro días, para promover la movilización de los herbicidas a través de ellas. Posteriormente fueron separadas en cuatro secciones de seis centímetros de profundidad y en cada una se sembró avena (*Avena sativa* L. cv. "Sierra") para determinar por bioanálisis la profundidad hasta la cual se había movilizadado cada herbicida.

Se encontraron diferencias significativas entre suelos y altamente significativas entre profundidades y suelos x profundidades.

La mayor parte de la atrazina y la simazina que se aplicó, quedó retenida en los primeros seis centímetros de los tres suelos, aunque pequeñas cantidades de herbicidas alcanzaron las profundidades de 18-24 cm en los suelos franco arcillo limoso y mayores en el suelo franco arenoso.

La mayor reducción en el peso fresco de la avena en los primeros seis centímetros de profundidad ocurrió en el suelo de Itiquís, siguiéndole el de la Argentina y luego el de Fraijanes, lo cual correspondió al orden de actividad de los herbicidas en dichos suelos.

En la sección de 0-6 cm la actividad de la simazina se correlacionó negativamente con el contenido de potasio, mientras que la actividad de la atrazina se correlacionó negativamente con el contenido de arcilla de los suelos y mostró una actividad mayor que la simazina.

Agradecimiento

Los autores agradecen la colaboración de la señora Dagmar Hering Palomar, y el señor Eladio Ramírez Hernández.

LITERATURA CITADA

1. BAILEY, G.W. y WHITE, J.L. 1964. Review of adsorption and desorption of organic pesticides by soil colloids with implications concerning pesticides bioactivity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 12 (4): 324-332.
2. _____. 1970. Factors influencing the adsorption, desorption and movement pesticides in soil. *Residue Review* 32: 54-57.

3. CHAVARRIA, P.L. 1973. Inactivación inicial, movilidad y persistencia de atrazina y metribuzin en cuatro suelos de Puerto Rico. Tesis Mag. Sc. Mayaguez, Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico. 56 p.
4. DAO, T.H.; LAVY, T.L. 1978. Atrazine adsorption on soil as influenced by temperature, moisture, content and electrolyte concentration. *Weed Science* 26 (3): 303-308.
5. DUNIGAN, E.P., Mc INTOSH, T.H. 1971. Atrazine-soil-organic matter interactions *Weed Science* 19: 279-282.
6. GROVER, R. 1960. Influence of organic matter, texture and available water on toxicity of simazine in soil. *Weeds* 14: 148-151.
7. HANCE, R.J. 1971. Complex formation as an adsorption mechanism from linuron and atrazine. *Weed Research* 11 (2/3): 106-110.
8. HARRIS, C.I. 1966. Adsorption, movement, and phytotoxicity of monuron and s-triazine herbicides in soil. *Weeds* 14 (1): 6-10.
9. HAYES, M.H. 1970. Adsorption of triazine herbicides en soil organic matter including a short review on soil organic matter chemistry. *Residue Review* 32: 131-176.
10. HELLING, CH.S. 1970. Movement of s-triazine herbicides in soil. *Residue Review* 32: 186-188.
11. JORDAN, P.D., SMITH, L.W. 1971. Adsorption and deactivation of atrazine and diuron by charcoals. *Weed Science* 19: 541-544.
12. LAVY, T.L. 1970. Diffusion of three cloro-s-triazines in soil. *Weed Science* 18: 53-56.
13. MONTES DE OCA, P. 1979. Movilidad de diurón y linurón en tres suelos de Costa Rica. Tesis de Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 52 p.
14. MUIR, D.C.G.; BAKER, B.F. 1979. The disappearance and movement of three triazines herbicide and several of their degradation products in soil under field conditions. *Weed Research* 18 (2): 110-120.
15. RAHMAN, A.; MATHEUS, L.O. 1979. Effect of soil organic matter on the phytotoxicity of thirteen s-triazines herbicides. *Weeds Science* 27 (2): 158-161.
16. SANTELMAN, P.W. 1972. Herbicide bioassay. *In* *Research Methods in Weed Science*. RE Wilinson (Ed.). Southern Weed Science Society. POP Enterprise, Inc. Georgia, pp 92-101.

17. SHEETS, T.J., CRAFTS, A.S.; DREVER, M.R. 1962. Influence of soil properties on the phytotoxicity of the s-triazines herbicides. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 10 (1): 458-462.
18. TALBERT, R.E., FLETCHAL, O.H. 1965. The adsorption of some s-triazines in soils. *Weeds* 13: 46-52.
19. WEBER, J.G. 1977. Soil properties, herbicide sorption and model system. In *Research Methods in Weed Science*. B. Truelove (Ed) Southern Weed Science Society. 2nd. Edition, Ausburn Printing, Inc. Alabama, USA. pp. 59-72.
20. WEBER, J.B.; PEEPER, T.F. 1977. Herbicides mobility in soils. In *Research Methods in Weed Science*. B. Truelove (Ed). Southern Weed Science Society 2nd Edition, Ausburn Printing Inc., Alabama, USA. pp. 73-78.
21. WEBER, J.B.; WEED, S.B.; SHEETS, T.J. 1972. Pesticides how move and react in the soil. *Crop and Soils* 25: 14-17.