

## EFFECTOS DE TRES INSECTICIDAS SOBRE LOS PROCESOS DE AMONIFICACION Y NITRIFICACION EN EL SUELO Y SOBRE LA NODULACION DE DOS LEGUMINOSAS (\*)

Por Orlando Sánchez E.

### I. INTRODUCCION

La fertilidad de los suelos depende en gran parte de la capacidad transformadora de los microorganismos, especialmente de las bacterias, las cuales toman parte activa y principal en el importante proceso de la descomposición de la materia orgánica. Como resultado de esta acción se producen compuestos más simples que finalmente se convierten en amonio y nitratos, formas en las cuales el nitrógeno puede ser asimilado por las plantas para su buen desarrollo y crecimiento.

Pero el hombre, en su afán de exterminar las plagas, enfermedades y malezas que perturban la buena marcha de los cultivos, ha obtenido muchos compuestos químicos de gran efectividad contra estos enemigos naturales. Es de esperarse que dichos compuestos, tóxicos para esas clases de vida, también afecten de una manera adversa o favorable la flora bacterial responsable de los procesos de transformación antes mencionados.

Un cierto número de los productos químicos que se aplican a los cultivos y que indirectamente llegan al suelo, siguen ejerciendo su efecto por mucho tiempo debido a que tienen la propiedad de acumularse, más aún cuando se hacen repetidas aplicaciones, llegando a alcanzar una concentración que posiblemente puede alterar el equilibrio de la microflora del suelo y en consecuencia reducir la fertilidad del mismo.

Este trabajo tiene por objeto investigar el efecto inmediato y residual que puedan producir el BHC, el Clordano y el Toxafeno sobre la numerosa flora amonificante y la flora específica que lleva a cabo la nitrificación, como también sobre la nodulación de dos leguminosas: frijol (*Phaseolus vulgaris*) y crotalaria (*Crotalaria juncea*).

(\*) Tesis presentada para optar al título de Ingeniero Agrónomo bajo la presidencia del Profesor Dr. Adalberto Figueroa P., a quien el autor expresa su gratitud. Recibida para publicación, en Agosto 5/54.

## II. REVISION DE LITERATURA

### a) Resultados obtenidos con DDT.

Jones (4) en 1.952 hizo estudios de estabilidad del DDT en el suelo y su efecto sobre los microorganismos con períodos que oscilaron entre 1 y 3 años. El primer año pudo recuperar el 97.2% del DDT aplicado, al segundo año recuperó el 67.8% y al tercer año recuperó el 60.1%. Estas experiencias se realizaron en el laboratorio.

Boswell (2) observó que el DDT aplicado en la proporción de 250 lbs. por acre no afectó el número de microorganismos, ni la capacidad de estos para producir nitratos y amonio en el suelo.

Wilson y Choudhri (13) aplicaron DDT en la proporción de 0.5% del suelo seco sobre un suelo arcilloso-limoso-franco, al cual le agregaron nitrógeno en forma de NH<sub>4</sub> y observaron que los efectos del insecticida sobre la producción de nitratos no fueron muy marcados.

Jones (4) en experiencias de laboratorio aplicó DDT mojable del 50% en las proporciones de 20.000, 2.000, 200 y 20 lbs. por acre sobre un suelo arcilloso enriquecido con sangre seca en la proporción de 1%, y obtuvo los siguientes resultados: dosis tan altas como 20.000 lbs. por acre no tuvieron ningún efecto sobre las bacterias asimbióticas fijadoras de nitrógeno; la concentración de 2.000 lbs. por acre produjo efecto perjudicial sobre las bacterias nitrificantes y amonificantes, el cual se conservaba tres años después de la aplicación, y las dosis menores, de 200 y 20 lbs., no afectaron en nada la flora bacterial del suelo.

El mismo autor cita a Appleman y Sears, quienes encontraron que aplicaciones no mayores de 100 lbs. por acre no afectaban la nodulación de las leguminosas. En cambio Payne y Fults (6) encontraron que, al aplicar DDT al suelo en la proporción de 103 lbs. por acre, el número de nódulos de la raíz del frijol se reducía más de la mitad.

### b) Resultados obtenidos con BHC.

Baswel (2) cita que el BHC aplicado al suelo en la proporción de 100 a 500 lbs. por acre, reduce el número de hongos y bacterias nitrificantes. Aplicaciones de 20 lbs. por acre no tienen ningún efecto sobre la flora amonificante y la nitrificante.

Wilson y Choudhri (11) aplicaron BHC en cantidades aproximadamente 100 veces mayores por acre que las recomendadas para erradicar al gusano alambre, a un suelo al cual le habían agregado un material amonificable, y no encontraron efecto perjudicial sobre la producción de amonio. Este ensayo fue hecho en el laboratorio.

Smith y Wenzel (8) encontraron que con la aplicación de 100 a 500 lbs. por acre de BHC que contenía 10 a 12% de isómero gamma, la nitrificación se reducía considerablemente.

Otros insecticidas de amplio uso en agricultura y sobre los cuales poco se conoce en relación con el efecto que pueden producir sobre los microorganismos del suelo, son el Clordano y el Toxafeno.

c) Resultados obtenidos con Clordano.

Boswel (2) afirma que el Clordano aplicado a razón de 20 lbs. por acre no produce efectos perjudiciales sobre la formación de nitratos, pero aplicado en la proporción de 100 a 500 lbs. por acre manifiesta cierta acción fungicida y, además, produce una depresión de la nitrificación.

Jones (5) observó que el Clordano aplicado al suelo en la proporción de 2.000 lbs. por acre es tóxico a las bacterias amonificantes, efecto que se notó aún después de un año de la aplicación.

d) Resultados obtenidos con Toxafeno.

Baswel (2) dice que el Toxafeno es un insecticida que se ha incluido poco en los trabajos experimentales, posiblemente porque parece ser utilizado por algunas bacterias como fuente de energía.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### A) Materiales.

1) **Suelo.**— Los experimentos se llevaron a cabo en un suelo fértil de color negro oscuro que había sido dedicado al pastoreo y que posee las características que se dan a continuación:

Determinación	Características	Método empleado
Clasificación	Franco-arcilloso	Bouyoucos
pH	6,4	Potenciómetro
Materia orgánica	6,96%	Calcinación
$\text{CaO}$ soluble	0,28%	Truog
K <sub>2</sub> O solución	0,65%	Gravimétrico
N <sub>2</sub>	0,14%	Kjeldahl

2) **Arena.**— Los ensayos con leguminosas se realizaron en arena común de construcción.

3) **Insecticidas.**— (2) Como puede observarse en la bibliografía consultada, el BHC, el Clordano y el Toxafeno son insecticidas con los cuales se ha experimentado poco y por lo tanto es escaso lo que se sabe sobre su efecto tóxico para los microorganismos del suelo. Es esta la razón por la cual se han escogido para este trabajo. Para la aplicación de las dosis, tanto en el suelo que se utilizó para amonificación y nitrificación como en la arena en que se experimentó

(\*) Insolubles, de espolvoreo.

TABLA I  
Dosis empleada en cada tratamiento

Insecticidas	Principio activo kgs/ha.	Producto comercial	
		kgs/ha.	grs/kg.. de suelo
BHC 6,5%	4	61,53	0,033
	10	153,84	0,0825
	20	307,69	0,165
Clordano 10%	4	40,00	0,0215
	8	80,00	0,0430
	15	150,00	0,0806
Toxafeno 10%	4	40,00	0,0215
	10	100,00	0,0375
	20	200,00	0,1075
Testigo	0	0	0

con leguminosas, se tuvo en cuenta la densidad del suelo (1,24), considerando una profundidad de 0,15 m.

Como puede observarse en la tabla I, la cantidad de insecticidas aplicada al suelo en cada tratamiento es superior a la que ordinariamente se emplea en agricultura para el control de insectos, pero bastante menor que las usadas en experiencias similares citadas en la Revisión de Literatura.

En los ensayos realizados con leguminosas, sólo se utilizaron las dosis más altas de cada insecticida.

#### B) Métodos

1) **Toma de la muestra.**— La muestra del suelo para el experimento se tomó de la siguiente manera: en el terreno se marcaron 6 parcelas de un metro cuadrado cada una y separadas una de otra 0,50 m. Antes de tomar la muestra se limpió el terreno de basuras y malezas y con un barretón se hicieron excavaciones en un número de 8 y con un volumen de 0,10 m. de lado por 0,15 m. de profundidad.

Las muestras obtenidas de las 6 parcelas se mezclaron bien y se pusieron a secar al aire. Una vez que estuvo seco el suelo se pulverizó con un rodillo de madera sobre una superficie lisa y esterilizada. Luego se pasó a través de un tamiz No. 20 de donde se tomaron y pesaron 48 muestras de 500 grs. cada una: 24 para amonificación y 24 para nitrificación.

2) **Efectos sobre amonificación.**— Las 24 muestras de suelo de 500 grs. cada una, se trataron como se indica en la tabla II.

TABLA II  
Cantidad de nitrógeno recuperado

Insecticidas	TRATAMIENTOS		Nitrógeno recuperado en mgs.	
	Dosis en Kgs/ha. aplicada a 500 grs. de suelo	Proteína aplicada en grs.	Como NH4	Como NO3
BHC 6,5%	4	1,5 sangre	80,75	170,50
	10	1,5 sangre	119,70	175,42
	20	1,5 sangre	82,62	144,22
	0	1,5 sangre	74,35	180,12
Clordano 10%	4	1,0 peptona	95,31	186,32
	8	1,0 peptona	98,02	163,82
	15	1,0 peptona	80,72	175,19
	0	1,0 peptona	85,69	200,21
Toxafeno 10%	4	1,0 caseína	59,94	179,48
	10	1,0 caseína	91,63	171,46
	20	1,0 caseína	73,53	182,77
	0	1,0 caseína	60,39	122,64

La observancia de la amonificación y de la nutrificación se calculó con base en la cantidad de nitrógeno transformada en amonio y nitratos a partir de las proteínas agregadas a cada tratamiento. Fueron estas las siguientes: sangre seca para los del BHC, peptona para los del Clordano y caseína para los del Toxafeno. Cada proteína suministró 150 miligramos de nitrógeno.

Los experimentos se hicieron por duplicado. La mezcla de cada muestra de suelo con el insecticida y la proteína se realizó durante 20 minutos en un tambor giratorio acondicionado para este propósito. La peptona se adicionó al suelo disuelta en agua. Las muestras así tratadas se colocaron en vasos de precipitado de 600 centímetros de capacidad y se ajustó la humedad de tal manera que cada 100 grs. de la muestra después de tratados y humedecidos, pesaron 125 grs. Para evitar en lo posible cambios brucos en el contenido de agua del suelo, se mantuvieron las muestras en cámara húmeda. Durante los 7 días que duró la experiencia se hicieron pesadas diarias de cada muestra, reponiendo las pérdidas por evaporación con agua destilada. Al final de este período se determinó la humedad en una muestra representativa tomada de los 24 vasos para poder expresar los resultados en términos de materia seca.

3) Método para determinar el nitrógeno en forma de amonio. El nitrógeno amoniacal producto de la transformación llevada a cabo por las bacterias amonificantes, se determinó en una muestra de 50 grs. tomada de cada vaso, por el método de destilación (1) recogiendo el destilado en ácido standard y titulando con un álcali.

4) **Efectos sobre nitrificación.**— Los experimentos sobre nitrificación se condujeron exactamente en la misma forma que para amonificación, con el mismo número de replicaciones, el mismo número de tratamientos, las mismas sustancias (véase tabla II), excepto que los vasos que contenían el suelo tratado se mantuvieron en una incubadora a 28 grados centígrados durante 22 días y el agua evaporada se repuso semanalmente con agua destilada. En esa forma se mantuvo la humedad constante. Al final de este período se tomó una muestra representativa de los 24 vasos para determinar humedad y así poder expresar los resultados en términos de materia seca.

5) **Método para determinar el nitrógeno en forma de nitratos.**— El nitrógeno en forma de nitratos se determinó por el método colorimétrico con ácido fenol-disulfónico (9) en una muestra de 50 grs. tomada en cada vaso.

6) **Efectos sobre nodulación de leguminosas.**— El efecto producido por los insecticidas sobre las leguminosas se determinó por observación de la germinación, el desarrollo de las plantas, y el desarrollo radicular, pero principalmente por el número de nódulos formados.

Los experimentos se hicieron por duplicado. Se seleccionaron 2 leguminosas: crotalaria (*Crotalaria junccea*) y fríjol "algarrobo" (*Phaseolus vulgaris*).

Las semillas se plantaron en vasijas de arcilla barnizadas por dentro, previamente desinfectadas con bicloruro de mercurio al 2 por mil. Cada vasija contenía 4 kgs. de arena cernida y lavada, esterilizada durante 8 horas a 15 lbs. de presión y secada luego a la estufa a 110 grados centígrados.

Para el BHC se usaron las dosis 10 y 20 kgs/ha; para el Clordano las dosis 8 y 15 kgs/ha. y para el Toxafeno las dosis 10 y 20 kgs/ha.

La mezcla con el insecticida se hizo en un tambor giratorio adecuado durante 20 minutos.

Las semillas se desinfectaron en bicloruro de mercurio al 2 por mil durante 2 minutos y luego se lavaron 4 veces en agua esterilizada.

Se inoculó la arena de cada vasija con 10 centímetros cúbicos de cultivo puro de la bacteria específica (7) disueltos en 50 centímetros cúbicos de agua estéril. Para mayor seguridad se inocularon también las semillas manteniéndolas sumergidas en una dilución del cultivo por espacio de una hora. Luego se agregó a cada matra 150 centímetros cúbicos de solución nutritiva Crone (3), es decir el equivalente a la humedad correspondiente a la capacidad de campo. Esta solución se repuso semanalmente.

Las vasijas se pesaron diariamente y el agua evaporada se repuso con agua destilada.

La crotalaria se sembró profusamente, calculando que cada materia llevara más o menos 100 semillas, y el frijol se sembró a razón de 12 semillas por vasija.

Después de la germinación las vasijas se colocaron en el invernadero donde se les dejó crecer durante un período prudente que permitiera la formación de nódulos (29 días en el caso de la crotalaria y 25 días en el caso del frijol).

**7) Método para la cuenta de la nodulación.**— Para la cuenta de la nodulación en las plantas de crotalaria se tomaron de cada vasija 10 plantas al azar de cada replicación, es decir, 20 para las dos replications. Para frijol se tomaron también al azar 6 plantas de cada replicación, es decir, 12 para las dos replications.

Para facilitar la cuenta de la nodulación se separaron las raíces cuidadosamente y con pinzas especiales se desprendieron los nódulos.

#### IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos en amonificación y nitrificación no se analizaron debido al reducido número de variables estadísticas.

##### A) Resultados de amonificación y nitrificación.

En la tabla II se dan los resultados que indican el efecto del BHC, el Clordano y el Toxafeno sobre la producción de amonio y nitratos en el suelo. Como los resultados fueron muy próximos, tanto en amonificación como en nitrificación, se promediaron las dos replications en cada experimento y se expresan en términos de materia seca.

**1) BHC.**— Al comparar el testigo (dosis 0), con las dosis 4 y 20 kgs/ha., éstas ejercieron un ligero estímulo sobre la producción de amonio, estímulo que se acentuó con la dosis 10 kgs/ha. En cambio las mismas dosis produjeron un efecto contrario en la nitrificación y el mayor perjuicio se notó cuando se aplicó la dosis 20 kgs/ha.

**2) Clordano.**— Las dosis 4 y 8 kgs/ha. produjeron un pequeño incremento de la amonificación, comparados con el testigo (dosis 0), incremento que fue más notable en la dosis 8 kgs/ha. Las mismas dosis produjeron un efecto contrario en el proceso de nitrificación.

**3) Toxafeno.**— La dosis 4 kgs/ha. no produjo ningún efecto sobre el proceso de amonificación. En cambio las dosis 10 y 20 kgs/ha. estimularon la formación de amonio, estímulo que fue más notable en la dosis 10 kgs/ha.

En el proceso de nitrificación también se notó un efecto favorable en las tres dosis de este insecticida, siendo la dosis 20 kgs/ha. la que provocó el mayor estímulo.

TABLA III

## Resultados de nodulación en frijol

Insecticidas	Kgs/ha.	Nódulos por planta. (Promedio de dos replicaciones)
BHC 6,5%	0	220
	10	83
	20	13
Clordano 10%	0	235
	8	176
	15	211
Toxafeno 10%	0	255
	10	150
	20	67

## B) Resultados de nodulación en frijol.

En la tabla III se dan los resultados obtenidos sobre nodulación en frijol. El análisis mostró lo siguiente:

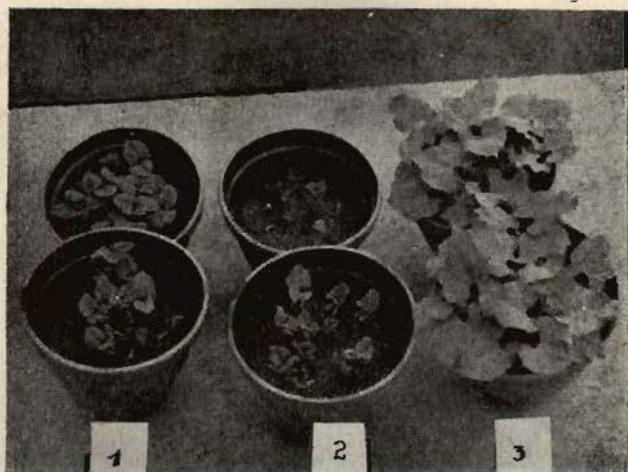
## 1) BHC.

a) **Dosis 10 kgs/ha.** — Esta dosis resultó muy tóxica a las bacterias que llevan a cabo la nodulación reduciendo el número de éstas en forma apreciable. Además retardó la germinación (figura 1), aunque a los 15 días comenzaron a recuperarse. Durante el tiempo que duró la experiencia se pudo constatar que el crecimiento de estas plantas fue siempre inferior al de los testigos. El efecto producido por esta dosis sobre el desarrollo radicular se muestra en la figura 2. Las raíces fueron cortas, gruesas, escasas y anormalmente dispuestas.

b) **Dosis 20 kgs/ha.** — Esta dosis resultó supremamente tóxica y la reducción del número de nódulos fue mayor que con las dosis 10 kgs/ha. Los efectos producidos en la germinación fueron similares a los producidos por la dosis menor, pero más intensos (ver figura 1). El sistema radicular mostró síntomas de toxicidad similares a los de la dosis menor, pero más notables (figura 2). Se presentaron además, deformaciones muy pronunciadas de las raíces, las cuales en algunos casos no alcanzaron a formar raíces secundarias (figura 3).

## 2) CLORDANO.

a) **Dosis de 8 y 15 kgs/ha.** — A pesar de que la tabla III muestra diferencias entre el número de nódulos de los testigos y el de los tratamientos con las dos dosis de Clordano, el análisis mostró que éstas no produjeron efecto apreciable sobre la nodulación del frijol,



**Figura 1.**—Efecto del BHC sobre el frijol.

- 1.—Dosis 10 kgs/ha. de BHC.
- 2.—Dosis 20 kgs/ha.
- 3.—Testigos.

sólo que el tamaño de los nódulos fue inferior al de los testigos. Tampoco afectaron la germinación (ver figura 4). El desarrollo radicular tampoco sufrió alteración alguna.

### 3) TOXAFENO.

a) **Dosis 10 kgs/ha.** —Resultó tóxica para las bacterias que forman nódulos, y el número de estos se redujo apreciablemente. La germinación también fue tardía en las vasijas tratadas con esta dosis (ver figura 5). Estos síntomas son comparables a los producidos por el BHC en la misma dosis pero menos intensos en este insecticida. El desarrollo radicular también fue afectado en forma notable (ver figura 6). Las raíces fueron cortas, su número escaso, gruesas y deformes.

b) **Dosis 20 kgs/ha.** —Resultó muy tóxica para las bacterias de la nodulación. Los efectos producidos por ella son similares a los producidos por la dosis menor, pero más marcados. El número de nódulos se redujo grandemente. La germinación se retardó (ver figura 5), el desarrollo radicular sufrió trastornos de consideración como puede verse en la figura 6. Las raíces fueron gruesas, cortas, escasas y anormales.

### C) Resultados de nodulación en crotalaria.

En la tabla IV se dan los resultados obtenidos sobre nodulación en crotalaria, los cuales representan el promedio de dos replicaciones.

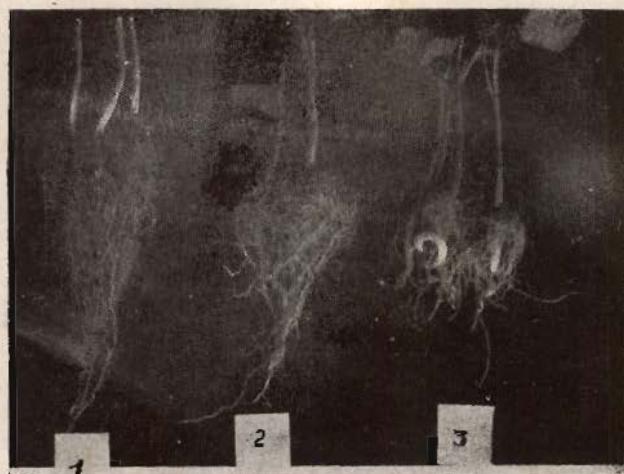


Figura 2.— Efecto del BHC sobre el Frijol.

- 1.— Testigos.
- 2.— Dosis 10 kgs/ha. de BHC.
- 3.— Dosis 20 kgs/ha.

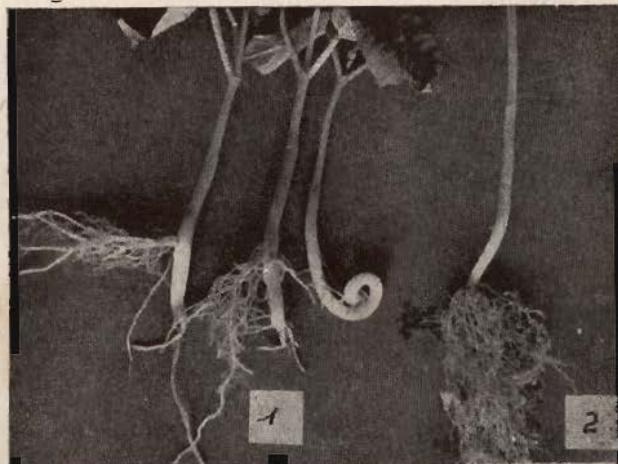


Figura 3.— Efecto del BHC sobre el frijol.

- 1.— Dosis 20 kgs/ha. de BHC.
- 2.— Testigo.

TABLA IV

## Resultados de nodulación en crotalaria.

Insecticidas	Kgs/ha.	Promedio de nódulos por planta
BHC 6,5%	0	7
	10	2
	20	1
Clordano 10%	0	4
	8	3,5
	15	3,5
Toxafeno 10%	0	3,0
	10	0,0
	20	0,0

Los efectos producidos por los tres insecticidas sobre la germinación y el desarrollo radicular son muy similares a los producidos en frijol, a excepción de la nodulación que en crotalaria fue bastante menor aún en los testigos.

1) **BHC.**— Aplicado en las dosis 10 y 20 kgs/ha. redujo la nodulación en forma apreciable, la germinación se retardó (figura 7) y las raíces presentaron deformaciones similares a las del frijol. Los efectos producidos por la dosis mayor fueron más notables que los producidos por la menor.

2) **Clordano.**— Aplicado en la dosis 8 y 15 kgs/ha. no produjo efectos de consideración sobre la nodulación como también sobre la germinación, la cual fue igual a la de los testigos. Las raíces no sufrieron ningún daño, como puede observarse en la figura 8.

3) **Toxafeno.**— Aplicado en las dosis 10 y 20 kgs/ha. eliminó la nodulación. Esto nos hace pensar que la crotalaria es más sensible que el frijol a la acción tóxica del Toxafeno. Este insecticida también produjo un retardo en la germinación, y deformaciones en el sistema radicular (figura 9), similares a las que produjo en frijol, pero más intensas. Los efectos producidos por las dosis 20 kgs/ha. fueron siempre más notables que los producidos por la dosis menor:

## V. DISCUSION

## A) Amonificación y Nitrificación.

1) **BHC.**— A pesar de que la dosis más alta 20 kgs/ha., representa una cantidad 10 veces mayor que la que se recomienda en agricultura, es relativamente baja en comparación con las usadas en ex-

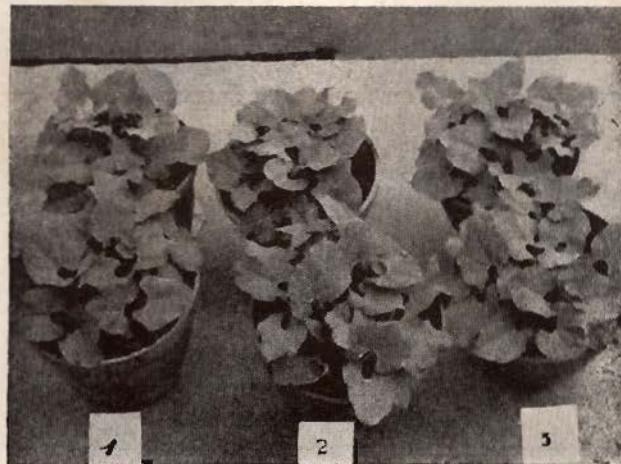


Figura 4.— Efecto del Clordano sobre el frijol.

- 1.— Dosis 8 kgs/ha. de Clordano.
- 2.— Dosis 15 kgs/ha.
- 3.— Testigos.

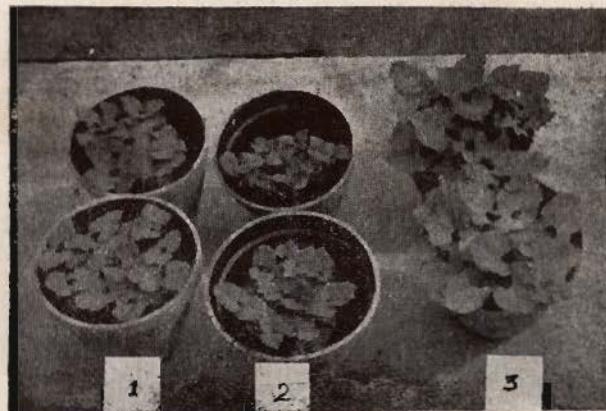
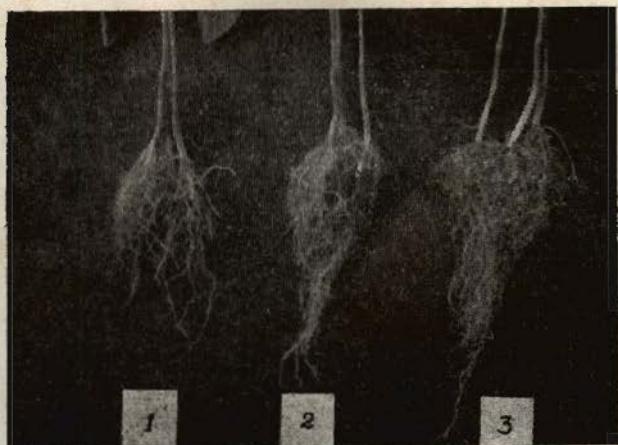


Figura 5.— Efecto del Toxafeno sobre el frijol.

- 1.— Dosis 10 kgs/ha. de Toxafeno.
- 2.— Dosis 20 kgs/ha.
- 3.— Testigos.



**Figura 6.— Efecto del Toxafeno sobre el frijol.**

- 1.— Dosis 20 kgs/ha. de Toxafeno.
- 2.— Dosis 10 kgs/ha.
- 3.— Testigos.

periencias anteriores. Wilson y Choudhri (11), por ejemplo, aplicaron una cantidad 100 veces mayor por acre, que la recomendada en agricultura para erradicar el gusano alambre, y observaron que el efecto tóxico sobre las bacterias amonificantes fue insignificante.

No es de extrañar entonces que el BHC usado en estas dosis relativamente bajas produzca un aparente estímulo de la amonificación.

2) **Clordano.**— La depresión de la nitrificación que notamos en estos dos tratamientos del suelo con el BHC y el Clordano en las tres dosis, puede atribuirse directamente a la acción tóxica de los insecticidas sobre las bacterias específicas que llevan a cabo este proceso. Sabemos que en el proceso de la nitrificación sólo intervienen pocos géneros muy sensibles a cualquier cambio de los factores ambientales como también a la acción de ciertos agentes químicos. Esto nos hace suponer que sean también sensibles a la acción tóxica de los insecticidas usados.

Si comparamos la acción del BHC y el Clordano sobre el proceso de amonificación y el de nitrificación, vemos que los resultados son opuestos, es decir que mientras la amonificación aumenta, la nitrificación disminuye. Estos resultados están perfectamente de acuerdo con las observaciones que hacen Waksman y Starkey (10) sobre la distinta sensibilidad a diferentes factores ambientales y agentes químicos que muestran estos dos grupos de bacterias. Los citaremos textualmente: "Debido al reducido número de organismos asociados con el proceso de nitrificación y la semejanza de sus características de crecimiento, las condiciones para una buena formación de nitratos

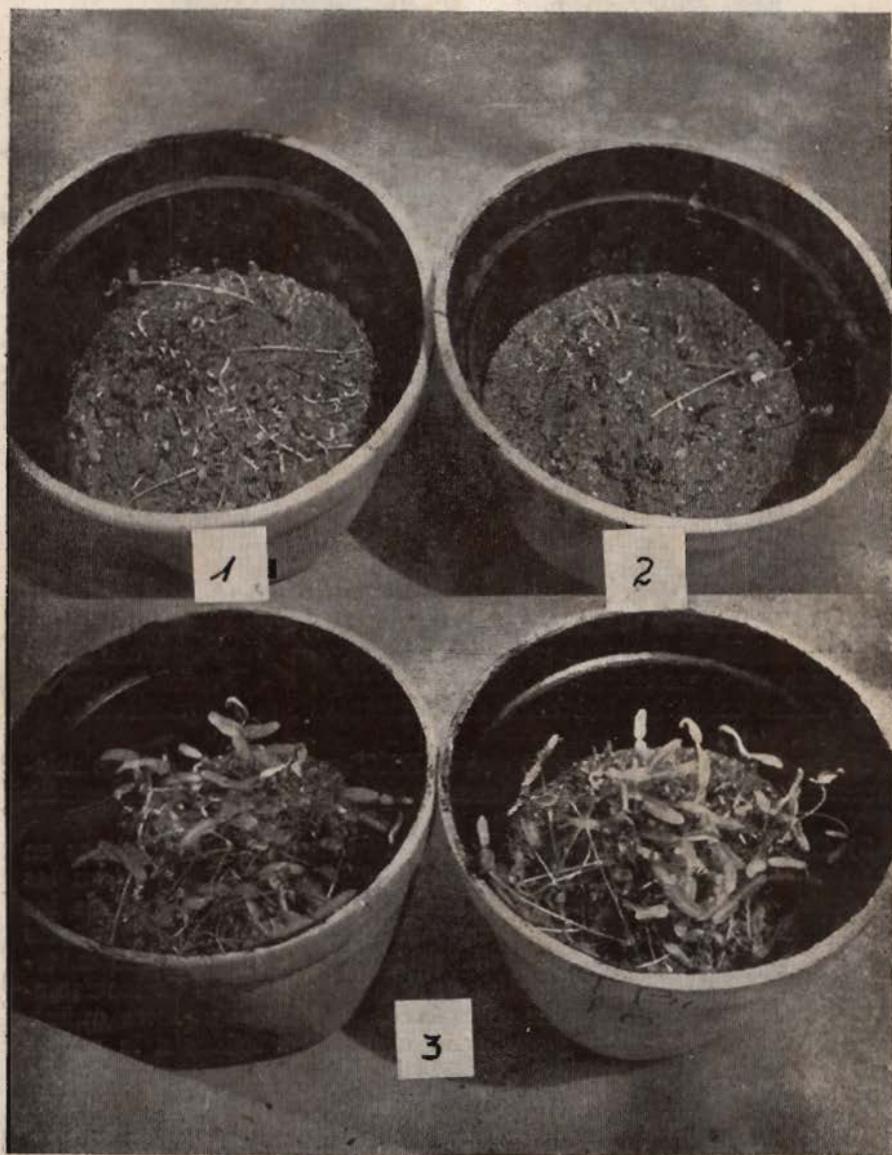


Figura 7.— Efecto del BHC sobre la crotalaria.

- 1.— Dosis 10 kgs/ha. de BHC.
- 2.— Dosis 20 kgs/ha.
- 3.— Testigos.

en el suelo son más reducidas que para la formación de amonio. La nitrificación se afecta mucho más que la amonificación por cambios del pH, la aireación, la humedad y la concentración de sales del suelo. Los procesos de esterilización parcial del suelo con vapor de agua o antisépticos volátiles eliminan casi por completo los organismos formadores de nitratos, mientras que muchos de los organismos amonificantes no sufren ningún daño".

**3 Toxafeno.**— Vale la pena hacer notar que la acción del Toxafeno en las tres dosis es similar en los dos procesos es decir, produce un estímulo tanto de la amonificación como de la nitrificación en el suelo. Podemos atribuir este efecto de acuerdo con Boswel (2), a que posiblemente las bacterias autotróficas que intervienen en uno y otro proceso, puedan utilizar el insecticida como fuente de energía, produciéndose lógicamente un estímulo en la formación de amonio y nitratos.

#### B) Nodulación en fríjol. Nodulación en crotalaria.

Es de observarse que los experimentos con estas leguminosas se realizaron sobre arena, donde el insecticida ejerció todo su poder tóxico debido a que allí no se contaba con la presencia de bases, materia orgánica u otros compuestos que reaccionaran con él y ayudaran a amortiguarlo.

Por lo tanto ,el autor atribuye los resultados obtenidos, a la acción de los insecticidas.

### VI. CONCLUSIONES

#### A) Amonificación.

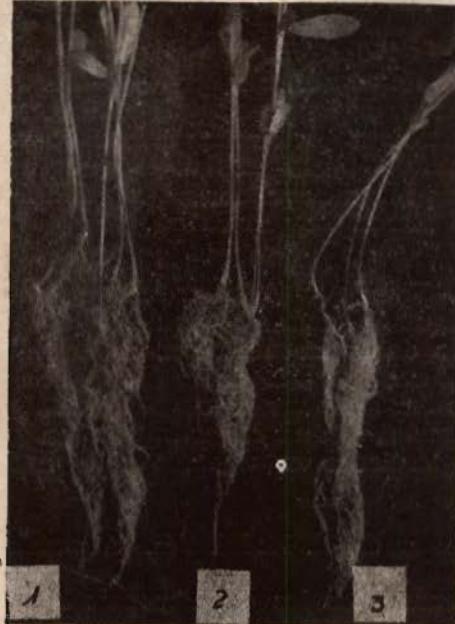
1) **BHC.**— En las proporciones de 4, 10 y 20 kgs/ha., favorecen la producción de amonio en el suelo, siendo la dosis más benéfica 10 kgs/ha.

2) **Clordano.**— En las dosis 4 y 8 kgs/ha ejerce influencia favorable sobre la amonificación. La dosis 15 kgs/ha. produce una disminución tan pequeña que el autor no se aventura a atribuirla al efecto del insecticida.

3) **Toxafeno.**— En la dosis 4 kgs/ha. no produce ningún efecto sobre la amonificación. Aplicado en las dosis 10 y 20 kgs/ha. produce un incremento notable sobre el mismo proceso, siendo mayor el producido por la dosis 10 kgs/ha.

#### B) Nitrificación.

1) **BHC.**— Las dosis 4 y 10 kgs/ha., producen una disminución de la nitrificación de poca significación. La dosis 20 kgs/ha. disminuye en forma apreciable el contenido de nitratos en el suelo.



**Figura 8.— Efecto del Clordano sobre la crotalaria.**

- 1.—Testigos.
- 2.— Dosis 8 kgs/ha. de Clordano.
- 3.—Dosis 15 kgs/ha.



**Figura 9.— Efecto del Toxafeno sobre la crotalaria.**

- 1.— Testigos.
- 2.— Dosis 10 kgs/ha. de Toxafeno.
- 3.— Dosis 20 kgs/ha.

2) **Clordano.**— Las dosis 4, 8 y 15 kgs/ha., producen una depresión de la nitrificación la cual se acentúa más en la dosis 8 kgs/ha.

3) **Toxafeno.**— En las dosis 4 y 10 kgs/ha. estimulan la formación de nitratos en el suelo, estímulo que es más notorio en la dosis 20 kgs/ha.

#### C) Nodulación en frijol.

1) **BHC.**— En las dosis 10 y 20 kgs/ha. reduce el número de nódulos considerablemente. Además retarda la germinación y produce disturbios en la raíz. Los efectos producidos por la dosis mayor son más severos.

2) **Clordano.**— En las dosis 8 y 15 kgs/ha. no produce efectos de consideración sobre la nodulación como tampoco sobre la germinación ni el desarrollo radicular.

3) **Toxafeno.**— En las dosis 10 y 20 kgs/ha. produce síntomas similares a los producidos por el BHC, pero menos pronunciados.

#### D) Nodulación en crotalaria.

1) **BHC.**— En las dosis 10 y 20 kgs/ha. reduce el número de nódulos considerablemente, disminuye el porcentaje de germinación y ocasiona disturbios en la raíz. Los síntomas producidos por la dosis mayor, son más severos.

2) **Clordano.**— En las dosis 8 y 15 kgs/ha. no afecta en forma considerable la germinación, ni la formación de nódulos en la raíz, ni el desarrollo radicular.

3) **Toxafeno.**— En las dosis 10 y 20 kgs/ha elimina por completo la formación de nódulos, retarda la germinación y ocasiona disturbios en la raíz.

#### VII. RESUMEN

Se hizo un estudio para investigar el efecto que produce el BHC, el Clordano y el Toxafeno sobre la microflora bacterial amonificante y nitrificante del suelo, y sobre la nodulación de dos especies de leguminosas que crecieron en arena tratada con estos insecticidas.

El BHC, aplicado en las dosis 4, 10 y 20 kgs/ha., que representan cantidades 2, 5 y 10 veces mayores, respectivamente, que las recomendadas comercialmente en agricultura contra plagas del suelo, produjo un ligero estímulo sobre la producción de amonio en el suelo. En cambio, las mismas dosis disminuyeron la formación de nitratos, disminución que se hizo más notable en las dosis 20 kgs/ha.

Las dosis 10 y 20 kgs/ha., redujeron en forma notable el número de nódulos de las raíces de frijol y crotalaria, disminuyeron el

porcentaje de germinación y ocasionaron trastornos fisiológicos en el desarrollo radicular.

El Clordano, aplicado en las dosis 4, 8 y 15 kgs/ha., cantidades 2, 4 y  $7\frac{1}{2}$  veces mayores que las que se recomiendan normalmente en agricultura, estimuló la amonificación, lo que se hizo más notable en la dosis 15 kgs/ha. En cambio las mismas dosis produjeron un efecto contrario sobre la nitrificación.

Las dosis 8 y 15 kgs/ha. no afectaron en forma considerable la nodulación del frijol ni de la crotalaria, como tampoco la germinación de la semilla ni el desarrollo de las raíces.

El Toxafeno, aplicado en las dosis 4, 10 y 20 kgs/ha. cantidades 2, 5 y 10 veces mayores respectivamente que las recomendadas en agricultura, estimuló en forma apreciable la formación de amonio y nitratos en el suelo.

Las dosis 10 y 20 kgs/ha., redujeron la nodulación del frijol y la crotalaria considerablemente ,efectos que fueron más notorios en crotalaria. Además, disminuyeron el porcentaje de germinación y ocasionaron trastornos en el desarrollo radicular.

### VIII. SUMMARY

A study was made to investigate the effect that BHC, Chlordane and Toxaphene produce on ammonifying and nitrifying bacterial micro-flora of the soil, and on the nodulation of two species of legumes which were grown in pots containing sand treated with these insecticides.

BHC applied to the soil in dosages of 4, 10 and 20 kilograms per hectare, and which represent quantities 2, 5 and 10 times larger respectively than the amounts recommended commercially for agriculture against pests in the soil, produced slight effect on the production of ammonium in the soil. On the other hand, the same proportions reduced the formation of nitrates, a reduction which became more noticeable with doses of 20 kilograms per hectare.

The dosages of 10 and 20 kilograms of BHC per hectare reduced in a striking manner the number of nodules on the roots of beans and crotalaria, reduced the percentage of germination and also caused physiological disturbance in the radicular development in both cases.

Chlordane applied to the soil in doses of 4, 8 and 15 kilograms per hectare, amounts which are 2, 4 and  $7\frac{1}{2}$ times larger than that which is normally recommended for agriculture, stimulated the ammonification, a stimulus which made itself more conspicuous with dosage produced a contrary effect on nitrification.

The dosages of 8 to 15 kilograms of Chlordane per hectare, did

not affect considerably the nodulation of beans or crotalaria, the germination of the seed, nor the root development.

Toxaphene applied in dosages of 4, 10 and 20 kilograms per hectare, amounts which are 2, 5 and 15 times respectively larger than the amounts recommended for agriculture, encouraged in an appreciable manner the production of ammonium and nitrates in the soil.

The dosages of 10 and 20 kilogrms of Toxaphene per hectare reduced the nodulation of beans and of crotalaria. These effects were considerably more noticeable in the crotalaria. Furthermore, this reduced the percentage of germination and caused a disturbance in the radicular development.

#### IX. BIBLIOGRAFIA

1. **A.O.A.C.**— Official methods of analysis of the association of official agricultural chemists. 17th. ed. pp. 14 Washington, 1950.
2. **Boswel, R. V.**—Residues, soil, and plants. U. S. Department of Agriculture. Yearbook 1952: 283-296. 1952.
3. **Carlyle, R. E. y Thorpe, J. D.**— Some effects of ammonium and sodium 2.4 D dichlorophenoxyacetates on legumes and the rhizobium bacteria. Jour. of Amer. Soc. of Agr. 39: 929-936. 1947.
4. **Jones, L. W.**— Stability of DDT on microbial activities of soil. Soil Science 73 (3): 237-241. 1952.
5. ————— Are insecticides toxic to soil microorganisms? Farm & Home Science 11: 58-59. 1950.
6. **Payne, M. G. y Fults, J. L.**— Some effects of 2.4 D, DDT and Colorado 9 on root nodulation in the common bean. Jour. of the Amer. Soc. of Agr. 39: 52-55. 1947.
7. **Salle, A. J.**— Laboratory manual on fundamental principles of bacteriology. pp. 143-144. New York, McGraw-Hill 1948.
8. **Smith, N. R. y Wenzel, M. E.**— Soil microorganisms are affected by some of the new insecticides. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 12: 227-233. 1947. (Res. en Soil and Fertilizers. 12 (5): 1710. 1949).
9. **Snell, Foster Dee y Snell, Cornelia T.**— Colorimetric methods of analysis. Vol. I. pp. 628-634. New York, D. Van Nostrand, c1944.
10. **Waksman, Selman A. y Starkey, Robert L.**— The soil and the microbe. pp. 139-140. New York. John Wiley, 1931.

11. Wilson, J. K. y Choudhri, R. S.— The effect of benzene hexachloride on soil organisms. *Jour. Agr. Res.* **77**: 25-32. 1948.
12. \_\_\_\_\_ Effect of DDT on the nodulation of legumes. *Jour. of Economic Ent.* **39**: 537-538. 1946.
13. \_\_\_\_\_ Effects of DDT on certain microbiological processes in the soil. *Jour. Eco. Ent.* **39** (4): 537-538. 1946.  
\_\_\_\_\_