

EFFECTO DE LA APLICACION DE ACIDOS HUMICOS EN HAPLUDULT TIPICO DE LOS LLANOS ORIENTALES Y SU INTERRACCION CON ELEMENTOS MICRONUTRIENTES

LUIS JORGE MESA ¹, JOSÉ CASTRO, PEDRO MÉNDEZ

RESUMEN

Es reconocido que la presencia del humus en el suelo tiene un papel importante en las propiedades físicas y bioquímicas del suelo, que afectan el crecimiento de las plantas. En suelos muy evolucionados como los ultisoles, la presencia de materia orgánica es muy baja, por lo cual predomina en sus características el componente mineral que por su composición determina que la reserva de elementos disponibles para la planta sea muy baja y que se presente en formas insolubles, particularmente el fósforo. A su vez otros elementos pueden presentarse en exceso y afectar la disponibilidad de otros elementos, ya sean agregados ó nativos, provocando eficiencia muy baja en la fertilización en especial de las fuentes fosfóricas.

En tiempos recientes la industria ha producido materiales provenientes de fuentes ricas en componentes orgánicos que suplen la deficiencia de ellos en el suelo y de esta manera recuperar sus beneficios. Uno de estos productos es el "Carbovit", el cual se uso en este ensayo en dosis de 2, 4 y 6% de producto activo para determinar su efecto en un Hapludult típico en la dinámica del hierro, manganeso, zinc, pH, aluminio intercambiable y fósforo soluble.

A su vez se cuantificó la influencia en la producción de rábano (*Raphanus sativus* L.). A través de la producción de materia seca.

Los resultados obtenidos muestran aumentos en la disponibilidad de fósforo y zinc, y disminución en los de hierro, manganeso y cobre, permaneciendo el pH estable.

Palabras Claves: Humus, micronutrientes

ABSTRACT

Readily weathered soils, such as Ultisols and Oxisols, occurring in tropical areas are low in organic matter content. Therefore their chemical and physical properties are determined by the mineralogical component which are very low in available nutrients mainly phosphorus and bases for crops. Phosphorus added in fertilizers reacts with iron and aluminum present in oxisols and ultisols diminishing phosphorus solubility and its efficiency of application.

During last years chemical industry has developed commercial products containing the active components present in humus. One of this products named CARBOVIT (12% humic substances) was used in the present experiment applied in three doses (2, 4 and 6% of the commercial product) on a Typic Hapludult from Puerto López (Meta). Content of soluble phosphorus, iron, zinc, manganese, copper and aluminum were determined at two different times, 20 and 45 days after planting raddish

¹ Profesor. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Apartado aéreo 14490, Santafé de Bogotá D.C. Colombia.

(*Raphanus sativus* L.).

After 45 days soil chemical determinations indicated that phosphorus and zinc increases their content; iron, manganese, copper and aluminum diminished their content compared with their initial content. pH values did not change.

INTRODUCCION

La nutrición de las plantas depende de los elementos nativos radionados disponibles en la solución del suelo. Sin embargo, la acción de los fertilizantes en ocasiones no se refleja como debería, por fenómenos como fijación, lixiviación y volatilización que se originan ante los bajos contenidos de materia orgánica en el suelo.

Las moléculas orgánicas tienen la capacidad de absorber diferentes elementos en estado iónico y de ésta manera mantenerlos en forma asimilable para la planta; además las moléculas de tamaño pequeño pueden pasar a través de las membranas de la raíz, ejerciendo de ésta manera un mecanismo de transporte de elementos al interior de la planta, originando un adecuado balance en la toma de nutrientes por lo cual la planta logra mejor desarrollo y así se puede disminuir la alimentación global de macro y microelementos.

Las sustancias húmicas juegan un papel importante en el ciclo del nitrógeno evitando que se pierda rápidamente por lixiviación; la planta aprovecha entre el 50 y 70% del nitrógeno aplicado, el resto se pierde por fijación, lixiviación y desnitrificación; al lograr su retención, la relación C/N se hace menor y la mineralización de los compuestos orgánicos se incrementa, la actividad de organismos degradadores de materia orgánica se incrementa y también aumenta el desarrollo radical de las plantas y, por lo tanto podrán asimilar más nutrientes.

Los ácidos húmicos juegan un papel importante en la planta; la continua disolución de fosfatos en el suelo, permite mantener fósforo disponible para la planta. La separación de la fracción húmica del suelo origina fijación del fósforo al suelo; la aplicación de fósforo luego de humatos, nitrohumatos o humatos de potasio es particularmente, efectiva para incrementar el desarrollo radical, el contenido de clorofila y para elevar el metabolismo mineral; el efecto estimulador de los ácidos húmicos sobre la toma de fósforo depende de la temperatura y así, bajo 14°C los ácidos húmicos reducen la toma de fósforo.

Niveles bajos de Cu, Zn, Mo, Mn, se pueden deber a una fuerte retención por parte de ácidos húmicos.

Existe relación entre la cantidad de materia orgánica y la productividad del suelo en aquellos casos en que existe uno o varios limitantes de la producción, como son carencia o sobredosis de nutrientes, sequedad, mala aireación, etc.; sin embargo, ante la ausencia de limitantes los logros por adiciones orgánicas son de escaso valor o rentabilidad.

El presente ensayo trata de cuantificar la dinámica de los elementos micronutrientes y el comportamiento del aluminio en un Ultisol proveniente de los Llanos Orientales de Colombia y su interacción con varias dosis de ácido húmico.

REVISION DE LITERATURA

Las investigaciones iniciales sobre el humus datan del siglo XVIII, época que se destaca el primer Manual de Química Agrícola.

La mitad inicial del siglo XIX se considera como la iniciación de las primeras investigaciones sistemáticas de la naturaleza de las sustancias húmicas.

Al alemán Sprengel (1826-1837) pertenecen las primeras descripciones detalladas del principal representante de las sustancias húmicas: EL ACIDO HUMICO. Señaló la relación existente entre la fertilidad del suelo y la presencia del ácido húmico. También introdujo el término carbón húmico para la forma de ácido húmico poco soluble en alcalí.

Los primeros decenios del siglo XX se caracterizan por ser un período de divergencia de principios sobre la naturaleza del humus. Algunos consideraban que las materias húmicas eran compuestos naturales peculiares, cuya formación era debida a procesos complejos de transformación de restos orgánicos.

Otros tomaban las sustancias húmicas como productos artificiales que se originan al tratar el suelo con soluciones alcalinas, las cuales se emplean para la extracción de dichas materias.

El humus solo se considera como una mezcla de compuestos orgánicos de composición particular, producto de la descomposición de restos de origen vegetal y animal.

Oden (1919-1922) sistematizó las sustancias húmicas en cuatro grupos: Carbón húmico, ácido húmico, ácido himatome-lánico y fulvoácidos.

Smuk (1914-1930) consideró a los ácidos húmicos como un grupo de sustancias que poseen características comunes de estructura.

Es bien conocido y así lo sostiene Cheng, P. (1977) que la materia orgánica es importante en la fertilidad y la productividad del suelo se constituye en la principal reserva de nutrientes para la planta como nitrógeno (N) fósforo (P) y azufre (S), principalmente.

Su papel en la fertilidad del suelo se puede evaluar por:

1. Modificación de propiedades físicas del suelo aumentando su capacidad de retención de agua y por lo tanto influyendo en el balance hídrico.
2. La materia orgánica y el humus se constituyen en el soporte para el desarrollo de la flora microbiana en el suelo.
3. El ácido carbónico formado por la mineralización de la materia orgánica ayuda a la degradación de las sustancias minerales en el suelo y a la solubilización de sustancias nutritivas presentes en forma no asimilable.
4. Las sustancias húmicas que se forman a partir de la materia orgánica, aumentan la capacidad de intercambio catiónico del suelo y mejoran su función de reserva de elementos químicos.
5. Los coloides orgánicos tienen una capacidad de intercambio mucho mayor que los inorgánicos lo que permite una acción quelatante sobre el anhídrido fosfórico y sobre algunos microelementos siendo un importante factor en la disponibilidad de los mismos.

La materia orgánica se origina de la descomposición de los restos animales y vegetales incorporados en el suelo y además los productos de la acción de microorganismos sobre éstos mismos restos orgánicos. Debido a su naturaleza, se puede considerar que las características y propiedades de la materia orgánica son muy individuales y dependen del tipo del suelo, de los residuos orgánicos incorporados a él, de las condiciones climáticas y del tiempo de descomposición.

El contenido de materia orgánica está in-

fluido por los procesos de acumulación y por la mineralización de éstos residuos, existiendo, generalmente un equilibrio entre éstos procesos para lograr un contenido medio característico de cada tipo de suelo (Rottini, O.T., 1977).

Según Cheng (1977), los compuestos que originan el humus son carbohidratos, proteínas, aminoácidos, grasas, ceras, aceites, resinas, alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos orgánicos, lignina, alcaloides, auxinas, vitaminas, enzimas y pigmentos. La fracción oxidable de la materia orgánica la constituye en su mayor parte, carbono e hidrógeno en más de un 50% del peso seco.

El constituyente más importante del humus lo conforma un grupo de componentes orgánicos difícilmente clasificables en forma individual, de color oscuro, resistentes al ataque microbiano, con propiedades similares por lo cual se denominan sustancias húmicas. Estas sustancias constituyen el 60-90% de la materia orgánica y son responsables de las propiedades fisicoquímicas de ésta. Poseen un coeficiente de mineralización hasta de un 5%, y por lo general cercano al 2%. Las sustancias húmicas se componen de un 40-65% de C, 30-50% de O, 1-6% de H y N y un 2% máximo de P y S.

Las sustancias húmicas se clasifican en tres fracciones de acuerdo a su solubilidad, (Moliner, R., 1983), a saber:

1. Ácidos Fúlvicos: Solubles en medio ácido y básico.
2. Ácidos húmicos : Solubles en Alcalí e insolubles en ácidos.
3. Huminas : Solubles en ambos medios.

Recientemente, el autor anterior, ha pues-

to de relieve la importancia de otra fracción poco estudiada por la forma como se extraen del suelo las sustancias húmicas y es la fracción soluble en agua denominada ácido húmico soluble en agua, de gran interés por su actividad en el crecimiento de las plantas frente a otras sustancias húmicas.

Los análisis cromatográficos, de espectroscopia infrarroja y densidad óptica según Kononova (1966), demuestran que las sustancias húmicas se componen por estructuras complejas, aromáticas, polinucleares, con grupos funcionales carboxilos, hidroxilos, fenólicos, alcohólicos y metóxilos. Generalmente, las moléculas húmicas no se encuentran en estado libre, sino acopladas con la fracción mineral del suelo por lo cual al realizar la extracción de este tipo de sustancias del suelo, no se logra un 100% de eficiencia. Además, Hernando V. (1977) afirma que los diversos medios de extracción pueden originar cambios en la naturaleza de las sustancias húmicas, ocasionando de complejamiento que altera la estructura molecular como en el caso del hidróxido de sodio 0.1N. Este fenómeno ha sido discutido ampliamente pues se ha considerado que las sustancias húmicas son compuestos que se originan al tratar los compuestos del suelo con una sustancia alcalina, sin embargo otros métodos de obtención como las resinas, entregan sustancias muy similares a las obtenidas con hidróxidos alcalinos.

Los ácidos húmicos son sustancias extraídas por disolventes (NaOH, KOH, NH₄OH, NaHCO₃, Na₄P₂O₇, NaF, oxalato sódico, urea, y otros); así mismo, son insolubles en alcohol y ácidos minerales. A pesar de que hay diferencias entre las sustancias obtenidas de diferentes suelos, turbas, restos vegetales en descomposición, conservan unos principios de estructura y semejanza, (Kononova, 1966).

Los ácidos húmicos son macromoléculas de pesos entre 800 y 500.000 U.M.A., contienen una fracción de proteínas y carbohidratos fácilmente hidrolizables unidas a un núcleo muy condensado de naturaleza aromática; sus elementos estructurales son derivados de la lignina, fenol y resorcinol, además, se encuentran además grupos alcohol, carboxi, carbonilo y quinoide (Osorio, J., 1985).

Los ácidos fúlvicos contienen un menor porcentaje de carbono y mayor de oxígeno, son solubles en agua alcohol, alcalis y ácidos minerales, se han considerado como formas precursoras de ácidos húmicos o como productos de su descomposición.

Entre los fulvoácidos, según Osorio J. (1985) se encontraron ácidos hidrocarboxílicos, grupos metóxilos, carbóxilos e hidróxilos fenólicos que son, igualmente, característicos para los ácidos húmicos. Sus pesos moleculares pueden variar entre 175 y 3590, poseen una naturaleza aromática más débil, predominando en su estructura los grupos laterales.

Las huminas son sustancias húmicas que no se extraen con soluciones alcalinas de un suelo descalcificado; según Sprengel, ocupan una posición intermedia entre el ácido húmico y el carbón por lo cual se denominan "carbón húmico".

En promedio, representan cerca del 25% del humus del suelo, su insolubilidad no se explica por una estructura química diferente, sino por su fuerte combinación con la parte mineral del suelo, especialmente con sesquióxidos y silicatos, por lo tanto, procesos de oxidación intensivos pueden liberar dicha fracción húmica y demostrar su similitud con las demás sustancias húmicas, (Osorio, J. 1985).

Las sustancias húmicas se constituyen en formadoras de suelo, en mejoradoras de condiciones fisicoquímicas y como se dijo anteriormente, forman complejos órgano-minerales que mantienen elementos en estado iónico a disposición de la planta, evitando que éstos se fijen o se laven del suelo, (Kononova, 1966).

Ensayos realizados por Cheng (1977), muestran que la aplicación de 100T/ha de desperdicios y lodos en compost, 20T/ha. de estiércol y aguas residuales o de 1000 ppm. de ácidos húmicos a suelos arenosos pobres en humus o suelos pesados permite el desarrollo saludable de las plantas y consecuentemente, mayores rendimientos. El mejoramiento de las propiedades físicas y el mantenimiento de niveles de carbono, nitrógeno, fósforo y demás cationes se puede lograr por la adición de materia orgánica, en forma de residuos de corral, compost, turba, estiércol, aguas residuales, residuos verdes, paja, sangre o restos de animales.

La toma por parte de la planta de nutrientes existentes en el suelo y fertilizantes, puede inducirse, actualmente, por la adición de humus que actuará en los procesos fisiológicos y bioquímicos.

Es importante anotar que la disponibilidad de minerales en el suelo depende de las propiedades quelatantes de la materia orgánica, (Cheng, 1977).

Osorio, J. (1985) sostiene que las sustancias húmicas permanecen por más tiempo en el perfil del suelo ya que no se descomponen fácilmente, pueden aportar a la planta dióxido de carbono, nitrógeno, fosfatos y sulfatos; además, las moléculas de bajo peso pueden atravesar la membrana celular y entrar a las células; la acción de los ácidos húmicos se ha ubicado en los procesos enzimáticos y respiratorios y se

manifiesta en una disminución de la alimentación global neta, es decir que con menores consumos de elementos la planta logra mayores acumulaciones de materia seca, expuesto por Hernando, V (1977).

Los ácidos húmicos en bajas concentraciones elevan la permeabilidad de la membrana celular de las raíces y por lo tanto, se incrementa la toma de agua y nutrientes por la planta, ayudando al movimiento de iones metálicos transportados dentro de ésta. La activación enzimática es una de las más importantes propiedades de los ácidos húmicos; ésto se explica por la presencia de grupos quinona que son aceptores de hidrógeno y al mismo tiempo son activadores de oxígeno, catalizando procesos de oxidoreducción.

De hecho, Cheng (1977) reporta que tratamientos 0,001% de ácidos húmicos o humatos de sodio incrementan el rendimiento de centeno y la toma de fósforo y potasio. El crecimiento de establecimiento y la iniciación de las raíces se incrementaron cuando las semillas se sumergieron en una solución de ácido húmico antes de sembrarse.

La acción de las sustancias húmicas en otros procesos no se ha determinado completamente; sin embargo, los experimentos de Ortega, Hernando (1977) y Sánchez (1981), lanzan hipótesis sobre participación en procesos metabólicos que intervienen en la función clorofílica; esto se confirma al comprobar que los ácidos húmicos influyen directamente en la síntesis de compuestos orgánicos.

Las plantas desarrolladas en un medio tratado con ácido húmico muestran un incremento en el contenido de humedad en sus tejidos, tanto aéreos como en las raíces, y se logró determinar que presentan menores contenidos de aluminio, lo cual

reduce problemas de toxicidad de este elemento.

Por lo tanto, las sustancias húmicas pueden obrar, dentro y fuera de la planta (Hernando, V. 1977), y al considerar la fisiología de ésta, el obtener moléculas que sean asimilables por la planta es de gran interés y por lo consiguiente, el método de obtención de las sustancias húmicas juega un papel importante, ya que diferentes métodos originan diferencias estructurales en las sustancias obtenidas; la acción del hidróxido de sodio sobre las sustancias orgánicas origina una depolimerización, por lo cual se obtienen moléculas de menor peso y por lo tanto de mayor asimilabilidad.

Los suelos que pertenecen al orden ultisoles tienen un área de distribución que va desde las zonas templadas hasta el trópico. Las características más importantes de estos suelos son la presencia de un horizonte argílico y la baja saturación de bases. Generalmente los ultisoles están asociados con climas cálidos y húmedos que presentan una estación con precipitación deficiente y se localizan en posiciones geomorfológicas viejas. Sobre estos suelos es muy poco lo que se ha estudiado, lo cual no ha permitido establecer las características y conocer los aspectos genéticos de ellos, especialmente los ultisoles tropicales.

Sin embargo, se asume que estos suelos son importantes en los países inter-tropicales, particularmente, aquellos que comparten la gran Cuenca Amazónica. En aquella región están asociados con oxisoles y probablemente con algunos inceptisoles.

Genéticamente, los ultisoles tienen procesos comunes con los Alfisoles. Los procesos más importantes de formación del suelo son, sin duda, el de migración mecánica de la arcilla.

Los Ultisoles necesitan para su formación, de climas cálidos y húmedos pero con una estación de precipitación deficiente.

En esta forma, es posible un lavado intenso; este proceso unido a las temperaturas altas ($> 8^{\circ}\text{C}$) causa una alteración rápida y casi completa de los minerales intemperizables con formación de arcillas y óxidos.

Los suelos clasificados como ultisoles deben tener más de 3% de minerales fácilmente intemperizables y cantidades significativas de material amorfo o arcillas de tipo 2:1.

La fracción arcilla está constituida principalmente por caolinita, gibsita y arcillas interstratificadas con aluminio interlamina. Los ultisoles pueden tener cualquier régimen de temperatura, con excepción del frígido e isofrígido.

El régimen de humedad puede ser ácuico, údico, xérico o ústico. La vegetación es principalmente de bosque, aunque, en los trópicos, en Colombia por ejemplo, se les encuentra también en las sabanas.

Aunque el lavado intenso de los ultisoles causa una remoción severa de las bases, la concentración de éstas decrece con la profundidad.

Esto sugiere que el reciclaje biológico contrarresta con éxito el lavado.

Una característica importante de los ultisoles es la formación de plintita y fragipán. Parece que la plintita se forma en el subsuelo de los ultisoles desarrollados en las posiciones geomorfológicas más estables y más antiguas del paisaje.

MATERIALES Y METODOS.

- Suelo traído de Puerto López (Meta)

de un lote que estaba en producción de arroz.

- "CARBOVIT" 600 ml. al 12% de ácido húmico.

- Como indicador vegetal se utilizó rábano (*Raphanus sativus* L.), variedad Crimson Gigante; 3 semillas por matera, para, luego hace raleo y dejar 2 plántulas por matera.

3.1 Tratamiento y Diseño Experimental.

Los tratamientos hacen referencia al período de aplicación de diferentes concentraciones de ácido húmico.

Las concentraciones finales después de las cuatro aplicaciones de ácido húmico que se evaluarán fueron:

a1 = 2% acumulada.

a2 = 4% acumulada.

a3 = 6% acumulada.

M1 = muestreo No.1

M2 = muestreo No.2

Mv = muestreo de material vegetal.

El diseño usado fue el de bloques completos al azar con tres repeticiones, en arreglo factorial 3×3 , para un total de 27 parcelas experimentales.

Tratamientos:

$T_1 A_1$ = aplicación de ácido húmico al 0.5% cada 10 días a partir de la siembra, para un total de 4 aplicaciones.

$T_2 A_1$ = aplicación de ácido húmico al 0.5% cada 10 días a partir del 10o. día, para un total de 4 aplicaciones.

$T_1 A_2$ = aplicación de ácido húmico al 1% cada 10 días a partir del día 10o. después de la siembra, para un total de 4 aplicaciones.

T₂ A₂ = aplicación de ácido húmico al 1% cada 10 días a partir del día 10o. después de la siembra, para un total de 4 aplicaciones.

T₁ A₃ = aplicación de ácido húmico al 1.5% cada 10 días a partir de la siembra para un total de 4 aplicaciones.

T₂ A₃ = aplicación de ácido húmico al 1.5% cada 10 días a partir del día 10^o., para un total de 4 aplicaciones.

T₃ A₁, T₃ A₂ y T₃ A₃, son testigos absolutos. Hay un control por tratamiento.

3.1.1 Sitio Experimental.

El experimento se desarrolló en materas plásticas de 500 gramos, ubicadas en el invernadero de propagación de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

3.1.2 Material Vegetal.

- Peso fresco hojas y raíces.

- Peso seco.

Análisis periódico de pH, fósforo, hierro, manganeso y aluminio.

Análisis inicial del suelo:

	ppm
Cu	0.6
Fe	998
Mn	17
Zn	0
P	16

Aluminio: 0.4 meq/100 gr suelo.
pH 5.5

RESULTADOS Y DISCUSION.

PESO DE MATERIAL VEGETAL.

La Cuadro No.1 corresponde a los resultados del peso fresco total de las plantas de rábano usadas como indicadores vegetales.

La Cuadro No.2 corresponde a los resultados del peso seco en los 45 días del ciclo, bajo los 7 tratamientos propuestos, aplicación, (fig 1).

Cuadro No. 1.

Peso fresco total a los 45 días.(Expresado en gramos)

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
T1A1	9,8	5,2	3,4	6,1
T1A2	4,5	5,0	6,1	5,2
T1A3	6,7	6,6	7,8	7,0
T2A1	6,2	7,1	5,2	6,1
T2A2	7,2	7,3	10,1	8,2
T2A3	9,4	7,8	6,7	8,0
Testigo	1,5	3,4	2,8	2,6

Cuadro No. 2.

Peso seco total a los 45 días (expresado en gramos)

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
T1A1	1,38	0,87	0,62	0,95
T1A2	0,73	0,80	1,05	0,86
T1A3	1,22	1,13	1,12	1,16
T2A1	0,80	0,98	1,00	0,93
T2A2	1,20	1,08	1,14	1,14
T2A3	1,43	1,14	1,22	1,26
Testigo	0,09	0,37	0,43	0,30

Las Cuadros 3 y 4 corresponden al peso fresco y seco, respectivamente de las hojas de los rábanos, al momento de la cosecha efectuada a los 45 días del ciclo.

Las Cuadros 5 y 6 corresponden a los pesos en fresco y seco de las raíces.

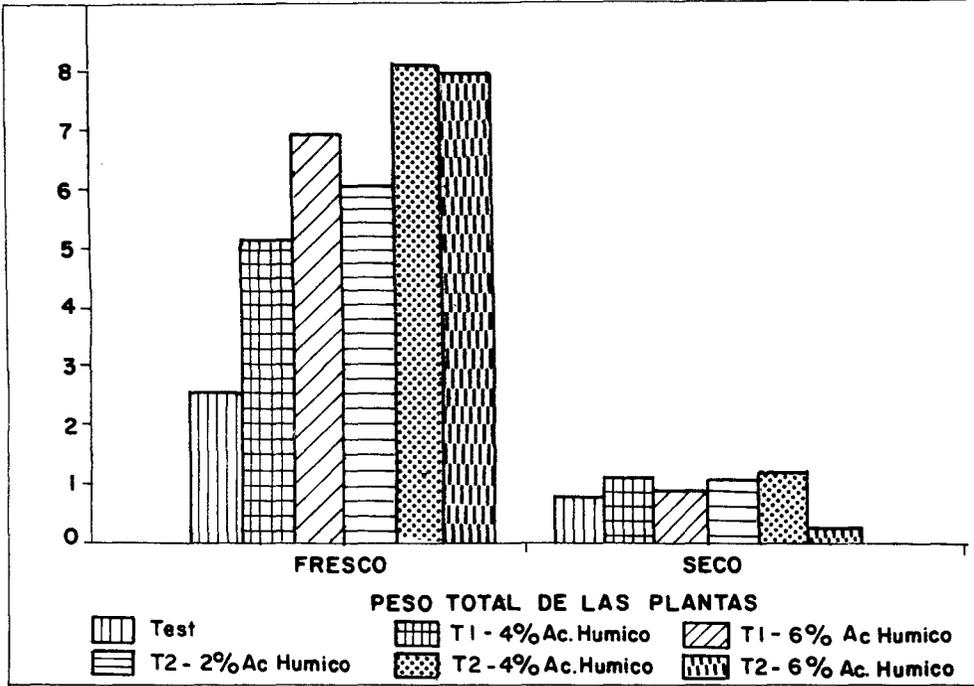


Figura 1. Peso total fresco y seco de las plantas de rábano, bajo tres (3) niveles de ácido húmico (2%, 4%, 6%) con dos frecuencias de aplicación, cada 10 dds (T1) y, a partir del décimo día dds y cada 10 días.

Cuadro No. 3.

Peso fresco hojas (expresado en gramos)

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
T1A1	3,8	2,3	1,9	2,7
T1A2	2,6	2,3	3,0	2,6
T1A3	4,3	2,1	3,4	3,3
T2A1	1,9	2,9	1,3	2,0
T2A2	3,6	3,3	3,4	3,4
T2A3	3,9	4,1	3,6	3,9
Testigo	1,0	0,9	1,6	1,2

Cuadro No. 4.

Peso seco hojas (expresado en gramos).

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
T1A1	0,60	0,43	0,36	0,46
T1A2	0,41	0,39	0,58	0,46
T1A3	0,81	0,57	0,58	0,65
T2A1	0,32	0,51	0,35	0,39
T2A2	0,79	0,56	0,53	0,63
T2A3	0,74	0,66	0,75	0,71
Testigo	0,07	0,14	0,26	0,16

Cuadro No. 5.

Peso fresco raíces

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
T1A1	6,0	2,9	1,5	3,5
T1A2	1,9	2,7	3,1	2,6
T1A3	2,4	4,5	4,4	3,8
T2A1	4,3	4,2	3,9	4,1
T2A2	3,6	4,0	6,7	4,8
T2A3	5,5	3,7	3,1	4,1
Testigo	0,5	2,5	1,2	1,4

Cuadro No. 6.

Peso seco raíces (expresado en gramos).

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
T1A1	0,78	0,44	0,26	0,49
T1A2	0,32	0,41	0,47	0,40
T1A3	0,41	0,56	0,54	0,50
T2A1	0,48	0,47	0,65	0,53
T2A2	0,41	0,52	0,71	0,55
T2A3	0,69	0,46	0,47	0,55
Testigo	0,02	0,23	0,17	0,14

ALUMINIO (Al).

Los resultados que se presentan en la Cuadro No. 7 corresponden al análisis de contenido de aluminio presente en el primer muestreo, efectuado a los 20 días de la siembra. En este momento se habían hecho dos aplicaciones de ácidos húmicos para T1 y uno para T2, en las concentraciones ya establecidas (0.5, 1.0, y 1.5%).

Se inició con un contenido de 0.4 meq/100 g.

La Cuadro No. 8 corresponde al segundo y último muestreo efectuado a los 45 días de la siembra y finalizado el ciclo vegetativo del rábano, (fig 2).

Cuadro No. 7.

Contenido de Al (meq/100g) en el primer muestreo del suelo 20 a los días.

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
T1A1	0,2	0,3	0,2	0,2
T1A2	0,3	0,3	0,2	0,3
T1A3	0,3	0,4	0,3	0,3
T2A1	0,4	0,3	0,3	0,3
T2A2	0,2	0,3	0,3	0,3
T2A3	0,3	0,2	0,3	0,3
Testigo	0,4	0,4	0,4	0,4

Cuadro No. 8.

Contenido de Al (meq/100g) en suelo al final del ensayo 45 días).

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
T1A1	0,2	0,2	0,2	0,2
T1A2	0,3	0,1	0,2	0,2
T1A3	0,2	0,2	0,3	0,2
T2A1	0,2	0,2	0,3	0,2
T2A2	0,2	0,1	0,3	0,2
T2A3	0,2	0,2	0,1	0,2
Testigo	0,3	0,3	0,4	0,3

Aún cuando el contenido inicial de aluminio es bajo (0,4 meq/10gr) este disminuye sin presentar diferencia significativa entre dosis y/o tiempo de aplicación (Figura 2), si bien disminuye en función del tiempo. Resultaría de interés experimentar con suelos de alto contenido de aluminio.

MANGANESO (Mn) La Cuadro No. 9 corresponde a los resultados del contenido de manganeso encontrado en el primer muestreo, el cual se efectuó a los 20 días después de la siembra. En este momento se habían hecho dos aplicaciones de ácidos húmicos para los tratamientos T1 y una aplicación para los tratamientos T2.

La Cuadro No. 10 corresponde a los resultados del contenido de manganeso en el segundo y último muestreo, realizado a los 45 días de después de la siembra, momento en el cual ya se habían efectuado todas las aplicaciones propuestas. La muestra del suelo inicial mostró un contenido de manganeso 17 ppm. en el suelo, (fig 3 y 4).

Cuadro No. 9.

Contenido de Mn (ppm) en el suelo a los 20 días.

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
T1A1	31	28	36	32
T1A2	33	36	28	32
T1A3	30	30	34	31
T2A1	25	25	25	25
T2A2	24	23	32	26
T2A3	32	27	32	30
Testigo	18	26	31	25

Al finalizar los 45 días, se observa que el contenido de Mn disminuyó en todos los tratamientos, inclusive el testigo el cual presenta los valores mas bajos (Fig. 3). No se observaron diferencias significativas entre concentraciones del producto aplicado.

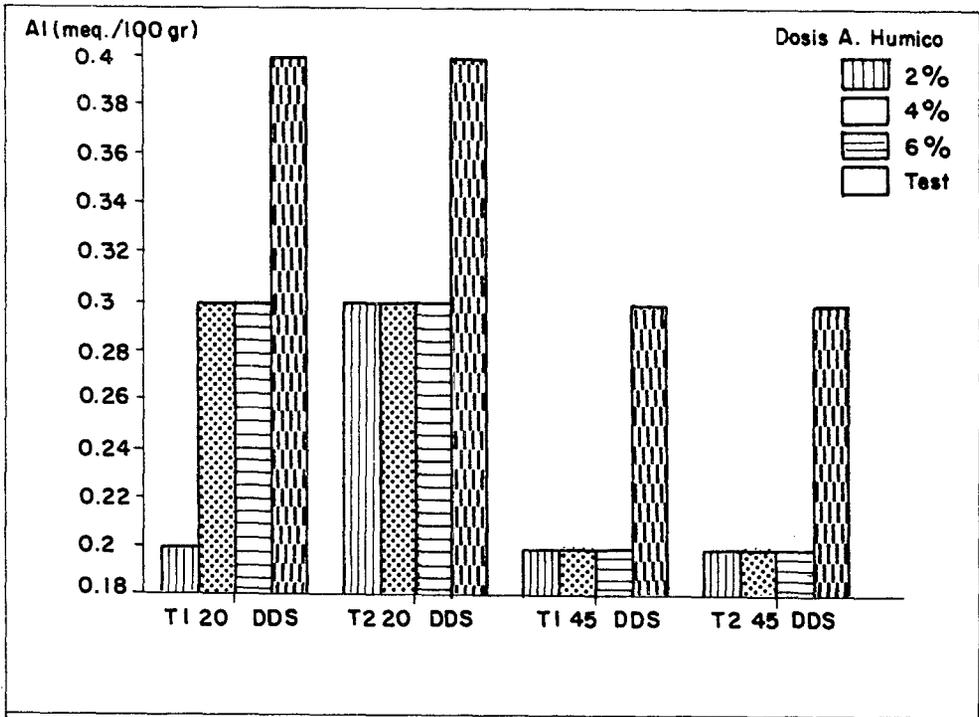


Figura 2. Contenido de Aluminio a los 20 y 45 días después de la siembra bajo tres tratamientos de Ácidos Húmicos y dos épocas de aplicación.

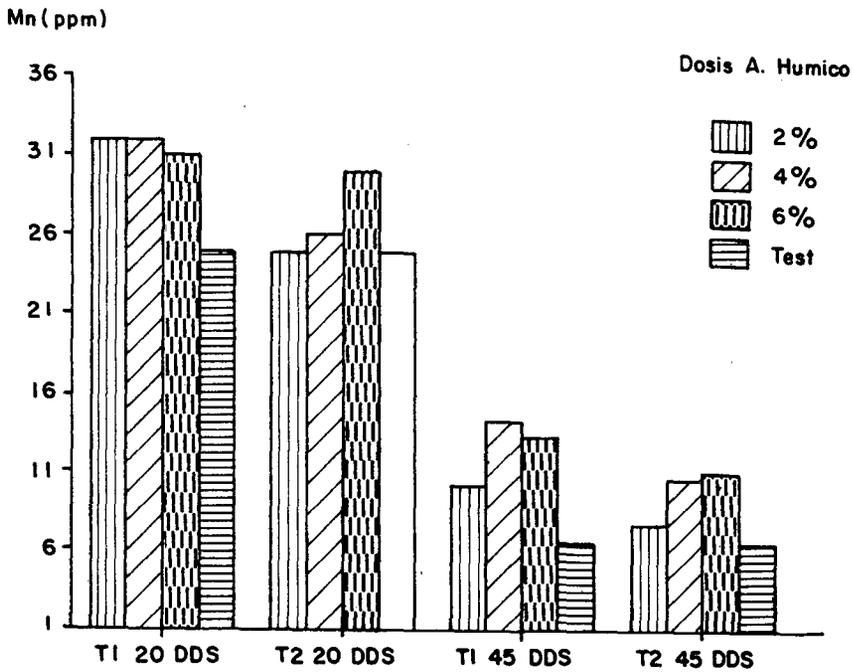


Figura 3. Contenido de Manganeso a los 20 y 45 días después de la siembra bajo tres tratamientos de Ácidos Húmicos y dos épocas de aplicación.

ZINC (zn)

El contenido inicial de zinc era de 0 ppm.

Cuadro No. 10.

Contenido de Mn (ppm) en el suelo a los 45 días.

Tratamiento	Repeticiones			
	1	2	3	Promedio
T1A1	7,2	14,7	8,3	10,1
T1A2	14,9	13,4	14,6	14,3
T1A3	10,2	14,5	15,3	13,3
T2A1	9,2	6,6	7,4	7,7
T2A2	11,4	11,1	9,3	10,6
T2A3	14,2	10,2	8,7	11,0
Testigo	8,0	6,4	5,0	6,5

Lo datos presentados en la Cuadro 11 corresponden a los contenidos de Zinc en el primer muestreo, realizado a los 20 días de después de siembra, con dos aplicaciones de ácidos húmicos en los tratamientos T1 y una aplicación en los tratamientos T2 en las dosis propuestas.

El Cuadro No. 12 corresponde a los resultados del último muestreo a los 45 días después de siembra y cumplidas todas las aplicaciones propuestas, (fig 5).

Cuadro No. 11.

Contenido de Zinc (ppm) en el suelo a los 20 días.

Tratamiento	Repeticiones			
	1	2	3	Promedio
T1A1	2	0	2	1
T1A2	3	3	2	3
T1A3	4	4	3	4
T2A1	0	0	2	1
T2A2	3	4	2	3
T2A3	2	0	0	0
Testigo	0	0	0	0

Cuadro No. 12.

Contenido de Zinc (ppm) en el suelo a los 45 días.

Tratamiento	Repeticiones			
	1	2	3	Promedio
T1A1	0,3	0,1	0,1	0,17
T1A2	0,9	0,2	0,4	0,5
T1A3	0,5	0,6	0,2	0,43
T2A1	0,3	0,7	0,2	0,40
T2A2	0,8	1,0	0,4	0,73
T2A3	0,9	0,7	0,6	0,73
Testigo	0,0	0,0	0,0	0,0

El contenido inicial de zinc era de 0 ppm, presentándose un incremento significativo en el tratamiento donde se aplicó ácido húmico al 4% a los 20 días después de siembra; sin embargo a los 45 días el contenido de zinc disminuye significativamente en todos los tratamientos, siendo el menor para el tratamiento al 2% aplicado a los 10 días después de siembra (T1A1).

No se encuentra una explicación clara a la disminución del zinc y se recomienda profundizar en tal resultado, aún cuanto podría deberse a la combinación de zinc inicialmente solubilizado con el fósforo elemento que también presenta un incremento significativo en su disponibilidad en el suelo.

COBRE (Cu)

La Cuadro No. 13 muestra los resultados obtenidos para contenido de Cobre en el primer muestreo, realizado a los 20 días, momento en el cual se habían efectuado dos aplicaciones de ácidos húmicos en los tratamientos T1 y una aplicación en los tratamientos T2, según las dosis propuestas.

La Cuadro No. 14 corresponde a los resultados de Cobre en el segundo y último

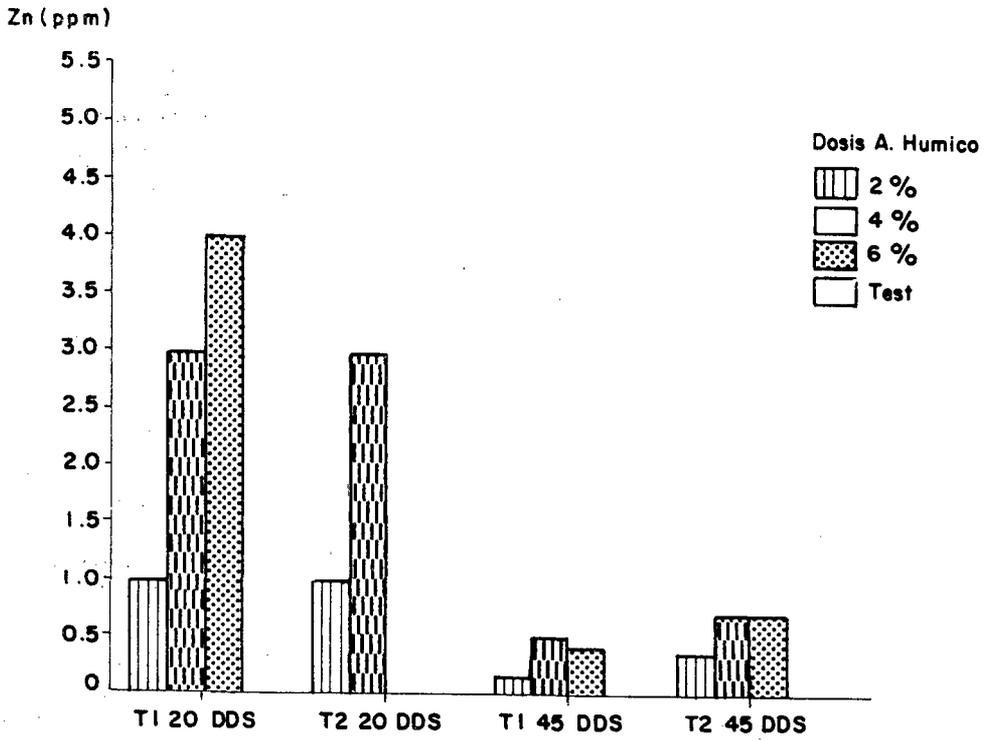


Figura 4. Contenido de Zinc a los 20 y 45 días después de la siembra, bajo tres tratamientos de Ácidos húmicos y dos épocas de aplicación.

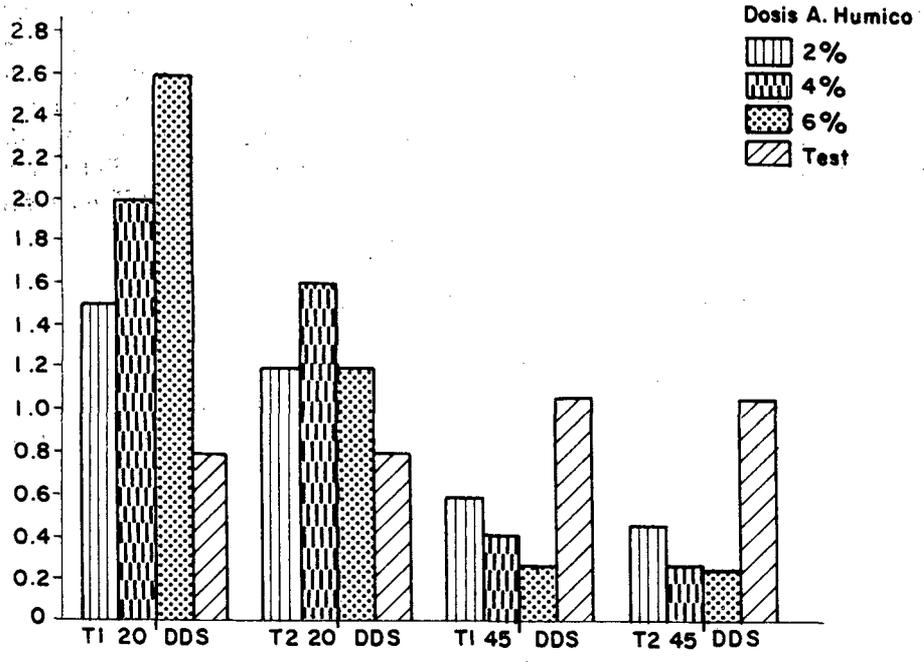


Figura 5. Contenido de cobre a los 20 y 45 días después de la siembra bajo tres tratamientos de Ácidos Húmicos y dos épocas de aplicación

muestreo, efectuado a los 45 días después de la siembra, (fig 6).

El contenido de Cobre era de 0.6 ppm./100 gramos de suelo.

Cuadro No. 13.

Contenido de Cobre (ppm) en el suelo a los 20 días.

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
T1A1	2,0	1,1	1,3	1,5
T1A2	1,8	2,4	1,7	2,0
T1A3	2,8	2,6	2,3	2,6
T2A1	0,9	1,0	1,6	1,2
T2A2	1,8	1,8	1,2	1,6
T2A3	1,4	1,1	1,1	1,2
Testigo	0,9	0,6	0,8	0,8

Cuadro No. 14.

Contenido de Cobre (ppm) a los 45 días.

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
T1A1	0,48	0,56	0,72	0,59
T1A2	0,49	0,66	0,10	0,42
T1A3	0,03	0,15	0,63	0,27
T2A1	0,56	0,10	0,77	0,47
T2A2	0,19	0,22	0,44	0,28
T2A3	0,41	0,22	0,13	0,25
Testigo	1,04	1,05	1,11	1,07

El contenido de cobre disminuye en función del tiempo, (Fig. 5) en todos los tratamientos, si bien la solubilidad a los 20 días se incrementa en especial en la dosis al 6%. A los 45 días el contenido del elemento es mayor para el testigo que para los tratamientos ensayados, presentando el contenido más bajo la dosis del 6%. La razón debe ser al acomplejamiento (quelación) delo cobre por acción de las sustancias húmicas aplicadas.

HIERRO (Fe)

La Cuadro No. 15 corresponde a los resul-

tados obtenidos en el primer muestreo de los contenidos de Hierro, realizados a los 20 días de días después de siembra, efectuadas hasta ese momento dos aplicaciones de ácidos húmicos para los tratamientos T1 y una aplicación para los tratamientos T2.

La Cuadro No. 16 corresponde a los resultados de los contenidos de Hierro en el segundo y último muestreo realizado a los 45 días después de siembra, (Fig 7).

El contenido de Hierro en la muestra inicial fue de 998 ppm. y al igual que los resultados obtenidos para cobre, el hierro disminuye en función del tiempo sin presentar variación entre dosis y tiempo de aplicación. El testigo presentó los valores más bajos al finalizar el ensayo (Fig. 6)

Cuadro No. 15.

Contenido de Hierro (ppm) en el suelo a los 20 días.

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
T1A1	900	587	938	808
T1A2	869	900	615	795
T1A3	893	666	844	801
T2A1	585	570	908	688
T2A2	967	796	934	899
T2A3	927	544	906	792
Testigo	559	531	923	671

Cuadro No. 16.

Contenido de Hierro (ppm) en el suelo a los 45 días.

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	1	2	3	
T1A1	256	284	263	268
T1A2	225	230	486	314
T1A3	347	492	158	346
T2A1	394	483	173	350
T2A2	454	436	274	388
T2A3	526	507	219	417
Testigo	329	273	063	222

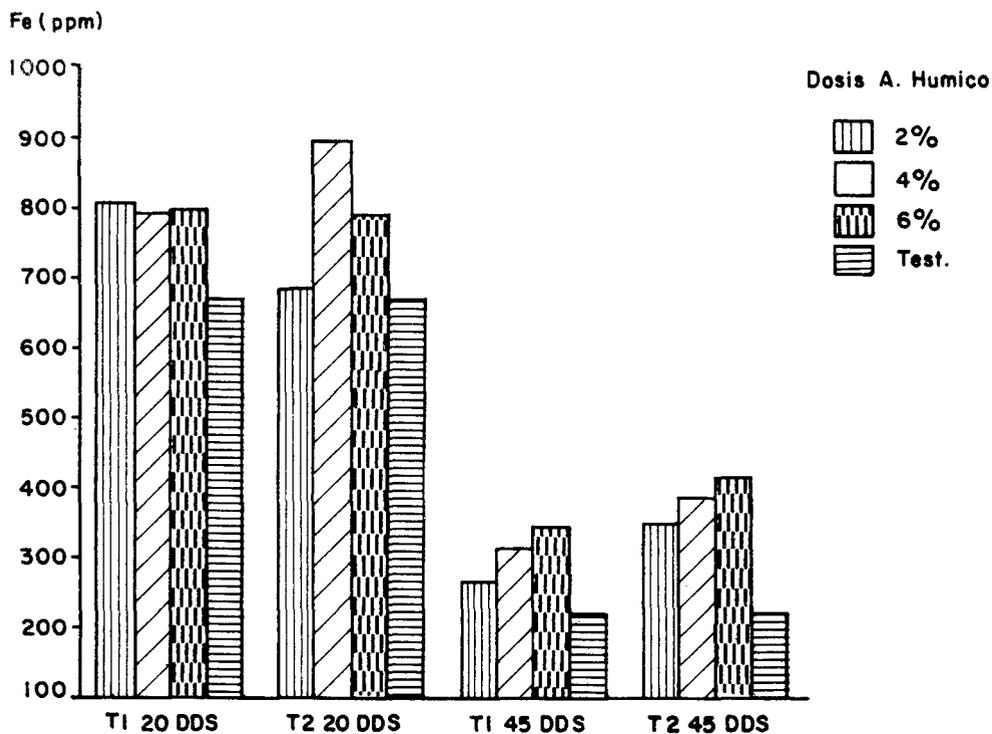


Figura 6. Contenido de Hierro a los 20 y 45 días después de la siembra bajo tres tratamientos de Acidos Húmicos y dos épocas de aplicación

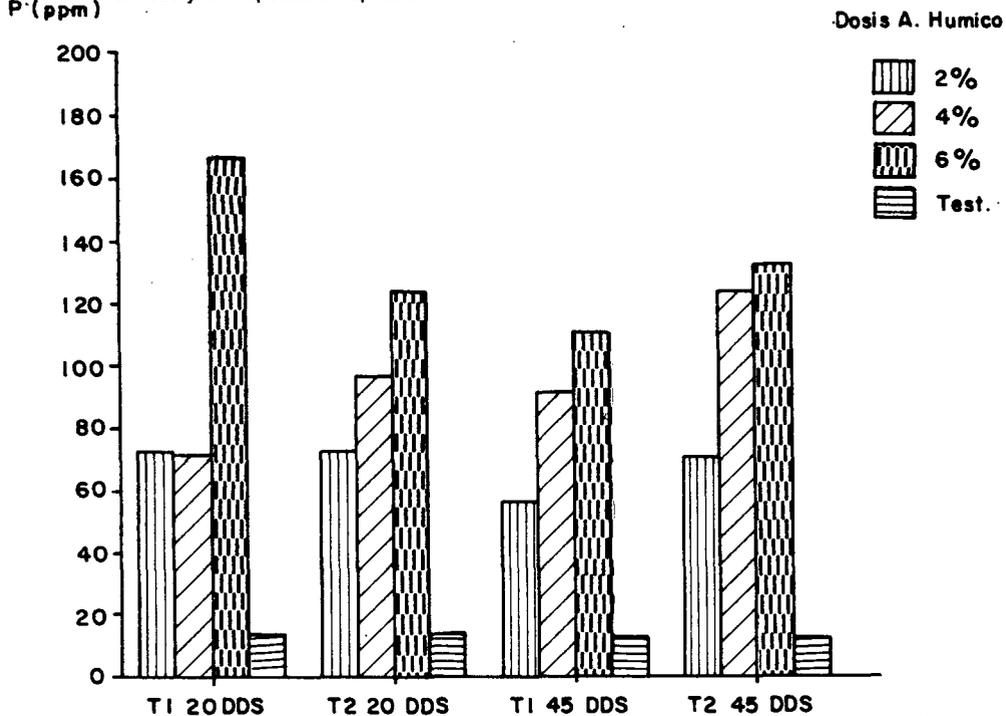


Figura 7. Contenido de fósforo a los 20 y 45 días después de la siembra bajo tres tratamientos de Acidos Húmicos y dos épocas de aplicación

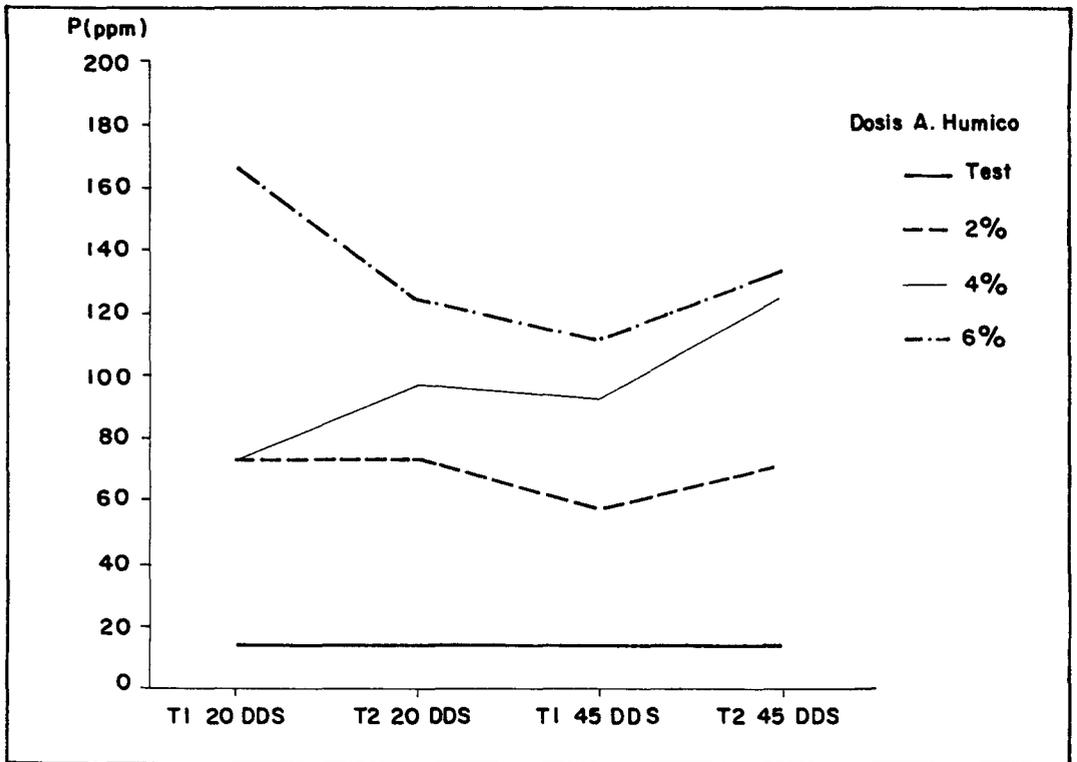


Figura 8. Contenido de fósforo a los 20 y 45 días después de la siembra bajo tres tratamientos de Ácidos Húmicos y dos épocas de aplicación

FOSFORO (P)

En el Cuadro No. 17 corresponde a los resultados de los contenidos de Fósforo en el primer muestreo efectuado a los 20 días de días después de siembra, momento en el cual se habían hecho dos aplicaciones de ácidos húmicos para los tratamientos T1 y una aplicación para los tratamientos T2.

En el Cuadro No. 18 se presentan los resultados de Fósforo en el segundo y último muestreo efectuado a los 45 días después de siembra, cumplidas todas las aplicaciones programadas, (fig 8 y 9).

El contenido de Fósforo inicial era de 16 ppm.

Cuadro No. 17.

Contenido de Fósforo (ppm) a los 20 días en el suelo.

Tratamiento	Repeticiones			
	1	2	3	Promedio
T1A1	52	88	80	73
T1A2	28	104	84	72
T1A3	152	196	152	167
T2A1	60	88	72	73
T2A2	104	84	104	97
T2A3	48	172	152	124
Testigo	17	16	8	14

Cuadro No. 18.

Contenido de Fósforo (ppm) en el suelo a los 45 días.

Tratamiento	Repeticiones			
	1	2	3	Promedio
T1A1	76	36	60	57
T1A2	72	104	100	92
T1A3	148	112	72	111
T2A1	48	104	60	71
T2A2	152	140	80	124
T2A3	124	148	128	133
Testigo	16	12	12	13

Los resultados obtenidos, sintetizados en la anterior Cuadro, indican una respuesta positiva al incremento de la disponibilidad de fósforo mediante los tratamientos con ácido húmico.

La tasa de incremento en fósforo disponible está entre 1,14 y 2,50 ppm. por día bajo los tres tratamientos de ácido húmico, en tanto que el testigo tuvo una tasa de disminución en fósforo disponible de 0,96 ppm. diario. Con concentraciones de 2,4 y 6% de ácido húmico se lograron tasas de incremento en fósforo de 1,14, 2,32 y 2,50 respectivamente.

pH

La Cuadro No. 19 corresponde a los resultados obtenidos de pH de la última muestra tomada a los 45 días después de la siembra, cumplidas las cuatro aplicaciones de ácidos húmicos propuesto. El pH inicial fue de 5.5 (moderadamente ácido).

Cuadro No. 19.

Reacción (pH) del suelo a los 45 días.

Tratamiento	Repeticiones			
	1	2	3	Promedio
T1A1	5,9	5,8	5,7	5,8
T1A2	5,8	5,7	5,6	5,7
T1A3	5,8	5,7	5,6	5,7
T1A1	5,7	5,8	5,4	5,6
T2A2	5,6	5,7	5,7	5,7
T2A3	5,6	5,7	5,7	5,7
Testigo	5,7	5,6	5,7	5,7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. No se observaron interacciones entre concentraciones de ácidos húmicos y épocas de aplicación.
2. Se observaron diferencias altamente significativas entre concentraciones de ácidos húmicos. Un parámetro a resaltar es el incremento en peso seco, que aumenta con el nivel de la concentración. Al hacer un análisis de regresión inicial de porcentajes de concentración versus peso seco, se encontró un coeficiente de correlación de 0.88 y 0.93 para las dos épocas de aplicación. La tasa de incremento en peso seco (gramos) es de 0.125 gramos por unidad de concentración de ácido húmico.
3. La disponibilidad de fósforo, se ve incrementada con las concentraciones de ácido húmico, las diferencias fueron altamente significativas. Al observar la dinámica de éste elemento en el testigo comparado con las parcelas que recibieron el tratamiento de ácido húmico, se puede resaltar que el primero disminuyó paulatinamente en el tiempo en tanto que el incremento final para el mejor tratamiento (ácido húmico al 6%) de 150 ppm. comparado con 13 ppm. hallados en el testigo.

Para establecer la tasa de incremento de fósforo disponible, al relacionar tiempo versus concentración es necesario, tomar un número mayor de muestra en otro experimento similar.
4. La disponibilidad de manganeso, hierro y cobre, disminuye con la aplicación de ácidos húmicos, aun cuando también disminuyeron en función del tiempo en el testigo.
5. El contenido de zinc aumenta inicialmente

te (0 a 4 ppm) para disminuir al final del ensayo (1 ppm).

6. El pH del suelo no sufre ninguna modificación.
7. Por los resultados obtenidos se recomienda la aplicación de ácidos húmicos, producto comercial "CARBOVIT" a ultisoles, ya que incrementa significativamente los contenidos de niveles de fósforo y zinc, deficientes en estos suelos, a la vez que disminuye la cantidad de hierro y manga-

neso, elementos que se presentan en exceso en este tipo de suelos.

8. Se recomienda continuar la experimentación con otros cultivos y por tiempo mayor con el propósito de determinar el efecto de los ácidos húmicos a tiempo mayor.

LITERATURA CITADA

1. Cheng, B. T. Soil organic matter as a soil nutrient. International Atomic Energy Agency, Soil Organic Matter Studies, Viena, Vol. II, pp 31-39, 1977.

EVALUACION DE RESULTADOS

PESO SECO

TRAT.	TIEMPO DDS	C	R 1	R 2	R 3	TOTAL
1	0	0	0.50	0.44	0.40	1.34
2	0	2	1.38	0.87	0.62	2.87
3	0	4	0.73	0.80	1.05	2.58
4	10	6	1.22	1.13	1.12	3.47
5	10	0	0.09	0.37	0.43	0.89
6	0	2	0.80	0.98	1.00	2.78
7	10	4	1.20	1.08	1.24	3.52
8	10	6	1.43	1.14	1.22	3.79
			7.35	6.81	7.08	21.24

TRAT = Tratamiento
 DDS = Días después de la siembra.
 C = Concentración
 R = Repetición.

$$\frac{2}{(21.24)}$$

$$\text{FACTOR DE CORRECCION} = \frac{2}{24} = 18.80$$

Cuadro DE ANAVA PARA PESO SECO

FV	G.L	SC	CM	FC
REPETICION	2	0.02	0.01	0.28
TIEMPO	1	0.02	0.02	0.56
CONCENTRACION	2	2.34	0.78	21.84
T X C	3	0.17	0.06	1.68
ERROR	14	0.50	0.04	
TOTAL	23	3.05		

INTERACCIONES

DOSIS

		0	2	4	6	
		<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>12</u>
T						
I	0	1.34	2.87	2.58	3.47	10.26
E						
M		<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>12</u>
P	10					
O		0.89	2.78	3.52	3.79	10.98
		<u>6</u>	<u>3</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	
		2.23	5.65	6.10	7.26	21.24

0.04

CV = $\frac{0.04}{21.24} \times 100$ CV = 22.6

21.24

24

RESULTADOS OBTENIDOS DE FOSFORO

TRATAMIENTO	(ppm)			TOTAL
	R	R	R	
	1	2	3	
1	18	19	11	48
2	76	36	60	172
3	72	104	100	276
4	148	112	72	332
5	10	12	12	40
6	48	104	60	212
7	152	140	80	372
8	124	148	128	400
	654	675	523	1852

TABLA DE ANAVA PARA FOSFORO DISPONIBLE

FV	G.L	SC	CM	FC
REPETICION	2	1696	848	1.54
TIEMPO	1	1601	1601	2.91
CONCEN- TRACION	3	42242	14080	25.60
T X C	3	983	327	0.59
ERROR	14	7707	550	
TOTAL		23	54229	

2

(1852)

F = $\frac{1852}{23} = 142912.67$

C 24

Cuadro DE ANA

LITERATURA CITADA

1. Cheng, B. T. Soil organic matter as a soil nutrient. International Atomic Energy Agency, Soil Organic Matter Studies, Viena, Vol. II, pp 31-39, 1977.
2. HERNANDO, V. et al. Estudio de la Acción Ejercida Sobre la Planta de Maiz por dos tipos de Acidos Húmicos. International Atomic Energy, Soil Organic Matter Studies, Viena, Vol. II, pp 307-318., 1977
3. KONONOVA, M.M. Soil Organic Matter, 2^{da} Ed., Pergammon Press, London, 1966.
4. MOLINER, R. Action of Nitric Acid on Lignites, Mathematical Models, Fuel. Vol. 2, pp 1369-1375, 1983.
5. ----- and GAVILAN J.M. Aminoacids in Humic, Nitrohumic and Nitrofulvic Acids from Coal, Fuel, Vol. 60, pp 60-64, 1981.
6. OSORIO, J. Obtención de ácidos húmicos a partir de carbón, Tesis, Química, Bogotá Universidad Nacional de Colombia, 1985.
7. SANCHEZ, P.A. P Properties and Management of Soil in the Tropics. Wiley interscience. John Wiley and Sons. New York pp. 618-620, 1976.
8. SANCHEZ, P.A. y SALINAS, J.G. Oxisoles y Ultisoles del Trópico. Que son, donde están y para que sirven. Adv. Agron., 34, pp. 279-406, 1981.
9. ROTTINI, O.T. L'Importance de la Matière Organique pour la productivité des Sois dans la Région Mediterranee au cours de L'Histoire, Internationa Atomic Energy Agency, Soil Organic Matter Studies, Viena, Vol. I, pp 3-8, 1977.