

ABONOS ORGÁNICOS Y PLASTICULTURA

ISBN: 968-6404-63-5

Editado por: Enrique Salazar Sosa
Manuel Fortis Hernández
Antonio Vázquez Alarcón
Cirilo Vázquez Vázquez

“Los colores de la tierra en armonía con el hombre”



Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C.



Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED



UJED



FAZ



SMCS AC



COCyTED

632.422

A154a Abonos Orgánicos y Plasticultura/ edit...Enrique Salazar Sosa...(et al). Gómez Palacio, México, Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED 2003.
233 p :24 cm
ISBN: 658-6404-63-5

1. Agricultura. Abonos Orgánicos.- Estudios. Salazar Sosa Enrique, coedit.,II Fortis Hernández Manuel, coedit., III Vázquez Alarcón Antonio, coedit., IV Vázquez Vázquez Cirilo, coedit.

CONTENIDO

CAPITULO I	1
USO SUSTENTABLE DEL SUELO Y ABONOS ORGÁNICOS	
Dr. Uriel Figueroa Viramontes Dr. J. Antonio Cueto Wong	
Introducción	1
Composición de los abonos orgánicos	3
Propiedades del suelo a considerar para la incorporación de abonos orgánicos	7
Dosis de aplicación de abonos orgánicos	15
Restricción de cultivos cuando se incorporan biosólidos	18
Literatura citada	19
CAPITULO II	22
LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO	
Dr. Rafael Zúñiga Tarango	
Introducción	22
Concepto	23
Agentes de transformación de la materia orgánica	29
Biodegradación	30
Factores que influyen en la transformación de la M. O.	36
Interés agronómico de la materia orgánica	39
Bibliografía	41

CAPITULO III

43

INTRODUCCIÓN A LA LOMBRICULTURA

Dr. Cirilo Vázquez Vázquez,
Ph.D. Enrique Salazar Sosa
MC Héctor Idilio Trejo Escareño
MC José Cruz Rodríguez Ríos
MC Antonio Gallegos Ponce

La basura	43
¿Qué es la lombricultura?	44
¿Qué es la morfología de la lombriz?	45
¿Cuál es la composición química de la lombriz de tierra?	49
Ciclo de vida	51
Como se construye un criadero de lombrices	55
Sistemas de reciclado	59
Bibliografía	60

CAPITULO IV

63

PRODUCCIÓN DE COMPOST

Dr. José Dimas López Martínez

Introducción	63
Antecedentes	63
Problemática	63
La Composta	64
Producción de compost	65
¿Cómo se emplea el compost?	66
El proceso de compostaje	68
Factores principales en la elaboración de composta	69
Factores que afectan el proceso de composteo	70
El estado mundial de la composta de basura	73
Materiales comerciales de compost	73
Baños secos	77
Produciendo té de compost	81
Conclusiones	84
Bibliografía	84

CAPITULO V

86

USO Y MANEJO DE ESTIÉRCOLES

Ph. D. Rigoberto E. Vázquez Alvarado

Introducción	86
Antecedentes	87
Uso de estiércoles	88
Características de los abonos orgánicos (estiércoles)	90
Rapidez de utilización de nutrimentos	92
Composición del estiércol con cama	93
Características de las camas que se ponen en los estiércoles	96
Uso de cama en función del grado de descomposición	98
Formas en que la cama reduce la pérdida de "N"	98
Fermentación del estiércol de cama	103
Generalidades	106
Bibliografía relacionada	108

CAPITULO VI

110

EL CICLO DEL NITRÓGENO

Ph. D. Enrique Salazar Sosa.
Dr. Cirilo Vázquez Vázquez
MC. Héctor Idilio Trejo Escareño

Introducción	110
Mineralización del nitrógeno	111
Bioquímica de la descomposición de proteínas	112
La inmovilización	115
Nitrificación Bacterias nitrificantes	115
Nitrificación heterótrofa	117
Desnitrificación	122
Bioquímica de la fijación de los nódulos	128
Volatilización de NH ₃	131
Lixiviación	132
Bibliografía	133

CAPITULO VII 135

MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES

Ph.D. Florencio Jiménez Díaz
Dr. Enrique Salazar Sosa

Introducción	135
El concepto de manejo integrado de enfermedades en agricultura orgánica	136
Principios en el control de enfermedades de plantas	137
Conocimiento del ciclo de una enfermedad	138
Métodos de control de enfermedades aplicables a agricultura orgánica	139
Rotación de cultivos	139
Control biológico	139
Resistencia Genética	141
Vapor caliente	141
Solarización del suelo	142
Destrucción de hospederos invernantes	142
Barbecho	142
Barreras físicas y vegetales	142
Bibliografía	143

CAPITULO VIII 146

USO DE PLÁSTICOS EN LA AGRICULTURA

M.C. Héctor Zermeño González

Los plásticos a nivel mundial	146
Antecedentes de la Plasticultura en México	147
Uso de Plasticultura en México	147
Acolchado de suelos agrícolas	147
Metodología	152
Resultados y discusión	157
Impacto socioeconómico y ambiental	162
Aplicación obtenida	162
Bibliografía	164

CAPITULO IX

166

EVALUACION DE FITOHORMONAS, FERTILIZANTES QUIMICOS Y BIOLOGICOS SOBRE LA PRODUCCION DE AVENA DE TEMPORAL.

M.C Jesús P. Amado Alvarez¹
M.C. Pedro Ortíz Franco²

Introducción	166
Revisión de literatura	167
Materiales y Métodos	169
Resultados y discusión	171
Conclusiones	176
Bibliografía	184

CAPITULO X

188

NORMATIVA EN EL USO DE PRODUCTOS ORGÁNICOS

Dr. Manuel Fortis Hernández

Introducción	188
Definición la Agricultura Orgánica	189
Norma Oficial Mexicana	195
Bibliografía	214
Anexos	215

AUTORES PARTICIPANTES

Ph.D. Enrique Salazar Sosa

Ph.D. Florencio Jiménez Díaz

Ph.D. Rigoberto E. Vázquez Alvarado

Dr. Cirilo Vázquez Vázquez

Dr. José Antonio Cueto Wong

Dr. José Dimas López Martínez

Dr. Manuel Fortis Hernández

Dr. Rafael Zúñiga Tarango

Dr. Uriel Figueroa Viramontes

MC. Héctor Idilio Trejo Escareño

M.C. Héctor Zermeño González

M.C. Jesús P. Amado Alvarez

M.C. Pedro Ortiz Franco

CAPITULO I

USO SUSTENTABLE DEL SUELO Y ABONOS ORGÁNICOS

Figuroa Viramontes, Uriel. Campo Experimental La Laguna. CIRNOC-INIFAP.

Cueto Wong, J. Antonio. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera. INIFAP.

1. INTRODUCCIÓN

Un abono en general se considera aquel material que se aplica al suelo y estimula el crecimiento de las plantas de manera indirecta, a través de mejorar las propiedades físicas del suelo. Por otro lado, un material se considera como fertilizante cuando estimula el crecimiento de manera directa a través de aportar nutrimentos indispensables para las plantas. En el contexto anterior, los abonos provenientes de residuos orgánicos, como los estiércoles de diferentes especies de animales, los biosólidos, los residuos de cosecha y las compostas pueden considerarse como abonos y también como fertilizantes orgánicos (Chaney et al., 1992). Un ejemplo de abono inorgánico es el yeso agrícola, material que se utiliza para mejorar la permeabilidad de suelos sódicos (Figura 1).

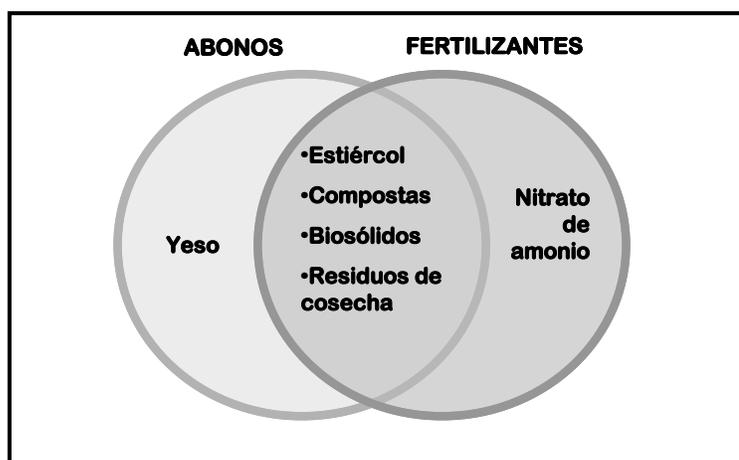


FIGURA 1. Los abonos orgánicos pueden considerarse también como fertilizantes orgánicos.

En años recientes ha aumentado el interés por el uso de abonos orgánicos. Sin embargo, es necesario un manejo adecuado para evitar riesgos de contaminación o de sobrefertilización. El nitrógeno, el fósforo y el potasio son comúnmente encontrados en mayor cantidad en los abonos orgánicos; algunos riesgos de contaminación por el uso de abonos orgánicos son:

2. En regiones lluviosas o en condiciones de riego, dosis excesivas de abonos pueden contaminar el acuífero con nitratos. Las actividades agrícolas han sido señaladas como fuentes de contaminación por nitratos (Martínez et al. 2001; Castellanos y Peña, 1990).
3. En regiones donde las lluvias provocan escurrimientos superficiales, el acarreo de partículas con fósforo fijado puede contaminar cuerpos de agua superficial, como son arroyos, ríos y lagos (Gaudreau et al. 2002).
4. Abonos orgánicos como los biosólidos (lodos residuales de plantas tratadoras de agua) pueden provocar riesgos de contaminación por metales pesados si no se dosifican adecuadamente (CWEA, 1998).
5. Es necesario considerar el tipo de abono y el tipo de cultivo a establecer para evitar riesgos de contaminación microbiológica.

Un exceso de nitrógeno en los cultivos estimula el crecimiento vegetativo, con mayor suculencia, lo que puede provocar una mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades. Algunos cultivos forrajeros pueden acumular nitratos en exceso y provocar toxicidades y problemas de aborto en el ganado que los consume. Una manera de evitar los riesgos de contaminación anteriores es mediante Leyes y Normas oficiales. En los países desarrollados existen Normas que regulan el uso y disposición de biosólidos (EPA, 1993); en Estados Unidos está regulado también el manejo del estiércol que se produce en la industria lechera y otras instalaciones con animales confinados (NRCS, 2000).

Es importante conocer el suelo donde se pretende incorporar abonos orgánicos y seguir algunos criterios para un mejor aprovechamiento de este recurso. En el presente capítulo se describirán la composición de los principales abonos orgánicos, las propiedades del suelo a considerar para la incorporación de abonos orgánicos, dosis de aplicación de abonos orgánicos y cultivos recomendados para suelos con incorporación de abonos orgánicos.

2. COMPOSICIÓN DE LOS ABONOS ORGÁNICOS

Los abonos orgánicos mas comúnmente utilizados con fines agrícolas son los estiércoles de diferentes especies animales, las compostas y los residuos de cultivos. Por ejemplo, la Comarca Lagunera cuenta con el mayor inventario de ganado lechero del país, con mas de 400,000 cabezas y 230,000 en producción. El estiércol que se genera anualmente es alrededor de 900,000 ton (estimadas con 35% de humedad); asumiendo una concentración promedio de 1.42% de nitrógeno total (14.2 kg N/ton MS) en el estiércol de ganado lechero en la región, este abono orgánico puede aportar poco mas de 8,000 ton de N anualmente, de las cuales alrededor del 25% se libera durante el año de aplicación (Castellanos, 1987). De las cifras anteriores se puede calcular que una dosis de 30 ton/ha (peso seco) de estiércol puede aportar 100 kg N/ha aprovechables durante el año de aplicación, en 20,000 ha.

La composición química de los estiércoles varía en función de la dieta del ganado. Sin embargo, el nitrógeno es de los nutrimentos encontrados en mayor cantidad en la mayoría de los estiércoles (Cuadro 1).

CUADRO 1. Composición típica de estiércol de diferentes especies animales (Miller and Donahue, 1995).

	Estiércol vacuno	Estiércol gallinaza	Estiércol porcino	Estiércol ovino
	----- % -----			
Nitrógeno	2-8	5-8	3-5	3-5
Fósforo	0.2-1.0	1-2	0.5-1.0	0.4-0.8
Potasio	1-3	1-2	1-2	2-3
Magnesio	1.0-1.5	2-3	0.08	0.2
Sodio	1-3	1-2	0.05	0.05
Sales solubles	6-15	2-5	1-2	1-2

En la Comarca Lagunera, la composición media del estiércol de bovino lechero indica que el calcio es el nutrimento mas abundante, seguido del potasio, nitrógeno y fósforo (Cuadro 2). Sin embargo, calcio y magnesio están presentes en forma soluble, por lo que se lixivian fácilmente de la solución del suelo; nitrógeno y fósforo, por el contrario, están ligados a la materia orgánica y se liberan paulatinamente durante el proceso de descomposición o mineralización de la materia orgánica (Killham, 1994; Miller and Donahue, 1995).

CUADRO 2. Composición química de estiércol de bovino lechero en la Comarca Lagunera (Castellanos, 1984).

	Rango		Promedio
	----- % -----		
N	0.91	2.44	1.42
P	0.41	0.82	0.51
K	1.79	4.78	3.41
Ca	2.34	5.65	3.68
Mg	0.45	1.04	0.71
Na	0.25	0.75	0.51
Sales solubles	3.2	9.1	5.0

La composta de estiércol bovino tiene una composición similar a la fuente de donde se origina, parte del nitrógeno se pierde durante el proceso de composteo y los elementos menores tienden a concentrarse debido a la pérdida de carbono, oxígeno e hidrógeno a la atmósfera (Cuadros 3 y 4).

CUADRO 3. Composición química de composta de estiércol bovino Van Horn, 1995).

	Rango	
	----- % -----	
N	1.0	2.0
P	0.3	1.5
K	2.0	3.0
Ca	2.0	6.0
Mg	0.5	1.5
Na	0.5	1.5
Cl ⁻	0.5	1.5

Cuando se utilizan lombrices para llevar a cabo la composta, al producto final se le llama vermicomposta o lombricomposta. En el Cuadro 5 se anotan la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en diferentes compostas.

La composición nutrimental de la gallinaza en la Comarca Lagunera se anota en el Cuadro 6, donde se aprecia que el nitrógeno es dos veces y la del fósforo es cuatro veces la concentración observada en el estiércol de bovino lechero en la misma región (Cuadro 2). Los nutrimentos contenidos en la gallinaza son también más rápidamente disponibles al cultivo (Castellanos, 1984).

CUADRO 4. Composición química de estiércol y composta de lechero (Figueroa, 2001).

bovino

	Estiércol	Composta
	----- % -----	
N	1.25	1.15
P	0.64	0.49
K	2.75	1.24
Ca	5.30	4.15
Mg	1.07	0.84
Fe	0.83	0.86
Mn	0.030	0.034
Zn	0.017	0.019
Cu	0.006	0.005

CUADRO 5. Composición de composta y vermicomposta de diferente origen (Chaney et al., 1992)

	Composta	Vermicomposta	
	Estiércol de bovino + residuos de algodón	Estiércol de caballo	Estiércol de bovino + ovino
	----- % -----		
N	2.1	3.4	1.5
P	0.4	0.25	0.07
K	1.3	0.77	1.41

CUADRO 6. Composición química de gallinaza en la Comarca Lagunera (Castellanos, 1984).

	Rango	Promedio	
	----- % -----		
N	2.6	4.65	3.47
P	1.2	3.21	2.38
K	1.31	3.68	2.09
Ca	2.7	8.81	6.12
Mg	0.5	1.03	0.83
Na	0.3	0.79	0.56
Sales solubles	4.2	8.3	5.6

Los lodos residuales que resultan del proceso de tratamiento de aguas negras, están compuestos en una mayor proporción por materia orgánica; cuando cumplen con normas para

no ser clasificados como residuos peligrosos y otras normas de calidad, se les llama biosólidos y pueden ser utilizados como abono orgánico en suelos agrícolas y pastizales. La composición de los biosólidos puede variar en función del proceso de tratamiento en la planta tratadora de agua residual (PTAR). El Cuadro 7 contiene los datos de nutrimentos en biosólidos provenientes de dos PTAR con diferente proceso.

CUADRO 7. Composición nutrimental de biosólidos con diferente proceso de estabilización (Figuroa et al., 2000)

	Estabilizados con cal	Digestión anaeróbica
	----- % -----	
Sólidos totales	26.7	15.4
Nitrógeno-NH ₄ ⁺	0.18	1.1
Nitrógeno total	3.0	5.2
Fósforo	1.22	2.15
Potasio	0.397	0.227

Los biosólidos pueden representar un riesgo de contaminación por metales pesados si las concentraciones de estos elementos rebasan los límites establecidos en las Normas. En el Cuadro 8 se anota la concentración de metales en biosólidos de dos PTAR, así como los límites máximos establecidos en la Norma de los EUA. En este caso, la concentración de metales depende del origen del agua residual (industrial o doméstica) y no del proceso de tratamiento. Actualmente esta en proceso la Norma Oficial Mexicana que regulará el uso de biosólidos en suelos agrícolas.

CUADRO 8. Metales pesados en biosólidos con diferente proceso de estabilización (Figuroa et al., 2000).

	Estabilizados con cal	Digestión anaeróbica	Norma EUA (EPA, 1993)
	----- mg/kg -----		
Arsénico	6.7	11.5	75
Cadmio	1.09	2.45	85
Cromo	8.54	50.2	3000
Cobre	119	493	4300
Mercurio	4.34	16.8	57
Molibdeno	12.2	28.8	75
Níquel	11.8	25.7	420
Plomo	12.5	134	840
Selenio	17	< 5.92	100
Zinc	662	2210	7500

Otra parte importante de la composición de los abonos orgánicos es precisamente el contenido de materia orgánica. Los principales beneficios de la materia orgánica en el suelo son (Chaney et al., 1992; Bohn et al., 1993):

- Incrementa la actividad biológica. Aporta nutrientes, energía y hábitat para los microorganismos del suelo.
- Actúa como reserva de nutrimentos. Durante la descomposición de la materia orgánica se liberan macro y micro-nutrimentos.
- Retiene nutrimentos en forma disponible. Aporta cargas negativas a la CIC del suelo, donde puede retener nutrimentos y metales pesados que de otra manera se lixiviarían.
- Favorece la estructura del suelo. Actúa como agente cementante de las partículas del suelo, formando agregados estables durante periodos de humedecimiento y secado.
- Incrementa la porosidad. La formación de agregados mejora la porosidad del suelo, aumentando la retención de agua en suelos arenosos y la permeabilidad en suelos arcillosos.

3. PROPIEDADES DEL SUELO A CONSIDERAR PARA LA INCORPORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS

Para lograr un uso sustentable del suelo cuando se utilizan abonos orgánicos, es importante evaluar el suelo para conocer sus propiedades, seleccionar los sitios mas idóneos y así minimizar riesgos de contaminación o degradación de la calidad del suelo. Entre las propiedades del suelo a considerar están:

3.1. Textura. Se refiere a la proporción de partículas minerales del suelo menores de 2 mm, y se analiza como porcentaje de arena, limo y arcilla que contiene un suelo. Los límites de clasificación por tamaño de partícula se anotan en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Tamaños de partícula utilizados para clasificar la textura del suelo (Miller and Donahue, 1995).

Tamaño de partícula	
	mm
Arena	0.05 - 2.0
Limo	0.002 - 0.05
Arcilla	< 0.002

De acuerdo a las proporciones de arena, limo y arcilla que componen un suelo, se establecen 12 clases texturales. En el Cuadro 10 se anotan ejemplos de estas clases texturales,

así como los nombres comunes con los que también se identifica estos suelos. La textura del suelo es importante porque determina o influye en muchas otras propiedades del suelo, como son porosidad, permeabilidad del suelo al agua, retención de agua, contenido de materia orgánica, adsorción de metales pesados. Los mejores suelos para aplicar abonos orgánicos son aquellos de textura media a gruesa, como los suelos francos, areno-franco, arcillo-franco y arenosos (Huddleston and Ronayne, 1990). Se debe evitar el uso de abonos orgánicos en suelos pedregosos y suelos con capas impermeables a menos de 50 cm en el perfil.

El Servicio de Conservación de Recursos Naturales (NRCS) de los EUA, en el manual de campo para el manejo de residuos agrícolas (NRCS, 1992), señala algunas recomendaciones y limitaciones para la aplicación de abonos orgánicos en base a las características del suelo. En el cuadro 11 se anotan las relacionadas con densidad aparente y textura.

Cuadro 10. Ejemplos de clases texturales y nombres comunes con los que se identifican estos suelos.

Clase textural	Nombre común	Arena	Limo	Arcilla
	Textura:	----- % -----		
Arcilla	Fina (o pesada)	20	20	60
Franco limoso	Media	20	70	10
Franco arenoso	Media a gruesa	65	25	10
Franco	Media	40	40	20
Limo	Media a fina	85	10	5
Arena	Gruesa (o ligera)	90	5	5

CUADRO 11. Recomendaciones para la aplicación de abonos orgánicos en base a densidad aparente y textura del suelo (NRCS, 1992)

Característica restrictiva	Densidad aparente	Grado de limitación	Limitación / Recomendación	Impacto
Textura:	g/cm ³			
Media a gruesa	< 1.7	Ligera	Aplicar cuando la humedad permita trabajar el suelo	Reduce la Da y minimiza la compactación
Media fina	^a ≥ 1.7	Moderada	Puede ocurrir compactación y escurrimiento / Aplicar cuando la humedad permita trabajar el suelo, reducir la tasa de aplicación.	Reduce la Da y minimiza la compactación

3.2. Permeabilidad. Es la velocidad con que el agua se mueve a través del suelo. Esta característica depende de la cantidad, tamaño, forma y arreglo de los poros del suelo. Propiedades como pedregosidad, estructura, materia orgánica y capas endurecidas del suelo influyen en el grado de permeabilidad del suelo. En el Cuadro 12 se anota la velocidad de infiltración típica que se puede esperar en diferentes texturas de suelo (Huddleston and Ronayne, 1990). Suelos con permeabilidad moderada a baja son mejores para aplicar abonos orgánicos; deben evitarse los suelos bien drenados con alta velocidad de infiltración, ya que los compuestos solubles se perderán fácilmente (Cuadro 13).

Cuadro 12. Velocidad de infiltración típica en diferentes texturas de suelo.

Textura del suelo	Tasa de infiltración Pulg./hr	Clasificación por permeabilidad
Arenoso	2.0 - 5.0	Moderadam. rápida
Arena-franco	1.0- 1.5	Moderada
Franco	0.5 - 0.75	Moderada
Limo-franco	0.2 - 0.3	Moderadam. baja
Arcillo-franco	0.15 - 0.3	Moderadam. baja
Limo-arcillo-franco	0.1 - 0.2	Baja
Arcilloso	0.05 - 0.15	Baja

CUADRO 13. Recomendaciones para la aplicación de abonos orgánicos en base a la permeabilidad del suelo (NRCS, 1992)

Permeabilidad Cm/hr	Grado de limitación	Limitación / Recomendación	Impacto
<2.0	Ligera	Aplicar abonos	Mejora la infiltración superficial y la permeabilidad
2.0 - 6.0	Moderada	Riesgo de lixiviación / Incorporar los abonos	Contaminantes pueden llegar a aguas subterráneas
>6.0	Severa	Rápida infiltración y riesgo de lixiviación / Reducir dosis de aplicación, dividir dosis	Contaminantes pueden llegar a aguas subterráneas. Disminuye la permeabilidad por acumulación de MO en los poros

Cuando en una región existen acuíferos someros o problemas de manto freático elevado, es importante evaluar esta condición antes de incorporar abonos orgánicos (Cuadro 14).

CUADRO 14. Recomendaciones para la aplicación de abonos orgánicos en base a la profundidad al manto freático (NRCS, 1992)

Profundidad al manto freático	Grado de limitación	Limitación / Recomendación	Impacto
m			
>1.0	Ligera	Aplicar abonos	Ninguno
0.5 - 1.0	Moderada	Moderada profundidad de suelo y limitada zona radical / Reducir dosis de aplicación	Contaminantes pueden infiltrarse al agua subterránea. Riesgo de sobrecargar el suelo si se aplican altas dosis
<0.5	Severa	Profundidad de suelo y zona radical superficiales. Reducir dosis de aplicación. Dividir dosis	Contaminantes pueden filtrar al agua subterránea. Riesgo de sobrecargar el suelo si se aplican altas dosis en una sola aplicación

3.3. Pendiente. En regiones agrícolas de riego por gravedad, la pendiente del terreno es prácticamente nula, por lo que no hay restricción en este sentido para la aplicación de abonos orgánicos. En áreas de agostadero y de temporal es importante tomar en cuenta la pendiente del terreno como criterio para aplicar abonos orgánicos. La Norma de Canadá marca distancias mínimas de separación entre sitios de aplicación de biosólidos y corrientes de agua superficial (Cuadro 15). En el Cuadro 16 se anotan las recomendaciones para la aplicación de abonos orgánicos en función de la pendiente del terreno.

Cuadro 15. Separación mínima entre sitios de aplicación de biosólidos y corrientes superficiales de agua (Environment Canada, 1984).

Pendiente	Permeabilidad	Distancia
%		m
0 – 3	Rápida a moderadam. rápida Moderada a Baja	• 50 • 100
3 – 6	Rápida a moderadam. rápida Moderada a Baja	• 100 • 200
6 – 9	Rápida a moderadam. rápida Moderada a Baja	• 150 • No aplicar
Mayor de 9	Cualquier permeabilidad	• No aplicar

CUADRO 16. Recomendaciones para la aplicación de abonos orgánicos en base a la pendiente del terreno (NRCS, 1992)

Pendiente	Grado de limitación	Limitación / Recomendación	Impacto
%			
< 8	Ligera	Aplicar abonos	Ninguna
8 – 15	Moderada	Riesgo de erosión hídrica/ Incorporar los abonos, controlar escorrentías	Contaminantes pueden llegar a aguas superficiales
> 15	Severa	Riesgo de erosión hídrica, limitado potencial productivo/ Incorporar los abonos, controlar escorrentías	Contaminantes pueden llegar a aguas superficiales

3.4. **pH.** Es una medida del grado de acidez o alcalinidad del suelo. Un pH neutro es alrededor de 7 (6.6 - 7.3); valores de pH menores de ese rango son suelos ácidos, mientras que valores superiores al rango de neutralidad se consideran alcalinos (Figura 2). El pH óptimo para suelos agrícolas es ligeramente ácido a neutro (6.1 - 7.3), porque en ese rango la mayoría de los nutrimentos se encuentran disponibles para el cultivo. En suelos con pH más ácido puede haber problemas con solubilidad y toxicidad por metales pesados. Por el contrario, el riesgo de toxicidad por metales pesados en suelos alcalinos es muy bajo, ya que la mayoría de ellos pasan a formas insolubles. Sin embargo, algunos nutrimentos esenciales como calcio y fósforo también se precipitan volviéndose no disponibles para el cultivo.

Cuando los abonos orgánicos contienen metales pesados, como en el caso de biosólidos, los suelos de zonas áridas con pH alcalino son la mejor opción para utilizar este tipo de abonos (Cuadro 17). En estas condiciones, los metales pesados se precipitan y permanecen insolubles, formando una barrera natural a la absorción de metales por los cultivos (Assadian et al., 1998).

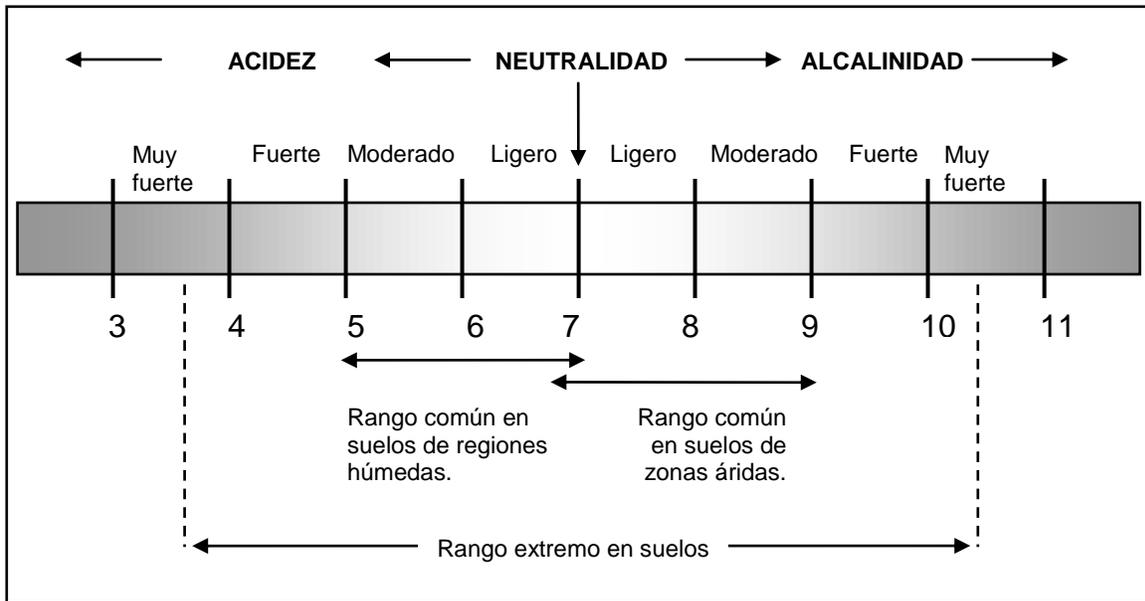


FIGURA 2. Clasificación del pH del suelo (Tan, 1993)

3.5. Capacidad de intercambio catiónico (CIC). De los tres tipos de partícula que componen el suelo, la arcilla es el único que posee carga eléctrica negativa. Esta característica es importante porque permite retener en el suelo los nutrientes con carga positiva, como calcio, magnesio, potasio y nitrógeno amoniacal, entre otros (Tan, 1993). También retiene metales pesados evitando que se filtren hasta el acuífero. Esta propiedad se llama capacidad de intercambio catiónico (CIC) y puede expresarse en miligramos de carga positiva (+) que pueden ser retenidos por 100 g de suelo. La materia orgánica del suelo también aporta cierto valor de CIC (Huddleston and Ronayne, 1990).

CUADRO 17. Recomendaciones para la aplicación de abonos orgánicos en base al pH del suelo (NRCS, 1992)

pH	Grado de limitación	Limitación / Recomendación	Impacto
> 6.0	Ligera	Aplicar abonos	Dosis muy altas pueden bajar el pH del suelo
4.5 – 6.0	Moderada	Aumenta la disponibilidad de metales pesados, disminuye el potencial de crecimiento de las plantas / Disminuir dosis de aplicación, aplicar cal	Metales pesados pueden infiltrar al agua subterránea
< 4.5	Severa	Aumenta la disponibilidad de metales pesados, disminuye el potencial de crecimiento de las plantas, limitado numero de especies adaptadas / Disminuir dosis de aplicación, aplicar cal	Metales pesados pueden infiltrar al agua subterránea

Los suelos con valores de CIC mayores a 15 meq/100 g (que puede ser aportada por el contenido de arcilla y materia orgánica) son preferibles para aplicaciones de biosólidos, ya que pueden atrapar en los sitios de intercambio metales pesados que de otra manera se filtrarían al manto acuífero (Cuadro 18).

CUADRO 18. Recomendaciones para la aplicación de abonos orgánicos en base a la capacidad de intercambio catiónico (NRCS, 1992)

CIC	Grado de limitación	Limitación / Recomendación	Impacto
meq/100 g de suelo			
> 15	Ligera	Aplicar abonos	Incrementa CIC y materia orgánica
5 - 15	Moderada	Baja adsorción e intercambio de cationes y metales / Reducir tasa de aplicación	Contaminantes pueden infiltrar al agua subterránea
< 15	Severa	Muy baja adsorción e intercambio de cationes y metales / Reducir tasa de aplicación	Contaminantes pueden infiltrar al agua subterránea

3.6. Salinidad. Otro aspecto del manejo de residuos orgánicos, especialmente de estiércoles, que debe considerarse para un uso sustentable del suelo es el control de la salinidad cuando se incorporan este tipo de residuos al suelo. El estiércol bovino puede contener mas del 10% de

sales solubles (Cuadro 1 y 2); lo anterior significa que una dosis de 100 ton/ha de estiércol incorpora también 10 ton/ha de sales solubles. La conductividad eléctrica (CE) del suelo aumenta de manera lineal al incrementar la dosis de aplicación (Powers et al. 1974; Vázquez et al. 2001). Los Cuadros 19 y 20 muestran las limitaciones cuando se utilizan suelos salinos para incorporar abonos orgánicos.

Una práctica recomendada para controlar la salinidad del suelo cuando se utiliza estiércol alto en sales, es aplicar antes de la siembra, incorporar con rastra y aplicar un riego de aniego o presiembra. Lo anterior permite lavar las sales solubles en exceso y evitar daños al cultivo.

CUADRO 19. Recomendaciones para la aplicación de abonos orgánicos en base a la salinidad del suelo (NRCS, 1992)

Conductiv. eléctrica dS/m	Grado de limitación	Limitación / Recomendación	Impacto
< 4	Ligera	Aplicar abonos	Ninguno
4 – 8	Moderada	Seleccionar cultivos tolerantes / Aplicar residuos altos en C:N y bajo contenido de sales.	Residuos altos en C:N y bajo contenido de sales: mejora las propiedades físicas del suelo.
< 8	Severa	Con residuos altos en sales, rotar terrenos y reducir dosis	Residuos altos en sales: pueden incrementar la salinidad del suelo si se aplican continuamente dosis altas

CUADRO 20. Recomendaciones para la aplicación de abonos orgánicos en base a la sodicidad del suelo (NRCS, 1992)

Relación de adsorción de sodio (RAS)	Grado de limitación	Limitación / Recomendación	Impacto
< 4	Ligera	Aplicar abonos	Ninguno
4 – 13	Moderada	Seleccionar cultivos tolerantes / Aplicar residuos altos en C:N y bajo contenido de sales.	Residuos altos en C:N y bajo contenido de sodio: mejora las propiedades físicas del suelo.
< 13	Severa	Con residuos altos en sodio, rotar terrenos y reducir dosis	Residuos altos en sales: pueden incrementar la salinidad del suelo si se aplican continuamente dosis altas

4. DOSIS DE APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS

Cuando se utilizan abonos orgánicos como las compostas y los residuos de cosecha, generalmente se utilizan dosis bajas,

menores a las 10 ton/ha. Sin embargo, es común que en el manejo de estiércol se apliquen dosis altas, que pueden llegar a más de 100 ton/ha. Para lograr la sustentabilidad de los suelos donde se incorporan residuos orgánicos, es importante estimar las dosis de aplicación en función del requerimiento de nitrógeno del cultivo a establecer. En el caso de biosólidos, la Norma de los Estados Unidos (EPA, 1993) establece que:

Mientras en otras publicaciones de la Agencia de Protección Ambiental de los EUA (EPA, 1994a; EPA, 1994b), definen tasa agronómica como:

“Los biosólidos a granel deberán ser aplicados a tierras agrícolas, bosques, sitios con contacto público, o en recuperación de sitios, a una dosis total que sea igual o menor a la tasa agronómica...”

“. . . la dosis de aplicación diseñada para proveer la cantidad de N que necesita un cultivo para alcanzar su rendimiento potencial, minimizando a la vez la cantidad de N que pueda lixiviarse al manto acuífero“

Un enfoque similar es el que sigue para el manejo de estiércol y otros residuos orgánicos (NRCS, 1992). Generalmente se recomienda estimar las dosis de aplicación en función del nitrógeno disponible al cultivo, sin embargo, en regiones donde el riesgo de contaminación por fósforo es significativo, es este nutrimento el que se toma como criterio para estimar dosis de aplicación (Eghball, 2002). Para estimar dosis de aplicación de abonos orgánicos en función del requerimiento de nitrógeno del cultivo es necesario conocer:

- la concentración de nitrógeno orgánico en los abonos,
- la tasa de mineralización de nitrógeno,
- el nitrógeno residual en el suelo donde se van a incorporar los abonos, y
- el requerimiento de nitrógeno del cultivo.

La dosis de aplicación de estiércol o biosólidos en función del nitrógeno que requiere un cultivo se calcula en base a la fórmula siguiente (Figuroa, 2002):

<p>Requerimiento de N del cultivo – N residual en el suelo</p> <p>Dosis de aplicación =</p>

Tanto el nitrógeno residual del suelo como nitrógeno disponible en el estiércol pueden estimarse con análisis de laboratorio.

4.1. Requerimiento de nitrógeno por los cultivos. Como se mencionó anteriormente, el requerimiento del cultivo representa la cantidad de nitrógeno que requiere el cultivo para alcanzar un rendimiento potencial o esperado. Las diferencias en rendimiento de una parcela a otra se deben a características limitantes del suelo como salinidad, texturas arcillosas o arenosas, pero también a factores de manejo como fecha de siembra y números de riegos. En diversas investigaciones se ha comprobado que el requerimiento de nitrógeno por unidad de rendimiento es más o menos constante para diferentes regiones. Por ejemplo, el maíz forrajero requiere alrededor 14 kg/ha de nitrógeno por cada ton de materia seca (MS) producida (Quiroga y Cueto, 1991; Figueroa et al. 2001), pero el rendimiento de MS en ton/ha dependerá del potencial productivo del suelo y del manejo del cultivo. Lo anterior significa que si un suelo salino o arenoso rinde solo 12 ton/ha MS, con 144 kg N/ha es suficiente para satisfacer el requerimiento de nitrógeno. En cambio, un suelo que potencialmente rinde 20 ton/ha MS requiere 280 kg N/ha para poder alcanzar ese rendimiento.

Los valores estimados anteriormente representan la tasa agronómica para cada suelo. Existe en la literatura información sobre la demanda de nitrógeno por unidad de rendimiento para diferentes cultivos (NRCS, 1992; Fulhage and Pfoest, 1993; Henry et al. 1999). Una vez que se define el requerimiento de nitrógeno, es recomendable realizar análisis de suelo y del agua de riego, para restar de la tasa agronómica la cantidad de nitrógeno residual presente en el suelo antes de sembrar.

4.2 Nitrógeno residual del suelo. El nitrógeno residual del suelo se analiza como la porción de nitrógeno inorgánico en forma de nitrato que queda de ciclos anteriores, resultado de la aplicación de fertilizantes o de la descomposición de los residuos de cosecha. La manera de estimar el nitrógeno residual es tomando muestras de suelo representativas del predio donde se aplicaran los biosólidos. Se recomienda tomar una muestra compuesta por cada 10 ha, a una profundidad de 0-30 cm. Para cada muestra compuesta se recorre el terreno al azar y se toman

15 a 20 puntos de muestreo por cada muestra compuesta; luego se mezcla el suelo de los puntos de muestreo de manera uniforme en un recipiente. Finalmente, se toma alrededor de 1.0 kg de suelo para enviarlo al laboratorio (Ferguson et al. 1991). Los resultados del laboratorio reportarán el contenido de nitrato en kg/ha; dicho valor debe restarse al requerimiento de nitrógeno del cultivo.

4.3. Nitrógeno disponible al cultivo. La mayor parte del nitrógeno contenido en el estiércol y biosólidos se encuentra en forma orgánica, es decir, formando parte de los residuos vegetales y animales (microbios y la fauna del suelo). Para que este nitrógeno orgánico sea disponible al cultivo los residuos orgánicos tienen que descomponerse (o mineralizarse) y liberar el nitrógeno en forma de nitrato y amonio. De la concentración de nitrógeno orgánico, solo un 25% se mineraliza el primer año en estiércol (Castellanos, 1987) y hasta un 40% en biosólidos (Sullivan, 1998).

Como ejemplo de lo anterior, se quiere aplicar estiércol bovino a un suelo para cultivar maíz forrajero; el rendimiento esperado es de 18 ton de materia seca y los análisis de suelo indican una concentración de nitratos de 15 ppm (mg/kg). El estiércol disponible tiene una concentración total de N de 1.2% (12 kg N/ton) y 65% de MS. Con los datos anteriores se calcula el requerimiento de N del cultivo en $(18 \text{ ton MS/ha} * 14 \text{ kg N/ton MS}) = 252 \text{ kg N/ha}$. El N residual del suelo, en base al contenido de nitratos, es de 60 kg N/ha. El N disponible en el estiércol durante el primer año es de $(12 \text{ kg N/ton} * 0.25) = 3.12 \text{ kg N/ton}$ de estiércol. Aplicando la fórmula anterior, la dosis calculada es:

$$\text{Dosis} = \frac{252 \text{ kg N/ha} - 60 \text{ kg N/ha}}{3.12 \text{ kg N/ton}} = 61.5 \text{ ton/ha de estiércol (peso seco)}$$

$$\text{Dosis ajustada} = 61.5 \text{ ton/ha MS} / 0.65 = 95 \text{ ton/ha de estiércol húmedo (35\% humedad)}$$

También es posible sustituir parcialmente las aplicaciones de fertilizantes. Por ejemplo, si solo se aplican 60 ton/ha de estiércol (39 ton/ha MS), se están incorporando $(39 \text{ ton/ha} * 3.12 \text{ kg N/ton}) = 122 \text{ kg N/ha}$; sumando ésta cantidad al N residual del suelo $(122 + 60)$ obtenemos 182 kg N/ha que está disponible al cultivo, por lo que solo basta aplicar la diferencia para completar el requerimiento del cultivo: $252 \text{ kg/ha} - 182 \text{ kg/ha} = 70 \text{ kg/ha}$

5. RESTRICCIÓN DE CULTIVOS CUANDO SE INCORPORAN BIOSÓLIDOS.

De acuerdo con la legislación, en los terrenos que reciben biosólidos debe esperarse cierto tiempo antes de sembrar o cosechar un cultivo. En el Cuadro 19 se mencionan los tiempos de espera entre la aplicación y la cosecha de acuerdo con la Norma de los EUA. Cultivos como es el algodón, trigo, sorgo y avena forrajera se pueden producir sin ningún problema con el uso de biosólidos ya que en ninguno de ellos sus partes útiles tocan el suelo. Además, aplicando los biosólidos antes de la siembra, se rebasan los 30 días para realizar la cosecha. Para el caso de la alfalfa, los biosólidos se pueden utilizar antes del establecimiento, ya que es cuando este cultivo requiere de nitrógeno.

Cuadro 19. Restricciones al uso de biosólidos, de acuerdo a la Norma de los EUA (EPA, 1993).

	Restricción
Frutos con partes comestibles en contacto con la mezcla suelo-biosólido	<ul style="list-style-type: none"> Cosechar después de 14 meses de aplicados los biosólidos
Frutos con partes comestibles subterráneas	<p>Si la incorporación se realiza a los 4 meses o mas después de la aplicación de los biosólidos: Cosechar después de 20 meses de la aplicación</p> <p>Si la incorporación se realiza antes de 4 meses después de la aplicación de los biosólidos: Cosechar después de 38 meses de la aplicación</p>
Cultivos comestibles, forrajes, fibras	Cosechar después de 30 de aplicados los biosólidos
Pastos para forraje	Pastar ganado después de 30 días de aplicados los biosólidos
Sitios con alto potencial de acceso público (parques)	Restringir el acceso por un año después de aplicados los biosólidos
Sitios con bajo potencial de acceso público (tierras de cultivo)	Restringir el acceso por 30 días después de aplicados los biosólidos

LITERATURA CITADA

- Assadian, N.W., L.C. Esparza, L.B. Fenn, A.S. Ali, S. Miyamoto, U. Figueroa V., y A.W. Warrick. 1998. Spatial variability of heavy metals in irrigated alfalfa fields in the upper Rio Grande River basin. *Agricultural Water Management* 36:141-156.
- Bohn, H.L., McNeal, B.L. and O'Connor, G.A. 1993. *Química del suelo*. Ed. Limusa. México, D.F.
- Castellanos, J.Z. 1984. El estiércol para uso agrícola en la Región Lagunera. Folleto Técnico no. 1. Campo Agrícola Experimental La Laguna. CIAN-INIA. 19 Pág.
- Castellanos, J.Z. 1987. Características de los estiércoles de bovino y gallinaza en la Comarca Lagunera. Informe de investigación agrícola en forrajes, 1984. Campo Experimental de la Laguna. INIFAP. Pag. 79-89.
- Castellanos R., J.Z. y Peña C., J.J. 1990. Los nitratos provenientes de la agricultura: Una fuente de contaminación de los acuíferos. *Terra* 8(1):113-126.
- Chaney, D.E., Drinkwater, L.E. and Pettygrove, G.S. 1992. Organic soil amendments and fertilizers. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 21505. 36 p.
- CWEA. 1998. Manual of good practice for agricultural land application of biosolids. California Water Environment Association. Oakland, CA.
- Eghball, B. 2002. Soil properties as influenced by phosphorus- and nitrogen-based manure and compost applications. *Agron. J.* 94:128-135.
- Environment Canada. 1984. Manual for land application of treated municipal wastewater and sludge. Ministry of the Environment of Ontario. Ontario, Canada.
- EPA. 1993. Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge. Final Rules. 40 CFR Part 503. Environmental Protection Agency. Washington, D.C.
- EPA. 1994a. A Plain English Guide to the EPA Part 503 Biosolids Rule. EPA/832/R-93/003. US Environmental Protection Agency. Washington, D.C.
- EPA. 1994b. Biosolids Recycling: Beneficial Technology for a Better Environment. Washington D.C. U.S. Environment Protection Agency, 832-R-9-4-009.
- Figueroa V.U. 2002. Uso sustentable del estiércol en sistemas forrajeros bajo riego. *Revista Unión Ganadera*. Unión Ganadera Regional de la Laguna. Vol. 38:11-12.
- Figueroa V.U., Faz C.R., Quiroga G.H.M. y Cueto W.J.A. 2001. Optimización del uso de estiércol bovino en cultivos forrajeros y riesgos de contaminación por nitratos. Informe de investigación. Campo Experimental La Laguna. CIRNOC-INIFAP. 4 pag.
- Figueroa V.U., Palomo R.M., Flores O.M.A., Corral D.B. y Flores M.J.P. 2000. Establecimiento de parcelas demostrativas con el uso de biosólidos en suelos agrícolas del Valle de

- Juárez, Chih. Informe de Investigación. Campo Experimental Valle de Juárez. CIRNOC-INIFAP. 53 pag.
- Ferguson, R.B., Frank, K.D., Hergert, G.W., Penas, E.J. and Wiese, R.A. 1991. Guidelines for soil sampling. Publication G91-1000-A. Cooperative Extension, University of Nebraska, Lincoln, NE.
- Fulhage, C.D. and Pfof, D.L. 1993. Spreading dairy waste with lab analysis but without soil tests. Water Quality Initiative publication WQ311. University of Missouri, Columbia. 12 pag.
- udreau, J.E., Vietor, D.M., White, R.H., Provin, T.L. and Munster, C.L. 2002. Response of turf and quality of runoff to manure and fertilizer. J. Environ. Qual. 31:1316-1322.
- Henry, Ch., Sullivan, D., Rynk, R., Dorsey, K. and Cogger, C. 1999. Managing nitrogen from biosólidos. Washington State department of Ecology, Northwest Biosolids Management Association. WA.
- Huddleston, J.H. and Ronayne, M.P. 1990. Guide to soil suitability and site selection for beneficial use of sewage sludge. Manual 8. Oregon State University Extension Service. 76 pag.
- Killham, K. 1994. Soil ecology. Cambridge University Press. New Cork, NY.
- Martínez R.,J.G., Castellanos R.,J.Z. y Ortega, A. 2001. Determinación de la vulnerabilidad del acuífero de Ciudad Juárez, Dgo. a la contaminación por nitratos mediante GIS. XIII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Dgo. Pag. 47-52.
- Miller, R.W. and Donahue, R.L. 1995. Soils in our environment. 7th ed. Prentice Hall. Englewood Cliffs, NJ.
- NRCS. 2000. Agricultural waste management field handbook. Natural Resource Conservation Service. USDA.
- Powers, W.L., Wallingford, G.W., Murphy, L.S., Whitney, D.A., Manges, H.L. and Jones, H.E. 1974. Guidelines for applying beef feedlot manure to fields. Publication C-502. Kansas State University, Cooperative Extension Service. Manhattan, KA.
- Quiroga G., H.M. y Cueto W., J.A. 1991. Efectos de la fertilización nitrogenada y población sobre el rendimiento y calidad de forraje y componentes del rendimiento de maíz para ensilaje. Informe de investigación. CELALA-INIFAP.
- Sullivan, D. 1998. Fertilizing with biosolids. PNW 508. Oregon State University. 12 pag.
- Tan, K.H. 1992. Principles of soil chemistry. Marcel Dekker, Inc. New York, NY.
- Van Horn, M. 1995. Compost production and utilization, a growers' guide. California Department of Food and Agriculture, University of California. Publication 21514. 17 pag.

Vázquez V.C., Salazar S.E., Figueroa V.R., Valenzuela R.J.S y Fortis H.M. 2001. Efecto del acolchado y estiércol de bovino en la modificación de algunas características del suelo de la Comarca Lagunera. XIII Semana Internacional de Agronomía, FAZ-UJED. Gómez Palacio, Dgo. Pág. 178-182.

CAPITULO II

LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO

Dr. Rafael Zúñiga Tarango

Profesor Investigador de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED

Introducción

El uso de materiales orgánicos como fertilizantes ha estado unido a la actividad agrícola desde sus orígenes, y su empleo está relacionado directamente, desde una perspectiva histórica, con el mantenimiento de la productividad de los suelos de cultivo.

La materia orgánica de los suelos de cultivo representa en sí misma, un sistema complejo integrado por diversos componentes. Su dinamismo está determinado por la incorporación al suelo de restos de origen vegetal, animal y microbiano y la transformación y evolución de éstos, mediada por la interacción de múltiples procesos.

El resultado de las transformaciones es ambivalente, pudiendo conducir a una situación de contaminación y degradación graves, a formas intermedias o a la integración de los cambios en el ambiente de forma perdurable.

En este contexto el objetivo de este trabajo es analizar y exponer de un modo práctico un conjunto de informaciones centradas en el conocimiento de la materia orgánica de los suelos de cultivo. Su origen, constituyentes, evolución, posibilidades actuales y manejo serán atendidos en los siguientes apartados.

Concepto

La materia orgánica en el suelo, como fuente original serán los restos de plantas y animales, en diferentes estados de descomposición, así como la biomasa microbiana. A menudo se trata la materia orgánica edáfica como si fuera una única sustancia, pero en realidad existen muchos tipos de materia orgánica o humus que realizan diferentes funciones en el suelo.

Estos restos tan dispares, que la bioquímica define como “polímeros de compuestos orgánicos” y que podemos denominar “materia orgánica fresca” bajo la acción de factores edáficos, climáticos y bióticos, serán sometidos a un constante proceso de transformación. Dentro de una hipotética secuencialidad estos restos serían en una primera etapa, degradados y despolimerizados por vía biológica hasta los componentes elementales de sus constituyentes básicos: proteínas, hidratos de carbono, ácidos orgánicos complejos, etc. , es decir, se produce una simplificación de su estructura a compuestos más sencillos y en general solubles. Parte de estos compuestos sufren, por acción microbiana, un proceso de mineralización, pasando a formas inorgánicas, bien solubles (PO_4^{3-} SO_4^{2-} NO_3^- , etc.) o bien gaseosas (CO_2 y NH_4^+). Algunos de estos compuestos, pueden ser reorganizados <<en un proceso inverso del que rige la mineralización>>, produciéndose una inmovilización temporal de nutrientes <<fundamentalmente nitrógeno>> en la biomasa microbiana, pero reincorporándose más adelante a los compuestos húmicos, quedando sujetos a la típica dinámica de éste dentro del suelo.

La fracción de la materia orgánica que no mineraliza en esta primera etapa, a través del proceso que denominaremos humificación, es sometida a complejas reacciones bioquímicas y químicas, de resíntesis y polimerización, que darán lugar a nuevos productos <<macromoléculas más o menos policondensadas>>, que reciben el nombre de sustancias húmicas y que presentan características y propiedades diversas.

En general y simplificando, distinguiremos entre la mineralización tres amplias categorías, la primera, que afecta a la materia orgánica fresca que todavía no está totalmente incorporada al suelo, donde podemos encontrar restos de materia orgánica activa o

parcialmente descompuestos de plantas y animales que forman parte integral del suelo, pudiendo ser separados del mismo mediante métodos mecánicos.

La mineralización secundaria que podríamos denominar como materia orgánica transformada para referirnos a un grupo de productos de restos orgánicos en avanzado estado de descomposición y productos sintetizados por microorganismos (sustancias semejantes a proteínas, ácidos orgánicos, hidratos de carbono, gomas, ceras, grasas, taninos, ligninas, etc.).

Además de una tercera mineralización que podemos considerar como sustancias húmicas de elevado peso molecular, que forman parte integral del suelo y que no podrían ser separados por métodos mecánicos: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y humina, que por lo general son resistentes a una descomposición posterior por los seres vivos en general más lenta debido a su complejidad y a que los enlaces que contraen con los componentes minerales <<arcillas y óxidos fundamentalmente>> retardan la mineralización.

El término humus se aplica generalmente a las dos últimas categorías. Supone la presencia de grupos funcionales de tipo de los compuestos húmicos: amino, oxidrilo y carboxilo, que aumentan la capacidad de intercambio catiónico y permiten formar compuestos con las arcillas contribuyendo así a la estructura del suelo, aunque los compuestos de mayor peso molecular son más estables y por lo tanto tienen una función menos importante. Estas sustancias húmicas, debido a que actúan como intercambiadores de iones hasta cierto punto regulan también la nutrición de la planta. Las plantas pueden tomar directamente alguno de estos compuestos, tal vez por sus asociaciones con micorrizas, activándose en ellas procesos fisiológicos y bioquímicos. Como consecuencia de esto, el crecimiento puede verse estimulado e regulado, o puede incluso ayudar a la resistencia de la planta frente a ataques de patógenos. Por sí misma, la presencia de humus es, por lo tanto, de gran importancia para el cultivo, y no sólo como fuente potencial de nutrientes.

Así pues la idea generalizada de que las sustancias obtenidas a partir de la materia orgánica eran exclusivamente fuente de elementos nutritivos para las plantas <<nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, etc.>> y fuente de CO₂ para la atmósfera del suelo, se complementó con la opinión de que estos compuestos orgánicos de naturaleza individual, además de lo

anterior participaban en gran cantidad de procesos ligados a las propiedades físico-químicas del suelo; procesos tales como la agregación, la disolución de minerales, los ciclos biogeoquímicos de los elementos, la formación y estabilidad de la estructura, etc., así como el suministro de materiales bioactivos para los vegetales (Blanchet, 1958; Flayg, 1980) y para los microorganismos edáficos.

Componentes de la Materia Orgánica en el Suelo

Se estima, que la composición de la materia orgánica en el medio suelo estaría definida por: un 10 % de carbohidratos; un 10 % de compuestos nitrogenados –incluyendo proteínas, péptidos, aminoácidos, aminoazúcares, purinas, pirimidinas, y otros compuestos-; un 15 % de grasas, ceras, resinas, etc., y un 65 % de sustancias húmicas. Evidentemente estos porcentajes son variables y altamente dependientes de numerosos factores externos e internos (Schnitzer, 1990).

Sustancias Orgánicas no Húmicas

Dentro de este grupo, vamos a encontrar además de sustancias originadas por síntesis microbiana <<como aminosacáridos, fitorreguladores, vitaminas y antibióticos>>, otros compuestos procedentes de la descomposición de restos vegetales, animales y de la biomasa microbiana, así como compuestos orgánicos procedentes de la rizodeposición <<exudados, secreciones, lisados, etc.). De ahí la importancia de mencionar brevemente los compuestos bioquímicos principales que podemos encontrar.

Carbohidratos.- Forman parte de los tejidos de sostén y conducción y representan sustancias de reserva de las plantas, son también componentes de las paredes celulares de las bacterias, de algunos hongos, algas e insectos y una de las principales fuentes de energía. En los vegetales constituyen el 50 % <<a veces más>> de toda su biomasa; destacamos la celulosa, las hemicelulosas y el almidón, que son los que en mayor proporción forman parte de la composición de los restos vegetales y que por lo tanto van a estar mayoritariamente presentes en el suelo igual que en el caso de las plantas superiores, los polisacáridos aportados al suelo por los microorganismos son numerosos y proceden tanto de los

componentes de sus paredes celulares, como de componentes intracelulares e incluso alguno de estos carbohidratos son sintetizados por los propios microorganismos.

Compuestos fenólicos.- Dentro de este grupo hay un predominio importante de la lignina, que es un componente básico de los tejidos leñosos <<xilema, endodermis>> y que constituye el tejido de sostén de las plantas. Es una macromolécula, de naturaleza aromática, constituido por unidades de fenilpropano y con diversos sustituyentes (-CH₃, -OCH₃, -OH, etc.) y se encuentra en las plantas íntimamente asociada a polisacáridos estructurales. Tienen importancia cuantitativa, también los taninos que son compuestos polifenólicos.

Compuestos nitrogenados.- Encontramos formando parte de este grupo proteínas <<cadenas de aminoácidos con secuencias definidas>>, también polipéptidos, otros polímeros constituidos por aminoácidos, oligopéptidos y ácidos nucleicos que son polímeros de nucleótidos.

Grasa, ceras y resinas.- Las grasas neutras se derivan de la glicerina esterificada con ácidos grasos y actúan como sustancias de reserva que se acumulan en diferentes órganos de la planta, específicamente en las semillas. Las ceras son ésteres de ácidos grasos y alcoholes que forman la cutícula del tallo, hojas y frutos, y cumplen fundamentalmente funciones de protección para el vegetal.

Otros compuestos.- En los tejidos vegetales preferentemente hay, además de los citados, multitud de componentes bioquímicos importantes como lípidos, ácidos orgánicos, pigmentos, alcaloides, hormonas, antibióticos, vitaminas, que tras su descomposición encontraremos en el suelo, aunque también estos últimos pueden proceder de la actividad biológica de microorganismos.

Todo lo anterior tiene una gran importancia, no sólo por los efectos fisiológicos que influyen sobre la vida vegetal y microbiana, sino porque además, es la composición de los restos orgánicos, junto con los condicionantes agroambientales y edáficos, los que marcarán la velocidad y viabilidad de los procesos de mineralización y humificación, es decir, la evolución del ciclo orgánico en el sistema.

Sustancias Húmicas

El proceso de humificación, no sólo engloba la transformación de los productos originados por la descomposición de las moléculas de alto y bajo peso molecular procedentes de tejidos de plantas superiores, animales y constituyentes celulares microbianos, sino también hace referencia a la síntesis molecular de estos compuestos; todo ello, junto con lo anterior tendrá acciones directas e indirectas sobre la vida vegetal y la dinámica del suelo.

La totalidad de los compuestos que se conceptúan bajo el término humus, abarca un conjunto heterogéneo de sustancias muy polimerizadas, de peso molecular relativamente alto, de color oscuro con propiedades coloidales e hidrofílicas marcadas, que presentan alta capacidad de intercambio iónico y que engloban compuestos aromáticos y alifáticos en sus moléculas.

Así pues cuando hablamos de humificación, nos estamos refiriendo a la transformación de las sustancias orgánicas, la que se acompaña de una resistencia creciente a la biodegradación por su mayor complejidad y porque la mayoría de las sustancias húmicas se encuentran unidas, en diversas formas, con la fracción mineral del suelo.

La destrucción de estas uniones, mediante una serie de técnicas analíticas, permite dividir a las sustancias húmicas en cuatro fracciones operativas: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos, ácidos himatomelánicos y huminas.

Estas diferentes fracciones, son consecuencia de los métodos de extracción y separación utilizadas. Están caracterizadas por determinados grupos funcionales, ligados por distintos tipos de uniones, a unos núcleos diferentes; esto les da unas características químicas y como consecuencia, una diferente reactividad en el suelo.

La Materia Orgánica en los Sistemas

La procedencia de los restos vegetales ocurre de forma diferente en los suelos con vegetación permanente (bosque, estepa, pradera) y en suelos de cultivo.

En los restos vegetales de cualquier naturaleza que bajo una vegetación permanente caen periódicamente al suelo constituyen para estos sistemas la principal fuente de materia orgánica.

La descomposición de la hojarasca en los suelos forestales implica la desaparición más o menos rápida de la materia prima vegetal, que en general se divide mecánicamente, es mezclada y enterrada con el suelo, por la actividad de determinados organismos, siendo atacada rápidamente en este medio por bacterias y hongos.

En medios de fuerte actividad biológica aireados y poco ácidos esta transformación es rápida entre uno y dos años, formándose una capa de materia orgánica delgada en el otoño y desapareciendo casi por completo en el verano. En medios poco activos muy ácidos y con hojarasca poco degradable se necesitan varios años para la descomposición total, superponiéndose al horizonte mineral un horizonte orgánico de materiales parcialmente descompuestos.

Sin duda estos sistemas presentan una estabilidad relativa, respecto al ciclo orgánico, y en la cual las aportaciones están en equilibrio con lo mineralizado y extraído.

En los sistemas agrícolas no existe tal estabilidad, el aporte de materia orgánica es discontinuo y depende del ser humano; el estiércol, los residuos de cosecha, la paja incorporada, los abonos verdes y los diversos productos orgánicos sustituyen a la hojarasca, siendo la descomposición activada por el enterramiento, en el laboreo, y el aporte simultáneo de abonos minerales. Además, las aportaciones de materias orgánicas suceden en épocas del año en que no tienen porque coincidir con las de máxima actividad microbiana y no está en relación lo extraído en calidad y cantidad con el aporte.

En las secuencias que conducen a la formación de humus son el resultado de un proceso fundamentalmente biológico, en el que intervienen, directa o indirectamente, la mayor parte de los organismos que viven en el suelo.

En este proceso de transformación de los restos orgánicos, las primeras etapas serán llevadas a cabo por la fauna edáfica, que fraccionan y reducen de tamaño los restos, los

mezclan con la fracción mineral y los transportan de un lugar a otro; mientras que las últimas etapas, estarán conducidas por los sistemas endo y ectoenzimáticos de las bacterias, hongos y otros microorganismos que viven en el suelo.

Agentes de Transformación de la Materia Orgánica

La mayoría de los microorganismos del suelo son descomponedores primarios, y actúan degradando sustratos orgánicos e inorgánicos y liberando nutrientes y energía a través de completos sistemas enzimáticos, dentro de una variedad de microespacios enorme. Esta diversificación de hábitat y funciones, nos permitirá diferenciar distintos grupos; y en un primer apartado, según la forma en que obtienen energía y carbono para sus funciones metabólicas estarán divididos dos grandes grupos.

Los organismos **heterótrofos**, que utilizan los compuestos orgánicos como única fuente de energía y de carbono para su ciclo vital, como es el caso de los hongos y la mayoría de las bacterias, y los **autótrofos** los cuales obtienen su energía de la luz solar produciendo el carbono orgánico por fijación del CO₂ de la atmósfera, son los llamados fotoautótrofos, como el caso de las algas y bacterias fotosintéticas y quimioautótrofos, que obtienen su energía a partir de la oxidación de compuestos inorgánicos y su carbono orgánico a partir del CO₂.

La quimioautotrofia está limitada relativamente a pocas especies bacterianas, sin embargo es de enorme importancia agronómica y económica. La división de las mismas suele hacerse en base al elemento cuya oxidación las provee de energía para su crecimiento y síntesis celular:

- I. Compuestos de nitrógeno oxidado: Amonio oxidado –Nitrosomonas-, nitrito oxidado a nitrato –Nitrobacter-.
- II. Compuestos inorgánicos de azufre convertidos a sulfato –Thiobacillus-.
- III. Hierro ferroso convertido al estado férrico –Thiobacillus ferrooxidans-.
- IV. H₂ oxidado. Varios géneros.

Se destacan también, aunque fuera de la clasificación, a los microorganismos denominados <<simbiontes>>; éstos son microorganismos que pertenecen a algunos de los

otros grupos y que obtienen su energía y nutrientes a partir de una planta a la que proporcionan también beneficios, ej. Fijadores de N-atmosférico y hongos micorríticos (Porta *et al* 1975).

Como se ha mencionado con anterioridad, además de todos los beneficios agronómicos, respecto al ciclo orgánico, la biomasa edáfica no sólo tiene que ver con los procesos ligados a la degradación de la fracción orgánica del suelo y asegurar un retorno de anhídrido carbónico a la atmósfera, sino que también sintetizan nuevos productos, que bien pasan directamente a formar sustancias húmicas, o son utilizados para la construcción de sus propios tejidos pasando más adelante con su muerte, a formar parte de nuevo del ciclo orgánico.

Evolución de la Materia Orgánica

Dejando a un lado factores internos y externos relacionados a la composición de los materiales, al clima, al estado del suelo y a su manejo, observamos como la muerte del vegetal, sus tejidos serán sometidos en el suelo a la acción de una complejísima acción enzimática, que supone la biodegradación de los mismos a moléculas más sencillas con frecuencias solubles, la reorganización de algunos de los productos de la transformación, la síntesis microbiana de nuevos compuestos orgánicos de tipo húmico o bien compuestos que se integran como tal y forman las nuevas moléculas húmicas, siendo por lo tanto sus precursores.

Aunque puede darse una humificación físico-química o abiológica, nos referiremos a los procesos de humificación biológica por neoformación, en los cuales los verdaderos responsables de la transformación son los organismos vivos del suelo.

Biodegradación

Los tejidos vegetales vivos que son los precursores mayoritarios de la materia orgánica en el suelo, presentan una constitución promedio de un 75 % de agua y un 25 % de materia seca; de ésta un 10 % son compuestos minerales y el resto compuestos orgánicos. Los elementos químicos que encontramos en este porcentaje de compuestos orgánicos se hallan

integrados en estructuras de carbono en un 30 a 80 %, ligninas de 10 a 30 %, proteínas de 1 a 15 %, lípidos y otros.

Glúcidos. Son constituyentes fundamentales en las paredes celulares de los vegetales y algunos microorganismos son polisacáridos, principalmente celulosa, hemicelulosa en menor proporción y ácidos poliurónicos (componentes de la lámina media de las células). Su lisis y degradación a moléculas más simples es llevada a cabo por un número importante de enzimas microbianos y dentro de una secuencialidad precisa.

Compuestos peptídicos y aminoácidos. El citoplasma de los seres vivos es rico en proteínas solubles e insolubles y en polipéptidos; igualmente las plantas superiores y algunos microorganismos son capaces de secretar al medio numerosos compuestos nitrogenados pertenecientes a este grupo. Estos compuestos orgánicos pueden ser rápidamente asimilados por los microorganismos, integrados como tal en las macromoléculas húmicas, adsorbidos o fijados por las arcillas formando complejos orgánicos no minerales, ser utilizados por las plantas o bien sean mineralizados hasta CO_2 y N-NH_4 .

Compuestos fenólicos. Son esencialmente ligninas y flavonoides que se pueden considerar como una de las principales fuentes de unidades estructurales en el proceso de formación de humus. Dentro del término ligninas se reúnen las sustancias que impregnan los tejidos vegetales leñosos y que constituyen hasta el 30 % de toda la biomasa vegetal de las plantas leñosas y del 10 % al 20 % de las herbáceas.

Otros compuestos orgánicos. Estos no pertenecen a los grupos anteriores y van a ser igualmente degradados en el suelo a moléculas más simples, que participarán directa o indirectamente en las vías de formación de sustancias húmicas.

Entre ellas, las clorofilas, constituyen una de las fuentes de heterociclos nitrogenados presentes en los ácidos húmicos; la quitina que es transformada por algunos microorganismos en ácido acético y glutamina, y después en glucosa y amoníaco, participando también en la formación de compuestos de condensación abióticos de tipo húmico; los ácidos nucleicos y los nucleótidos que no son degradados por completo en los suelos y sus bases púricas y pirimidínicas que pueden ser objeto de absorción por las arcillas; los grupos fosfatados de ARN y ADN que son reciclados en las grandes vías metabólicas o inmobilizados en la macromoléculas húmicas y fúlvicas.

Formación de Moléculas Prehúmicas

Los oligómeros peptídicos, glucídicos o fenólicos cuando no son biodegradados en una primera fase, sufren interacciones químicas y bioquímicas que conducen a la formación de compuestos condensados pigmentados, de estructura más compleja que los anteriores que se denominan policondensados prehúmicos. Estos son los precursores directos de los compuestos húmicos que pueden tener un doble origen microbiano y vegetal. Por lo tanto los distintos precursores evolucionarán en forma completamente diferente en la síntesis húmica por neoformación; los azúcares y los aminoácidos procedentes de la biodegradación de polisacáridos y péptidos además de otros compuestos orgánicos sencillos, servirán fundamentalmente de alimento y soporte energético a la biomasa microbiana, que tiene una vida efímera y que suministra al medio ciertos compuestos que participan en la formación de las moléculas húmicas como unidades estructurales; la lisis de los polifenoles y la posterior polimerización de las unidades que no son biodegradadas, darán lugar a los núcleos aromáticos de las macromoléculas húmicas alrededor de los cuales se organizarán las cadenas alifáticas.

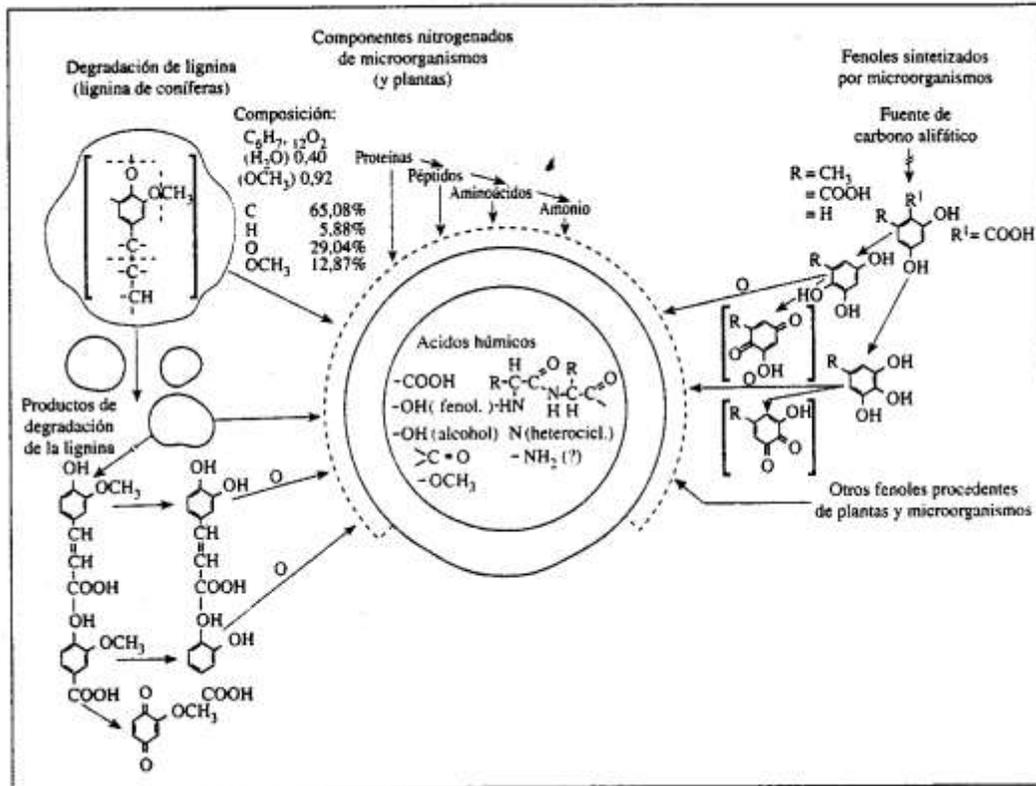
Sustancias Húmicas

En general la humificación sigue un esquema secuencializador y progresivo, mediante el cual los precursores solubles evolucionarán en ácidos fúlvicos, después en ácidos húmicos y finalmente en huminas, creciendo en el mismo sentido la estabilidad de las macromoléculas, sin embargo, este esquema es muy variable, está sometido a fases estacionales, y para la mayor parte de los suelos no es tan simple siendo muchos los factores de los que depende, como los citados con anterioridad.

Por lo tanto, el proceso de humificación es una transformación de la estructura de los compuestos orgánicos, que supone una disminución progresiva de las estructuras biomoleculares y alifáticas más lábiles junto a un aumento acorde de estructuras aromáticas más complejas que son las que presenta una mayor resistencia a la biodegradación. La diversidad de los precursores orgánicos hace, como ya se esperaba, que no se llegue a una única estructura molecular, sino a distintas estructuras macromoleculares.

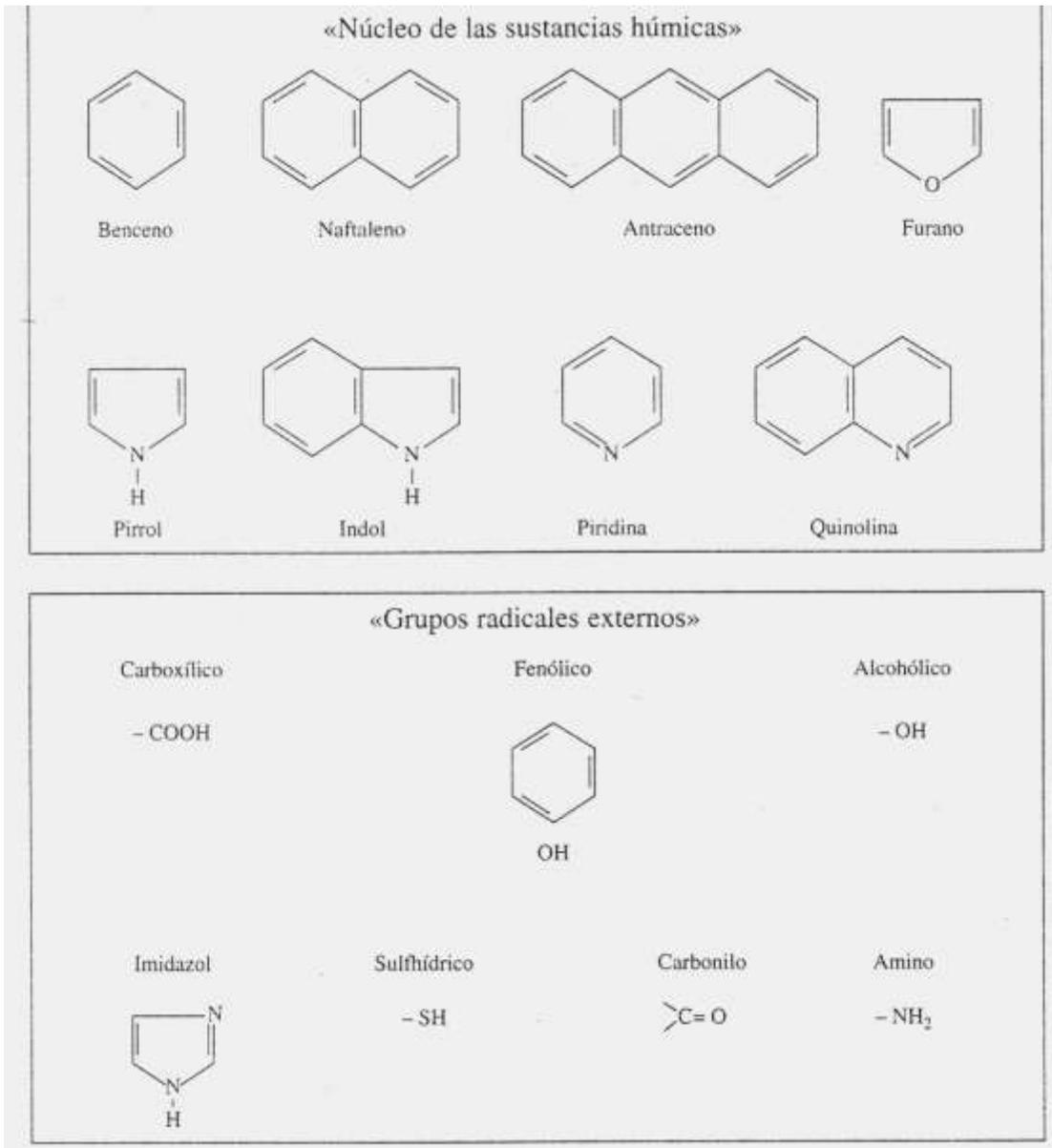
Características Físico-químicas de los Componentes del Humus

Esquemas de la formación de sustancias húmicas



Flaig y Cols (1975)

Principales grupos funcionales de las sustancias húmicas



Porta *et al* (1975)

Clasificación de las sustancias húmicas. La clasificación de los componentes de las sustancias húmicas está basada en la solubilidad de los mismos en medio ácido o básico, dividiéndose de manera usual en tres fracciones. El problema de esta subdivisión reside en que es esencialmente operacional, diferenciándose los mismos, por su comportamiento frente a diferentes reactivos, y por lo tanto sus definiciones resultan ser inespecíficas. Es frecuente

encontrar valores notablemente distintos de cada uno de ellos, en un mismo tipo de suelo, si se varían las técnicas analíticas.

Ácidos húmicos. Su extracción en el suelo se efectúa mediante álcalis y al acidificar el medio, precipitan de las soluciones obtenidas en forma de un gel oscuro.

La estructura de la macromolécula húmica corresponde a la de las sustancias húmicas en general. Es decir, nos encontramos ante macromoléculas complejas formadas por estructuras de carácter aromático, a las que se unen aminoácidos, péptidos, ácidos alifáticos y otros compuestos orgánicos, dando la impresión al visualizarlas al microscopio electrónico de estar formadas por partículas planas y redondeadas que se unen entre sí, formando un retículo esponjoso.

La forma de las moléculas húmicas juega un papel importante en la formación de la estructura del suelo. Efectivamente, el hecho de que las moléculas de ácidos húmicos, poseen una estructura flexible y ramificadas con multitud de cavidades internas determina, de forma significativa su capacidad de absorción frente al agua.

De los grupos ácidos de carácter hidroxifenólico o carboxílico (-OH, -COOH) que encontramos entre los radicales externos resultarán las propiedades ácidas de los ácidos húmicos y la posibilidad de formar complejos (ya sea directamente o a través de iones metálicos) también tiene un enorme interés en la génesis del suelo, en la formación de una buena estructura, en la disponibilidad y movilidad de determinados nutrientes (especialmente micronutrientes), así como en la persistencia y degradación de los plaguicidas en el suelo, etc. Cuanto mayor sea el estado de humificación de la materia orgánica, mayor será su potencial para formar complejos órgano-metálicos.

Respecto al nitrógeno, éste se considera parte integral de las moléculas de los ácidos húmicos, variando su contenido de 3 a 5 %; también encontramos una gran diversidad de aminoácidos. Sin embargo, la facilidad para hidrolizar este nitrógeno es diferente, y será la situación especial en la que se localiza el nitrógeno dentro de las moléculas húmicas lo que va a dictar su accesibilidad a los microorganismos y posteriormente a la planta.

Ácidos fúlvicos. Poseen unidades estructurales similares a las de los ácidos húmicos, sin embargo, presentan una unidad nuclear (estructura aromática de carbono) poco pronunciada habiendo un predominio mayor de cadenas laterales. Este predominio presentado por una relación estructural aromáticas/cadenas laterales, inferior en los ácidos fúlvicos explicaría una mayor solubilidad de estos con respecto a los húmicos y un menor grado de policondensación, incluso aunque los tamaños moleculares pueden ser parecidos. Por otra parte, se distinguen por su contenido superior en grupos funcionales ácidos carboxílicos e hidroxifenólico y por lo tanto, por su mayor capacidad para actuar destructivamente sobre los minerales.

Son muy ricos en polisacáridos, en osaninas y en aniones minerales como fosfatos. Su elevado contenido en cargas aniónicas les confiere una gran aptitud para formar complejos estables en cationes polivalentes (hierro, aluminio, cobre, etc.) con la importancia agronómica que esto supone. La abundancia de estos complejos es en parte responsable de su floculación a pH moderadamente ácidos o neutros.

Huminas. El grupo de las sustancias húmicas que han resultado más difíciles de extraer y de aislar se unifican bajo el término de huminas; en el suelo las podemos encontrar en diferentes estadios como: humina microbiana que está formada por metabolitos microbianos y por compuestos alifáticos que derivan de ellos; humina heredada, próxima a la materia orgánica fresca (constituyente de las membranas); humina neoformada que es resultado de procesos de inmovilización por los cationes y no es extraíble por reactivos alcalinos y finalmente la humina estabilizada que resulta de la evolución lenta de los ácidos húmicos que provoca la polimerización de los núcleos aromáticos y un descenso de la solubilidad ante los reactivos de extracción.

Factores que Influyen en la Transformación de la Materia Orgánica

La humificación y la mineralización de los restos orgánicos depende tanto de la naturaleza de éstos, como de las características del medio. De esta manera, serán factores externos, el clima, el suelo, la acción humana, etc., e internos como la composición del material orgánico, los que van a dirigir y definir ambos procesos.

Naturaleza de los restos orgánicos. La composición de los vegetales es muy variada lo que hace por una parte, que la secuencia en la degradación de sus constituyentes no sea uniforme y por otra que algunos de sus componentes tengan acciones positivas o negativas sobre la actividad microbiana responsable de la transformación. Uno de los factores positivos es la riqueza en nitrógeno expresado en la relación C/N. Dentro de los negativos podríamos mencionar el contenido en compuestos fitotóxicos como lípidos, resinas y ceras.

Organismos implicados en el proceso. Entre otras muchas acciones, se encargan de descomponer de transformar a compuestos más simples y de mineralizar los constituyentes de los restos orgánicos; además de resintetizar sustancias a través de su metabolismo las que participarán como unidades estructurales, en la formación de las macromoléculas húmicas. Sin embargo, son muchos los factores ambientales que actúan sobre estos seres vivos y las perturbaciones que se les ocasiona mediante el manejo intensivo del suelo.

Clima. Interviene de forma determinante sobre la vegetación y todo lo relacionado con el desarrollo de la misma.

Las secuencias climáticas, que dan valores determinados de precipitación y temperatura marcan el ritmo de la vegetación la cual a su vez tendrá una respuesta directa sobre los procesos relacionados con la transformación de la materia orgánica.

Humedad. Es bien sabido que las condiciones microbianas de zonas semiáridas, se activa con gran rapidez, en el momento en que las condiciones ambientales, especialmente la humedad, le son favorables (Badía, 1991). El contenido de humedad afecta también el desarrollo de la vegetación de manera directa y es evidente que a mayor cantidad de vegetación mayor cantidad de material orgánico.

Aireación. La mayor parte de los microorganismos que transforman la materia orgánica son aerobios; siendo además los que mayor actividad presentan en el proceso.

Generalmente, bajo condiciones de mala aireación (saturación de agua, degradación de la estructura, etc.) sólo se produce la acumulación de los restos vegetales, siendo muy lenta su transformación y mineralización (Fassbender, 1972).

Temperatura. Cada organismo tiene un óptimo de temperatura. Así temperaturas entre 20 y 25 °C son adecuadas para un buen desarrollo de la mayor parte de los hongos; mientras que las bacterias alcanzan su desarrollo ideal entre 30 y 50 °C.

Presencia de nutrientes. Si hubiera que destacar alguno de ellos en el proceso de humificación, sería el nitrógeno el que asumiría el papel más importante. En este sentido es frecuente encontrar clasificados los materiales orgánicos según su contenido de nitrógeno (Urbano Terrón 1988).

Características de los minerales de suelo. Sabemos que para un suelo dado hay un contenido máximo de humus, lo que parece estar en relación con el contenido en coloides minerales. Así encontramos que la acumulación de humus influye más la capacidad de adsorción de las arcillas, que los contenidos totales de las mismas o que en suelos ligeros presentan una descomposición más rápida en los restos orgánicos.

pH del suelo. Un pH excesivamente bajo hace demasiado lenta la actividad biológica y en consecuencia disminuye el ritmo de transformación y mineralización de la materia orgánica; un pH entre 6 y 7.2 permite una adecuada evolución de la misma, ya que la mayor parte de las bacterias se desarrollan mejor a pH neutros o ligeramente alcalinos, mientras que el grupo de los hongos presenta un buen desarrollo dentro de los límites de pH más amplios.

Presencia de sustancias inhibitoras. En este sentido la capacidad de sintetizar metabolitos tóxicos, por algunos microorganismos del suelo como determinados antibióticos, pueden afectar a los restantes miembros de la población microbiana, que compiten con ellos por el alimento y el oxígeno. En este mismo sentido se cita la riqueza química del exudado radical de ciertos vegetales.

Actuación humana. En suelos cultivados inciden varios aspectos diferentes, normalmente relacionados con la cubierta vegetal variando ésta con el tipo de cultivos establecidos, las alternativas o la rotación, los periodos en que el suelo permanece desnudo o con residuos vegetales en superficie, la incorporación o no de estos residuos al suelo y en general el manejo de la siembra.

Interés Agronómico de la Materia Orgánica

Actualmente debido a la problemática generada por la intensificación del uso del suelo vuelve a reconocérsele a la materia orgánica la función que le corresponde el mantenimiento de la sustentabilidad del agrosistema, básicamente ligada con la dinámica del suelo, con el desarrollo vegetal y con la vida macro y microbiana que sustenta.

La Materia Orgánica en la Fertilidad de los Suelos de Cultivo

Desde una visión más global del suelo, la fertilidad del mismo se muestra no sólo como la capacidad de ese medio para aportar nutrientes minerales esenciales a la planta, sino que además, fertilidad del suelo será también la capacidad de este recurso para mantener un nivel de producción alto y perdurable en el tiempo, sin perder por ello su diversidad biótica ni su complejidad estructural y todo ello dentro de un equilibrio dinámico.

Propiedades Físicas del Suelo

El Color. Se admite que los suelos oscuros pueden absorber hasta el 80 % de la radiación solar, frente al 30 % de suelos claros. Como consecuencia los suelos ricos en humus se calientan mas y mantienen un régimen térmico mas estable (Urbano Terrón, 1988).

La Cohesión. La resistencia de sus agregados resulta de la naturaleza e intensidad de sus enlaces que unen a sus constituyentes

Aun cuando la cohesión está estrechamente ligada con el contenido de arcilla, las sustancias húmicas actúan sobre la misma como cementantes en la unión de las partículas minerales, favoreciendo la porosidad, la aireación y la circulación del agua y en los arenosos dando mayor estabilidad a los agregados.

La Estabilidad Estructural. Ejerce una acción optima sobre la estabilidad de la estructura frente a la degradación del suelo por agentes, como el agua y el viento.

Permeabilidad y Capacidad de Retención de Agua. La materia orgánica aumenta la permeabilidad del suelo al agua y al aire debido a su influencia en la porosidad.

Por Otra parte, los coloides húmicos, hacen aumentar la capacidad del suelo para retener agua. Esta propiedad tiene un doble efecto practico, al permitir almacenar mas agua en las estaciones húmedas, y reducir en periodos cálidos las pérdidas por evaporación.

Propiedades Químicas del Suelo

El pH. La materia orgánica del humificada, aumenta el poder amortiguador del suelo, reduciendo el riesgo de variaciones bruscas de pH. Lo que es importante en la vida microbiana y la disponibilidad de los elementos nutritivos.

La C.I.C. Las sustancias húmicas gracias a sus grupos funcionales tienen una alta capacidad de cambio. Como consecuencia en el poder de retención de macroelementos como Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ etc.

Contenido de Macronutrientes. En la mayoría de los suelos el nitrógeno orgánico representa mas del 95% del nitrógeno total y está repartido en proteínas del 34 al 50 %, ácidos nucleicos del 3 al 10 %, aminoazúcares del 5 al 10 %, en compuestos de condensación así como en formas complejas de lignina.

Respecto al fósforo del 20 al 60 % se encuentra en el suelo en forma orgánica como fitina, ácidos nucleicos etc., de esta porción el 90 % lo componen complejos órgano-minerales.

Bibliografía

- Badía, D. 1991. La materia orgánica en suelos de zonas semiáridas: caracterización, descomposición e influencia sobre las propiedades biológicas. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. 221 pp.
- Blanchet, R. 1958. Actions directes et indirectes de la matiere organique humifiée sur la nutrition desvegetaux vasculaires (reveu bibilografique). Ann. Agron . (IV), pp. 499-532.
- Castellanos, J. Z. 1990. La eficiente utilización de los estiércoles como fertilizantes y mejoradores del suelo. Aprovechamiento del agua y los fertilizantes en las regiones áridas de México. Comarca Lagunera. Méx. pp 321-326.
- Fassbender, H.W. 1972. Química de suelo. Ed. Turrialba. Costa Rica, pp. 66-109.
- Flaig, W. ; Beutelspacher, H. Y Riets, E. 1975. Chemica composition amphisical properties of humic substances. Soil components. Volume 1. Organic components. Ed. John E. Giesecking, pp. 4-183.
- Labrador, M.J. 1996. La materia orgánica en los agroecosistemas. Ed. Mundi-Prensa. 167 pp.
- Lampkin, N. 1998. Agricultura ecológica. Ed. Mundi-Prensa. Madrid-Barcelona-México. pp 1-134.
- Mengel, K. y E. A. Kirkby. 1982. Principles of plants nutrition. Tercer. Ed. International Potash Institute. Bern, Switzerland. 655 pp.
- Porta, J. López Acevedo, M. y Roquero, C. 1975. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi-Prensa, pp. 167-202.
- Steuart, A.B. 1990. El efecto del estiércol sobre la calidad del suelo. Memorias del ciclo internacional de conferencias sobre la utilización de los estiércoles en la agricultura. pp 69-79.

Schnitzer, M. 1990. Selected methods for characterization of soil humic substances. En: p. McCarthy y Cols. (Ed.): humic substances in soil and crop sciences. ASA & SSSA. Madison: 65-89.

Urbano Terrón, P. 1988. Tratado de fitotecnia general. Ed. Mundi-Prensa. pp. 345-388.

CAPITULO III

INTRODUCCION A LA LOMBRICULTURA

M.C. Cirilo Vázquez Vázquez, Dr. Enrique Salazar Sosa, Ing. Héctor Idilio Trejo Escareño, M.C.
José Cruz Rodríguez Ríos, Antonio Gallegos Ponce

LA BASURA

Breve Reseña Histórica sobre la Evolución de la Basura

La Era Industrial ha traído consigo un complicado cambio en el ecosistema que afectó también a la especie humana. Las industrias comenzaron a explotar intensiva e indiscriminadamente los recursos naturales, extrayendo las materias primas para elaborar sus productos, generar energía, etc. Como si esto no bastara, los residuos derivados de la producción iniciaron la contaminación de ríos, tierras subterráneas, atmósfera. El hombre, en busca de mejores posibilidades laborales, se estableció en torno de los grandes polos industriales poblando indiscriminadamente las regiones más “progresistas” del planeta. Esas zonas densamente pobladas comenzaron a generar enormes cantidades de basura.

Por esto no sólo las industrias se llevan las críticas. La mejora en la calidad de vida, con el mayor índice de consumo, tiene hoy y desde entonces, un papel preponderante en materia de contaminación : mayor consumo = más basura.

Las estadísticas indican que se producen entre 1 y 1,5 kg de residuos por habitante y por día. Por ejemplo, una ciudad de 1.000.000 de habitantes, genera hasta 1.500 toneladas diarias de desperdicios.

No fue sino hasta la década del 50, que grupos y organizaciones ambientalistas tomaron cartas en el asunto alertando sobre el deterioro de la salud del planeta. A partir de allí y

particularmente en los años 70, se generan importantes movimientos que concientizan sobre los riesgos presentes y futuros. Desde entonces, la protección del medio ambiente dejó de ser un tema relegado a aquellas regiones más contaminantes, para convertirse en una causa universal. Hoy, esta nueva conciencia, está reflejada en todos los aspectos de la vida cotidiana. Reutilización, reconversión y reciclaje, son palabras utilizadas diariamente.

Actualmente, países de alto desarrollo industrial y comercial, reciclan gran cantidad de desperdicios, en los Estados Unidos, por ejemplo se recicla un equivalente a 720 kilogramos por habitante y por año. Pero este reciclaje comprende principalmente vidrios y carbón.

Mientras plástico, gomas y metales son reutilizados, la basura se sigue amontonando, enterrando o quemando. Los desperdicios orgánicos son un serio problema hoy y una grave amenaza para dentro de pocos años. Esta perspectiva obligó a estados como California, a tomar medidas para reducir el impacto ambiental de final de siglo. Entre éstas existe una ley que establece que para el año 2000, los basureros deberán reducir su tamaño a la mitad del que tenían en el año 1994, aplicándose multas de hasta U\$S 10.000 diarios para quienes no cumplieran esta reglamentación.

¿Que es la lombricultura ?

Es la producción intensiva de lombrices de tierra en condiciones de cautiverio; esta crianza puede ser para la reproducción de estos organismos o bien para el procesamiento de desechos orgánicos, los cuales constituyen su alimento. Lo lombricultura permite obtener beneficios como:

- Procesamiento de desechos orgánicos.
- Producción de proteína para la alimentación de aves.
- Alimento para peces de ornato.
- Alimento para la explotación de la rana toro.
- Producción de cebos para la pesca deportiva.
- Producción de abonos orgánicos, sustratos y ácidos húmicos para ser utilizados en la agricultura, viveros, jardinería y floricultura, principalmente.
- Fuente potencial de proteínas para consumo humano.

¿Cuál es la morfología de la lombriz?

Las lombrices de tierra son organismos lineales, estrechos en ambas extremidades, con una ligera protuberancia en la parte central; carecen de cabeza, tienen boca en la extremidad posterior, su cuerpo está constituido por una serie de anillos. En la Figura 1 se ilustra la morfología externa de una lombriz típica.

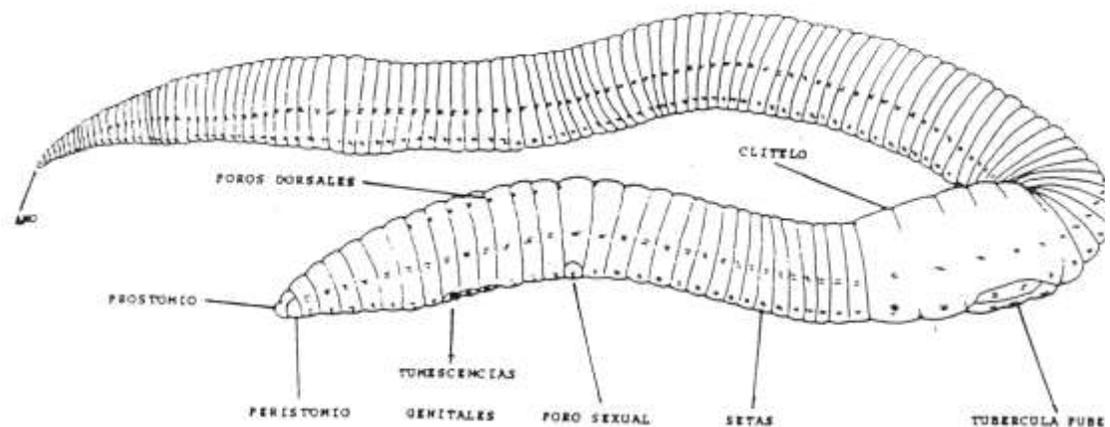


Figura 1. Morfología externa de una lombriz típica

Poros Genital

Las lombrices son hermafroditas poseen poros genitales masculinos y femeninos ubicados en la parte ventral o ventrolateral del cuerpo. El poro masculino llamado también poro espermatecal se localiza en la parte ventrolateral en el quinceavo o bien en el treceavo segmento, en algunas especies está rodeado por un labio sobresaliente, mientras que en otras pueden tener dos o más pares de poros espermatecales con un máximo de 7 poros. Edwards *et al.* (1997).

Los poros femeninos son comúnmente un par simple, situados en un surco intersegmental de un segmento, su posición varía en función de especie. Así en la familia *Enchytraeidae* están en el surco intersegmental 12 y 13; y en las familias *Lumbricidae*, *Megascolecidae* y *Glossoscolecidae* están en el segmento 14.

Poros Dorsal

Son pequeños poros situados en los surcos intersegmentales en la línea media dorsal, el cual libera el líquido celómico que permite el sostenimiento sin esqueleto así como la reptación mediante movimientos peristálticos la posición del primer poro dorsal se utiliza en la identificación taxonómica de las lombrices a nivel especie. Existen otros poros mucho más pequeños no muy visibles, denominados nefridioporos, los cuales se encargan de las excreciones mucosas Edwards *et al.* (1997).

Clitelo

Es una estructura caracterizada por un engrosamiento rodeando el cuerpo de la lombriz, comúnmente se presenta hincado, en algunas especies sólo puede ser diferenciado por el color. La presencia del Clitelo en la lombriz indica que se encuentra en estado adulto y que es capaz de aparearse; en la lombricultura es un estado que se desea para iniciar rápidamente la exploración. Se localiza en la parte anterior del cuerpo detrás de los poros genitales comenzando entre los segmentos 22 y 38 extendiéndose sobre 4 a 10 segmentos posteriormente. La familia *Megascolecidae* tiene el Clitelo antes del segmento 14 incluyendo el poro femenino y en algunas especies el poro masculino. Edwards *et al.* (1997).

El Clitelo recibe espermias durante la fecundación y segrega capullos de un tamaño de 2 a 3 mm de ancho por 3 a 4 mm de largo. Bouché, (1984), estos se asemejan a los frutos de peral.

Boca

La boca se ubica en el primer segmento llamado peristomio, el cual se caracteriza por soportar encima de la boca un lóbulo denominado prostomio. La disposición del prostomio sobre el peristomio constituye los tipos:

- a) zyglobus
- b) prolobus
- c) epilobus
- d) tanylobus

Los cuales difieren entre las especies, por lo que se considera en la taxonomía de lombrices, tal y como se muestra en la Figura 2.

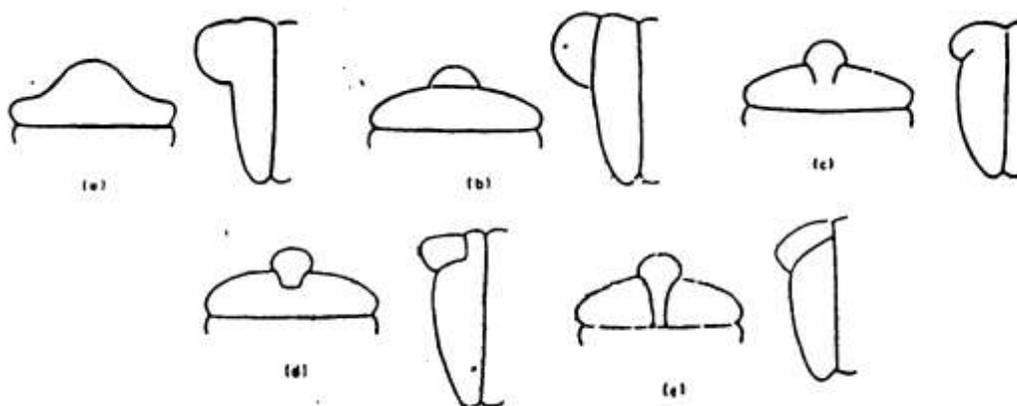


Figura 2. Disposición del prostomio de las lombrices de tierra. **Edwards et al** (1997)

Quetas

Las quetas son estructuras en forma de cerdas ubicadas en la periferia de cada segmento del cuerpo de la lombriz; el número y distribución varía con la especie.

Se distinguen dos tipos de quetas: genitales y corporales. Las quetas genitales se caracterizan por ser de un tamaño próximo a los 7 mm de longitud en algunas especies de lumbrícidos, son acanaladas en su longitud y tienen ganchos en el extremo distal, intervienen en la estimulación durante el apareamiento, mientras que las quetas corporales permiten sujetarse a las paredes de las galerías para desplazarse en el suelo. Edwards *et al.* (1997). Además existen dos tipos de arreglo de las quetas:

- a) lumbricino: se caracteriza por tener 8 quetas arregladas en tres formas denominadas. (1) pares cerrados, (2) pares amplios y (3) pares distantes
- b) perichaetino: arreglo que se caracteriza por tener de 50 a 100 quetas alrededor de cada segmento con interrupciones en la parte media dorsal y ventral (4).

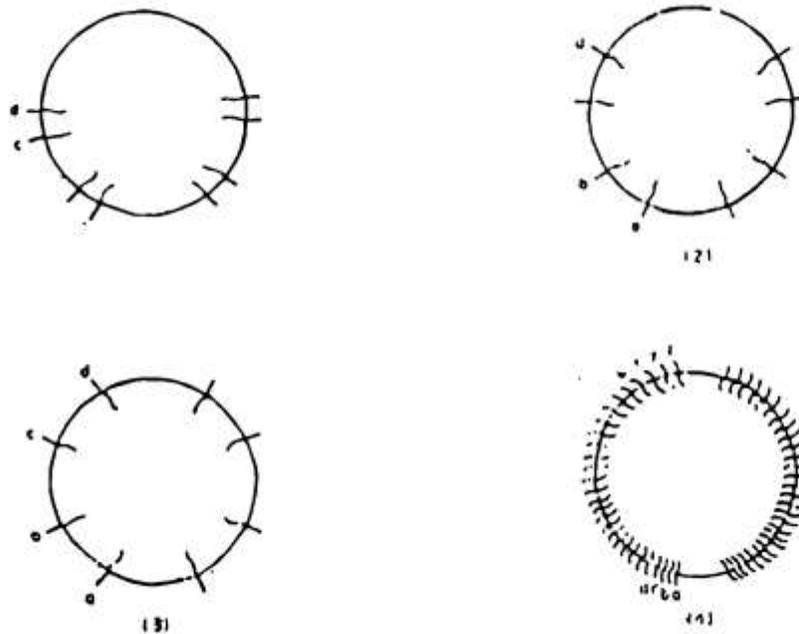


Figura 3. Arreglo de quetas. Edwards *et al.* (1977).

Alimentación

Para un buen desarrollo de lombrices se requiere alimentación, la cual se constituye por materia orgánica en descomposición, como basuras domiciliarias, desechos agroindustriales, estiércoles, nematodos, bacterias, hongos y otros microorganismos.

El sistema digestivo es simple, se constituye de una cámara bucal, faringe, esófago, buche, molleja e intestino como se puede apreciar en la Figura 4.

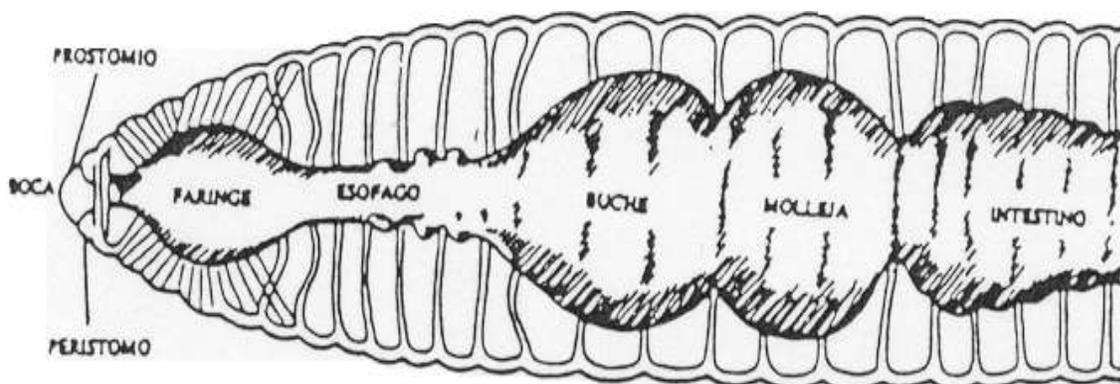


Figura 4 Sistema Digestivo de una lombriz típica.

¿Cuál es la composición química de la lombriz de tierra?

El mayor constituyente en peso vivo es el agua, llega a representar del 70 al 95% del peso de su cuerpo. En peso seco las proteínas ocupan del 53 a 72%; la grasa de 1 a 17% y la materia mineral de 9 a 23%.

En el Cuadro 1 se presenta el contenido de aminoácidos de la harina de Eisenia fetida, comparados con la harina de pescado, por lo que se puede decir que la calidad alimentaria de la harina de lombriz es equivalente a la harina de pescado.

CUADRO 1. Contenido de aminoácidos de la harina de lombriz Eisenia fétida expresada en gramos de aminoácidos por 100 gramos de proteína.

Aminoácidos	Harina de Lombriz	Harina de Pescado
Lisina	12.51	7.8
Histidina	2.51	2.41
Arginina	7.03	5.88
Triptofano	0.29	1.12
Acido Aspártico	11.01	11.79
Treonina	3.76	4.36
Cerina	3.30	3.76
Acido Gluctámico	13.57	14.94
Prolina	4.47	4.43
Glicina	5.22	5.98
Alanina	5,54	6.72
Cisteina	4.23	1.04
Valina	6.14	5.36
Metionina	1.53	3.08
Isoleucina	4.73	4.63
Leucina	7.39	7.79
Tirosina	3.23	3.03
Fenilalanina	3.54	3.87

Biología del suelo

En opinión de FitzPatrick. (1987), los organismos más importantes del complejo suelo son plantas superiores, vertebrados, mamíferos, microorganismos y mesofauna. Por su parte Lavelle (1981), comenta que la fauna del suelo se constituye por tres grupos: microfauna, mesofauna y macrofauna, los cuales tienen funciones y roles distintos. Estos grupos participan en la mineralización de la materia orgánica, mismos que se describen a continuación:

Microfauna

Aquí se agregan organismos cuyo tamaño es inferior a 0.2 mm; FitzPatrick. (1987), los agrupa en bacterias, hongos, actinomicetos, algas y protozoarios. Sus densidades alcanzan valores altos, millares de organismos por gramo de suelo y por metro cuadrado, en cambio su biomasa es mucho menor por su tamaño tan pequeño. Las bacterias y los hongos son los organismos más pequeños y numerosos.

Mesofauna

Está constituida por los organismos de 0.2 a 4 mm de tamaño tales como: Colémbolos, Acaros, pequeños Miriápodos y Oligoquetos. Los organismos de este grupo se aprecian a simple vista y su importancia radica en que ingieren materia orgánica, en opinión de Chamorro. (1986), ayudan a restablecer las condiciones fisicoquímicas del suelo.

Microfauna

Se incluye en este grupo organismos cuyo tamaño es superior a 4 mm, y especialmente se compone de Coleópteros, Miriápodos, Formícidos, Isópodos, Oligoquetos y Lumbrícidos. A este grupo corresponden las lombrices de tierra que pueden encontrarse en diferentes densidades dependiendo de la ubicación del terreno, condiciones bióticas y abióticas. Por ejemplo, en medios herbáceos las lombrices de tierra llegan a constituir del 35.8% al 55.5% al 72.5% de biomasa que constituye la macrofauna, tal es el caso de la región de Laguna Verde, Veracruz, México.

¿Cuántas especies de lombrices existen?

En el mundo entero, para 1994 se habían descrito 3627 especies de lombrices; las estimaciones revelan que al menos deben existir un número de por lo menos el doble.

¿Existen roles ecológicos distintos en la lombrices?

Desde el punto de vista ecológico las lombrices se clasifican en tres grupos, a saber:

¿Todas las lombrices son del mismo tamaño?

La talla de las lombrices varía de una especie a otra, por ejemplo *Marionina pituca* mide de 2 a 3 mm de largo, mientras que la lombriz gigante australiana *Megascolides australis* alcanza 1.3 m de longitud.

¿Cuánto vive una lombriz?

El potencia de longevidad varia de 4 a 8 años, debido a que las lombrices están sujetas a riesgos. El Cuadro 2 ofrece algunos datos al respecto.

Cuadro 2. Logevidad de algunas especies de lombrices de tierra bajo condiciones de campo.

Especie	Longevidad
<i>Eisenia fetida</i>	4.5 años
<i>Lumbricus rubellus</i>	8.5 años
<i>Lumbricus terrestris</i>	8 a 9 años
<i>Aporrectodea clorótica</i>	1.25 años
<i>Aporrectodea longa</i>	2.6 años

¿Qué lombriz se recomienda?

Para la producción intensiva de humus, se sugiere trabajar con la lombriz de tierra conocida como Roja California (*Eisenia fetida*); es fácil de manejar, es fácil de reproducir y es altamente productora de excretras, así se dice que un kilo de lombriz consume un kilo desechos orgánicos en fase de descomposición al día.

Ciclo de Vida

Para el caso de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*), el ciclo de vida se divide en cuatro etapas: (a) apareamiento; (b) formación de capullos; (C) eclosión de los capullos; y (d) madurez sexual.

¿Cómo se aparean las lombrices?

Las lombrices de tierra son hermafroditas, la mayoría de las especies se reproducen por fertilización cruzada.

La mayoría de las especies se aparean periódicamente todo el año; las lombrices se acercan hasta tener contacto con la región clitelar durante la copulación, secretan mucosa la cual las mantiene unidas durante el acto, los organismos masculino eyaculan los espermias, después los animales se separan como se ilustra en la Figura 3.

¿Qué son los Capullos?

Los capullos son pequeñas bolsas que contienen los huevecillos que dan origen a la lombriz, su formación inicia cuatro días después del apareamiento y puede ser sostenida durante 500 días; en promedio se pueden producir 3.5 capullos/10 días en el caso de la lombriz roja californiana.

Al momento de nacer, las crías rompen el capullo; al nacer las lombrices son de color blanco, entre los cinco y seis adquieren un color rosa y a los 15 a 20 días son similares a su padres.

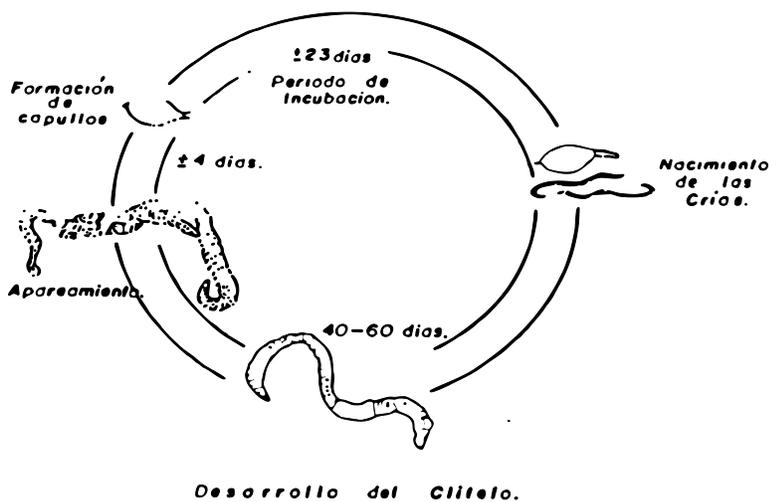


Figura 5. Ciclo biológico de la lombriz

¿Cuándo se tiene una lombriz adulta?

Las crías a los 40-60 días alcanzan la madurez sexual, es entonces cuando están en condiciones de aparearse; una lombriz adulta se caracteriza por la presencia del clitelo.

Bajo condiciones favorables esta especie puede llegar a vivir hasta 16 años.

¿Qué materiales se pueden utilizar para alimentar a las lombrices?

Desechos de Ganado

- Orina
- Estiércol de bovino.
- Estiércol de caballo.

Desechos de Cosecha

- Semillas de oleaginosas
- Residuos de leguminosas
- Alfalfa verde
- Desechos de caña de azúcar.
- Tallos de maíz
- Paja de avena.
- Paja de trigo.

Desechos Vegetales

- Follaje de pino.
- Residuos frescos de jardín.
- Algas.
- Residuos frescos del huerto.
- Hojas secas.

Desechos Agroindustriales

- Pulpa de café seca.
- Harina de pescado.
- Harina de hueso.
- Desechos de cervecería
- Bagaso de caña.
- Aserrín

Desechos Urbanos

- Basura urbana
- Residuos de cocina
- Papel

¿Qué herramientas se utilizan en la elaboración del alimento de las lombrices?

- Carretilla
- Pala
- Rastrillo
- Azadón
- Machete
- Costales
- Cubetas
- Pico
- Manguera
- Biello

¿Cómo se prepara el alimento de las lombrices?

Para alimentar a las lombrices se puede utilizar paja, malezas, restos de cosechas, frutos, pasto, estiércoles, sobras de cocina. Para poder dar de comer a las lombrices, es necesario estos materiales hayan pasado por un proceso de descomposición, es decir, que hayan sido transformados por la acción de los microorganismos.

¿Cómo se construye un criadero de lombriz?

Lugar de construcción

- De preferencia bajo sombra
- Cerca de una toma de agua
- Cerca de áreas de cultivo
- En un lugar protegido de los animales domésticos (pollos, cerdos y otros)
- En un lugar plano si hay buen drenaje o con una pequeña inclinación para evitar su encharcamiento en el caso de que no exista la primera condición.
- Donde no estorbe

Construcción

1. Se transportan los materiales al lugar donde se hará la composta y se pican en trozos pequeños para que se descompongan más rápidamente.
2. Se limpia el área del terreno que se vaya a ocupar.
3. Se acomodan los materiales.
 - a) Primero coloque una capa de 10 cm. Del material más grueso para facilitar la aireación
 - b) Luego, una capa de 10 cm de material seco.
 - c) Posteriormente agregue una capa de 10 cm de material fresco y/o residuos de cocina.
 - d) Coloque una capa de 2 o 3 cm. De estiércol lo más desmenuzado posible.
 - e) Se agrega una capa de 23 cm. De tierra y finalmente se espolvorea ceniza.
 - f) Finalmente cubrimos nuestra comporta con tierra, pasto, hojas de plátano o con un plástico.

¿Cómo se alimenta a las lombrices?

La lombriz es muy hábil para encontrar materia orgánica que le sirve de alimento. Primero se coloca en la cama el alimento que ha sido composteado, con una altura de 10 a 5

cm. A continuación se depositan las lombrices en la proporción de un kilo de lombriz por m², distribuyéndolas uniformemente, seguido de ello se cubre con una capa de pasto seco o rastrojo para protegerlas de sus enemigos. Se debe conservar una humedad de 75% y una temperatura de 15 a 18°C., evitando siempre condiciones extremas.

¿Cuáles son los enemigos de la lombriz?

- Pájaros
- Sapos
- Topos
- Ratas
- Coleópteros
- Ciempiés
- Hormigas
- Tijeretas

¿Cómo cosechar el humus?

Cuando todo el alimento ha sido consumidos, después de 3 a 4 meses de la siembra de lombrices se procede a cosechar el humus de la siguiente manera:

- Prepara nuevos lechos, antes de la cosecha del humus.
- Se retira la capa de encima que no haya sido transformado.
- Separa las lombrices del humus siguiendo los siguientes pasos: (a) abrir un canal en el centro del lecho; (b) se coloca una capa de alimento de 15 a 20 cm. De altura; (C) las lombrices se concentran en el nuevo alimento; (d) retirar esta última capa después de 2-3 días.
- El material que queda en el humus de la lombriz y se procede a tamizarlo poniéndolo a secar a temperatura ambiente.

BENEFICIOS DE LA MATERIA ORGANICA

- MEJORADOR FISICO Y BIOLÓGICO DE SUELOS
- MAYOR RETENCION DE AGUA
- FAVORECE A INFILTRACIÓN

- ALIMENTO PARA LA FAUNA EDAFICA
- LIBERACIÓN DE NITRÓGENO
- FUENTE DE HUMUS

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LAS SUSTANCIAS HUMICAS

- EL HUMUS AUMENTA LA CAPACIDAD DEL CAMBIO DE IONES EN EL SUELO (CIC VA DE 200 HASTA 400 MEQ/100GR)
- EL HUMUS ES FUENTE Y RESERVA DE NUTRIENTES PARA LA PLANTA
- POR LA FORMACIÓN DE COMPLEJOS FOSFO-HUMICOS MANTIENE AL FÓSFORO EN ETADO ASIMILABLE PARA LAS PLANTAS.
- EL HUMUS FAVORECE LA ACCION DE LOS ABONOS MINERALES
- EL HUMOS ES EL PRINCIPAL AGENTE DE ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA DEL SUELO.
- LAS SUSTANCIAS HUMICAS, POR SUS GRUPOS FUNCIONALES –COOH, OH, ETC. TIENEN ALTA CAPADIAD DE CAMBIO.
- AUMENTA LA CAPACIDAD DE RETENCION DE MACROELEMENTOS Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{+} , K , NH_4^{+} .

Humus de lombriz

Se llama HUMUS a la materia orgánica degradada a su último estado de descomposición por efecto de microorganismos. En consecuencia, se encuentra químicamente estabilizada como coloide; el que regula la dinámica de la nutrición vegetal en el suelo. Esto puede ocurrir en forma natural a través de los años o en un lapso de horas, tiempo que demora la lombriz en “digerir” lo que come.

El HUMUS se obtiene luego de un proceso, cercano a un año, en que la lombriz recicla a través de su tracto intestinal la materia orgánica, comida y fecada, por otras lombrices.

Hay que resaltar que un alto porcentaje de los componentes químicos del humus son proporcionados, no por el proceso digestivo de las lombrices, sino por la actividad microbiana

que se lleva a cabo durante el período de reposo que éste tiene dentro del lecho. Por ejemplo, el 50% del total de los ácidos húmicos que contienen el humus, son proporcionados durante el proceso digestivo y el 50% restante durante el período de reposo o maduración.

Cuando la cosecha del lecho es prematura, se obtendrá VERMICOMPOST o WORM CASTINGS, que todavía NO es HUMUS.

Para poder determinar que el producto que estamos cosechando es de buena calidad, tendremos en cuenta entre otras cosas parámetros como:

- pH neutro, en un rango entre 6.7 a 7.3
- Contenidos de materia orgánica superiores a 28%
- Concentración de nitrógeno superior a 2%
- Relación C/N en un rango entre 9 y 13
- Contenidos de cenizas no superiores a 27%

Un alto contenido de cenizas nos permite concluir que el manejo del proceso no ha sido el adecuado y que ha habido mucha contaminación con tierra. Lo que queremos es mejorar el suelo y no aumentar su volumen.

El HUMUS de lombriz además de ser un excelente fertilizante, es un mejorador de las características físico-químicas del suelo, es de color café oscuro a negruzco, granulado e inodoro.

Las características más importantes del HUMUS de lombriz son:

- Alto porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos. Su acción combinada permite una entrega inmediata de nutrientes asimilables y un efecto regulador de la nutrición, cuya actividad residual en el suelo llega hasta cinco años.
- Alta carga microbiana (40 mil millones por gramo seco) que restaura la actividad biológica del suelo.

- Opera en el suelo mejorando la estructura, haciéndolo más permeable al agua y al aire, aumentando la retención de agua y la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos por las plantas en forma sana y equilibrada.
- Es un fertilizante bioorgánico activo, emana en el terreno una acción biodinámica y mejora las características organolépticas de las plantas, flores y frutos.
- Su pH es neutro y se puede aplicar en cualquier dosis sin ningún riesgo de quemar las plantas. La química del HUMUS de lombriz es tan equilibrada y armoniosa que nos permite colocar una semilla directamente en él sin ningún riesgo.

EL HUMUS es un producto con altas posibilidades de comercialización en el mundo entero, pero su CALIDAD es un factor importante para obtener los mejores precios del mercado; los que pueden fluctuar desde 100 a 250 dólares la tonelada, dependiendo del mercado y de la relación oferta-demanda del mismo.

SISTEMAS DE RECICLADO

WORMS Argentina, aporta una eficaz solución al problema de los desechos orgánicos mediante un método natural de reconversión. En nuestros sistemas de reciclaje utilizamos lombrices, específicamente del tipo Eisenia foétida, conocida comúnmente como “Lombriz roja Californiana”. Esta lombriz es una voraz “comebasura”, ingiriendo diariamente hasta el 90% de su propio peso. Pero debido a su escaso peso (unos 0,6 gramos promedio), se necesitan millones para procesar grandes cantidades de desechos. Algunas basurales usan para este proceso de 25 a 50 toneladas de lombrices, lo que equivale de 40 a 80 millones de animales. Sabemos que desde hace algunos años, muchos establecimientos, en su mayoría relacionados con la cría de animales de consumo, han intentado por propia iniciativa, reciclar sus estiércoles de esta manera. Pero la falta de un proyecto planificado y un apoyo técnico específico, los condujo prontamente al fracaso. Adquisición de otros tipos de lombrices, ausencia de una planificación para determinar la cantidad de ejemplares, mala instalación de las cunas, falta de controles periódicos de temperatura, humedad y pH, fallas en el procesamiento y racionalización de los desechos, son algunas de las causas que precipitaron el revés.

WORMS Argentina le brinda el apoyo técnico permanente a cargo de personal especializado e instrumental adecuado, para garantizar el perfecto desarrollo del sistema.

WORMS Argentina se adapta a sus necesidades, brindándole el proyecto de su conveniencia.

En nuestras plantas de compostaje recibimos sus desperdicios; si lo prefiere, los retiramos de su lugar de origen. Podemos instalar en su establecimiento el sistema de reconversión adecuado a sus necesidades, e instruirlo para el correcto funcionamiento, brindándole apoyo técnico permanente, y la posibilidad de comprar su humus y sus lombrices. También podemos tratar sus residuos a un costo muy conveniente.

Nuestros proyectos se adaptan a pequeñas y grandes necesidades. Industrias alimenticias, establecimientos agrícolas y ganaderos, municipios, comunas, frigoríficos, tambos, cafeterías de colegios, cárceles, bares, restaurantes, etcétera, tienen en WORMS Argentina un aliado para el tratamiento de los residuos orgánicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez S. J. y F. Cerrato R. 1994. Los microorganismos del suelo en la estructura y función de los agroecosistemas. Cuaderno 25 de Edafología Instituto de recursos naturales, Edafología. Colegio de postgraduados. Montecillos. México. Pp 44.
- Bertoldi de M; P. Ferranti M; P. Hermite, L; and Zucconi. 1986. Compost: production, quality and use. Elsevier applied Science and New York.
- Bukman, H.O. y Brady, N.C. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos . 2da. edición. Montaner y Simon. Barcelona, España.

- Cruz M. S. 1986. Abonos orgánicos. Universidad Autónoma Chapingo, México pp 129.
- Edwards, C. A. And Batter, J. E. 1992. The use of earthworms in environmental management. Soil. Biol. Biochem. 24:1683-1689.
- Etchvers, D. 1988. Interpretación de los análisis químicos del suelo. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Federación Indígena Ecológica de Chapas (FIECH) 1995. Fundamentos básicos de la agricultura orgánica. Chiapas, México, México. pp. 187.
- Gould, J. M. 1983. Probing the structure and dynamics of lignin in situ. What's new in plant physiology. 14:5-8.
- Hernández, V. J. E. 1996. Tratamiento de residuos sólidos orgánicos utilizado lombriz de tierra *Eisenia fetida*. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- INEGI. 1995. Estadísticas del Medio Ambiente, México 1994. Edición:Marzo de 1995. primera reimpresión; Junio de 1995. Aguascalientes, Ags., México.
- Martín, L. D. And Grace. 1992. The rodale book of composting. Editors Deborah L. Martin and Grace gershuny. Rodale press. Emmanues. Pennsylvania.
- Martínez, C. Claudia. 1996. Potencial de la Lombricultura, Folleto lombricultura técnica mexicana. México, D.F. pág. 59-106
- Mitchell, M. J. *et al.* 1982. Role of the earthworm. *Eisenia fetida* in affecting organic matter decomposition in microcosms of sludge-amended soil. Journal of Applied Ecology. 19:805-812.
- Ortiz, V. B. y Ortiz, S. C. 1987. Edafología. 6ª. Edición. Universidad Autónoma Chapingo, México.

- Reinecke, A. J. and Viljoen, A.S. 1990. The influence of worm density on growth and cocoon production of the compostworm *Eisenia fetida* (Oligochaeta). *Ecol. Biol. Sol.* 27:221-230.
- Ruíz Figueroa J. F. 1996. *La Agricultura Orgánica, Ecología o Mitología*. Apuntes Universidad Autónoma de Chapingo.
- Salisbury, B. and W. Ross. C. 1992. *Fisiología vegetal*. Grupo Editorial Iberoamericana. México, D.F. pp. 759.
- SARH, 1988. *Normales Climatológicas*. 2ª. Reimpresión. México, D.F.
- Santamaría R., S y R. Ferrero C. 1996. Contenido nutrimental de vermicomposta producidos de diferentes desechos orgánicos. *Memorias del XXVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*. Cd. Obregón, Son. México. Pág. 116.
- Scienza .1986. Use of composted urban wastes in citiculture. In *compost production, quality and use*. Edited by M. DE BERTOLDI.
- Trejo, T. L. I. 1995. *Establecimiento del cultivo de lombriz de tierra (Eisenia fetida) sobre estiércol de bovino*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Valdez, V. J. 1981. *Mecanismos anaeróbicos para la degradación de la celulosa*. Centro de Investigación en Química Aplicada, México.
- Young, E. J. 1992. Reducir desechos y ahorrar materiales. *in La situación en el mundo por R,Brown, L. Trad. Por Ramón Alonso*. Madrid, España.
- Zúñiga M.E. 1998. *Agricultura Orgánica*. Universidad Nacional Heredia Costa Rica.

CAPITULO IV

PRODUCCION DE COMPOST

José Dimas López-Martínez¹

¹Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia por la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, Venecia, Durango, México. Doctor en Ciencias Agrícolas por la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Marín, N. L., México. Profesor Investigador, Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Postgrado, Apdo. Postal 142, CP 35000, Gómez Palacio, Durango, México. e-mail: jose_dimaslopez@hotmail.com .

INTRODUCCION

Una práctica antigua, el composteo es mencionado en la Biblia y es debida a Marcus Cato, un granjero y científico quien vivió en el año 2000 en Roma. Cato vio la composta como la esencia para mantener fértiles y productivas las tierras agrícolas. El afirmó que todo alimento y desecho animal debe ser composteado antes de ser agregado al suelo. Por el siglo 19 en América, la mayoría de los granjeros y escritores agrícolas conocieron acerca del composteo.

Antecedentes

Una de las primeras referencias del uso del compost en la agricultura aparece en un conjunto de tablillas de arcilla del Imperio de los Arcadianos en el valle de la Mesopotamia 1000 años antes de Moisés. Los Romanos conocían acerca del Compost, los Griegos y las tribus de Israel ambos tuvieron una palabra para eso. Hay referencias de esto en la Biblia y el Talmud.

Problemática

Hay una gran necesidad a nivel mundial de métodos ambientalmente sanos de reciclar desechos orgánicos. Millones de toneladas de desechos orgánicos son producidos diariamente en diferentes formas: tales como, desechos de restaurante, plantas procesadoras de alimento, parques y jardines, plantas de tratamiento de aguas negras, desechos de granja, plantas de

ornato, etc. Las practicas de deposición de estos desechos en los océanos, basureros, o por incineración causan contaminación ambiental, y empiezan a ser mas y mas restringidos. Afortunadamente ahora existen leyes a favor del reciclaje el cual es simplemente convertir los desechos y regresarlos en suplementos de alta calidad al suelo.

LA COMPOSTA

La naturaleza es un enorme sistema que hace composta, convierte los desechos orgánicos como hojas, flores, frutos, etc. en nutrientes o alimentos que se reintegran a la tierra, para después ser aprovechados por los demás seres vivos, incluyendo al hombre. De forma tradicional, durante años, los agricultores han reunido los desperdicios orgánicos para transformarlos en abono para sus tierras. Compostar dichos restos no es mas que imitar el proceso de fermentación que ocurre normalmente en el suelo de un bosque, pero acelerado, intensificado y dirigido, en el cual se produce humus.

La composta esta comprendida dentro de la agricultura orgánica que esta definida por la Asociación Mexicana de Agricultores Ecológicos fundada en 1992, como el arte y la ciencia para obtener productos agropecuarios sanos, mediante técnicas que favorezcan las fuentes naturales de fertilidad del suelo sin el uso de agroquímicos contaminantes, mediante un programa preestablecido de manejo ecológico.

La palabra composta proviene del latín *componere*, juntar; por lo tanto composta es la reunión de un conjunto de restos orgánicos que sufren un proceso de fermentación y da un producto de color marrón oscuro, con olor a humus.

Este abono orgánico resultante contiene materia orgánica (parte de la cual es semejante al humus de la tierra), así como nutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, hierro y otros oligoelementos necesarios para la vida de las plantas. Es un producto con vida, con una gran variedad y densidad de microorganismos que sintetizan enzimas, vitaminas, hormonas, etc. y que repercuten favorablemente en el equilibrio biótico del suelo.

Esta técnica fue iniciada por Sir Alfred Howar en la India en 1925, quien procesaba residuos orgánicos como basuras, pajas y hojas, con capas alternadas con estiércol y fango cloacal. Este proceso tiene diversidad de variantes, pero siempre manteniendo el mismo principio; el proceso fue modificado por el Consejo de Investigación Agronómicas de la India para acelerar la acción aerobia y reducir los malos olores.

La composta realizada con basuras debe dar un producto de grano fino, no debe llevar materiales inertes como vidrio y plástico, y ha de estar pasteurizado para no contener gérmenes patógenos, ni semillas sin germinar.

Debido a su materia orgánica y al humus que se deriva de ella, la composta posee la facultad de enmendar las características físicas del suelo: contribuyendo a la estabilidad de las estructuras de sus agregados (los suelos compactados se sueltan bajo la acción de la materia orgánica y los suelos arenosos se compactan por la misma acción), aumentando la capacidad de retención de agua; mejorando su porosidad, lo que facilita su aireación.

La acción química de la composta se manifiesta por su capacidad de intercambio catiónico superior a la de cualquier arcilla, suministra directamente a las plantas los tres elementos básicos N, P, K y hace una importante aportación de oligoelementos tales como hierro, mangneso, zinc, boro, cobre, etc. Además, por efecto de su oxidación lenta, produce gas carbónico, que contribuye a solubizar algunos elementos minerales del suelo, facilitando su asimilación por las plantas.

La actividad biológica del suelo se ve favorecida por el aporte de un número importante de bacterias que se encuentran en la composta, pero es sobre todo su riqueza en materia orgánica lo que favorece el desarrollo de los microorganismos del mismo suelo, que con su actividad estimulan el crecimiento vegetal, especialmente para las raíces. Esta acción biológica favorece la descomposición de los componentes minerales insolubles, como los fosfatos, que son necesarios para el desarrollo de las plantas; y el nitrógeno soluble, que puede desaparecer fácilmente por lixiviación, es transformado en nitrógeno orgánico en el cuerpo de los microorganismos. De forma que cuando éstos mueren, quedan de nuevo disponibles para las raíces de las plantas y mientras tanto es menos probable que se pierdan por lixiviación o como amoníaco en el aire.

Producción del compost:

- Lo primero es adquirir la buena costumbre de separar la basura, teniendo dos o más bolsas: una para los residuos que servirán para el compost y otra para tarros, vidrios, plásticos, etc.

- Voltear los deshechos en la [compostera](#), mezclado con cortes de pasto.
- Verificar la humedad (los restos de la cocina contienen alto contenido de agua).
- El compost nunca se aplasta.
- Se va rellorando sin apretar, ni dándolo vueltas.
- Cuando está listo, baja solo hasta como la mitad del cajón especial.
- En verano demora unos dos meses en hacerse; en invierno, alrededor de seis.
- En la parte inferior se encuentra un material oscuro, con buen olor y con abundantes organismos vivos:
esto es el compost.
- Una vez listo, se cosecha y se arnea para detectar posibles restos de material no degradable.

¿Cómo se emplea el compost?

Se usa directamente sobre la tierra, en capas de 2 a 3 cm, revolviendo superficialmente con un rastrillo. También es beneficioso en el cultivo de almácigos y macetas.

Beneficios del uso del compost

- En primavera y verano el suelo se mantiene con mas humedad promoviendo la producción de raíces.
- En invierno el suelo se mantiene mas caliente que el expuesto a la intemperie.
- Adiciona humus
- Aumenta también la presencia de lombrices las cuales a su vez degradan la materia orgánica y dan mayor aeracion al suelo.
- Incrementa la capacidad de intercambio cationico
- Opera como buffer impidiendo los cambios bruscos de PH
- Mejora la estructura del suelo
- Recientemente se han atribuido algunas propiedades supresoras de infecciones causadas por algunos hongos como *Fusarium sp*, *Rhizoctonia sp*, y *Pythium sp*.

Ventajas del composteo

- remoción en muy alto porcentaje de microorganismos patógenos
- reducción de metales pesados
- reducción de algunos compuestos orgánicos de tipo organoclorado
- reducción en muy alto porcentaje de residuos sólidos
- menos áreas destinadas a rellenos sanitarios

LOS SIGUIENTES ARTICULOS PUEDEN SER AGREGADOS A TU PILA DE COMPOSTA:

- a. zacate y césped esquilados, heno, desechos de cocina, hojas, estiércoles, *pajas*, hierbas y otros desechos de jardín, pedazos de madera y aserrín

QUE NO COMPOSTEAR

- b. productos maderables químicamente tratados, plantas enfermas, desechos humanos, carne, huesos y desechos de alimentos grasos, malas hierbas, desechos de mascotas

c. SISTEMAS DE COMPOSTEO

1.-sistemas de un cajón

d. 2.- sistemas de dos y tres cajas

3.-sistemas de rotación y caída

4.- composteo de hojas o zanjas

5.-sistemas de cajones comercialmente disponibles

Clasificación del proceso

Existen muchas técnicas para llevar a cabo este procedimiento y van desde los manuales, donde prácticamente no se requiere de nada mas que la materia prima, hasta los altamente mecanizados que para su funcionamiento requieren de altos gastos de energía.

Estos procesos se dividen básicamente en *aeróbicos* y *anaerobios*

- *el proceso aeróbico requiere para su ejecución de la presencia de aire disuelto en su interior*
el proceso anaerobio implica prácticamente la ausencia de aire en su interior

El composteo es un proceso dinámico el cual ocurrirá rápidamente o lentamente dependiendo del proceso usado y la habilidad con la cual es ejecutado. Un montón abandonado de desechos orgánicos inevitablemente se descompondrá pero lentamente, esto ha sido referido como “composteo pasivo”, porque poco mantenimiento es realizado.

El composteo rápido o “activo” puede ser completado en 2 a 6 semanas, este método requiere tres actividades clave; 1) “aireación” por la vuelta del compost en la pila, 2) humedad. y 3) el

carbón adecuado para la relación con el nitrógeno (C:N), la atención de estos elementos levantara la temperatura alrededor de 130 a 140 grados y asegura la rápida descomposición.

El éxito con el cual las sustancias orgánicas son descompuestas depende del material orgánico y los organismos desintegradores involucrados. Algunos materiales orgánicos son desintegrados más fácilmente que otros, desintegradores diferentes prosperan en diferentes materiales tan bien como en diferentes grados de temperatura. Algunos microbios requieren oxígeno y otros no, esos que requieren oxígeno son preferibles para el composteo.

El Proceso de Compostaje

Es un proceso biótico, es decir llevado a cabo por seres vivos. Las reacciones son fermentaciones principalmente aerobias, o sea realizadas en presencia de oxígeno del aire, que necesitan también humedad.

El proceso de compostaje es una versión acelerada y controlada de la fermentación que se produce en la tierra de los bosques. Para ello, en los sistemas de fermentación lenta, los restos orgánicos se colocan en pilas de al menos metro y medio de alto, pues siempre es necesario un mínimo de masa crítica por debajo la cual no se consiguen las condiciones necesarias, sobre todo de temperatura. Manteniendo la masa en las condiciones de aireación y humedad adecuadas, en el proceso de fermentación se distinguen las siguientes fases:

Fase de latencia y crecimiento. Es el tiempo que necesitan los microorganismos para aclimatarse a su nuevo medio y comenzar a multiplicarse. Esta fase suele durar de 2 a 4 días y al final de ella la temperatura alcanza más de 50°C.

Fase termófila. Los microorganismos iniciales son sustituidos por otros que viven a temperaturas altas (termófilos). En esta fase, debido a la alta actividad bacteriana, se alcanzan las temperaturas más elevadas (de 50 a 70°C) lo cual elimina gérmenes patógenos, larvas y semillas. La mayor parte de la materia orgánica fermentable se transforma, por lo que la masa se estabiliza. Esta es la fase que más se debe vigilar para asegurar una buena pasteurización y evitar una excesiva mineralización si se prolonga demasiado. Dependiendo del producto de partida y las condiciones ambientales; este proceso suele durar entre una semana, en los sistemas acelerados, y de uno a dos meses en los de fermentación lenta.

Fase de maduración. Es un período de fermentación lenta. Los microorganismos termófilos disminuyen su actividad y aparecen otros, como hongos, que continúan el proceso de descomposición: los basidiomicetos van degradando la lignina, los actinomicetos descomponen la celulosa, etc. En esta fase, a partir de componentes orgánicos, se sintetizan coloídes húmicos, hormonas, vitaminas, antibióticos y otros compuestos que favorecerán el desarrollo vegetal. Si la fermentación se realiza encima de la tierra, entran en la masa de la composta otros descomponedores como las lombrices, que actúan positivamente. Durante el proceso de fermentación es conveniente vigilar una serie de condiciones de las que dependerá la buena marcha del mismo y la calidad del abono orgánico obtenido.

Factores Principales en la Elaboración de Composta

Colocación de Pila

Es importante escoger un lugar que considere el transporte, es decir, la pila debe ubicarse tan cerca como sea posible a la fuente de materia orgánica (generador) y cerca del lugar donde va a usarse, con el propósito de ahorrar tiempo y transporte del material orgánico y la composta. El espacio en torno a la pila debe de ser de dos a tres veces mayor que el que ocupa la pila, de tal forma que pueda voltearse está sin complicaciones para que reciba aire suficiente, evitando así la generación de malos olores. La pila debe estar de preferencia en un lugar sombreado, fuera del viento, para que se mantenga la humedad y evitar que el material se vuele. Si el clima es humedo, la pila debe protegerse del exceso de agua.

Tamaño y Composición De La Pila

Un tamaño adecuado es de 2 a 2.5 metros de ancho por 1.5 a 2 metros de altura. El tamaño depende de la cantidad de material orgánico disponible, pero es mejor hacer una pila pequeña rápidamente que una pila más grande lentamente. Se recomienda empezar con una pila de 2 metro de ancho por 1.5 de alto, de tal forma que la pila alcance temperaturas entre los 55 a 60°C.

La pila de composta tiene que ser construida de manera especial. Se comienza con una base de material vegetal ordinario, como ramas o tallos de caña de azúcar, así el aire del exterior puede circular fácilmente bajo la pila y cualquier exceso de agua fluirá más rápidamente. La descomposición del material es más fácil si el material se pone en capas, es decir, alternando una capa de material que se descompone fácilmente (partes de plantas verdes, estiércol de

animal y desperdicios domésticos) con una de material más difícil de descomponer (ramas, hojas secas, mazorcas y paja).

FACTORES QUE AFECTAN EL PROCESO DE COMPOSTEO

Todo material orgánico eventualmente se descompondrá, la velocidad a la cual se descompone depende de estos factores:

1. - NIVELES DE CARBON Y NITROGENO EN EL MATERIAL
2. - CANTIDAD DE AREA SUPERFICIAL EXPUESTA
3. - AERACION, U OXIGENO EN LA PILA
4. - HUMEDAD
5. - TEMPERATURA ALCANZADA EN LA PILA DE COMPOSTA
6. - TEMPERATURAS EXTERIORES.

Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

El carbono y el nitrógeno son dos elementos esenciales para la nutrición de cualquier organismo y se han de encontrar en unas proporciones determinadas para una buena fermentación, los microorganismos de una composta utilizan el carbono para energía y el nitrógeno para la síntesis de proteína. El parámetro que mide esta proporción se llama relación carbono/nitrógeno.

Si el material de partida es muy rico en carbono y pobre en nitrógeno, la relación será alta, el proceso de fermentación será lento, las temperaturas no subirán suficientemente y se perderá el exceso de carbono en forma de dióxido de carbono. Si por el contrario, el material, el material es rico en nitrógeno, relación baja, se producirán pérdidas de este elemento en forma de amoníaco (NH_3).

Los valores de la relación C/N del material a fermentar han de estar entre 25 y 35 para que pueda darse una buena fermentación. Si son mas altos, se ha de añadir materiales ricos en nitrógeno, como estiércoles y lodos de depuradoras; y si son más bajos, habrá que compensar la mezcla, añadiendo componentes ricos en carbono, como paja y otros.

Materiales ricos en nitrógeno

- Lodos de depuradoras de aguas residuales.

- Excrementos de animales, especialmente de conejos y de aves.
- Material vegetal fresco de todo tipo.
- Restos de animales.

Materiales ricos en carbono

- Paja y hojas secas
- Aserrín y virutas de madera
- Material vegetal seco en general

La materia orgánica de la basura tiene normalmente una relación C/N de 30 a 40 y por si sola puede fermentar, aunque admite muy bien la mezcla de lodos y estiércoles. Durante el proceso de fermentación se produce pérdidas de carbono en forma de CO₂, por lo que la relación C/N irá disminuyendo hasta alcanzar un valor entre 12 y 18. Aunque también depende del material de partida, si el valor final es inferior, supone que la composta se ha mineralizado excesivamente, y si es muy alto, puede indicar que no se ha descompuesto suficientemente. La estabilidad de este valor es un buen indicio de que la fermentación ha finalizado y la composta ha madurado.

Tamaño de Partícula

Es importante el tamaño de partículas del material de partida. Aunque no es necesario, normalmente la materia orgánica de las basuras se suele moler. Es preciso vigilar el grado de trituración, puesto que un tamaño pequeño de las partículas supone mayor superficie de ataque, y por lo tanto fermentaciones más rápidas y homogéneas. Sin embargo, si el tamaño es excesivamente pequeño pueden originarse problemas de compactación excesiva que impiden la necesaria aireación.

Aireación

La aireación es necesaria para garantizar el proceso aerobio, tanto para suministrar oxígeno como para que pueda desprenderse el dióxido de carbono producido. La aireación deficiente retrasa la fermentación aerobia, origina procesos de fermentación anaerobia, con sensibles pérdidas de nitrógeno y carbono, malos olores y temperatura baja, efectos que sirven de indicadores de la necesidad de aireación.

Humedad

La humedad óptima es del 50% que al final del proceso ha de bajar hasta 30 o 40%. La humedad es necesaria para la vida de los microorganismos. Un defecto de humedad provocará una sensible disminución de la actividad microbiana, por lo que se paralizará la fermentación y bajará la temperatura. Un exceso de humedad también tiene consecuencias negativas pues dificulta la circulación del oxígeno y puede provocar fermentaciones anaerobias.

Temperatura

Dada su facilidad de medición y su relación con el proceso de fermentación, la temperatura es el parámetro que más se usa para vigilar la fermentación. Durante los primeros días debe elevarse rápidamente hasta los 60 o 70°C, comenzando posteriormente a estabilizarse y bajar lentamente hasta 40 o 50°C. Cuando no se eleva hasta esos niveles, indica que la fermentación no marcha bien. Si las temperaturas bajas son acompañadas de malos olores, es señal de fermentaciones anaerobias. Las temperaturas altas (mayores de 65°C) prolongadas, no son convenientes, pues pueden ocasionar una especie de suicidio bacteriano que frena la fermentación y también pérdidas de nitrógeno.

pH

La acidez o pH es un factor menos importante de vigilar. Suele ser ligeramente ácido al inicio (cerca de 6), neutro hacia la mitad del proceso y algo alcalino (7 a 8) al final. Valores más altos (alcalinos) pueden provocar pérdidas de nitrógeno en forma de amoníaco.

Se considera que una composta es madura cuando la fermentación prácticamente está paralizada y el producto se puede considerar estable. Una composta poco madura puede provocar la acaparamiento de nitrógeno de las tierras. Si esto sucede cuando la tierra está sin cultivos, no hay problema, puesto que ese nitrógeno será devuelto, pero las consecuencias pueden ser negativas si se le aplica cuando hay cultivo. Existen varios métodos para comprobar la madurez; uno ya mencionado es la estabilidad de los valores de la relación C/N. Otra forma es comprobar la estabilidad y la temperatura introduciendo a la composta en una cámara aislada térmicamente: si la temperatura se eleva, es un indicio de que continúan los procesos de fermentación. Existen otros métodos como pruebas de germinación, demanda de oxígeno, morfocromatografía, etc.

EL ESTADO MUNDIAL DE LA COMPOSTA DE BASURA

En los diez últimos años, posiblemente debido a la alza de precios de los fertilizantes químicos y a factores ecológicos, ha aumentado el número de plantas y por lo tanto también el porcentaje de basura así fermentada.

En buena parte de los países europeos se observa una creciente preocupación por la calidad de este abono, sobre todo en lo que se refiere al grado de maduración, homogenización y concentración de metales pesados. La preocupación por la calidad biológica sigue estando en segundo plano. La preocupación por la calidad de la composta está íntimamente ligada con la comercialización, puesto que una composta de mala calidad lógicamente no encuentra salida.

Así Francia , el 30% de composta producida termina en los vertederos. En Canadá se instaló una planta productora de vermicomposta en 1970, la cual procesaba 75 ton/semana de materiales biodegradables; otras instalaciones de este tipo se impulsaron en Japón, entre 1974 y 1975.

LA APLICACIÓN DE LA COMPOSTA EN LA AGRICULTURA

Por su contenido en oligoelementos es la mejor enmienda para disminuir, y en muchos casos evitar, la aparición de enfermedades carenciales. Debido a su elevado poder antibiótico puede descartar un buen número de enfermedades fúngicas en los cultivos de hortalizas. El abono orgánico permite la obtención de alimentos más ricos en vitaminas, enzimas y oligoelementos necesarios para vivir.

MATERIALES COMERCIALES DE COMPOST

Existe en la actualidad una amplia gama de productos que tienen como ingrediente principal el compost entre los cuales se encuentran los siguientes:

COMPOST-ALL es una mezcla de microorganismos naturales, enzimas y nutrientes, preparada para activar y acelerar la completa descomposición de grandes cantidades de desechos vegetales.

Es un polvo soluble 100 % ecológico, no químico, no tóxico, no cáustico, no corrosivo y totalmente inocuo a animales, seres humanos y al medio ambiente en general. Cada 100 grs. de la fórmula posee 4,7 billones de microorganismos vivos no patógenos que trabajan en

concierto, entre los cuales se identifican los siguientes: bacterias, hongos, actinomicetes, enzimas.

La utilización de *COMPOST-ALL* permite acelerar notoriamente el proceso de Compost al desintegrar distintos tipos de materiales, entre los cuales se encuentran:

Productos de origen agrícola: paja de cereales, rastrojos de maíz y de cualquier planta herbácea, restos de plantas hortícolas (coles, lechuga, etc.), cultivos industriales, cosechas de baja calidad, paja vieja o humedecida, cáscara de frutos secos y de arroz, y frutas deterioradas.

Productos de origen forestal: corteza de pino, ramas de poda, subproductos de aserraderos, etc.

Productos de origen industrial en los que utilizan vegetales en su proceso de fabricación: subproductos de extractos vegetales de la industria farmacéutica, subproductos de la destilación de vegetales para la fabricación de licores, cáscara y residuo del cacao, residuo de café, subproductos de la industria del vino, cerveza y del aceite, lodo de depuradoras biológicas de industrias agroalimentarias, etc.

Productos de origen urbano: restos de poda y de limpieza de jardines, lodos de depuradoras urbanas, desperdicios de cocina, etc.

Productos de origen animal: estiércol, gallinaza, pelo animal, piel, lana, plumas, etc.

CB-FVR:

Acerca del CB-FVR:

El CB-FVR es un acondicionador orgánico de amplio espectro que aumenta el rendimiento de la tierra, formulado para flores, árboles, arbustos, fruta, vegetales, tubérculos y ornamentales.

El CB-FVR contiene Microorganismos Benéficos (BM), una solución de cultivos mezclados con macro y micro nutrientes, aminoácidos, enzimas, proteínas, vitaminas y minerales.

El CB-FVR proporciona protección contra enfermedades asociadas con numerosos hongos. En algunos ambientes, los organismos del CB-FVR producen péptidos que inhiben el crecimiento

de los hongos. En otros, a través de un proceso conocido como micoparasitismo, éstos crecen hacia el hifa del hongo, se enroscan alrededor de ellos y degradan las paredes de las células.

El CB-FVR ofrece numerosas ventajas en diferentes medios de crecimiento y es conveniente para granjeros orgánicos profesionales así como para horticultores, cultivadores de vegetales, fabricantes de substratos para plantas, labradores de árboles, paisajistas, etc.

El CB-FVR conserva la energía de las plantas, mejora su eficiencia al realizar la fotosíntesis, ayuda en la fijación biológica del nitrógeno y a la disolución de los minerales de la tierra, suprime los organismos patógenos y las enfermedades y suministra un balance ecológico microbiano a la tierra.

El CB-FVR mejora la porosidad de la tierra, el drenaje y la ventilación, reduce la compactación y mejora su capacidad de retención de agua ayudando a las plantas, en consecuencia, a resistir la sequía y producir mejores cultivos en condiciones de humedad limitada. Un cálculo indica que un 5% de aumento de materia orgánica cuadruplica la capacidad de la tierra para retener y almacenar agua.

Las tierras tratadas con CB-FVR retienen hasta un 40% más de agua que las tierras tratadas con fertilizantes convencionales.

CB-FVR está enriquecido con Macro y Micro-nutrientes para desarrollo de la raíz mejorado.

CB-FVR es el fertilizante ideal para jardines ornamentales.

CB-FVR contiene los nutrientes primarios y secundarios de la planta para crecimiento lento y saludable.

CB-FVR promueve la estabilidad de la raíz con crecimiento de la planta controlado.

CB-FVR esta formulado para proveer la base nutriente ideal la bioestimulación.

CB-FVR está bien compuesto para ambientes con deficiencias de Nitrógeno y Potasio.

CB-FVR reduce incidencias de enfermedades de ciertos hongos.

CBCT

El abono es la degradación biológica controlada de material orgánico. El proceso se realiza por microorganismos incluyendo hongos, bacterias y actinomicetes que reducen la materia orgánica sustancias más simples produciendo un material estable parecido al humus. El abono no es un proceso misterioso o complicado. El abono es un proceso prolongado en el medio ambiente natural donde la materia orgánica (hojas, plantas muertas y residuos animales, etc.)

es metabolizada por microorganismos del suelo y regresada a la tierra para sustentar la vida de la planta.

El abono es un proceso aeróbico (requiere oxígeno). La efectividad del proceso del abono depende de las condiciones del medio ambiente presentes dentro del sistema de abono, es decir, oxígeno, temperatura, humedad, alteración del material, materia orgánica y el tamaño y actividad de las poblaciones microbianas.

El abono puede ser clasificado como un fertilizante orgánico 100% que contiene nutrientes primarios así como rastros de minerales, humus y ácidos húmicos, en una forma de liberación lenta. El abono mejora la porosidad del suelo, el drenaje, la ventilación y la capacidad de mantener la humedad y además reduce la compactación. El abono puede retener hasta diez veces su peso en agua.

Además, el abono ayuda a la tierra a combatir contra extremos desequilibrios químicos, la ayuda a descubrir minerales del suelo, libera nutrientes en una amplia ventana de tiempo, actúa como un pulidor contra la absorción de químicos y metales pesados, promueve el desarrollo de zonas saludables de raíces, suprime enfermedades asociadas con ciertos hongos y ayuda a las plantas a tolerar condiciones de sequía.

El abono es relativamente simple de manejar, puede realizarse en un amplio rango de escalas en casi cualquier medio ambiente interior o exterior y en casi cualquier ubicación geográfica. El Abono tiene el potencial para manejar la mayoría de los materiales orgánicos en el flujo de desechos, incluyendo desechos de restaurantes, hojas y desechos de jardín, desechos de granja, estiércol de animales, cadáveres de animales, productos de papel, lodo de drenaje, madera, etc. y puede jugar un papel muy significativo en cualquier plan de manejo de desechos, ya que el 45 - 55% del flujo de desechos es materia orgánica, el abono puede jugar un papel significativo al desviar el desecho de los basureros, conservando por consiguiente el espacio de tiraderos de basura y reduciendo la producción de lixiviación y gas metano.

BAÑOS SECOS - BAÑOS BIOLÓGICOS (CTS) - SANITARIOS ABONEROS - SANITARIO ECOLÓGICO - COMPOSTING TOILET O COMO SE QUIERA LLAMARLO.

Los sistemas de baño seco convierten un "desecho" (materia fecal humana) en un recurso: humus. En un baño seco se compostan excrementos, papel higiénico, aditivos de carbono y residuos de comida opcional. A diferencia de los sistemas sépticos convencionales, (que utilizan agua potable!) un sistema de compostaje no utiliza agua basándose en condiciones de no saturación (no sumergido en agua), donde bacterias aeróbicas y hongos descomponen la materia, como en un sistema de compostaje de jardín.

El objetivo primario de los baños biológicos es contener, inmovilizar o destruir organismos que causan enfermedades a los humanos (patógenos) y reducir el riesgo de infección. Para esto tiene que minimizar el contacto de la gente con el excremento no procesado y minimizar la exposición de vectores de enfermedades como las moscas. Se produce un producto inofensivo y razonablemente seco que pueda ser manejado sin riesgo y con olor mínimo. El segundo objetivo es que los nutrientes del excremento humano se conviertan en formas estables, oxidadas, que sean disponibles para las plantas, así se puedan usar como acondicionador del suelo para plantas y árboles.

Hay muchos tipos diferentes de cts, se pueden comprar hechos o puede resultar fácil hacerlos. Puede ser activo o pasivo, el activo mezcla, aerea, controla temp, etc. y el pasivo solo con el diseño y temperatura ambiente hace lo mismo.

Compostar es usar el poder de las bacterias a favor del hombre, alquimia natural. La descomposición de materia orgánica requiere de bacterias que digieren (descomponen) los desechos, subiendo la temperatura. Otros micro y macroorganismos como hongos e insectos, ayudan en el proceso de compostaje, y cuando se enfría un poco las lombrices de tierra mueven y aerean y sus excrementos refinan el producto.

La regla es que cualquier cosa que se pudre, se compostea. En algunos casos hasta derivados del petróleo son compostables.

Hacer compost y usarlo para propósitos agrícolas tiene sus ventajas. El humus, resultado del compostaje, es materia orgánica fragmentada, fundamental para el suelo, ya que mantiene

humedad, aumentando la capacidad de retención de agua del suelo (compost puede llegar a contener 9 veces su peso en agua, 900%, mientras que la arena solo 2% y la arcilla 20%).

Además el compost adiciona nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, crea espacios de aire en el suelo, ayuda a balancear el pH del suelo y ayuda a absorber calor y soporta poblaciones de bacterias que le dan vida al suelo.

El suelo es el resultado de procesos centenarios de Madre Naturaleza. Adicionando compost ayuda a restaurar la fertilidad en periodos de tiempo relativamente cortos.

Hay estudios (1968) que demuestran que el compost en el suelo ayuda en el control de plagas. El agregar organismos beneficiosos en el compost al suelo, compiten con otros microorganismos que causan enfermedades a las plantas (phytophthora, pythium, fusarium). Quienes usan compost en sus cultivos reducen la pérdida de cultivos por plagas de 25-75% a 15%. Los suelos estériles proveen condiciones favorables para la reproducción de microorganismos que producen plagas en las plantas.

Además, del control de plagas, el compost ayuda al control de nematodos, atrae lombrices y ayuda a las plantas a producir estimulantes de crecimiento. Además puede destruir desechos tóxicos. Algunos microorganismos digieren los hidrocarburos en el TNT, convirtiéndolos en dióxido de carbono, agua y moléculas orgánicas simples. Algunas bacterias "comen" uranio y es excretado por las bacterias en forma de uranio insoluble en agua, por lo tanto puede servir para sacarlo de aguas contaminadas.

BAÑO SECO

No más desperdicio de grandes cantidades de agua limpia - contaminación de ríos, lagos y barrancas - elevados costos de instalación y mantenimiento - propagación de enfermedades gastrointestinales, etc.

El baño seco es un sistema respetuoso del ambiente, de nuestros vecinos y de nosotros mismos, ya que no utiliza agua, no contamina el medio ambiente, no propicia la aparición de insectos (moscas, mosquitos, etc.), ni de malos olores, evita la propagación de enfermedades, se adapta a cualquier hogar: puede ser tan modesto o tan lujoso como se desee, pero siempre es un baño limpio y seguro.

PRINCIPIO BASICO DEL BAÑO SECO

El excremento y la orina juntos, originan una descomposición, que produce mal olor, atrae moscas, produce enfermedades y contamina el ambiente. En el baño seco se puede separar la orina del excremento, juntandola en un recipiente o se manda al suelo mediante un pozo de absorción (la orina almacenada, se rebaja con 4 partes de agua y se usa de abono en las plantas).

El excremento cae directamente en una de dos cámaras. El excremento cuando se llena a sus 2/3 partes una cámara, se sella ésta y se deja en reposo de 12 a 16 meses, completamente sellada y evitando que alguna humedad por pequeña que sea, penetre en las cámaras; pasado este tiempo, se obtiene un abono orgánico excelente que puede ser utilizado para plantas, flores y árboles, lo que no es recomendable es usarlo para abonar hortalizas, pues tendría que hacerse un examen que mostrara que esta libre de patógenos, por eso **ES RECOMENDABLE NO USARLO EN HORTALIZAS.**

TÉS DE COMPOST

El té de compost en el termino más simple es un extracto acuoso de compost en donde el compost es el principal ingrediente para esta solución, sin embargo algunos té son simples extractos de plantas, generalmente se añaden polvos de rocas y melaza como alimento para los microorganismos y proporcionar nutrimentos adicionales para el cultivo.

Porque usarlos ?

Pesticidas basados en químicos, fumigantes, herbicidas y algunos fertilizantes matan un gran numero de organismos benéficos que ayudan al crecimiento de las plantas, mientras los té de compost mejoran la vida en el suelo y sobre la superficie de las plantas. Con el tiempo y uso continuo compost y los té mejoran estas características en lugar de degradarlas.

Beneficios

- Incrementan la supresión de enfermedades

- Proporcionan nutrimentos para las plantas y alimento para los microorganismos
- Incrementan la calidad nutricional de los productos de las plantas
- Reducen a los trabajadores las exposiciones a daños químicos
- Reducen los impactos negativos de productos químicos sobre los organismos benéficos en el ecosistema
- Reducen la entrada de químicos y costos de labor
- Permiten el reuso de desechos de postcosecha y compost
- Reducen los requerimientos de espacio en los basureros
- Mejoran el crecimiento de las plantas

Factores que afectan la calidad de los téis de compost

- Fuente del compost y calidad
- Tamaño de la malla del filtro en el barril
- Tiempo de fabricación
- Fuente de agua
- Materiales añadidos
- Método de recirculación de agua
- Aeración
- Crecimiento de los microorganismos en los téis de compost
- Relación agua-compost
- Condiciones del medio ambiente

Téis aeróbicos o anaerobicos

Si las bacterias no están creciendo, los téis de compost permanecerán bien oxigenados. Esto es que las bacterias que consumen oxígeno durante el metabolismo aeróbico, resultaran en téis anaerobicos. Si el oxígeno es reabastecido a un gran rango entonces este es consumido por la bacteria y el té será aeróbico. Por el contrario cuando el oxígeno es consumido a un gran rango mas que el abastecido entonces el té será anaerobico. En téis anaerobicos los metabolitos producidos son ácidos orgánicos (valérico, butirico y fenólico) los cuales son dañinos para el crecimiento de las plantas y bacterias, hongos, protozoarios y nematodos benéficos.

13. Produciendo Té de Compost

Una manera de usar el compost es hacer té de compost, colocando el compost en una arpillera e insertándola en un barril de agua, este proceso dura una semana, durante este tiempo, suavemente menea el agua todos los días, el proceso finaliza cuando el líquido dentro del barril adquiere un color fuerte, entonces hay que exprimir la arpillera para extraer toda la humedad, mover el té para incorporar toda la mezcla con el té, colocar los residuos de compost en el jardín como un mulch o añadir nuevamente a su pila de compost.

Use el té como agua para su jardín o plantas o use como un spray nutritivo para las hojas de todas sus plantas.

Materiales

- arpillera, o funda de almohada
- barril de plástico
- llave
- silicon
- malla
- bloque de concreto (opcional)

Procedimiento

Coloque una llave en la parte baja del barril, selle con silicon y resistol la malla de alambre sobre la llave que abre por dentro del barril, puede añadirse una tapa si se desea.

Método de la cubeta o burbuja de aire

Para esto se requiere una cubeta (3-5 galones) y un aereador en la parte baja. El compost es añadido hasta un tercio o la mitad de la cubeta, y esta se rellena con agua. El aereador provee un continuo flujo de oxígeno dentro de la solución y crea bastante turbulencia que proporciona la mezcla del té, estando listo en dos o tres días, entonces el aereador es apagado y se deja que haya decantación y los desechos sólidos son regresados a la pila de compost.

Microb-Brewer

Growing solutions distribuye productos integrales para agricultura orgánica y agricultura sustentable, produce té de compost con una alta concentración de microorganismos aeróbicos para facilitar el manejo del ecosistema.

Sus productos incluyen:

a) El modelo de 50 galones, que es un método efectivo y confiable de producir té de compost a escala industrial.

Ventajas:

- crecimiento aeróbico, costo de microorganismos efectivo para aplicaciones no-limitadas.
- La producción del té de compost se realiza en menos de 24 hrs.
- Cubre una superficie de 10 acres como spray foliar por cada baño.
- Ideal para aplicaciones en huertas de duraznero, vid, etc.

b) El modelo de 12 galones, que es una versión compacta del de 50 galones el cual es ideal para pequeñas operaciones.

Ventajas

- Crecimiento aeróbico, costo de microorganismos efectivo para aplicaciones no-limitadas.
- La producción del te de compost se realiza en menos de 24 hrs.
- Cubre una superficie de 3 acres como spray foliar por baño
- Ideal para aplicaciones en invernadero y semilleros.

Ambos tienen fácil acceso, accesorios reemplazables que facilitan la limpieza y llenado, accesorios para descargar el líquido a sistemas de inyección o asperjadoras y este puede ser usado como spray para aplicarse a las hojas o al suelo.

Produciendo té de compost adecuado para las plantas

Los té de compost y el compost necesitan ser definidos para condiciones específicas de plantas y suelo en los cuales pueden ser aplicados. Suelos ricos en materia orgánica con una fertilidad alta podrían tener con un té menos rico en fuentes nutritivas que un suelo con menos materia orgánica, el cual necesita un conjunto de organismos benéficos y nutrimentos.

En la Figura siguiente se observa diferentes tipos de suelo y compost específico para cada suelo.

		PLANT TYPE				
SOIL TYPE	Kale Mustards	Grass Row Crops	Berries Vines Shrubs	Deciduous Trees	Conifers	
Clay	A High B tea	B B tea	C 1:1 F:B, fungal foods	D F tea, fungal foods	D F tea, fungal foods	
Loam	A High B tea	B B tea	C 1:1 F:B, fungal foods	D F tea, fungal foods	D F tea, fungal foods	
Sand	E 1:1 F:B, Maximize bacterial foods	F 1:1 F:B, bacterial foods	G 1:1 F:B, microbial foods	H Mycro inoc, F tea, microbial foods	H Mycro inoc, F tea, microbial foods	
Potting Mixes	A	F	G	H	H	

Figura 1. Requerimientos para preparar diferentes té de compost en cuatro tipos de suelo.

Testimoniales de productores usando Micro-Brewer

En experimentos sobre fertilización foliar con té de compost en huertas de 130 acres por tres años. Se recomienda de 4-6 aplicaciones por estación para manejo del suelo, con este programa se han notado las siguientes mejora en la calidad del fruto.

- en manzana red delicious están presentan un color mas fuerte al inicio de la estación y son más firmes a la cosecha, también se ha notado menos decaimiento en el almacenaje.

- En manzanas Jonaglod con aplicaciones de té de compost a mitad de la cosecha, estas presentan un 25 % más color que las no tratadas resultando en un incremento en el precio por libra.
- Manzanas Golden Delicious desarrollaron un rojo más firme, incrementando la estabilidad y un color más amarillo a la cosecha
- Manzanas Pipin y Granny Smith fueron más estables a la cosecha y a través del periodo de almacenamiento.
- Usando múltiples aplicaciones foliares las manzanas no maduran prematuramente, incrementando el rendimiento a la cosecha.
- Consideramos que las aplicaciones de té de compost serán una parte importante en nuestros campos y cultivos de invernadero.

CONCLUSIONES

- a) Los estudios han mostrado que el composteo puede desviar un promedio de 700 libras de material doméstico por año de los desechos corrientes. El composteo municipal lleva un costo ambiental alto, pero no tan alto como si los desechos son depositados por los medios convencionales.
- b) En 10 años el composteo será una práctica tan común como el reciclaje de latas de aluminio. Muchos Estados en USA han enunciado mandatos legislativos para reducir drásticamente el volumen de desechos que son enviados a los basureros.

BIBLIOGRAFÍA

- Buen Rostro, Massieu Javier "El Mundo de la composta: el ABC de la Composta". Ed. Bio (folleto)
- DGNAT-SEGEM "Tratamiento de residuos orgánicos municipales" notas del Curso, Xalatlaco 1999.
- Estrada, B. W. J. W. 1992. Perspectiva sobre el uso del compost en México. Memorias del XXV Congreso nacional de la Ciencia del Suelo. Acapulco, Guerrero México.

Fernández, G. R. Y N. Martínez, H. 1974. Uso racional de abonos orgánicos y construcción de estercoleros. Memorias del VII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Guanajuato, Gto.

Hernández, J. Esteban "Tratamiento de residuos Sólidos Orgánicos Urbanos utilizando Lombriz de Tierra *Eisenia Foetida*". (tesis profesional) 1996

Hernández, Claudia y González Simon. " Reducción y Reciclaje de los residuos Sólidos Municipales" Ed. UNAM - PUMA México 1997

[http:// comporenses@ ribernet.es](http://comporenses@ribernet.es)

[http:// aggie-horticulture.tamu.edu/earthknd/compost/compost.html](http://aggie-horticulture.tamu.edu/earthknd/compost/compost.html)

[http:// net.indra.com/topsoil/compost_Bibliography.html](http://net.indra.com/topsoil/compost_Bibliography.html)

[http:// net..indra.com/topsoil/compost_Demo_Sites_html](http://net..indra.com/topsoil/compost_Demo_Sites_html)

<http://www.natura.com.mx/articulos/basura/htlm>

Rubio, M. D. 1974. Evaluación de residuos orgánicos estabilizados (Compost) obtenidos en el basurero de Monterrey, N. L. desde el punto de vista de su utilización agrícola. Seminarios técnicos, Vol. 1. No. 1 Cian-INIA-SAG. Comarca Lagunera.

López, Guillermo "Efecto del estiércol bovino con diferentes tiempos de maduración en el proceso de estabilización de la basura orgánica urbana" (tesis profesional) 1998.

Olvera, Alejandra y Pintor Enrique. "Manual de Composta a Nivel Municipal", IPN y H. Ayuntamiento de Nicolás Romero. 1999.

SARH. "EL uso del compost como mejorador del suelo en la agricultura," (folleto) Guadalajara, 1984.

Tovalín, Jorge. "Planta de Recuperación de Desechos Sólidos y Elaboración de Composta en el Municipio de Cuatemoc, Chihuahua." (Tesis profesional) 1995

Rojas, Genaro. "Rentabilidad Financiera de la producción de composta, vermicomposta y comparación de costos con el uso del estiércol y la fertilización convencional" (tesis profesional) 1997.

Val, Alfonso "El libro del reciclaje: Manual para la recuperación y aprovechamiento de las basuras" Ed. Integral 1993.

CAPITULO V

USO Y MANEJO DE ESTIÉRCOLES

Ph. D. Rigoberto E. Vázquez Alvarado.

Maestro Investigador de la Fac. de Agronomía de la UANL. Carretera Zuazua–Marín Km. 17.5, C.P. 66700, Tel (825)2480022. E-mail: r_vazquez_alvarado@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El presente estudio se centrará principalmente, sobre el uso y manejo de estiércoles en particular de bovino, caprino, gallinaza, etc. como portadores de materia orgánica (M.O.) al suelo. Esto debido a su gran abundancia en muchas zonas agrícolas del país y a los enormes beneficios que trae su aplicación en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, que se reflejan en un considerable aumento en el rendimiento de los cultivos.

Este es un subproductos que ha venido cobrando gran importancia en nuestro país. Utilizando racionalmente el estiércol, un agricultor puede obtener ahorros considerables comparando esto con la aplicación de fertilizantes químicos, ya que en muchas ocasiones su costo final, incluyendo su aplicación, es inferior al de los fertilizantes comerciales. Por otra parte, el estiércol reviste una mayor importancia, pues contiene lo que les falta a los fertilizantes, la M.O. no obstante, no es posible, ni aconsejable prescindir del todo de los fertilizantes, debido a que corrigen deficiencias de elementos específicos y también por su alto grado de solubilidad.

ANTECEDENTES

Según Yagodin, dentro de los fertilizantes orgánicos se reconocen a los siguientes

- a) El estiércol; Son las excretas de animales domésticos o no domésticos.
- b) Purín; representa la orina fermentada de los animales.
- c) Turba; se forma como resultado de la incompleta descomposición de la vegetación, en condiciones de excesiva humedad y deficiencia de aire
- d) Compostas; reciclado de residuos orgánicos y vueltos a incorporar como abonos orgánicos.
- e) Desperdicios domésticos; están representados por la basura urbana
- f) Abonos verdes; masa vegetal fresca que se incorpora al suelo para el incremento de su materia orgánica y de nutrimentos.

Yagodin sugiere que el principal abono orgánico es el estiércol, donde sus beneficios se agrupan de la siguiente manera:

- a) Mejoran las propiedades agronómicas de los suelos
- b) Sirven de fuente de nutriente para los vegetales.

La biodegradación del estiércol representa su descomposición en sus elementos, catalizados por enzimas u organismos enteros. Se puede clasificar como:

- i. Biodegradación primaria. Alteración de la estructura química de una sustancia que conduce a la pérdida de una propiedad específica de ésta.
- ii. Biodegradación ambientalmente aceptable. Se eliminan las propiedades indeseables del compuesto, descargándolas al ambiente.
- iii. Biodegradación total. Transformación completa de un compuesto en moléculas simples oxidadas o reducidas. Ej. dióxido de carbono, metano, agua, nitrato y amonio. (1, 3,10).

USO DE ESTIÉRCOLES

Por ejemplo como fuente de nutriente para los vegetales.

Una tonelada de materia seca de estiércol vacuno contiene

Nitrógeno	20	Kg
Fósforo (P ₂ O ₅)	8 - 10	Kg
Potasio (K ₂ O)	24 - 28	Kg
Calcio (CaO)	28	Kg
Magnesio (MgO)	6	Kg
Azufre (SO ₃)	4	Kg
Boro	20 - 40	g
Manganeso (MnO)	200 - 400	g
Cobre	20 - 30	g
Zinc	125 - 200	g
Cobalto	2 - 3	g
Molibdeno	2 - 2.5	g

Por las razones expuestas, a los fertilizantes orgánicos se les denominan completos por su gran contenido en sustancias nutritivas

Cuadro 1. Contenido de nutrimentos en algunos fertilizantes orgánicos (en %)

Fertilizante orgánico	1. N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
	2.			
Estiércol semi-fermentado (con 75% de humedad)	3. 0,50	0,25	0,60	0,70
Turba clara, de alta turbera (con 60% de humedad)	4. 0,35	0,03	0,03	0,04
Turba oscura, de baja turbera (con 60% de humedad)	5. 1,05	0,14	0,07	0,14

Yagodin, B. A. 1982. Agroquímica II. Edición Mir. Moscú URSS

Cuadro 2.- Datos de análisis de materiales puros

Parámetros	Estiércol Gallinaza	Estiércol Gallinaza/Cama	Estiércol Vacuno
pH	7.9	6. 7.9	8.4
M.O. %	75	75	52
C. orgánico %	41	44	36
N total %	5.09	2.84	1.97
Relación	8	15.5	18
P total %	3.97	1.68	0.85
K total %	1.67	1.67	1.11
Ca total %	5.6	2.29	1.6
Mg total %	0.07	0.64	0.72
Na total %	0.46	0.36	0.25
Fe total ppm	514	834	2682
Mn total ppm	166	336	255
Zn total ppm	170	142	84
Cu total ppm	33	19	21

Fuente: SZTERN, D., M. A. PRAVIA. 1999.

Cuadro 3.- Datos de análisis de materiales composteados

Parámetros	Composta Gallinaza	Tipificación	Composta Vacuno	Tipificación
pH	6.2	7. Deb. ácido	7.8	Alcalino
M.O. %	27.3	Bajo	20.5	Bajo
C. orgánico %	13.3		12.4	
N total %	1.7	Adecuado	0.78	Bajo
Relación	7.8	Muy bajo	17.4	Adecuado
P total %	3.7	Alto	0.36	Bajo
K total %	0.7	Bajo	0.97	Bajo
Ca total %	8.8	Alto	1.09	Bajo
Mg total %	0.69	Bajo	0.24	Muy bajo
Na total %	0.34	S/T	0.13	S/T
Fe total ppm	2272	Adecuado	2164	Adecuado
Mn total ppm	349	Alto	249	Bajo
Zn total ppm	276	Bajo	31.3	Muy bajo
Cu total ppm	24	Bajo	4.7	Muy bajo

Fuente: SZTERN, D., M. A. PRAVIA. 1999.

Características de los abonos orgánicos (Estiércoles)

- a) Los abonos orgánicos son el resultado de la reutilización de nutrientes del suelo
- b) Los abonos orgánicos son menos concentrados en sus nutrientes que los fertilizantes minerales
- c) Los fertilizantes minerales se miden en Kg/ha, y los orgánicos se expresan en toneladas
- d) Los fertilizantes orgánicos son poco transportables y conviene emplearlos mejor en los campos y lotes más cercanos.
- e) La descomposición de los abonos orgánicos aporta

- 1) Nutrientes a las plantas: Mejora nutrición por las raíces
- 2) Anhídrido carbónico (CO₂): Mejora nutrición aérea
- f) Los fertilizantes orgánicos son material energético y fuente nutritiva para los microorganismos del suelo
- g) son muy ricos en microflora (2, 4, 12).

Nota: A mayores dosis de estiércoles (Abono orgánicos)

Mayor producción de (CO₂)

Mejor nutrición aérea de la planta

En períodos de descomposición intensiva

Ejemplo: Las aplicaciones de 30 40 t / ha de estiércol
Se aportan de 100 200 kg/ha. de ácido carbónico (H₂CO₃) en comparación con el campo sin abonar (7, 8).

Mejoramiento de las propiedades del suelo.

- a) Mejoran sus propiedades biológicas,
- b) Físicas y químicas,
- c) Mejora la retención de humedad
- d) La aireación del suelo
- e) Crece el grado de saturación del suelo con bases (Ca, Mg, K),
- f) Se controla algo la acidez (si el suelo es ácido),
- g) Disminuye la movilidad del Al, Fe, Mn y aumenta la capacidad buffer del suelo. La influencia sobre la producción se basa en su riqueza en nitrógeno.
- h) El estiércol sólido mejora el suelo al elevar el contenido de humus.

- i) El contenido de humus estable se supone de 1/4 a 1/3 de la materia orgánica
- j) Los suelos pesados se hacen menos pegajosos y los suelos ligeros aumentan su capacidad de retención de humedad y de adsorción.

Calidad de nutrimentos por su origen

Los abonos Minerales = Los abonos Orgánicos
cantidad equivalente

Una correcta combinación de los abonos orgánicos y minerales (5, 6, 11)

- a) Es la mejor opción de producción de altas cosechas
- b) El empleo únicamente de fertilizantes minerales puede empeoren algunas propiedades de los suelos

Las sustancias nutritivas de los estiércoles, se hacen asimilable para las plantas con el progreso de su mineralización.

Rapidez de utilización de nutrimentos

- a) Los abonos orgánicos son lentos
- b) Los abonos minerales son muy rápidos.

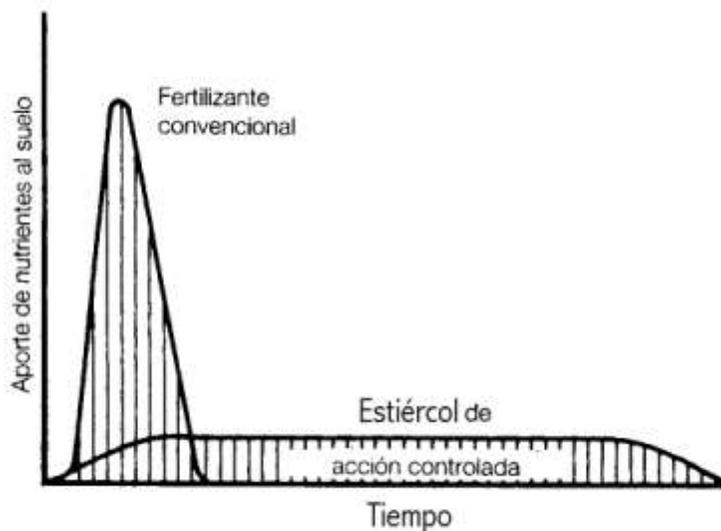


Fig. 1 Diferencia de comportamiento entre un fertilizante convencional y otro de acción controlada.

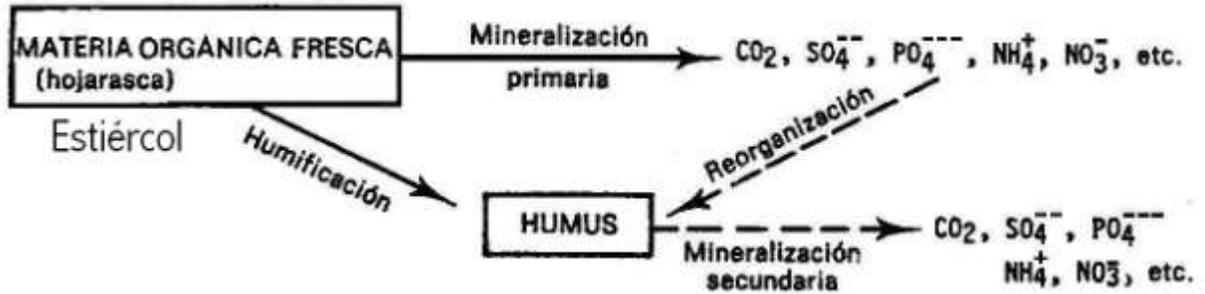


Fig. 2 Esquema de la formación de los humus naturales.

Generalidades de los abonos orgánicos

- a) Elevan la capacidad buffer de los suelos
- b) Disminuyen la movilidad del “Fe y AL”
- c) Debilitan la fijación del “P” del superfosfato en el suelo

Composición del estiércol con cama

Se forman por las deyecciones sólidas y líquidas mas la cama de los animales

Proporción del alimento consumido que pasa a formar estiércol

Alimentos	Componentes en Estiércol	
Del 100 % consumido	Materia orgánica	40%
	Nitrógeno	50%
	Fósforo	80%
	Potasio	95%

Yagodin, B. A. 1982. Agroquímica II. Edición Mir. Moscú URSS

La composición del estiércol varía ampliamente según:

a) La clase de ganado	El factor que más varía es el "N"
b) La edad	
c) La salud del animal	
d) La composición del alimento,	

Características de los Alimentos que afectan los estiércoles (6, 9, 14).

a) Alimentos más acuoso

producen mayores deyecciones líquidas.

b) Alimentos más digestivos

Producen menor materia seca en las deyecciones sólidas y mayor materia seca en las líquidas.

c) Entre más alimentos concentrados consuman los animales y sean más ricos en proteínas

Mayor será la cantidad de "N" y "P" en el estiércol.

d) El organismo creciente del ganado joven, detiene mucho más "N" y "P" que en el organismo de los animales adultos.

Relación de nutrientes en las partes sólidas y líquidas de los estiércoles

Nutrientes	Parte sólida	Parte líquida
Nitrógeno	1/2 a 1/3	1/2 a 2/3
Fósforo	Casi todo	Muy poco
Potasio	Muy poco	Casi todo

El "N" y "P" de la parte sólidos

son constituyentes de compuestos orgánicos

y requieren mineralización para ser usados por las plantas (16, 17).

El “K” se encuentra en la Parte líquida en forma soluble o fácilmente mineralizable.

Microorganismos en los estiércoles

- a) La parte sólida es muy ricos en microorganismos
- b) La orina en el momento de su evacuación no contiene microorganismos, éstos pasan a ella de las deyecciones sólidas.

Cuadro 4. Cantidad y correlación entre las deyecciones sólidas y líquidas por animal por día

Clase de animales	Deyecciones por día		Correlación entre deyecciones Sólidas/líquidas
	Sólidas (en kg)	Líquidas (en kg)	
Ganado vacuno	20 30	10 15	2.0
Caballos	15 20	4 6	3.5
Ovejas	1.5 2.5	0.6 1.0	2.5
Cerdos	1.5 2.2	2.5 4.5	0.5

Yagodin, B. A. 1982. Agroquímica II. Edición Mir. Moscú URSS

Se tienen mayores deyecciones sólidas

En caballos, ovejas y ganado vacuno

Se tienen mayores deyecciones líquidas

En los cerdos

Cuadro 5. Contenido de materia seca, nitrógeno y elementos cenizosos (en %) en los excrementos de distintas clases de animales

Clase de ganado	M. S.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Mg	SO ₄
<i>Deyecciones sólidas</i>							
<i>Ganado vacuno</i>	16	0.29	0.17	0.10	0.35	0.13	0.04
<i>Caballos</i>	24	0.44	0.35	0.35	0.15	0.12	0.06
<i>Ovejas</i>	35	0.55	0.31	0.15	0.46	0.15	0.14
<i>Cerdos</i>	18	0.60	0.41	0.26	0.09	0.10	0.04
<i>Deyecciones líquidas</i>							
<i>Ganado vacuno</i>	6	0.58	0.01	0.49	0.01	0.04	0.13
<i>Caballos</i>	10	1.55	0.01	1.50	0.45	0.24	0.06
<i>Ovejas</i>	13	1.95	0.01	2.26	0.16	0.34	0.30
<i>Cerdos</i>	3	0.43	0.07	0.83	0.01	0.08	0.08

M. S. = Materia seca

Estiércol caliente

- a) El de caballo y oveja, bajo almacenamiento
- b) Por su gran contenido de materia seca, N, P₂O₅, K₂O, y otros elementos se descompone más rápidamente,
- c) Desprendiendo mucho calor (15, 19, 20).

Estiércol frío

- a) El de ganado vacuno y porcino
- b) Tienen un mayor contenido de agua y menor nivel de elementos nutritivos principales.
- c) Se descomponen lentamente y su temperatura se eleva débilmente.

Características de las camas que se ponen a los estiércoles,

- a) Disminuyen las pérdidas de nitrógeno y de purines.
- b) Facilitan el movimiento de los animales en el establo

Cuadro 6. Contenido medio de nutrientes en las camas de ganado

Clase de	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	i. CaO	Humedad
	(%)				
Paja de trigo	0.50	0.20	0.90	0.30	14.3
Paja de centeno	0.45	0.26	1.00	0.30	14.3
Paja de avena	0.65	0.35	1.60	0.40	14.0
Turba de alta turbera	0.80	0.10	0.07	0.22	25.0
Turba de baja turbera	2.25	0.30	0.15	3.00	30.0

Hojas de árboles	1.10	0.25	0.30	2.00	14.0
Aserrín	0.20	0.30	0.74	1.08	25.0

Ventaja en el uso de camas

- a) Absorben las deyecciones líquidas
- b) Absorben el nitrógeno amoniacal que se forma.
- c) Mejora las propiedades físicas, físico-químicas y biológicas del estiércol
- d) El estiércol se hace menos húmedo,
- e) El estiércol se hace más esponjoso
- f) Se descompone con mayor facilidad en el almacenamiento
- g) El estiércol con cama se transporta mejor,
- h) El estiércol con cama mejor se aplica y se entierra en el suelo.

Forma de manejar la paja para cama

- a) Efectuar cortes de 10 15 cm.
- b) La paja cortada absorbe más orina y nitrógeno amoniacal, que la paja entera,
- c) La paja cortada facilita el transporte del estiércol y su amontonamiento y aplicación al suelo (19, 20, 21).

Forma de emplear la turba de alta turbera (Oscura)

- a) La turba, de alta turbera, es el mejor material para cama.
- b) Absorbe las deyecciones líquidas con mayor intensidad el nitrógeno amoniacal del estiércol que las demás clases de cama,
- c) El empleo de turba en los establos, eleva la calidad fertilizante del estiércol después de ser aplicada al suelo.

Uso de cama en función del grado de descomposición

Material	Grado de descomposición preferente
Turba	No mayor de 25 30% y humedad 30 55%.
Turba descompuesta y húmeda	no absorbe las deyecciones líquidas
Turba demasiado seca	Se humedece mal y absorbe mal la humedad
En la cría de ganado reproductivo porcino	
Cama de paja o turba de musgo fibroso	Con descomposición de 10 15%.

Factores que determinan la cantidad óptimo de cama a utilizar

- a) Depende de la calidad del material que se utilice,
- b) La clase de ganado
- c) La calidad de los alimentos que consume el ganado (20, 21).

Forma en que la cama reduce la pérdida de “N”

- a) Se tiene un aumento de la absorción del amoníaco gaseoso

Ej. por el paso de “N” a la composición del plasma de los microorganismos que descomponen la celulosa. (absorción biológica de nitrógeno)

Cuadro 7. Sugerencia de gasto diario de cama (en kg) por animal estabulado.

Clase de ganado	Paja de cereales	Turba de musgo fibroso	Aserrín y viruta
Ganado vacuno	4 - 6	7	4 - 6
Novillos	2 - 3	3	2 - 4
Caballos	3 - 5	4	2 - 4
Ovejas	0.5 - 1	---	---
Cerdos:			
cerda con cerditos	6 - 7	6 - 7	---
verracos	2 - 3	2 - 3	2 - 3
en engorda	1 - 2	1 - 2	1.5 - 2
en destete	1 - 1.5	0.5 - 1	1 - 1.5

Cuadro 8. Relación entre la producción de estiércol, pérdidas de nitrógeno y la cantidad de cama

Cama diaria para una vaca (Kg)	Cama de paja		Cama de turba	
	Estiércol acumulado en 200 días (t)	Pérdida de nitrógeno en 3.5 meses de almacenamiento (%)	Estiércol acumulado en 200 días (t)	Pérdida de nitrógeno en 3.5 meses de almacenamiento (%)
2	7.2	43.9	7.7	25.2
4	8.6	31.2	9.2	13.7

6	10.2	13.3	10.4	3.4
---	------	------	------	-----

Yagodin, B. A. 1982. Agroquímica II. Edición Mir. Moscú URSS

Cuadro 9.- Importancia de la relación C/N en los estiércoles.

Relación C/N:	Descomposición de materia orgánica fresca
Relación baja inferior a 10	Más rápida es la descomposición y orientada hacia la mineralización
	Fuerte producción de nitrógeno inorgánico utilizable por las plantas; prácticamente no hay humificación
C/N medio; del orden de 20	La mineralización y la humificación se equilibran
	El N, S y P, liberado, son reorganizados en la biomasa que a continuación se humifica progresivamente.
C/N elevado, superior a 50 (50 a 80)	La mineralización es prácticamente nula y la humificación es muy lenta

Umbral de la mineralización

Para el nitrógeno, se sitúa aproximadamente en una relación C/N de 25

Hambre de nitrógeno de plantas cultivadas

Se produce por una humificación lentamente, que favorece la reorganización o fijación progresiva de nitrógeno inorgánico preexistente o aportado por fertilizantes

La hojarasca con un C/N de 40

- a) Es más favorable la humificación que la mineralización
- b) La fuente de nitrógeno inorgánico utilizado por las plantas procede de la **mineralización secundaria**, más progresiva, del nitrógeno del humus:

Nutrientes por tonelada en una mezcla de estiércoles con cama de paja.

Nutriente	%	Kg
N	0.50	5.0
P ₂ O ₅	0.20 - 0.25	2 - 2.5
K ₂ O	0.6	6

Variaciones que sufre el estiércol de cama en su conservación.

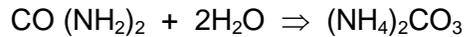
- a) Fermentación por microorganismos,
- b) Formación de compuestos minerales más simples
Ej. nitrógeno amoniacal
- c) Fijación del nitrógeno amoniacal por los microorganismos.
Parte del nitrógeno amoniacal pasa a la forma amídica.
- d) El nitrógeno amoniacal de la fermentación de la orina, durante la conservación de los estiércoles, se pierde más rápidamente.

Componentes de las deyecciones líquidas de los animales

Nombre	Formula	Velocidad de descomposición
Urea	CO(NH ₂) ₂ ,	1
Ácido hipúrico	C ₆ H ₅ CONHCH ₂ COOH	2
Ácido úrico	C ₅ H ₄ N ₄ O ₃ .	3

Producción de carbonato de amonio

La urea se convierte en carbonato de amonio bajo la acción del fermento ureasa que segregan las urobacterias



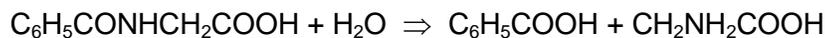
El carbonato de amonio es poco estable y se desintegra rápidamente en amoníaco, gas carbónico y agua



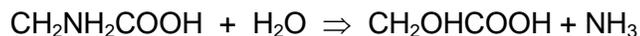
El ácido hipúrico primero se desintegra en

ácidos benzoico y

ácidos amino-acético:

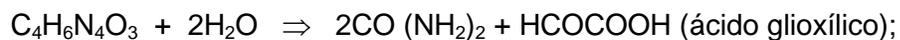


3. El ácido amino-acético se desintegra a su vez en ácido acético u oxiacético, desprendiéndose amoníaco libre:



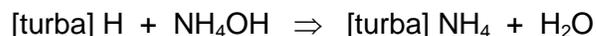
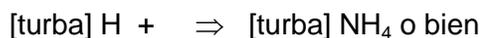
La transformación del ácido úrico se forma (18, 21).

- a) Urea y
- b) carbonato de amonio:



Todos las deyecciones líquidas o en composición con estiércol se descomponen hasta llegar a amoníaco libre.

- a) La formación de NH_3 libre es la fuente principal de pérdidas del nitrógeno.
- b) Al emplear cama de turba, el NH_3 libre puede ser adsorbido por la turba.



Fermentación del estiércol de cama

- a) Se forman ácidos orgánicos y otras materias y estos
- b) Se obstaculiza la volatilización por adsorber el NH_3
- c) Una menor intensidad de fermentación, promueve una mayor acumulación de ácidos orgánicos en el estiércol
- d) A mayor intensidad de fermentación, por una fuerte aireación, menos sustancias capaces de adsorber el NH_3 del estiércol.

Saturación del estiércol con el CO_2

- a) Se desprende CO_2 en la fermentación del estiércol
- b) A mayor liberación de CO_2 menor formación de NH_3 libre.

El nitrógeno NH_3 parcialmente pasa a la composición de compuestos orgánicos

Velocidad de descomposición de la **materia orgánica** del estiércol y de la cama

Se divide en dos grupos.

- A) El primero grupo,
 - a) Son compuestos que se descomponen con relativa facilidad:
azúcares, almidón, pentosanas, pectina y ácidos orgánicos.
 - b) En presencia de oxígeno, transcurre rápidamente la descomposición
 - c) La temperatura sube hasta 60 - 70°C. (13, 17, 21).

B) El segundo grupo

- a) Son compuestos que se descomponen más lenta:
celulosa y otras materias orgánicas.

La correlación de estos dos grupos de compuestos orgánicos determina la velocidad de descomposición del estiércol

Una descomposición rápida de la M.O. se da

Cuando hay más contenido de sustancias del primer grupo

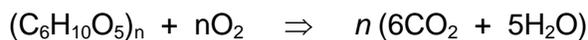
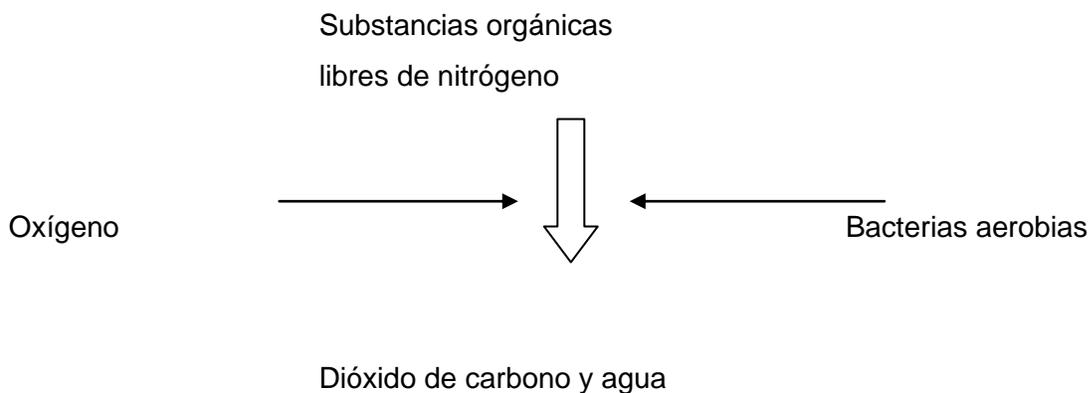
Nota: Es importante

La desintegración de las sustancias orgánicas libres del nitrógeno en el estiércol **debe efectuarse durante su almacenamiento**, antes de su aplicación al suelo.

La incorporación de estiércol al suelo antes de tiempo

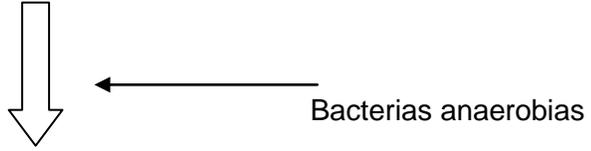
- a) Ocasiona una fuerte absorción biológica del nitrógeno por los microorganismos
b) Ocurre una deficiencia de "N" para las plantas.

Desintegración en presencia de oxígeno (rápida)

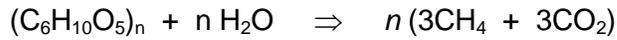


Desintegración en ausencia de oxígeno (lenta)

Substancias orgánicas
libres de nitrógeno



Metano y dióxido de carbono



Causas de la disminución de la masa de estiércol de los estercoleros

a) Volatilización de

Dióxido de carbono, metano, vapor de agua

b) Perdida de Materia seca

Hay un aumento en los minerales P, K, etc. (20, 21).

Cuadro 10. Influencia del tiempo en su composición del estiércol (en %)

Materia constituyente del estiércol	Estiércol Fresco	Almacenamiento en meses		
		2	4	5 a 8
Agua	72.0	75.5	74.0	68.0
Materia orgánica	24.5	19.5	18.0	17.5
Nitrógeno total	0.52	0.60	0.60	0.73
Nitrógeno proteico	0.33	0.45	0.54	0.68
Nitrógeno amoniacal	0.15	0.12	0.10	0.05
Fósforo (P ₂ O ₅)	0.31	0.38	0.43	0.48
Potasio (K ₂ O)	0.60	0.64	0.72	0.84

Purín o Estiércol Líquido.

Es principalmente la orina fermentada de los animales, mezclada con partículas de excrementos o jugos que fluyen del estiércol y agua de lluvia

Generalidades

- a) El purín es un abono de efecto rápido, los nutrimentos que contiene se encuentran en forma fácilmente disponible.
- b) Los diferentes modos de almacenamiento de estiércol afectan la cantidad de colecta de purín.

Ej. Cuando se usa cama se absorbe una proporción de purín.

- c) Cuanto más rápidamente se descompone el estiércol, más purín se desprende.
- d) La cantidad total de purín promedio de 10 a 15% de la masa de estiércol fresco.
- e) La proporción aproximada de orina en el purín es de un 50%, y la materia seca del purín es de 1 al 3 %

La producción de orina diaria por tipo de animal

vacuno unos 15 kg por cabeza

cerdos unos 4 kg por cada

- f) El purín contiene importantes niveles de sales potásicas solubles
- g) El purín se considera como un fertilizante nitrógeno-potásico (17, 19, 21).

Composición media de nutrimentos del purín

Nitrógeno (N) 0.25 a 0.30 %

Fósforo (P_2O_5) 0.03 a 0.06 %

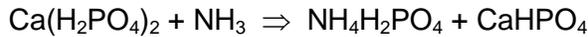
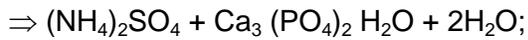
Potasio (K_2O) 0.40 a 0.50 %.

Reducción de pérdidas de nitrógeno del purín

- a) Empleo de suficiente cantidad de cama
- b) Construcción de recolectores de purín en los establos

- c) Adición al purín de superfosfato pulverizado (3 a 5 % de la masa de purín).

La interacción del N-NH₃ del purín con el superfosfato produce sales resistentes a la descomposición:



El precipitado de todos los fosfatos en el fondo de los recolectores de purín, se puede aprovecharlo como abono

Usos del Purín

- Se emplea solo o en combinación con otros fertilizantes orgánicos.
- El purín al aplicarse al campo debe ser enterrado inmediatamente.
- En cultivos en hilera en primera aplicación con dosis de 5 a 7 t, en la segunda, con dosis de 8 a 10 t por ha.
- Como abono básico bajo hortalizas 10 a 20 t

Control de mineralización con fertilizantes nitrogenados

- Las dosis de fertilizantes nitrogenados esta en función de la cantidad de paja enterrado con el purín
- Se debe reducir la proporción C:N de la paja que se descompone en el suelo para acelerar una mineralización relativamente rápida,

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ALEXANDER, M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo. Ed. AGT
- 2.- ANONIMO. 1993. Residuos ganaderos. Ed. Fundación la Caixa. Via Laietana 56. 08009, Barcelona, España.
- 3.- BARBER., S.A. 1984. Soil Nutrient Bioavailability, A Mecanistic Approach. A Wiley-Interscience Publication. Johon Wiley & Sons. New York.
- 4.- BARTHOLOMEW, W.V. y F.E. CLARK. 1965. Soil Nitrogen. Published by the American Society of Agronomy Inc. Madison Wisconsin. USA. Number 10 in the series of Agronomy.
- 5.- BOHN H.L., B. L. MC-NEAL Y G. A. O'CONNOR. 1993. Química del Suelo. Ed. LIMUSA. Grupo Noriega Editores.
- 6.- CHAPMAN, D. H. 1967. Plant analysis values suggesting nutrient status of selected crops. p 77-92. In Soil Testing and Plant Analysis, part II S.S.S.A. Special Pub. Series. No. 2, Soil. Sci Soc. Amer, Madison Wis.
- 7.- COOK, G.W. 1983. Fertilización para rendimiento máximo. Edición traducida al español C.E.C.S.A. México.
- 8.- DUCHAUFOR PH. 1987. Manual de edafología. Ed. Masson, S.A. Barcelona España.
- 9.- FINCK A. 1988. Fertilizantes y Fertilización, Fundamentos y Métodos Para la Fertilización de los Cultivos. Editorial Reverte. S.A. Barcelona. España.
- 10.- HAVEK, R.D. and M. BYSTROM, 1970. N-15 A selected bibliography for agricultural Scientists Ed. The Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- 11.- JACOB A. Y H UEXKUL. 1964. Fertilización-Nutrición y Abonado de los cultivos Tropicales y Subtropicales. 2a. Edición en Español H. Veenman y Zonen N. V. Wageningen. Holanda.
- 12.- KONONOVA, M.M. 1982. Nueva Enciclopedia de Agricultura. Materia Orgánica del Suelo, su Naturaleza Propiedades y Medios de Investigación. Ed. por OIKOS-TAU. Barcelona. España.
- 13.- KNOWLES, R. and T. H. BALCKBURN (eds). 1993. Nitrogen isotopes techniques. Academic Press. San Diego, California, U.S.A. 311 p.
- 14.- LABRADOR M., J. 1996. La materia orgánica en los agosistemas. Ed. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid España. Pp174.

- 15.- MARSCHNER H. (1986). Mineral nutrition of higher plants. Institute of Plant Nutrition University of Hohenheim. Federal Republic of Germany.
16. MENGEL, K. and E. A. KIRKBY. 1987. Principles of plant nutrition. 4th Ed. International Potash Institute. Bern, Switzerland. 687 p.
- 17.- PORTA C., J., M LOPEZ-ACEVEDO R. Y C. ROQUERO De L. 1994. Edafología. Para la Agricultura y el Medio Ambiente. De. Mundi Prensa. Madrid. España.
- 18.- SZTERN, D., M. A. PRAVIA. 1999. Manual para la elaboración de compost, bases conceptuales y procedimientos. Ed. Por Ofician de Planeación y Presupuesto (Unidad de Desarrollo Municipal) y por Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. pp 68.
- 19.- TISDALE, S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton y J.L. Havlin. 1993. Soil Fertility and Fertilizers. Fifth editon. Macmillan Publishing Company. New York.
- 20.- VÁZQUEZ A., R.E. 1995. Fertilidad de Suelos, Notas de clase. Facultad de Agronomía, de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
- 21.- YAGODIN, B. A. 1982. Agroquímica II. Editorial Mir. Moscú URSS pp 464.

CAPITULO VI

EL CICLO DEL NITRÓGENO

Ph. D. Enrique Salazar Sosa¹, Dr. Cirilo Vázquez Vázquez¹, MC. Héctor Idilio Trejo Escareño²

1. Profesor investigador de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED. Carretera Gómez Palacio – Tlahualilo Km. 35. Gómez Palacio, Durango. E-mail: ENMAGEEL1@YAHOO.ES
2. E-mail: hector_idilio@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El nitrógeno es el nutriente mineral más demandado por las plantas de los cuatro mas comunes en la composición de la tierra. El nitrógeno es uno de los susceptibles a las transformaciones microbianas. Este elemento es la unidad estructural clave de la molécula de la proteína la cual se basa toda la vida y por consiguiente es un componente indispensable del protoplasma de plantas, animales y microorganismos.

El nitrógeno sufre un número de transformaciones que involucran a compuestos orgánicos, inorgánicos y volátiles. Estas transformaciones ocurren simultáneamente pero a menudo los pasos individuales efectúan objetivos opuestos. Las reacciones pueden verse en términos de un ciclo (Fig. 8.1) el cual es manejado a discreción por la microflora. Una pequeña parte del gran reservorio de N₂ en la atmósfera es convertido en compuestos orgánicos por algunos microorganismos de vida libre o por una asociación planta-microorganismo que torna el elemento directamente aprovechable por la planta. El nitrógeno presente en proteínas, ácidos nucleicos, etc. de los tejidos vegetales se usa por los animales. Cuando los animales y las plantas son sujetas a la degradación microbiológica, el nitrógeno orgánico es liberado como amonio, que a su vez es utilizado por la vegetación o es oxidado a nitrato. Este último

ion puede perderse por lixiviación, servir como nutriente o puede ser reducido a amonio o a N_2 gaseoso, que escapa a la atmósfera, Estas transformaciones del nitrógeno en su conjunto son los que en la naturaleza completan el ciclo de este elemento, el cual también en términos generales es el más limitante en el suelo y el que más manifiestan las plantas, síntomas de deficiencias. Por lo que en el mercado es el que en más compuestos químicos se vende.

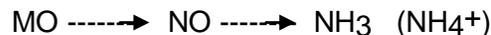
Mineralización del nitrógeno

La conversión de nitrógeno orgánico al estado inorgánico se conoce como mineralización del nitrógeno. En la mineralización se producen amonio y nitrato y desaparece el nitrógeno orgánico distinto. Estos productos lo delimitan dos procesos microbiológicos distintos, amonificación; en donde el amonio se forma a partir de compuestos orgánicos y nitrificación; término que se utiliza para referirse a la oxidación del amonio a nitritos y posteriormente nitratos.

El amonio (NH_4^+) al formarse hay subproductos sujetos a volatilización y como NH_4^+ a fijación por arcillas y a la materia orgánica del suelo.

El nitrógeno orgánico (proteínas, polipéptidos, aminoácidos, ácidos nucleicos y otros compuestos orgánicos) cuando es biodegradados libera amonio el cual entonces es oxidado. En condiciones naturales, la degradación de las proteínas y otras sustancias nitrogenadas es el resultado del metabolismo de una multitud de cepas microbianas, cada una de las cuales tiene alguna función en la ruta metabólica de la degradación. Una diversidad de microorganismos liberan amonio de los componentes nitrogenados orgánicos. Casi todas la bacterias, hongos y actinomicetos participan en la descomposición de abonos orgánicos, pero la tasa de descomposición y los compuestos aquí utilizados varía con las especies y los géneros.

BIOQUÍMICA DE LA AMONIFICACION

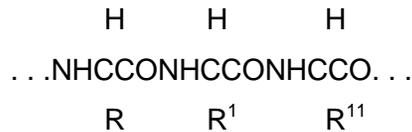


Los microorganismos sintetizan enzimas proteolíticas extracelulares para la descomposición de proteínas, se encuentran los géneros. Alterniría Aspergillus, Mucor,

Penicillium y Rizophus. Los hongos frecuentemente liberan menos amonio que las bacterias pues los hongos asimilan más nitrógeno para la síntesis celular.

Bioquímica de la descomposición de proteínas

La molécula de proteína esta compuesta por una larga cadena de aminoácidos teniendo todos un tipo general de estructura $H_2NCHRCOOH$, donde R puede ser un átomo de hidrógeno, un grupo metilo y una cadena de carbono corta o una estructura cíclica. Se encuentran cerca de 20 aminoácidos diferentes en una molécula de proteína unidos por enlaces peptídicos (CO-NH). Los péptidos están compuestos por cadenas cortas de aminoácidos. La molécula de la proteína de o un péptido es la siguiente:



Las enzimas que atacan e hidrolizan los enlaces peptídicos de las proteínas y péptidos se conocen como proteasas. Estas pueden ser de dos tipos generales exopeptidasas, que hidrolizan los enlaces pépticos cercanos al extremo de la cadena de aminoácidos, y endopeptidasas, que hidrolizan los enlaces a cierta distancia de la parte terminal de la cadena.

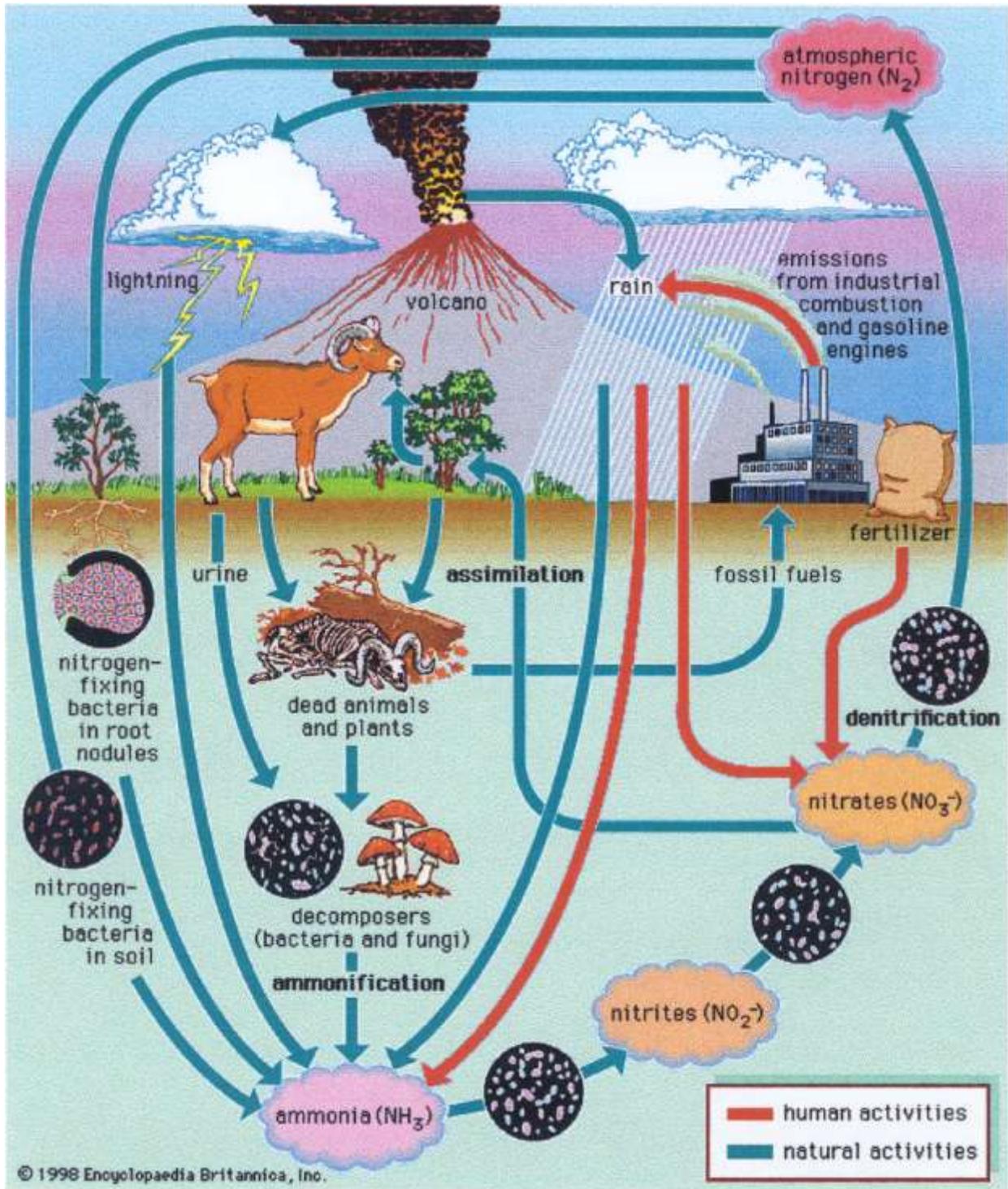
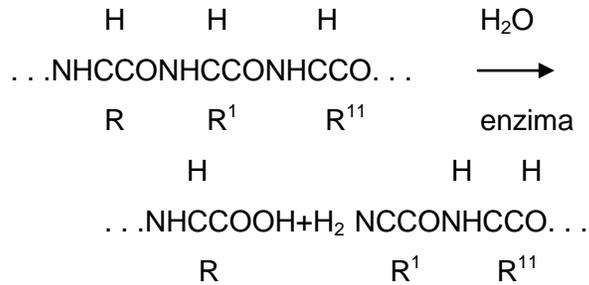


Figura 8.1. El Ciclo general del Nitrógeno en el suelo y medio ambiente externo.

En la descomposición de proteínas y péptidos se liberan grupos carboxilo y amino.



En el proceso, las enzimas proteolíticas rompen la molécula de proteína formando polipéptidos, péptidos simples y finalmente, aminoácidos libres que son los productos finales de la acción de la proteasa. La reacción es una hidrólisis, pues la enzima rompe el enlace peptídico con la adición de agua.

Los ácidos nucleicos son los segundos en importancia, después de las proteínas, como sustratos nitrogenados para la flora microbiana. Los tejidos vegetales y animales, así como las células microbianas, contienen dos tipos de ácidos nucleicos: ácido ribonucleico (ARN) y ácido de desoxirribonucleico (ADN) estructuralmente cada uno es un polímero con una unidad estructural conocida como mononucleótido que constan de una base purica o pirimidica, un azúcar y un fosfato.

En la descomposición de ácidos nucleicos finalmente en mononucleótidos individuales. El ataque es iniciado por las enzimas ribonucleasa y dextrirribonucleasa que actúan sobre el ARN y el ADN, respectivamente o por enzimas que hidrolizan tanto ARN como ADN, se les denomina nucleasas. La ribonucleasa extracelular es formada por especies de bacillus, pseudomonas y mycobacterium entre las bacterias y aspergillus, cephalosporium, fusarium, y mucor, penicillium y rhizopus entre los hongos. La dextrirribonucleasa extracelular es característica de los géneros arthobacter, bacillus, clostridium y pseudomonas entre las bacterias y cladosporium y fusarium en hongos.

La inmovilización:

La comparación entre la mineralización y la inmovilización en forma simultánea es de gran importancia, pues los resultados indican el curso de las transformaciones en un tiempo dado. Característicamente, después de la adición de materiales con proporciones C:N grandes (70:1) la inmovilización excede a la mineralización de manera que el efecto neto es la desaparición de nitrógeno inorgánico. Con sustratos carbonados de proporciones C: N pequeñas (15:1) la mineralización excede a la inmovilización y el contenido de nitrógeno inorgánico aumenta, la tasa de inmovilización está relacionada con la disponibilidad de la molécula orgánica, siendo muy alta con carbohidratos fácilmente oxidables, moderada con materiales menos apropiados y particularmente lenta con materiales muy descompuestos o componentes resistentes de los tejidos (lignina).

INMOVILIZACIÓN EN BASE A Relación C:N

- ◆ M.O. con amplia relación C:N (>25 a 30 : 1) resulta con alta inmovilización
- ◆ AMBOS mineralización e inmovilización ocurren, pero, la inmovilización es mayor $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ N Orgánico
- ◆ M.O. Con baja relación C:N (<25 a 30 : 1) resulta en una mayor mineralización $\text{NH}_4 + \text{NO}_3$ N Orgánico

La cantidad de N inmovilizado depende de la cantidad de NO aplicado al suelo

Nitrificación.

Es la conversión de amonio (NH_4) estado más reducido del nitrógeno inorgánico a nitrato y nitrito. El estudio de la nitrificación es importante en suelo desde el punto de vista de fertilidad pero también un exceso de nitratos pueden lixivarse contaminar al manto freático.

Bacterias nutrificantes

El primer trabajo de Winogradsky estableció que la nitrificación esta asociada característicamente con el metabolismo de algunas bacterias quimioautótrofas. Se distinguieron dos grupos: uno que deriva su energía para la síntesis celular de la oxidación

del amonio y el otro de la oxidación del nitrato en la tabla 8.1 se observan los microorganismos quimioautotróficos que oxidan el nitrógeno.

Tabla 8.1. Bacterias nitrificadoras

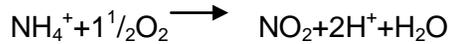
GENERO	ESPECIE	HABITAT
<u>OXIDA AMONIACO (NH₃) A NITRITO (NO₂)</u>		
Nitrosomonas	Europaea	Suelo, Agua
Nitrosospira	Briensis	Suelo
Nitrosococcus	Nitrosus	Marino
	Oceanus	Marino
	Mobilis	Suelo
Nitrosovibrio	Tenuis	Suelo
<u>OXIDA NITRITO (NO₂) A NITRATO (NO₃)</u>		
Nitrobacter	Winogradsky	Suelo
	(Agilis)	Suelo, Agua
Nitrospira	Gracilis	Marino
Nitrococcus	Mobilis	Marino

Los géneros nitrosomonas y nitrobacter son los principales nitrificantes quimioautotrofos. Debido a su capacidad de utilizar el CO₂ como única fuente de carbono, las nitrificantes deben llevar a cabo una reducción del CO₂ para convertirlo en los diferentes tipos de compuestos de carbono que se encuentran en el protoplasma microbiano. Por cada molécula de CO₂ que se reduce a nivel de carbono en la célula y se requiere de una cantidad fija de energía.

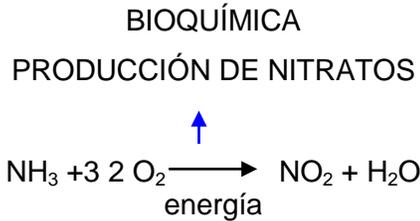
La fuerza que dirige la reducción es la oxidación inorgánica, de aquí que la eficiencia bioquímica de estos organismos está expresada convenientemente por la proporción de nitrógeno inorgánico oxidado-CO₂ asimilado.

(Una proporción de C:N) para las cepas nitrosomonas, la proporción de nitrógeno amoniacal oxidado-carbono de CO₂ asimilado varía de 14 a 70:1 en nitrobacter, la proporción nitrito oxidado-CO₂ fijado varía de 76 a 135:1.

La reacción que caracteriza a las bacterias quimioautótrofas en la primera etapa de la nitrificación es:



Los microorganismos no obtienen toda la energía potencialmente disponible sino solo una pequeña parte de ella; la proporción está determinada por su eficacia para utilizar la energía.



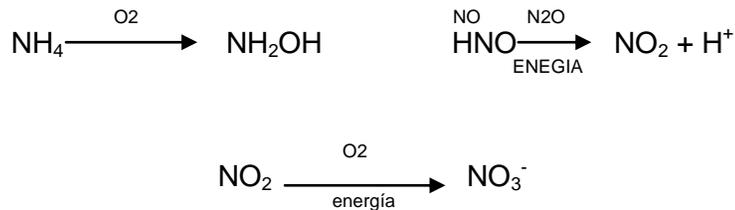
Los intermediarios son:

NH₂OH – Hidroxilamina

NHO – Nitrociil

NO – Oxido nitroso

N₂O – Oxido nítrico



Nitrificación heterótrofa

Los heterótrofos que son capaces de oxidar compuestos de nitrógeno inorgánico sin derivar energía del proceso. Un gran número de bacterias y actinomicetos heterótrofos son capaces de producir pequeñas cantidades de nitrito cuando crecen en medios de cultivo que contienen sales de amonio.

En la figura 8.2 muestra los microorganismos y los controles envueltos en los mejores puntos del nitrógeno inorgánico.

Este muestra que la nitrificación es parte de todo el ciclo esto involucra la denitrificación y la fijación de nitrógeno así como también la reducción asimilatoria y desasimilatoria.

El diagrama de Payne; muestra la oxidación del amoníaco (NH_3) y nitritos (NO_2) por el genero nitrosococcus y nitrobacter en vía intermediaria de hidroxilamina (NH_2OH).

La oxidación del NH_4 a hidroxilamina (NH_2OH) es una reacción endotermica y la reacción siguiente aunque no ha sido indentificado se piensa que un radical nitroxil.

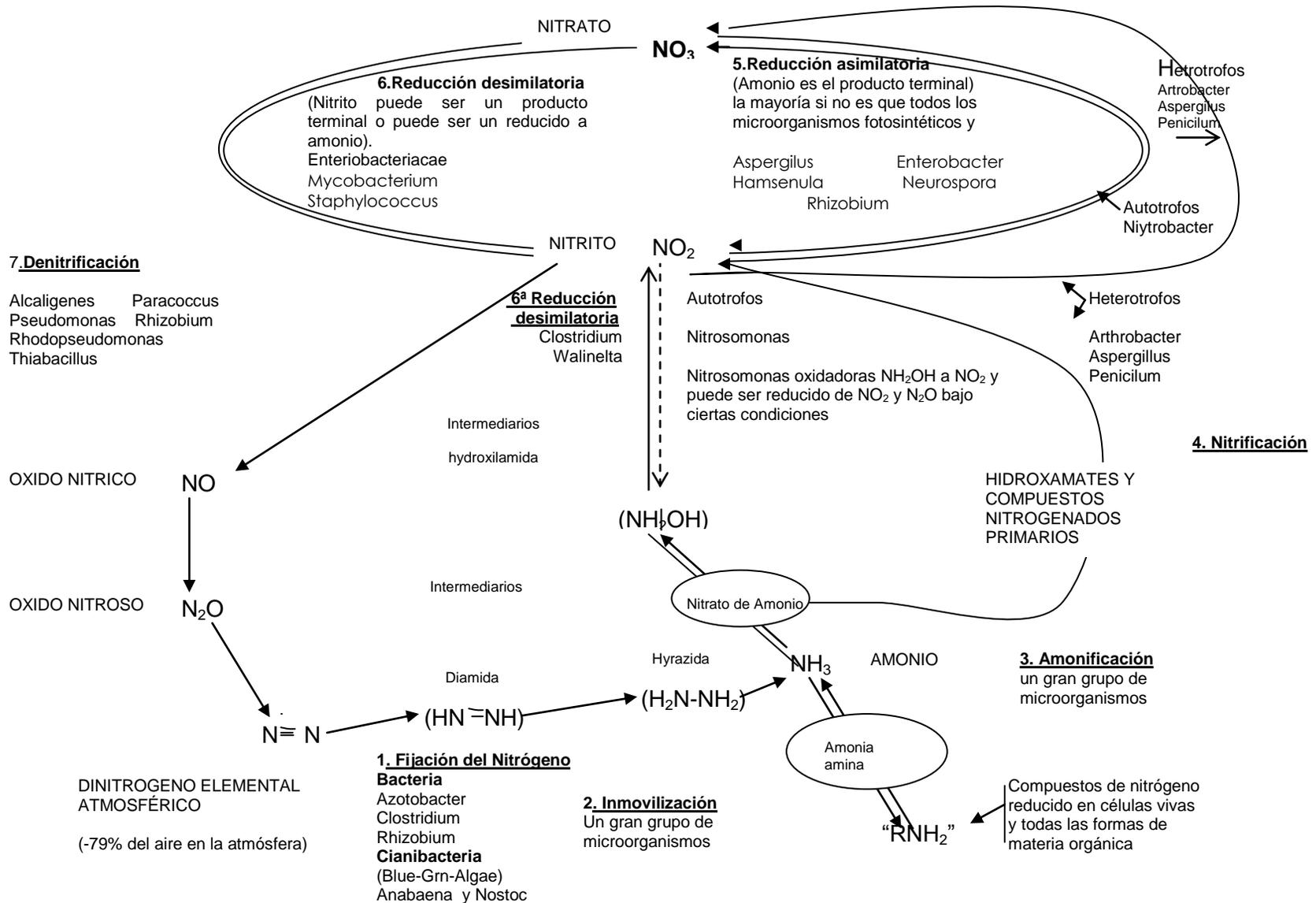


Figura 8.2. El ciclo del nitrógeno en el suelo: perspectiva microbiológica

Se piensa que el NO_3 reacciona con este radical para formar nitrohidroxilamina, la cual cuando se desintegra forma dos moléculas de HNO_2 la oxidación de NO_2 a NO_3 por nitrobacter también involucra al oxígeno, pero su importancia se centra en el transporte de electrones. El átomo de oxígeno en el nitrato proviene del agua no del oxígeno, en general todas las reacciones producen energía para el crecimiento que fluctuará de -65 a -18.2 kcal mol^{-1} por la oxidación de 1 mol de amonio y nitritos respectivamente.

Las bacterias oxidantes del amoníaco, el NH_3 es oxidado por la amoníaco monooxigenasa, una oxigenasa de función mixta (fig 8.3) que produce NH_2OH y H_2O . Entonces la hidroxilamina oxidorreductasa oxida la NH_2OH a NO_2 quitando cuatro electrones en el proceso. La amoníaco monooxigenasa es una proteína integral de la membrana, en tanto que la hidroxilamina oxidorreductasa es periplasmática (fig. 8.3) En la reacción efectuado por la amoníaco monooxigenasa.



Se requieren dos electrones que se suministran oxogénicamente para reducir un átomo de oxígeno a agua. Estos electrones se originan de la oxidación de la hidroxilamina y son suministrados a la amoníaco monooxigenasa por la hidroxilamina oxidorreductasa por vía del citocromo C. Así, por cada 4 electrones generados por la oxidación de NH_3 a NO_2 , solamente 2 llegan realmente a la oxidasa terminal.

Las bacterias oxidantes de nitrito emplean la enzima nitrito oxidasa para oxidar el nitrito a nitrato, con electrones que recorren una cadena transportadora de electrones muy corta hasta la oxidasa terminal (fig 8.4). Los citocromos de los tipos a y c están presentes en la cadena de transportación de electrones de los oxidantes de nitritos y la generación de un potencial de membrana (el cual dirige finalmente la síntesis de ATP) tiene lugar probablemente durante la oxidación directa de NO_2 .

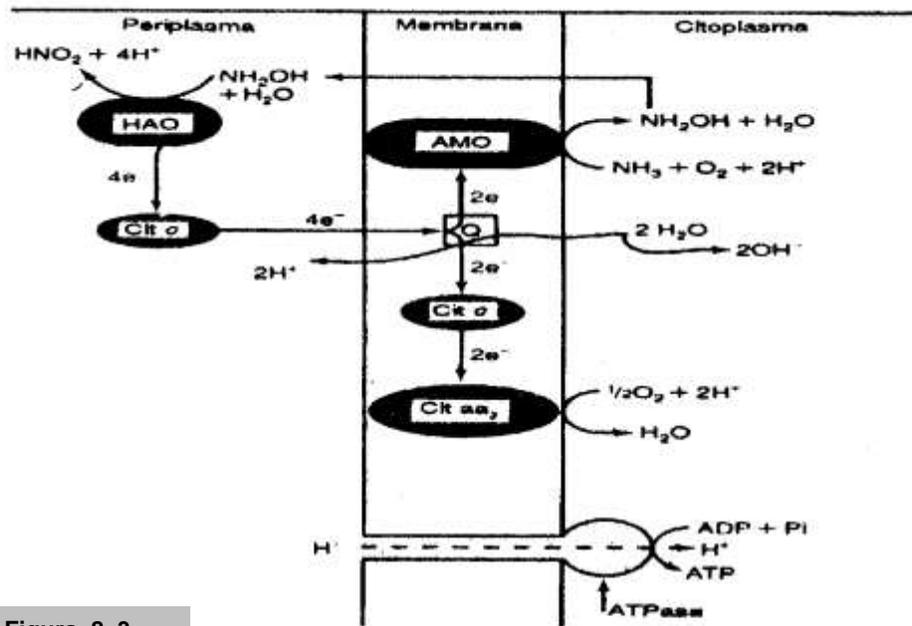
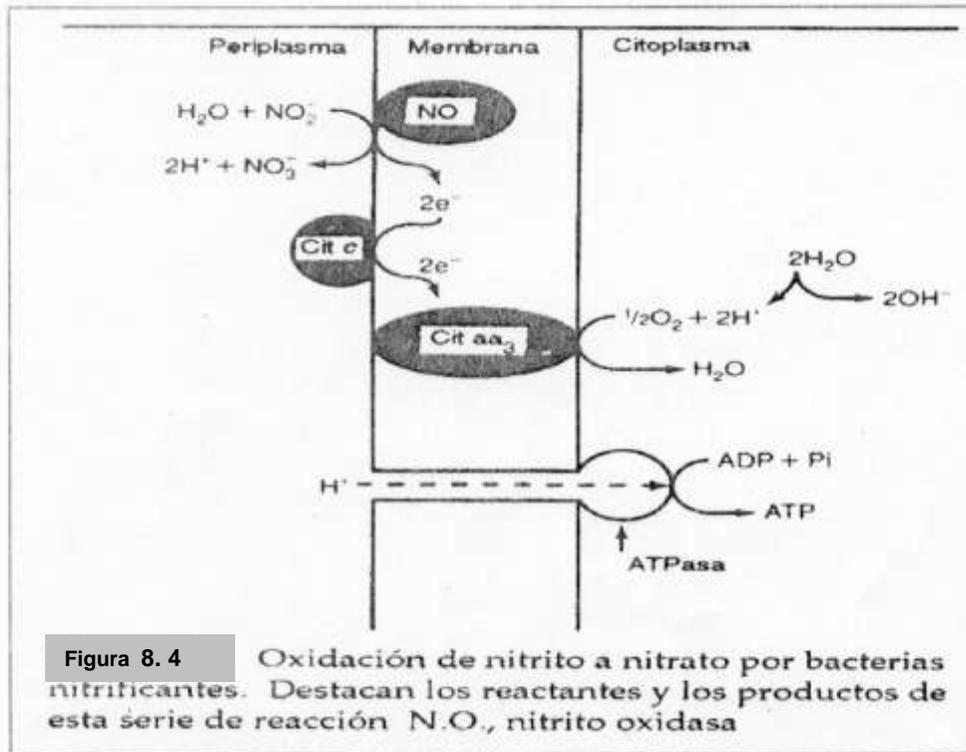


Figura 8.3. Oxidación del amoníaco y flujo de electrones en bacterias oxidantes del amoníaco. Se destacan los reactantes y los productos de esta serie de reacciones. El citocromo *c* (cit *c*) en el periplasma es una forma diferente del cit *c* que está en la membrana. AMO, amoníaco monooxigenasa; HAO hidroxilamina oxireductasa.



Desnitrificación:

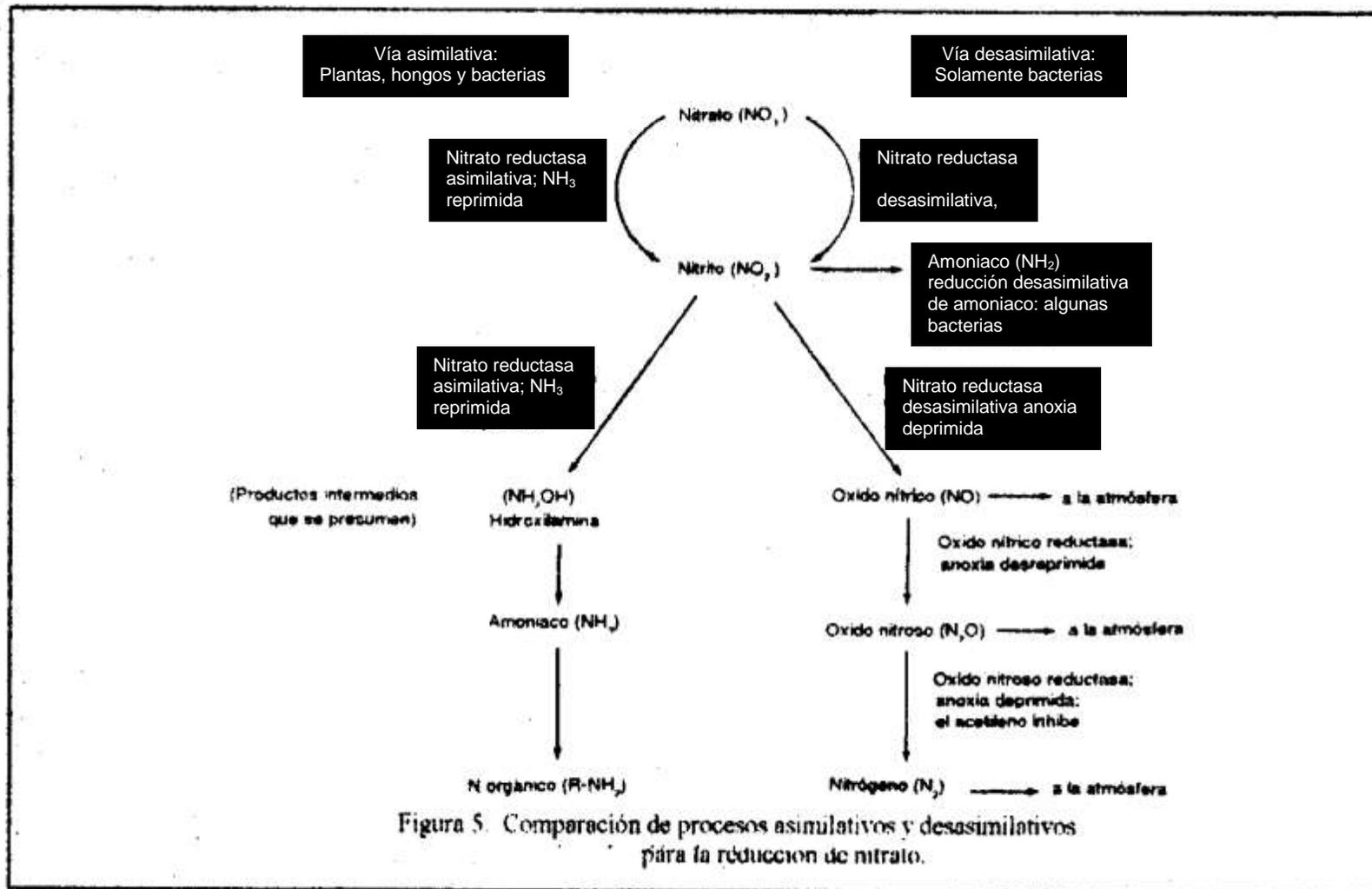
Es la reducción microbiana de nitrato a nitrito a formas más reducidas de N_2O , NO y N_2 . Estas formas de nitrógeno gaseoso son llamadas desnitrificación enzimática, deberán ser distinguidos de la reacción asimilatoria de NO_3 efectuado por varios organismos durante el crecimiento y también de la reducción desasimilatoria de nitrato a amonio, está acompañado por ciertos microorganismos en ausencia de O_2 . En reducción asimilatoria plantas verdes, bacteria, cianobacteria y fungi reducen NO_3 a NH_4 en el curso de la biosíntesis de proteínas y aminoácidos.

La reducción asimilativa de nitratos, en la cual los nitratos son reducidos al nivel de oxidación. Del amoníaco para utilizarlo como fuente de nitrógeno para el crecimiento y la reducción de desasimilación de nitratos, en la cual los nitratos se utilizan como un aceptor alternativo de electrones en la germinación de energía se constatan en la (fig. 8.5). El productor final de la reducción desasimilativa de nitrógeno es N_2 N_2O . El proceso en el medio principal mediante el cual el N_2 gaseoso se forma biológicamente y puesto que el N_2 es mucho menos fácilmente disponible para los organismos que los nitratos como fuente de nitrógeno.

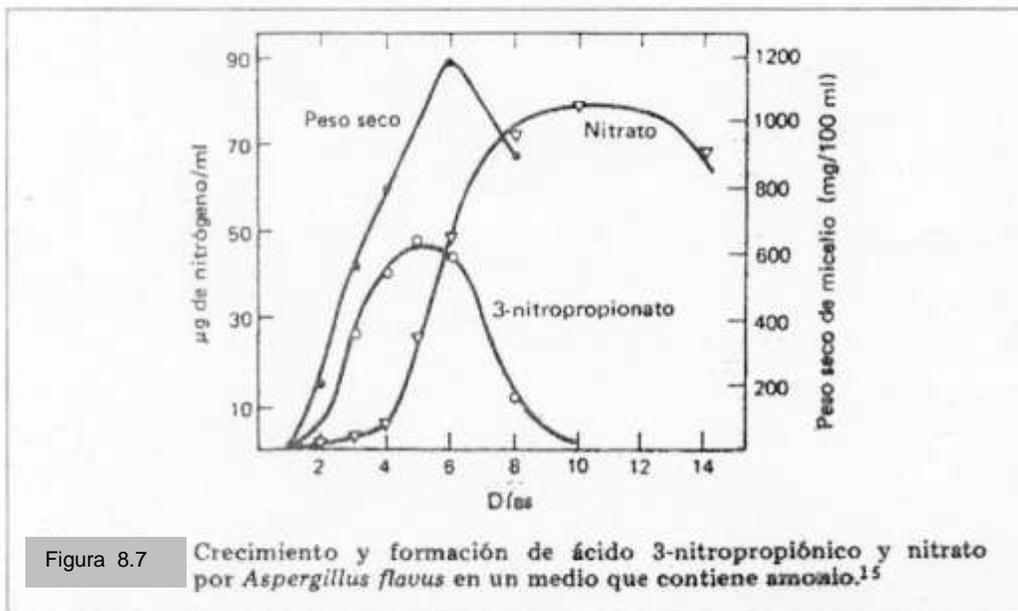
La enzima que participa en la primera etapa de la reducción de nitratos, la nitrato reductasa es una enzima que contiene molibdeno. En general los nitratos reductasas asimilativas son proteínas solubles, a las cuales reprime el amoníaco, en tanto que las nitrato reductasas desasimilativas son proteínas unidas a la membrana, que son reprimidas por O_2 inhibe la síntesis de nitrato reductasa desasimilativa, el proceso de desnitrificación es estrictamente un proceso anaeróbico, mientras las nitrato reductasa asimilativas se pueden presentar muy bien bajo condiciones aerobias.

En todos los casos, el primer producto de la reducción de nitrato es nitrito, NO_2 y otra enzima, la nitrito reductasa es la responsable de la etapa siguiente. En el proceso desasimilativo. Son posibles dos rutas, una a amoníaco y la otra a N_2

Figura 8.5 Comparación de procesos asimilativos y desasimilativos para la reducción del Nitrato



Una secuencia común de productos involucra la generación inicial de nitrito a partir de nitrato en el suelo. También los niveles de nitrito pueden ser razonablemente elevados pero con frecuencia son bajos o no detectados. Así, el nitrato es convertido en gases, la identidad del primer gas que se observa varía con el pH del suelo, la temperatura y los niveles iniciales de nitrato y materia orgánica disponible. Frecuentemente el NO es un compuesto característicamente relacionado con la desnitrificación en suelos ácidos. Si se libera NO su aparición es seguida por la del N_2O aunque algunas veces el N_2O y NO en la fase anaeróbica del gas disminuyen y entonces el N_2 se acumula como producto terminal fig. 8.7. En algunos casos, el gas predominante es el N_2 conforme la reducción se acerca a su fin, en otras ocasiones el N_2O constituye gran parte del Nitrógeno volatilizado Fig (8.7).



La tasa de liberación de gas fluctúa enormemente de un lugar a otro y dependiendo de la temporada, la humedad el estado del O_2 el nivel de materia orgánica y otros factores. Las tasas de desnitrificación varían aproximadamente de 0.003 a 0.30 kg de nitrógeno en forma de N_2O y desde menos de 0.001 a casi 0.02 kg de nitrógeno en forma de NO pueden volatilizarse por hectárea en un día.

Fijación del Nitrógeno.

La utilización del gas nitrógeno (N_2) como fuente de nitrógeno se denomina fijación de nitrógeno y es una propiedad que poseen sólo algunos microorganismos, también es fijado por la precipitación pluvial puede agregar varios kilogramos de amonio o nitrato por hectárea y las descargas eléctricas de la atmósfera regresan una pequeña cantidad de nitrógeno al suelo.

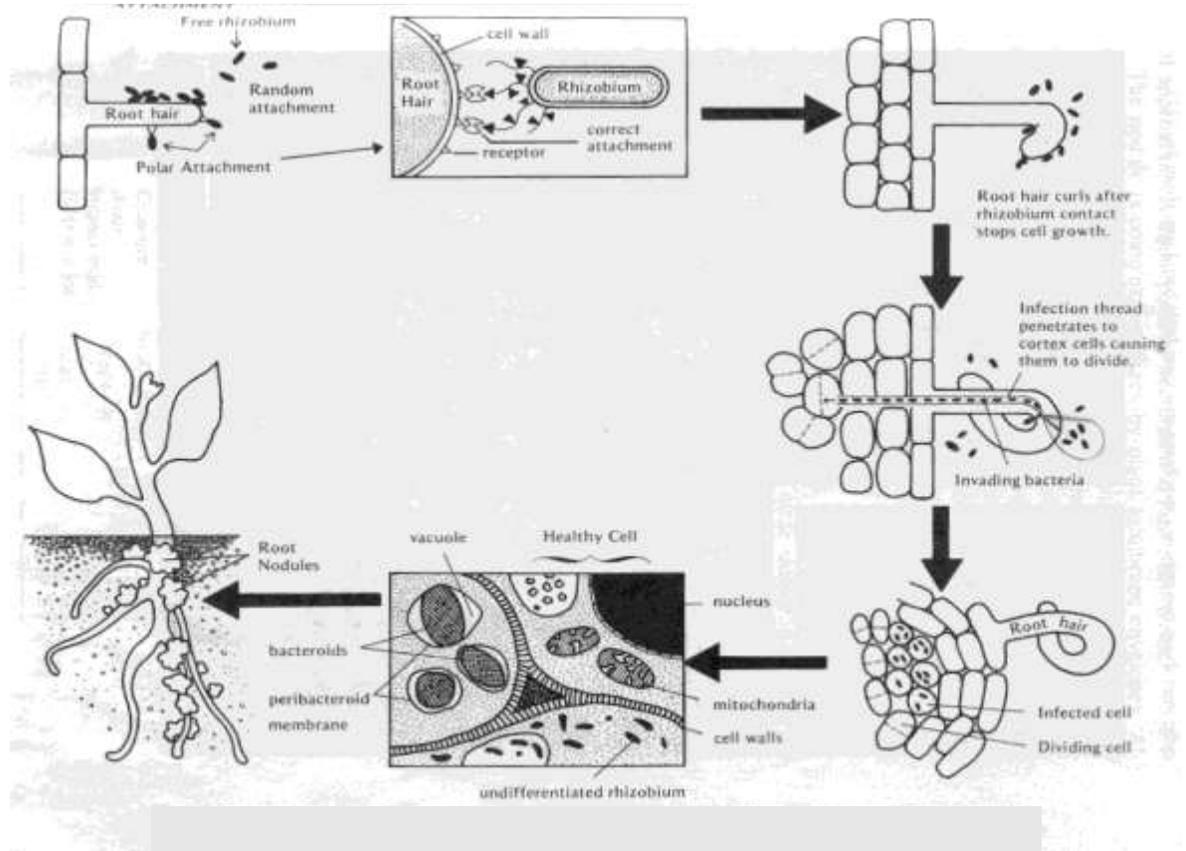
Microbiología

La fijación biológica del N_2 es efectuada por las bacterias de vida libre o algas verde-azules que hacen uso del N_2 por medios no simbióticos y por asociaciones simbióticas compuestas por un microorganismo y una planta superior. La simbiosis Rhizobium-leguminosa, importante desde el punto de vista agrícola. En la tabla (8.3) se observan diferentes organismos u asociaciones involucrados en la fijación de nitrógeno.

Las leguminosas son un gran grupo que incluyen plantas de gran importancia económica como la soya, el trébol, la alfalfa, el frijol y los chícharos definidas como plantas que llevan semillas dentro de la vaina. Rhizobium y Bradyrhizobium son bacilos motiles gram-negativos. La infección de las raíces de una planta leguminosa con la especie apropiada de Rhizobium o de Bradyrhizobium provoca la formación de nódulos en las raíces.

En cultivo, el Rhizobium es capaz de fijar N_2 solo cuando crece en condiciones microaerofílicas estrictamente controlados. Aparentemente el Rhizobium necesita algo de O_2 para producir la energía necesaria para la fijación del N_2 , pero su nitrogenasa es inactivada por O_2 , en el nódulo las cantidades precisas de O_2 son controladas por una proteína que se une con el O_2 , la leghemoglobina. Esta se encuentra siempre en nódulos sanos fijados de N_2 . Ni la planta, ni el Rhizobium solos son capaces de sintetizar la leghemoglobina, pero su formación es inducida de alguna manera mediante la interacción simbiótica de estos dos organismos.

La leghemoglobina sirve como un "amortiguador de oxígeno" haciendo un ciclo entre las formas oxidada (fe_3) y la reducida (fe_2), para conservar los niveles de O_2 libre dentro del nódulo o un valor bajo, pero constante.



En la fig. (8.9) se observa las diferentes 4 etapas de infección y el desarrollo de nódulos. Los cuales se forman en raíces y tallos.

Las raíces de las plantas leguminosas secretan varias sustancias orgánicas que estimulan el desarrollo de una microflora en la rizosfera. Este estímulo no está restringido a los rizobios, sino que abarca muchas bacterias diferentes de la rizosfera. Si hay rizobios en el suelo, se desarrollan en la rizosfera y construyen altas densidades de población. La fijación en la simbiosis leguminosa-Rhizobium depende del reconocimiento apropiado de las macromoléculas de la superficie de los pelos superficiales de la raíz interactúan con los polisacáridos de la superficie de la célula del Rhizobium.

Bioquímica de la fijación de nitrógeno en los nódulos.

La fijación del nitrógeno implica la actividad de la enzima nitrogenasa una proteína grande, de dos componentes de hierro y molibdeno. La nitrogenasa en los nódulos de la raíz tiene características similares a la enzima de las bacterias fijadoras de nitrógeno que viven libremente, incluyendo la sensibilidad al oxígeno y la capacidad para reducir el acetileno, así como el N_2 : La nitrogenasa se localiza dentro de las bacteroides mismo y no se libera dentro del citosol de la planta.

Los bacteroides son totalmente dependientes de la planta para que les suministre las fuentes de energía para la fijación del N_2 . Los principales compuestos orgánicos transportados a través de la membrana peribacteroidica y dentro del propio bacteroide son los intermedios del ciclo de ácido cítrico, en particular los ácidos en C-4, succinato, malato y fumarato Fig. (8.8). Estos sirven como donadores de electrones para la producción de electrones para la producción de ATP y como fuente último de electrones para la reducción del N_2 .

Tabla 8.3. Organismos y asociación de los mismos involucrados en la fijación de nitrógeno

Agrobacterium		
Tipo de asociación	Genero procariótico representativo	
Organótrofos	Aeróbicas	Azotobacter, Beijerinckia, Derrxia, Xantobacter, Rhizobium
	Aeróbicas facultativas	Bacillus, Klebsiella, Azospirillum, Thiobacillus
	Anaeróbicas	Clostridium, desulfovibrio, Desulfotomaculum
	Ingeniería genética	Salmonella, Escherichia, Serratia
Fotoheterótrofos	Cianobacterias	Nostoc, Trichodesmium, Anabaena, Gloeotheca
	Bacterias púrpura	Rhodospseudomonas, Rhodospirillum
	Bacterias púrpuras y verdes	Chromatium, Chlorobium, Thiocapsa
Organótrofos	Bacterias de la Rizosfera	Azospirillum, Azotobacter, Bacillus
No nódulos, nódulos	Filosfera	Klebsiella, Beijerinckia
	Legumbres	Rhizobium
	No legumbres	Rhizobium
	No legumbres, Actinomicetos	Frankia
	No legumbres, Gunnera	Nostoc
Afotótrofos asociativos	Líquenes	Nostoc, Stigonema, Calothrix
	Gimnospermas (Cycas)	Nostoc
	Water ferns (Azolla)	Anabaena
	Endocinesis (Oocystis)	Nostoc

Volatilización de NH₃.

Bajo condiciones normales el NH₃ puede ser perdido por volatilización; el amonio entrando a la atmósfera de fuentes terrestres a lo ancho del mundo a sido estimado por Soderlund y Svensson (1976) de la siguiente manera de 2 a 6 Tg N / año de los animales salvajes, de 20-35 Tg N/año por combustión de combustible fósil dando un total de 26-53 Tg N/año. La pérdida gaseoso de NH₃ puede contar en gran parte para el regreso del nitrógeno a un sistema de pastoreo.

Los factores que afectan la volatilización de NH₃ de los suelos han sido estudiados por Keeney (1975) y Reman (1979) los hechos concernientes de la volatilización de NH₃ pueden ser rumorizados como sigue.

- (1) Las pérdidas son de mayor importancia en suelos calcáreos, especialmente cuando son usados fertilizantes con contenido de NH₄. solo ligeras pérdidas ocurren en suelos de pH de 6 a 7, pero las pérdidas se incrementan marcadamente a medida que el pH de suelo se incrementa.
- (2) Las pérdidas se incrementan con la temperatura y estas pueden ser apreciables cuando los suelos son neutros o alcalinos contienen NH₄ cerca de la superficie de la pérdida de agua.
- (3) Las pérdidas son mayores en suelos de baja capacidad de intercambio cationico.

Las arcillas y humus absorben NH₄ y previenen su volatilización. En un suelo con una reacción alcalina, poco NH₃ será pérdida de humedad adecuada presente.

- (4) Las pérdidas pueden ser altas cuando basura orgánica nitrogenadas tales como estiércol de establos son permitidos para decomponerse en la superficie del suelo aún en un suelo que sea ácido, debido al incremento localizado en pH que resulta de la formación de NH₃.

Lixiviación

El nitrógeno en pérdida por lixiviación principalmente como NO_3 aunque el NH_4 puede ser perdido en suelos arenosos. En suelos intensivamente laboreados donde el fertilizante no ha sido aplicado, la pérdida es reducida grandemente porque el contenido de NO_3 en el suelo es más bajo y menos agua pasa a través del suelo.

Evidencia para la pérdida de nitrógeno a través de lixiviación ha sido hecha con experimento con lisímetros Allison 1955. Preparó hojas del balance del nitrógeno para un gran número de experimentos con lisímetros conducidos en los EU. reportó los siguientes resultados.

- 1) Las plantas comúnmente recobrarán solo el 50-75% del nitrógeno que fue añadido o estuvo disponible del suelo. Bajas recuperaciones fueron generalmente obtenidas donde grandes adiciones de nitrógeno fueron hechas, donde los suelos fueron muy arenosos y donde la planta no fue adecuada para construir el nitrógeno mineral.
- 2) El contenido del nitrógeno en los suelos decreció a pesar de cuanto fue añadido como fertilizante a menos que el suelo fuera mantenido, sin cultivar.
- 3) Una proporción grande del nitrógeno que no se recuperó en la cosecha de la planta fue encontrada en el perfil, pero pérdida sustancial sin contarse ocurrieron en la mayoría de los lisímetros. Las ganancias del nitrógeno fueron pocas.
- 4) La magnitud del nitrógeno sin contar fue en general independiente en la forma en la cual el nitrógeno fue aplicado, si fue como NH_3 y NH_4^+ o nitrógeno orgánico.

En adición la lixiviación considerable del nitrógeno puede ser pérdida del suelo como un resultado de la erosión. La erosión laminar es altamente selectiva en aquella que la fracción rodada contiene más veces más nitrógeno que el suelo original.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen A.L., F.J. Stereson, and L.T. Kurtz, 1973. *J. Environ. Qual.*, 2:120-124.
- Allison F.E. 1955. The enigma of soil nitrogen of soil nitrogen balance sheets. *Adu. Agron.* 7:213-250.
- Bartholomen, W.V. 1965. Mineralization and immobilization of nitrogen in the decomposition of plant and animal residues. In: V. Bartholomen and f.E. Clark, ed. *Soil nitrogen*. American Society of Agronomy. Madison, Wisc., pp. 285-236.
- Benemann J.R. and R.C. Valentine. 1972. The pathways of nitrogen fixation microbial physiol. 8:59.
- Bock, T.D. y Michael T. Madigan. 1982. Changes in mineral N. and numbers of bacteria and actinomyces during two years under wheat-fallow. *SASR atch-ewan. Can J. Soil Sci.*,
- Castellanos, J.Z., J.J. Peña C., V. Badillo, A. Aguilar S., J.A. Acosta G. J.A. Rodríguez G. 1998. Características Agronómicas del frijol asociados a la capacidad de fijación de N₂ en el Centro de México. *TERRA*. Vol. 16 Num. 4. p. 351.
- Cule, J.A., y S.J. Ferguson. 1988. *The Nitrogen and sulfur cycles*. Cambridge University Press.
- Diworth, M. 1934. Dinitrogen fixation. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 25:81-114.
- Encyclopedia Britannica, Inc; 1998.
- Lawn, R.J. y W.a. Bron. 1974. symbiotic nitrogen fixation in soybeans. *J. Effects of photosynthetic source sink manipulations. Crop. Sci.* 14:11-16.
- Payne, W.J. 1973. Reduction of nitrogenous oxides by microorganisms. *Bacteriol. Rev.*, 37:409-452.
- Salazar-Sosa E., Leos-Rodrigues J.A., Fortis-Hernández M., Vázquez-Vázquez C.2002. Nitrogen recovery and uptake by wheat and sorgum in stubble mulch and no-tillage systems. *Agrociencia*, vol 36 No 4. 433-440.
- Salazar-Sosa E., Lindemann W.C., Cardenas E., Christensen N.B., 1998 (a). Mineralización y distribución del nitrógeno a través de la zona radicular en dos sistemas de labranza bajo condiciones de campo. *TERRA*, Volumen 16, No 2, 163-172.
- Salazar-Sosa E., Lindemann W.C., Smith G., Cárdenas E., 1998 (b). Comparación entre la Mineralización y la denitrificación potencial en dos sistemas de labranza bajo condiciones de laboratorio. *TERRA*, Volumen 16, No 2, 173-180.
- Sterenson, F.J. 1982. *Nitrogen in agricultural soils*. Soil Science society of America, Inc. Editor-in-Chief ASA Publications. MATTHIAS STELLY. Masdison, Wisconsin USA.

Waters, L.Jr. 1980. Translocation of ^{14}C photosynthate carbohydrate content, and nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L. during reproductive development. *J. Am. Soc. Of Hort. Sci* 105:424-427.

CAPITULO VII

MANEJO Y CONTROL DE ENFERMEDADES

Florencio Jiménez Díaz¹, Enrique Salazar Sosa²

1 Investigador del INIFAP Laguna

2 Profesor Investigador de la DEP-FAZ-UJED.

INTRODUCCION

La necesidad de desarrollar estrategias que contribuyan al éxito de la agricultura orgánica ha sido notorio en los últimos años, estas estrategias colaterales deben de servir de apoyo para el cumplimiento de los principios de producción orgánica de cultivos agrícolas con el fin de hacer de este sistema de producción un modelo que contribuya económicamente al productor, al mismo tiempo que le permita al consumidor contar con un producto que satisfaga los requerimientos de calidad.

Dentro de los factores que se consideran importantes en cualquier sistema de producción agrícola es el control de enfermedades, las cuales bajo ciertas condiciones pueden llegar a ser un factor que impide lograr un rendimiento satisfactorio y una calidad que permita cumplir con los requisitos del mercado. Las enfermedades más comunes en los cultivos agrícolas son generalmente ocasionados por hongos, los cuales son de distribución universal, ya sea como habitantes del suelo o del medio ambiente aéreo de la planta. Los hongos como agentes causantes de enfermedades afectan el rendimiento al ocasionar daños a la raíz o a la estructura permanente de la planta, o bien dañar directamente al fruto produciendo pérdidas en rendimiento y calidad.

En años recientes los virus como agentes causantes de enfermedades han adquirido especial importancia, esto debido a su amplia distribución, a la aparición y descripción de nuevos virus y sus variantes y a la explosión ecológica de sus vectores, entre éstas la mosquita

blanca, insecto que además de considerarse un riesgo como plaga, ha desplazado a los áfidos en su importancia como vectores debido principalmente a su amplio rango de hospederos y a su amplia adaptación a todos los ambientes ecológicos.

EL CONCEPTO DE MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES EN AGRICULTURA ORGANICA

El manejo integrado de enfermedades se refiere a la utilización de diferentes prácticas de manejo dirigidas a reducir o eliminar el daño de enfermedades las cuales por si solas no serían de suficiente efecto, sin embargo cuando se conjuntan, sus efectos aditivos se combinan para lograr una reducción adecuada de la enfermedad. El manejo integrado de la enfermedad se basa en el conocimiento del sistema de producción, en el entendimiento de la fenología del cultivo y en las características biológicas del agente causal. El sistema de producción de agricultura orgánica implica solo la utilización de técnicas que compaginen o cumplan con los requisitos de este sistema, lo cual incluye como regla más importante la no-utilización de productos químicos que contaminan el ambiente, el suelo, el manto freático y en si directamente la fruta, la cual al ser ingerida por el consumidor puede ocasionar daños a la salud por un consumo crónico de producto agrícola con residuos de fungicidas.

El desarrollo y aplicación de un paquete de manejo integrado de enfermedades en agricultura orgánica asegura resultados estables a mediano y largo plazo sin los efectos negativos en la ecología, sin embargo se requiere el conocimiento, capacitación y educación del usuario para una buena integración de práctica, así como la difusión dentro de los consumidores quienes deben de entender y aceptar algo de daño.

El manejo de enfermedades dentro de agricultura orgánica se debe de considerar como un componente integral del sistema de producción, para lo cual se deben de seleccionar las tecnologías adecuadas para mantener la enfermedad a un nivel tolerable en lugar de erradicarla, lo adecuado de la tecnología dependerá de la eficacia de cada una de las técnicas seleccionadas, del tipo de patógeno y de las características epidemiológicas de la enfermedad.

Las prácticas de manejo de una enfermedad en el sistema de producción orgánico deben de aplicarse durante todo el año, enfocadas a mantener un substrato (suelo) libre de patógenos aun en ausencia del cultivo, o bien a mantener un medio ambiente con bajo

potencial de inóculo. La integración de varias técnicas de manejo bajo estas condiciones darán resultados más estables a largo plazo.

Para desarrollar un programa de manejo integrado de enfermedades en agricultura orgánica con altas posibilidades de éxito es necesario primero contar con un diagnóstico de las posibles enfermedades que puedan ocurrir dependiendo del cultivo y de las condiciones climáticas, ya que será conveniente pensar en prácticas de control que sean aplicadas de manera preventiva para evitar la ocurrencia de dichas enfermedades, al mismo tiempo será conveniente mediante revisiones de literatura identificar la posible dinámica del desarrollo de la enfermedad con el fin de determinar las mejores prácticas de manejo aplicables para reducir o minimizar las poblaciones de inóculo. Será conveniente identificar los principios lógicos para el manejo de la enfermedad como es el definir las técnicas de supresión de la enfermedad y conocer el efecto del medio ambiente sobre el desarrollo de la enfermedad.

PRINCIPIOS EN EL CONTROL DE ENFERMEDADES DE PLANTAS

A través del desarrollo del conocimiento de las enfermedades se han desarrollado principios en su control que son de aplicación universal.

Para el desarrollo de una enfermedad es necesario la presencia e interacción de los 3 factores como son hospedero, patógeno y medio ambiente favorable. La ausencia de uno de los 3 factores será razón suficiente para que la enfermedad no se presente. Existen circunstancias que hacen variar la interacción de estos 3 factores y las cuales pueden ser controladas por el agricultor, por ejemplo selección de fechas de siembra para hacer menos favorable el ambiente y como consecuencia lograr una disminución en la severidad de la enfermedad o bien la selección de variedades tolerante o resistentes al patógeno.

La experiencia lograda en el desarrollo del conocimiento de estas áreas ha permitido el establecimiento de algunos principios dirigidos al control de enfermedades entre los cuales se enumeran los siguientes:

- 1. Principio de exclusión.** Una manera efectiva de prevenir la ocurrencia de una enfermedad será evitar la introducción del patógeno a una región, área o predio libre del mismo. Generalmente el principio de la exclusión se lleva a cabo mediante leyes u ordenamientos legales (cuarentenas, certificado fitosanitario, etc.), utilización de material de propagación

libre de patógenos, métodos físicos para suprimir el inóculo inicial (vapor caliente, agua caliente, quemado de residuos de cultivo, inundación, rotación de cultivos y solarización del suelo), etc.

2. **Principio de evasión.** Establece que una enfermedad no ocurrirá si se evita la siembra de un cultivo hospedero en un predio con la presencia de un patógeno definido.
3. **Principio de erradicación.** Una manera efectiva de evitar el desarrollo de una enfermedad es destruyendo plantas con presencia de un patógeno no deseado y recién introducido a la unidad de producción, lo cual evitará su diseminación en el área agrícola.
4. **Principio de protección.** La utilización de una barrera física puede impedir efectivamente el establecimiento de un patógeno en un hospedero y como consecuencia evitar el desarrollo de la epifitía de la enfermedad.

La aplicación de los anteriores principios han dado lugar al desarrollo de métodos de control, los cuales pueden clasificarse como métodos de control legal, métodos de control cultural, métodos de control genético, métodos de control biológico, métodos de control físico y químico.

CONOCIMIENTO DEL CICLO DE UNA ENFERMEDAD

Para el buen desarrollo de un paquete de manejo integrado de una enfermedad será necesario conocer el ciclo de vida de la misma. Generalmente el ciclo de vida de cualquier enfermedad se compone principalmente de una fase invernante que asegura la sobrevivencia (invierno, ausencia de hospedero, etc.). Es conveniente conocer perfectamente la estructura de sobrevivencia, su resistencia al calor y al frío, profundidad en el suelo, susceptibilidad a sequía o inundaciones, efecto de condiciones del suelo sobre su germinación, etc. Esta fase invernante germina bajo ciertas condiciones de temperatura y humedad, las cuales producen una infección primaria. Del momento de infección a la aparición de síntomas se requiere un período de incubación que depende de la ocurrencia de condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad. Una vez que aparecen los síntomas de la enfermedad se desarrolla en el borde de las lesiones el inóculo secundario, dando lugar a una infección secundaria, lo cual inicia un ciclo secundario de la enfermedad que se repite cuantas veces ocurran condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad. Al final del ciclo las condiciones de temperatura se vuelven desfavorables para el patógeno, ocasionando un cambio en el ciclo y dando lugar a la formación de estructuras de resistencia o de invernación, las cuales permiten la sobrevivencia del patógeno durante la ausencia del hospedero.

MÉTODOS DE CONTROL DE ENFERMEDADES APLICABLES A AGRICULTURA ORGÁNICA

A continuación se describen algunos métodos de control de enfermedades que son ampliamente utilizadas bajo el concepto de agricultura orgánica:

Rotación de cultivos

La rotación de cultivos es un método de control eficiente, ya que elimina la planta hospedera y sin ella la enfermedad quedará en forma latente o encontrará el patógeno hospedante. La duración de la rotación depende del tiempo que pueda sobrevivir el patógeno sin la planta hospedante (Findlay, 2002). La rotación es una práctica tan antigua que los Incas la utilizaban como medida común para la producción de Papa (Thurston, 1994), de la misma forma que utilizaban el amaranto como parte de la rotación para suprimir las enfermedades de Papa (Garcilasco, 1966).

Hoy en día la rotación ocupa el lugar de muchas medidas de control químico debido a los grandes riesgos que representa el uso de fungicidas, siendo una medida que satisface los requisitos de la agricultura orgánica (Findlay, 2002). La rotación posee algunos otros efectos benéficos adicionales tales como mayor disponibilidad de nutrientes, menos contaminación de los mantos freáticos y la estimulación de los microorganismos del suelo (Davis et al, 1996). Dentro de la rotación se deben de utilizar cultivos básicamente que no se consideren hospederos de las enfermedades presentes y que además influyan en otros factores tales como producir cambios positivos en la microflora del suelo (Davis, 2000), aumentar la disponibilidad de nutrientes (Westermann and Davis, 1992) o producir compuestos que eliminen los patógenos del suelo (Fritz, 1998).

Control biológico

El control biológico es probablemente la práctica más prometedora y de mayor utilidad y compatibilidad con el concepto de agricultura orgánica. En el control biológico se identifican una vertiente de efecto indirecto que ocurre cuando se activan mecanismos que afectan negativamente el desarrollo de una enfermedad y el efecto directo que consiste en la utilización de un agente biológico dirigido a eliminar por vía directa el patógeno causante de la enfermedad.

El efecto indirecto es notorio en la utilización de modificadores o mejoradores orgánicos (estiércol, residuos de cultivo, etc.) en el control de fitopatógenos del suelo, sugiriendo que éstos presentan las siguientes acciones contra los fitopatógenos (Papavizas and Lumsden, 1980): 1) Estimulación de la germinación de hongos seguido de lisis, lo cual reduce el número de propágulos, 2) Inactivación temporal o permanente de los propágulos en el suelo, 3) Inmovilización de nitrógeno y otros nutrientes lo cual favorece la competencia y 4) Servir como base alimentaria o substrato para la producción de antibióticos o de materiales nocivos.

Se considera que el área de la Rizosfera es una región de intensa actividad donde tienen lugar complejas interacciones entre la raíz, los microorganismos y los factores ambientales. Los materiales provenientes de la raíz de la planta (exudados, mucílagos, células, etc.) son utilizados como fuentes de carbono y energía para los miles de organismos habitantes del suelo (Zavaleta, 1987).

Mención especial merece el uso de compostas con efectos benéficos para la agricultura desde antiguas civilizaciones (Kelman and Cook, 1977), por lo que en las últimas 3 décadas se ha puesto atención al efecto supresivo de las compostas sobre una variedad de patógenos del suelo (Hoitink and Fahy, 1986).

El uso directo de extractos vegetales de plantas superiores con propiedades antifúngicas ha acaparado especial atención en años recientes, esto debido a su amplia posibilidad de ser utilizado como una alternativa viable y efectiva en el control de hongos y otros microorganismos. El estudio de este aspecto en México es ampliamente reconocido, ya que nuestro país cuenta con la mayor diversidad de especies vegetales en el mundo, estimándose que tiene entre 23,000 y 30,000 especies de plantas (Toledo, 1994), de las cuales se utilizan una mínima cantidad (Sarukhan, 1995). Se han probado alrededor de 206 especies de plantas contra la actividad de 26 especies de hongos fitopatógenos, incluyendo pruebas de germinación de esporas, desarrollo micelial, esporulación y pruebas de invernadero y campo en algunos casos. La formulación de productos vegetales utilizados ha sido extractos acuosos y hexánicos, polvos, aceites esenciales y metabolitos secundarios antifúngicos. Los resultados han indicado que entre 32 y 51% de las plantas probadas interactúan con los hongos y la respuesta de los hongos varía desde la estimulación biológica hasta su total inhibición. Se han logrado resultados promisorios en campo con extractos acuosos contra la roya del frijol, cenicilla del frijol, el mildiu de la calabacita, el tizón del crisantemo (Montes y colaboradores, 2000).

El caso clásico de control biológico es el uso de hongos benéficos para disminuir el daño de hongos patógenos, el hongo mas ampliamente utilizado ha sido *Trichoderma*, consignando sus efectos benéficos en la literatura (Samaniego y Gámez, 2000).

Los mecanismos por los cuales las plantas superiores ejercen propiedades antifúngicas derivan del contenido y producción de compuestos volátiles naturales (Wilson, Ch. L. et al, 2000), presencia de productos descompuestos de los glucosinolatos (Termordhuizen, 2000). Los productos de descomposición de los glucosinolatos son los compuestos llamados isotiocianatos, los cuales están relacionados químicamente con el Metam Sodio y Vapam que se utilizan como fumigantes del suelo (Fritz, 1998). La alelopatía ha sido reportada como efecto de plantas y su relación al ataque de algunos fitopatógenos (Rosado y Alejos, 1986).

El uso de residuos de plantas ha sido efectivo en el control de algunos nemátodos, lo cual se ha determinado se debe a la producción de exudados radicales (Villar y Zavaleta, 1990).

Resistencia Genética

Tradicionalmente el uso de resistencia genética ha sido un método ampliamente utilizado para el control de enfermedades, sin embargo debido a alto costo de híbridos o cultivares resistentes , los cuales resultan de complicados esquemas de mejoramiento genético, será necesario la utilización de variedades de mayor parte de las veces sin manipulación genética pero aplicados al concepto de resistencia horizontal para su utilización bajo condiciones de agricultura orgánica (Van Der Plank, 1963).

Vapor caliente

El vapor ha sido utilizado en el control de enfermedades de plantas a través de los años. Las principales variantes documentadas son en forma de vapor y de agua caliente, los cuales son aplicados al substrato y al material vegetativo, señalando su amplio espectro de acción en el control de hongos, bacterias, nemátodos, etc. (Newhall, 1955). Existen métodos comerciales para esterilizar el suelo utilizando vapor, el cual requiere de temperaturas de 180°F sostenidos durante 30 minutos (Baker, 1957).

El uso de calor aplicado directamente al tejido vegetal para obtener material libre de virus ha sido ampliamente utilizado en varios cultivos (Bovey, 1970; Kassanis, 1954; Nyland,

1960), también ha sido efectivo en la eliminación de bacterias (Goheen et al, 1974), nemátodos (Goheen and McGrew, 1954) y micoplasmas (Kikpatrick et al, 1975).

Solarización del suelo

La solarización del suelo se considera como un método físico que se adapta ampliamente al sistema de agricultura orgánica. Esta técnica consiste en cubrir el suelo agrícola bajo condiciones de campo con una película de plástico transparente durante los meses mas calientes del año con el fin de incrementar la temperatura del suelo a niveles que resulten letales para los microorganismos habitantes del mismo. Entre las ventajas que presente es su amplio espectro de acción, ya que ha mostrado ser efectiva para el control de hongos, nemátodos y semilla de maleza, además de tener efectos positivos en el rendimiento y calidad de los cultivos debido principalmente al incremento de nutrientes disponibles para la planta aun en la ausencia de patógenos (Stapleton and DeVay, 1986; Katan et al, 1976; Katan et al, 1987; Jiménez, 1995).

Dstrucción de hospederos invernantes

La maleza es utilizada generalmente por los hongos y virus para sobrevivir en ausencia del cultivo económicamente importante, por lo cual su eliminación se considera como una práctica cultural que permite romper el ciclo de vida de enfermedades ocasionadas por algunos hongo y por virus (Martínez, 1990; Jiménez, 1996).

Barbecho

La práctica conocida como barbecho es la operación realizada mecánicamente por un arado y consiste principalmente en romper la capa superficial del suelo (generalmente 30 cm) y exponer al mismo tiempo al intemperismo la parte inferior del mismo que queda sobre la superficie por el efecto de volteado del suelo. Esta operación permite exponer a las altas temperaturas ambientales y a la exposición directa de los rayos solares la parte del suelo que se encuentra en contacto con la raíz, lo cual afecta de manera negativa la población de microorganismos.

Barreras físicas y vegetales

Las barreras físicas (plástico amarillo impregnado con pegamento) y barreras vegetales (sorgo, maíz, berenjena, girasol, etc.) han demostrado ser útiles en el control de enfermedades virosas de cultivos hortícolas. El principio de la barrera física de plástico amarillo se basa en la

atracción que ejerce este color sobre los vectores de virus (afidos y mosquita blanca), los cuales dirigen su vuelo hacia los mismos y quedan atrapados por el pegamento. El funcionamiento de la barrera vegetal se basa en el hecho de que los insectos que transmiten los virus en forma de contaminantes en el estilete se alimentan en la barrera vegetal y pierden el virus, lo que evita que contaminen el cultivo de importancia económica (Cohen and Berlinger, 1986).

BIBLIOGRAFÍA

- Baker, K.F. 1957. The U.C. system for producing healthy container grown plants. Calif. Agric. Exp. Stn. Manual 23.
- Bovey, R. 1970. Therapeutic methods applied to the grapevine. Procc. of the 18th Intl. Hort. Congress. Francia. p. 32-38.
- Cohen, S. and Berlinger, M.J. 1986. Transmission and cultural control of whitefly-borne viruses. Agriculture, Ecosystems and Environment. 17:89-97.
- Davis, J.R., Huisman, O.C., Westerman, D. T., Hafez, J.L., Everson, L.H., Sorensen, L.H. and Schneider, A.T. 1996. Effects of green manures on *Verticillium* wilt of potato. Phytopathology 86:444-453.
- Davis, J.R., Everson, D.O., Sorensen, L.H. and Schneider, A.T. 2000. Associations of *Verticillium tricorpus* with soil suppressiveness of *Verticillium* wilt of potato. Pages 347-351 in: Advances in *Verticillium* research and disease management. Tijanos, E.C. Ed. American Phytopathology Society. St. Paul, Mn.
- Findlay, R. 2002. La rotación y su uso en medidas fitosanitarias de control de enfermedades. Memorias XI Congreso Nacional de Productores de Papa. 26-28 de Sept. León, Gto. p. 13-26.
- Fritz, M. 1998. Winter rapeseed shows promise in potato weed, disease control. Univ. of Idaho, Agr. Communications news release.
- Garcilasco de la Vega, 1966. Royal commentaries of the incas. Univ. of Texas. Press. Austin, page 1530.
- Goheen, A.C., Nyland, G. and Lowe, S. 1974. Association of a rickettsialike organism with Pierce's disease of grapevines and alfalfa dwarf and heat therapy of the disease in grapevines. Phytopathology 63:341-345.

- Goheen, A.C. and McGrew, J.R. 1954. Control of endoparasitic root nematodes in strawberry propagation stocks by hot-water treatments. *Plant Dis. Rep.* 38:818-826.
- Hoitink, H.A. and Fahy, P.C. 1986. Basis for the control of soilborne plant pathogens with compost. *Ann. Rev. Phytopathol.* 24:93-114.
- Jiménez, D.F. 1995. Solarización: Una alternativa para el manejo de fitopatógenos que sobreviven en el suelo. *Rev. Mex. de Fitopatología* 13:76-87.
- Jiménez, D.F. 1996. Maleza hospedera de virus, fluctuación poblacional de vectores y su relación con enfermedades virales del melón (*Cucumis melo* L.) en la Comarca Lagunera, México. *Rev. Mex. de Fitopatología* 14:31-37
- Katan, J., Greenberger, A., Alon, H. and Grinstein, A. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of disease caused by soil-borne pathogens. *Phytopathology* 66:683-688.
- Katan, J., Grinstein, A., Greenberger, A., Yarden, O. and DeVay, J.E. 1987. The first decade (1976-1986) of soil solarization (solar heating): A chronological bibliography. *Phytoparasitica* 15:229-255.
- Kelman, A. and Cook, R.J. 1977. Plant pathology in the people's Republic of China. *Ann. Rev. Phytopathology* 17:409-429.
- Kikpatrick, H.C., Lowe, S.K. and Nyland, G. 1975. Peach Rosette: The morphology of an associated mycoplasma-like organism and the chemotherapy of the disease. *Phytopathology* 65:864-870.
- Kassanis, B. 1954. Heat-therapy of virus infected plants. *Ann. Appl. Biol.* 41:470-474.
- Martínez, R. J.L. 1990. Manejo integrado de virosis en jitomate. *Rev. Mex. de Fitopatología* 8:132-134.
- Montes, R.B., Cruz, C.V., Martínez, M.G., Sandoval, G.G., García, L.R. 2000. Propiedades antifúngicas en plantas superiores. Análisis retrospectivo de investigaciones. *Rev. Mex. de Fitopatología* 18:125-131.
- Newhal, A.G. 1955. Desinfestation soil by heat, flooding and fumigation. *The Botanical Review* XXI. 189-250.
- Nyland, G. 1960. Heat inactivation of stone fruit ringspot virus. *Phytopathology* 60:380-382.
- Papavizas, G.C. and Lumsden, R.D. 1980. Biological control of soil-borne fungal propagules. *Ann. Rev. Phytopathol.* 18:389-413.
- Rosado, M.F.J. y Alejos, P.M. 1986. Potencial alelopático de codillo y su relación con el ataque de algunos fitopatógenos del suelo al maíz. *Rev. Mex. de Fitopatol.* 4:124-132.

- Samaniego, G. J.A. y Gámez, E. A.A. 2000. Evaluación de residuos para mantener la sanidad de semillas inoculadas con *Trichoderma* spp. en suelos infestados con *Rhizoctonia solani*. Rev. Mex. de Fitopatol. 18:71-78.
- Sarukhan, J. 1995. Diversidad Biológica. Universidad de México. 536:3-10.
- Stapleton, J.J. and DeVay, J.E. 1986. Soil solarization: A non-chemical approach for management of plant pathogens and pests. Crop Protection 5:190-198.
- Thermorschuizen, a.J., Blok, W.J. and Lamers, J.G. 2000. Biological soil disinfestation to control *Verticillium dahliae* by incorporation of fresh organic material followed by plastic mulching. Pages 328-331. In: Advances in Verticillium research and disease management. Tijamos E.C. Ed. The American Phytopathological Society. St. Paul, Mn.
- Thurston, D.H. 1994. Andean Potato Culture: 5,000 years of experience with sustainable agriculture. Pages 6-13 in: Advances in potato pest biology and management. G.W. Kehnher, M.L. Powelson, R.K. Jansson and K.V. Ramay. Eds. The American Phytopathology Society. St. Paul, Mn.
- Toledo, V.M. 1994. La diversidad biológica de México. Nuevos retos para la investigación en los noventas. Ciencias 34:43-59.
- Van Der Plank, J.E. 1963. Plant Diseases: Epidemics and Control. Academic Press. New York, San Fco., London. 349 pp.
- Villar, E.M. y Zavaleta, M.E. 1990. Efecto de *Crotalaria longirostrata* sobre nematodos agalladores (*Meloidogyne* spp.) Rev. Mex. de Fitopatol. 8:166-172.
- Westermann, D.T. and Davis, J.R. 1992. Nutritional effects of green manure crops on potatoes (Abstr.) Am. Potato J. 69:615.
- Wilson Ch. L., Ghaouth, A.E. and Wisniewski, M.W. 2000. Prospecting in nature storehouse for biopesticides. Rev. Mex. de Fitopatol. 17:49-53.
- Zavaleta, M.E. 1987. Modificadores orgánicos en el manejo de enfermedades radicales. Rev. Mex. de Fitopatología 5:159-168.

CAPITULO VIII

USO DE PLÁSTICOS EN LA AGRICULTURA

M.C Héctor Zermeño González

Profesor del Instituto Tecnológico Agropecuario No.10

INTRODUCCION

Los plásticos a nivel mundial.

La aparición de los plásticos procedentes de la industria química ha tenido múltiples aplicaciones en la vida moderna; una de ellas es la agricultura llamada “Plasticultura” (CENAMAR 1985).

El aumento de los rendimientos esta relacionado básicamente con algunos factores tecnologicos y estos se inician en holanda e israel, a principios de los años 60, para producir hortalizas bajo condiciones de invernadero . Al mismo tiempo, los agricultores chinos comenzaron a utilizar la técnica de acolchados para proteger los cultivos que se plantaban a finales de invierno y principios de primavera.

Estas técnicas, se difundieron rápidamente y alcanzaron un gran desarrollo en otros paises como España, Italia, Turquía, Japón, Estados Unidos, México, Chile y Argentina.

Aun con el costo de los plásticos representa una inversión valida para la producción de alimentos, por el ahorro de insumos, aumentando los rendimientos de los cultivos sobre todo donde se carece de recursos naturales (clima, agua, suelo) desarrollando así una agricultura rentable. (CENAMAR, 1985).

Antecedentes de la Plasticultura en México.

En México el uso de acolchados de suelos se inicio en el año de 1976 con 1 ha de acolchado en el cultivo de piña en Loma Bonita Oaxaca, 0.5 ha de acolchado en el cultivo de fresa en Irapuato y 0.2 ha de acolchado en papa en el Valle de Lerma (García, 1979).

En el año de 1979 se inició el programa de plásticos en la agricultura dirigido por el CIQA, comenzando así los trabajos de investigación sobre acolchado plástico al suelo, con el objetivo principal de transferir esta tecnología a las diferentes regiones del país (Garnaud, 1983).

Se estima que para el año de 1994 el área acolchada en Sonora, Baja California y el Bajío fue de 12,000 ha lo que requirió de 3,600,000 kg de plástico (Motomochi, 1995), y en Culiacan para el mismo año se estimó entre 4,000 y 6,000 ha de vegetales acolchados con plásticos aluminizados; lo que representa 1,200,000 a 1,800,000 kg de plástico (Garnaud, 1994)

Uso de Plasticultura en México.

Alrededor del 60% del territorio nacional presenta un clima semiárido y árido, con una precipitación escasa, y suelos salinos. Se observa necesario mejorar las técnicas de utilización del agua y fertilizantes con la finalidad de incrementar la superficie cultivable aumentando los rendimientos. Esto es posible adoptando nuevas metodologías; de ahí el interés para nuestro país en desarrollar la práctica y utilización de cultivos acolchados al suelo, manejados con sistemas de riego conducido y fertigación (Burgueño, 1994).

El uso de plásticos en la agricultura podría ayudar a resolver y evitar en buena medida los daños y baja producción causada por el clima extremo específicamente en zonas donde el agua es el factor limitante en la producción. Así como la técnica de acolchado es factible lograr un ahorro de agua mediante cubiertas de plástico sobre el suelo que evita la pérdida de la humedad por evaporación, además es posible incrementar la producción y reducir las labores de cultivo (Martínez y Villa, 1982).

Acolchado de suelos agrícolas

El acolchado de suelos agrícolas consiste en cubrir el suelo con una película plástica transparente, negra, opaca o de color y por lo regular se utiliza una máquina acolchadora (figura 1). Con esta técnica la humedad del suelo se distribuye de una manera más homogénea,

siendo el consumo optimizado por la planta. También incrementa la temperatura del suelo mejorando la asimilación de nutrimentos y reduciendo el ataque de insectos en la raíz, lo cual, trae como consecuencia un mejor conocimiento de la planta y precocidad de cosecha (Maldonado, 1991).

El acolchado de suelos agrícolas es una técnica practicada desde hace muchos años por los agricultores con la finalidad de defender los cultivos y el suelo de la acción de los agentes atmosféricos. Para disminuir los efectos negativos, los agricultores colocaban sobre la superficie del suelo una capa protectora formada con materiales de origen vegetal, como paja, cañas, hojas secas, rastrojo, etc. u otros de origen mineral como graba y arena. Esta capa actuaba como barrera de separación entre el suelo y el ambiente atmosférico, lo cual amortiguaba sensiblemente los efectos negativos (Bretones, 1989; Robledo y Martín, 1988).

Robledo y Martín (1988), menciona que mediante la técnica de acolchado del suelo con películas plásticas se logra aumentar el rendimiento del cultivo y precocidad del mismo de 8 a 21 días, así como también se obtienen frutos limpios y sanos, ahorrando tiempo en labores culturales y reduciendo la mano de obra utilizada.

Daza (1997). Menciona que como consecuencia de los efectos producidos por el acolchado plástico al suelo, principalmente en relación a la temperatura, humedad, estructura, disponibilidad de nutrientes para la planta, control de enfermedades y plagas y control de malas hierbas, es de esperar que las plantas muestren mejor respuesta a la germinación, al crecimiento y desarrollo, precocidad de las cosechas, rendimiento y mejor calidad de los productos.



Figura 1. Maquina utilizada para el acolchado de suelos agrícolas.

Ibarra y Rodríguez (1991), menciona que la disponibilidad de nutrientes bajo la técnica de acolchado es mayor que en un suelo no acolchado, esto se basa en que al incrementarse la temperatura del suelo el intercambio iónico es mayor, además de incrementar la nitrificación, para que este se realice se requiere una temperatura entre 25 y 45 °C y una saturación hídrica entre 60 y 80 por ciento, alcanzando estos valores mediante la técnica de acolchado.

Mediante el acolchado del suelo con plásticos se logra elevar la temperatura y humedad del suelo, así como también, la concentración de CO₂ y disponibilidad de nutrientes, logrando reducir la evaporación, control de malezas y pudrición del fruto (Kromer, 1982).

Kasperbauer y Hunt (1988), reportaron que en el cultivo de tomate con acolchado plástico rojo se logro un incremento de 20 por ciento con respecto al acolchado negro, mientras que en el cultivo de papa los mejores rendimientos fueron con plástico blanco, incrementando un 25 por ciento comparado con películas de color rojo, azul y amarillo, al ser comparados con el suelo desnudo.

El acolchado es una barrera entre el suelo y la parte aérea de la planta por lo tanto se obtienen productos más limpios y mejor presentados. Esta práctica es aconsejable en cultivos rastreros, evita además enfermedades como la Botrytis que es ocasionada por el contacto del follaje con la humedad del suelo. (Vargas 2000).

Nuñez (1992). Reporta que estudios realizados en la Costa de Hermosillo Sonora, el cultivo de melón requiere de 200 a 250 kg de nitrógeno por hectárea, 100 kg de fósforo, 110 kg de potasio, 40 kg de calcio, 11 kg de magnesio y fracciones menores de un kilogramo para el caso de micronutrientes. Con relación al manejo de suelo, se ha comprobado que cuando se usan acolchados con plástico, los requerimientos de nitrógeno se pueden reducir hasta un 30 por ciento.

En otro estudio con películas fotoselectivas en el cultivo de tomate, la mayor producción se observó cuando el suelo fue acolchado con plástico de color rojo, siguiéndole el acolchado negro y después el de color blanco, mientras que la menor producción se obtuvo con el plástico plateado (Decoteau, 1988).

El continuo aumento de la población mundial obliga a incrementar la producción de alimentos, para así abastecer sus necesidades. Asimismo, México requiere incrementar la captación de divisas a través de exportaciones de productos para mejorar la economía nacional. Las hortalizas son productos que tienen un alto potencial de exportación sobre todo a los Estados Unidos de Norteamérica por la cercanía de este mercado. De las hortalizas que actualmente se exportan, el melón participa aproximadamente con un 5 por ciento (Arellano,1993), y es posible aumentar los volúmenes de exportación si los rendimientos se incrementan, la calidad del producto se mejora y se logra producir en fechas tempranas y tardías.

Entre las técnicas de producción que se pueden usar para la producción de melon se encuentran las de la agropasticultura, que incluye: Acolchado de suelo, cubiertas flotantes, microtúneles, túneles, invernaderos, riego por goteo etc., las que promueven efectos favorables sobre el cultivo como: Cosechas fuera de temporada y precocidad, incremento de la producción, control de plagas, control de malezas, conservación de la humedad y modificación del microclima del suelo (Robledo y Martín, 1998). Estos son algunos de los beneficios que los plásticos proporcionan al producir con estas técnicas, y en algunos regiones áridas y semiáridas

el uso de plásticos hace posible la producción de algunos cultivos, lo que no se lograría sin ellos. Figura 2.

Otros materiales plásticos que se han venido desarrollando ultimamente son las películas degradables, los estudios realizados en el campo de la degradación, son los que más eco han encontrado en los plásticos de interés en la agricultura y sobre todo en cultivos bajo acolchado (Quezada, 1977).

Salmeron et al (1991). Realizó un experimento de fertilización en melón, en Iguala Guerrero con varias dosis de nitrógeno: 140, 170, 200 y 324; fósforo 40, 60, 85 y 150; y potasio 60, 75, 80 y 85 kg ha⁻¹ respectivamente. Se concluyó que la fertilización con N-P-K influye significativamente en la producción de melón, el tratamiento 200-60-80 produjo el mayor rendimiento 28.7 ton ha⁻¹ y el tratamiento 140-40-60 tuvo el menor rendimiento 23.3 ton ha⁻¹.



Figura 2. Producción de melón con acolchado plástico al suelo y riego localizado en condiciones de alta sequía.

Tyler (1981). Menciona que la recomendación de fertilización de melón en el estado de California es de 112-168 kg ha⁻¹ de nitrógeno; 112 - 224 kg ha⁻¹ de fósforo y 112-224 kg ha⁻¹ de potasio.

Metodología

Los presentes trabajos de investigación se realizaron durante el ciclo de cultivo Primavera - Verano de 1996 - 2000 en los lotes experimentales del Centro de Investigación y Graduados Agropecuarios, en el Instituto Tecnológico Agropecuario No. 10, localizado en el km. 7.5 de la carretera Torreón - San Pedro, del ejido Ana del municipio de Torreón Coahuila. Figura3



Figura 3. Producción de melón y otros cultivos hortícolas en el Instituto Tecnológico Agropecuario No. 10 de Torreón Coahuila

El material vegetativo empleado fue un híbrido de la variedad Hy-Mark, el cual mediante pruebas de investigación de 13 híbridos, resultó ser el mejor en sólidos solubles (12.4) y el tercero en espesor de pulpa (3.8cm).

Para este trabajo se utilizó un diseño bloques al azar con cuatro repeticiones, siendo los tratamientos seleccionados de una matriz experimental Plan Puebla I dando 14 tratamientos de un total de 64 combinaciones (Turrent y Larid, 1985), y fue adicionado un tratamiento sin fertilización dando un total de 15 tratamientos como se describen en el cuadro 1.

Las dimensiones de las camas meloneras fueron de 1.8 metros de ancho, 0.25 metros de alto y 129 metros de longitud.

Para evitar efecto entre tratamientos se elimino de toda evaluación la planta inicial y final de cada tratamiento, quedando así la unidad experimental de cinco surcos de 3.40 m² metros de longitud y de 1.80 metros entre surcos, dando una área total de 30.60 m² ; la parcela útil fueron los tres surcos centrales con 3.40 metros de longitud y de 1.80 metros entre ellos dando una área de 18.36 m² evitando así el efecto de orillas.

Cuadro 1. Niveles de fertilización de los tratamientos evaluados

Tratamientos	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
1	120	60	50
2	120	60	100
3	120	90	50
4	120	90	100
5	180	60	50
6	180	60	100
7	180	90	50
8	180	90	100
9	60	60	50
10	240	90	100
11	120	30	50
13	120	60	0
14	180	90	150
15	0	0	0

La fertilización se realizó manualmente en banda lateral, colocado a un lado de la cama melonera por la parte superior y en el lado opuesto a la colocación de la cintilla y a una profundidad de 2 a 3 pulgadas, previa mezcla de fertilizantes por dosis para cada unidad experimental. Figura 4.

Las fuentes de fertilización fueron: para nitrógeno, Sulfato de Amonio y Fosfato monoamónico; para fósforo, Fosfato monoamónico y para potasio, Sulfato de Potasio.

El acolchado se realizó mediante una máquina acolchadora la cual formo las camas, enterró la cintilla de riego y colocó el plástico, cuyo color fue gris-humo calibre 150, el cual permite la absorción de más del 50% de energía luminosa recibida incrementando la temperatura del suelo, manteniendo también la humedad del suelo más disponible para el desarrollo de las plantas. Figura 5



Figura 4. Dosis de fertilización de nitrógeno, fósforo y potasio para cada unidad experimental.



Figura 5. Maquina acolchadora de un surco preparando la cama para colocar el plástico al suelo.

Posteriormente se realizaron las perforaciones en el plástico con un cilindro de tres pulgadas de diámetro a cada 45 centímetros entre plantas y se trasplante se realizó manualmente, cuando la humedad en el suelo se encontraba a capacidad de campo, colocando cada una de las plántulas al centro de cada orificio del acolchado. Figura 6.

El sistema de riego consistió de una bomba de 5 HP, tubería de PVC de dos pulgadas de diámetro la cual va enterrada para evitar daños posteriores, de la misma salen válvulas (manifol), a una separación de 36 metros mediante las cuales se regula la presión deseada para cada línea de riego, las que están a 1.8 metros de separación.

Dentro de los antecedentes del suelo donde se realizó el estudio se encontró que tenía problemas de sodio y salinidad, para corroborar esto se tomaron 30 muestras en zig-zag a una profundidad de 40 cm, obteniéndose una muestra compuesta para su posterior análisis Físico-Químico.



Figura 6. Transplante de plantulas de melon en el sistema de producción de acolchado plástico al suelo y riego localizado.

Se realizaron dos muestreos foliares, obtenidos de la sexta hoja a partir de la hoja terminal, en la etapa de flor a frutillo tomando 24 hojas al azar por unidad experimental para su posterior análisis y obtener los contenidos de N-P-K. Figura 7

Las variables agronomicas evaluadas fueron las siguientes: calidad del fruto, rendimiento del producto, grados Brix, materia seca, diámetro polar y ecuatorial y análisis nutrimental.

La cosecha fue realizada en la parcela útil para la evaluación de las diferentes variables como fueron calidad de primera, segunda y tercera calidad así como el rendimiento total; se dieron un total de siete cortes durante el ciclo.



Figura 7. Muestreo foliar en las unidades experimentales para determinar la eficiencia de las dosis aplicadas.

Resultados y discusión

En el cuadro dos se muestran los valores concentrados del análisis foliar en los rangos estudiados de la Matriz experimental, en la etapa de flor a frutillo (42 DDS) y comparados con la metodología de J. Benton Jones 1991.

En el cuadro dos se puede apreciar que tanto en la parte factorial como en las prolongaciones que al aumentar la dosis de nitrógeno se incrementa en contenido de nitrógeno foliar y se observa además que la dosis de 180 kg ha^{-1} de la parte factorial es el rango de

nitrógeno en la planta óptimo en la hoja, mientras que para la dosis de 60 y 120 kg ha⁻¹ se observa que el nitrógeno en la planta se encuentra deficiente.

Cuadro 2. Valores concentrados de análisis foliar en los rangos estudiados de la matriz Experimental, en la etapa de flor a frutillo.

Nit. Total		Fósforo		Potasio	
Dosis kg ha ⁻¹	Valor %	Dosis kg ha ⁻¹	Valor %	Dosis kg ha ⁻¹	Valor %
60	4.31	30	0.43	0	3.10
120	4.40	60	0.32	50	3.35
180	4.70	90	0.27	100	4.05
240	5.72	120	0.49	150	3.22
Testigo	3.02	0	0.26	0	3.10

Niveles	N. total	Fósforo	Potasio
Bajo	3.50 - 4.50	0.25 - 0.29	3.20 - 3.99
Óptimo	4.50 - 5.50	0.30 - 0.80	4.00 - 5.00
Alto	5.50 - 6.50	5.50 - 6.50	Mayor 5.00

En cuanto al contenido de potasio en la planta se puede apreciar que este se incrementa conforme aumentamos la dosis de exploración Cano y Medina (1993), reportan que los suelos de la Comarca Lagunero son ricos en potasio pero la planta no lo puede absorber, situación que se agrava porque la mayoría de los productores no lo aplican.

El fósforo en la planta no se incrementa conforme aumentamos la dosis de exploración, esto se puede deber según Ortega (1978), a que a un pH ligeramente alcalino como consecuencia del Carbonato de Calcio presente, se forman fosfatos de calcio de baja solubilidad poco asimilables por la planta y que a medida que pasa el tiempo este es retenido más fuertemente.

En el cuadro tres se muestran los valores concentrados de los sólidos solubles o grados Brix en los rangos estudiados de la Matriz Experimental, durante siete cortes.

Cuadro 3. Valores concentrados de los sólidos solubles en los rangos estudiados de la Matriz Experimental.

Nitrógeno		Fósforo		Potasio	
kg ha ⁻¹	°Brix	kg ha ⁻¹	°Brix	kg ha ⁻¹	°Brix
60	12.88	30	12.41	0	12.09
120	12.60	60	12.50	50	12.44
180	12.42	90	12.49	100	12.60
240	12.38	120	12.37	150	12.31
Testigo	12.15	0	12.15	0	12.15

En el cuadro tres se puede apreciar que al incrementar la dosis de nitrógeno tanto en la parte factorial como en las prolongaciones, disminuye el contenido de sólidos solubles en el fruto, esto se debe a que según Cano y Medina (1992), existe una relación de nitrógeno con los grados Brix del fruto, que sugiere que al aumentar la concentración de nitrógeno en la planta, ocurre una reducción de grados Brix, esto es provocado por el crecimiento vegetativo excesivo, el cual inhibe la acumulación de carbohidratos o azúcares del fruto. Por lo que concluyen estos autores que un exceso de nitrógeno en la planta no es recomendable; ya que reduce la calidad del fruto.

Este mismo cuadro muestra que al incrementar la dosis de potasio tanto en la parte baja de la prolongación, como en la parte factorial se incrementa el contenido de sólidos solubles mejorando con ello la calidad del fruto ya que según Nuñez 1992, el potasio y el calcio participan en la calidad del fruto y mencionado por Suppo (1994), el potasio interviene fisiológicamente en la síntesis de azúcares, almidones, traslado de azúcares y regula además el potencial osmótico celular.

Rendimiento

El análisis de varianza no mostró diferencia significativa en cuanto al rendimiento total y al rendimiento de la calidad de segunda, sin embargo, para las calidades de primera y tercera mostró diferencia significativa en ambas categorías,

El tratamiento 12, que corresponde a 180 kg ha⁻¹ de nitrógeno, 120 kg ha⁻¹ de fósforo y 100 kg ha⁻¹ de potasio, es el que presenta el rendimiento total mayor con una media de 41.63 ton ha⁻¹ y el testigo muestra la media de rendimiento más baja 26.94 ton ha⁻¹.

El rendimiento de la calidad de primera, el tratamiento 12, que corresponde a 180 kg ha⁻¹ de nitrógeno, 120 kg ha⁻¹ de fósforo y 100 kg ha⁻¹ de potasio, es el que presenta mayor rendimiento con una media de 18.32 kg ha⁻¹.

El tratamiento 6, que corresponde a 180 kg ha⁻¹ de nitrógeno, 60 kg ha⁻¹ de fósforo y 100 kg ha⁻¹ de potasio, es el que presenta mayor rendimiento de la calidad de segunda con una media de 21.16 ton ha⁻¹.

El rendimiento de la calidad de tercera, el tratamiento 10, que corresponde a 240 kg ha⁻¹ de nitrógeno, 90 kg ha⁻¹ de fósforo y 100 kg ha⁻¹ de potasio, es el que presenta el mayor rendimiento con una media de 9.51 ton ha⁻¹.

Conclusiones

Bajo las condiciones de acolchado plástico al suelo, riego localizado y los tratamientos de fertilización se concluye lo siguiente.

1. Se incremento el contenido nutrimental de nitrógeno, fósforo y potasio a medida que se elevaron las dosis de los tratamientos, obteniéndose el óptimo para nitrógeno con las dosis altas de 180 y 240 kg ha⁻¹, para el fósforo se tuvo el óptimo nutrimental con las dosis aplicadas y para el caso del potasio no se logró obtener el óptimo nutrimental.
2. Las concentraciones más altas de sólidos solubles se tuvieron con la aplicación de 60 y 120 kg ha⁻¹ de nitrógeno y en la parte factorial 50 y 100 kg ha⁻¹ para el caso del potasio.

3. El rendimiento total no mostró diferencia significativa para los factores de estudio y sus interacciones, la mejor respuesta se tuvo en la parte baja del factorial para el nitrógeno y fósforo 120 y 60 kg ha⁻¹ respectivamente y para el caso del potasio con la parte alta del factorial 100 kg ha⁻¹.

4. El rendimiento de la calidad de primera mostró diferencia significativa para el factor nitrógeno en la parte baja del factorial 120 kg ha⁻¹ y para el fósforo y potasio la mejor respuesta aunque no significativamente fue con la prolongación alta 120 kg ha⁻¹ y parte alta del factorial 100 kg ha⁻¹.

5. No se encontró diferencia significativa para el rendimiento de la calidad de segunda para los factores en estudio y sus interacciones, la mejor respuesta se tuvo con 180, 60 y 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente.

6. Para el rendimiento de la calidad de tercera se tuvo significancia con el factor nitrógeno 120 kg ha⁻¹ en la parte factorial baja.

Impacto socioeconómico y ambiental

Mediante el sistema de producción de acolchado plástico al suelo y riego localizado, se tiene un considerable ahorro del agua que es factor limitante en la Comarca Lagunera, además de reducir en su totalidad la aplicación de herbicidas ya que por medio del plástico se tiene un control en el desarrollo de malezas.

Aplicación obtenida

El presente trabajo de investigación tiene como meta otorgarle a los productores una fertilización más adecuada, para que así puedan ellos obtener rendimientos más altos, de manera que sea redituable la explotación de este cultivo. Además de demostrar que mediante el uso de acolchado plástico al suelo y riego localizado se tiene un significativo ahorro del agua y control de malezas.

Perspectivas

Se pretende que a un futuro los productores hortícolas de la Comarca Lagunera utilicen el sistema de producción de alta tecnología (acolchado plástico al suelo y riego localizado) además de tener fertilizaciones más apropiadas para cada uno de los cultivos en esta región.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arellano, S. J. 1993. Efecto del acolchado en el desarrollo y producción de melón (*Cucumis melo* L.) bajo condiciones de riego por goteo y gravedad. Tesis de Maestría. UAAAN Saltillo Coahuila. México.
2. Benton, J. J; Wolf, B. and Mills H.A. 1991. Plant Analysis Handbook. A practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Micro - Macro publishing, inc.
3. Bretones, C.F. 1989. IV Curso Internacional de Horticultura Intensiva en climas áridos. Acolchados, túneles, invernaderos. Tomo II. Curso Internacional de cultivos en Sistema de protegido. Almería, España.
4. Burgueño H. 1994. Bursag S.A de CV " Los análisis de savia y el manejo de fertigación en los cultivos hortícolas con acolchado plástico" Ponencia 2º Congreso Internacional de Nuevas Tecnologías Agrícolas. Nuevo Vallarta, Nayarit.
5. Cano, R. P Y Medina, M. D.C. 1993. Estado nutrimental del melón en la Comarca Lagunera. Tercer día del melonero. CAELALA - INIFAP - SARH. Publicación especial No 43. pp. 13-19.
6. CENAMAR.1985. Memorias. El uso de plásticos en agricultura. Gomez Palacio Dgo.
7. Daza. H.G. 1997. Producción de melón (*Cucumis melo* L.) con acolchado y microtuneles en la Comarca Lagunera Tesis Licenciatura en sistemas agrícolas de Zonas Aridas. Bermejillo, Dgo. México.
8. Decoteau, D. R. 1988. Yield of Tomatoes Affected by color of plastic Mulch. The Agriplastic Report. Vol. 4, No. 7 Sep. National Agricultural Plastic Assosiation. pp 1 - 3. U.S.A.
9. García, A. V. M. 1979. Men and Events. México. Plasticulture. No. 41 Marzo . pp 62 -67. París, Francia.
10. Garnaud, J. C. 1983. México, Organizer of IX th International Congress on Plastic in Agriculture. Plasticulture, No. 56, Dic. pp 2 - 4. Paris, Francia.
11. Garnaud, J. C. 1994. The State of the Art of Plasticulture. Proc. Nat"l Agr. Plastic Cong. 25 th Silver Anniversary. Pp 23 - 27. Kentuky.
12. Ibarra L, y A. Rodriguez 1991. Ensayos de acolchados hortalizas y granos. Manual de A groplásticos 1. Acolchado de cultivos Agrícolas p 1-20 CIQA
13. Kasperbauer, M. J. And G. P. Hunt. 1988. Tomatoes Prefer Red Mulch, Potoes Like of white. The Agri-plastic Report. Vol 3, No. 47, May pp. 1 - 4. National Agricultural Plastic Association. U.S.A.

14. Kromer, K. H. 1992. Intensive growing using plastic mulches. A summary of experimental results. Horticulture Abstracts. 53 (1): 30.
15. Maldonado, S. J. A. 1991. Efecto de las cubiertas flotantes y el acolchado plástico en el rendimiento, calidad y control de virosis en la calabacita (cucurbita pepo). Tesis de licenciatura UAAAN. Saltillo, Coahuila México.
16. Martínez S.J y Villa C. M. M. 1982. Plásticos en la agricultura acolchados y túneles. SARH. Coah. Y Dgo. CENAMAR, Dgo. México.
17. Motomochi, B.B. 1995. Men and Events. Plastic in Mexican Agriculture. Plasticulture, No. 106 - 1995/2 p 39. París, Francia.
18. Nuñez, M. A; Bernal, V. J. A; Sabori, P. R. 1992. SARH - INIFAP. Campo experimental de la Costa de Hermosillo. Hermosillo Sonora México.
19. Ortega, R. M. M. 1986. Evaluación de métodos químicos para predecir el requerimiento de fertilizante fosfatado del cultivo de la papa (*Solanum Tuberosum L.*), en suelo calcáreo con y sin perlita. Tesis maestría UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. p. 42, 44, 48, 103, 114 y 115.
20. Quezada, M.R. 1996. Evaluación de Películas Foto y Fotobiodegradables para acolchado de suelo en el cultivo de melón (*Cucumis melo L.*). Tesis de Maestría. U.A.A.A.N. Saltillo Coahuila. México. pp. 124-123
21. Richards, L. A. 1977. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salino - sodicos. U.S.A. Ed. Limusa. Sexta edición. p. 20, 31, 33, 67, 73, 87 y 88.
22. Robledo de P.F., y L. Martín V. 1988. Aplicación de los plásticos en la agricultura. 2ª. Edicion. Ediciones Mundi - prensa, España.
23. Salmeron, E. J; Ayvar, S. S; Mastache, L. A. A; Tapia, S. M. 1991. Efecto de la fertilización orgánica de N-P-K sobre el rendimiento de melón, IV Congreso Nacional de la Sociedad de Ciencias Hortícolas A. C. Saltillo, Coah. México. P. 88.
24. Turrent, F., A. y R.J. Laird. 1985. La matrix experimental Plan Puebla I, para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. 3ª. ed. N^o. 1. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp. 1-20
25. Tyler, K. B. 1981. Muskmelon production in California. Division of Agricultural Sciences. University of California. Leaflet 2671 pp. 7 - 8.
26. Vargas. A. J. A. 2000. Producción de melón (*Cucumis Melo L.*) Mediante acolchado plástico y riego por cintilla. Tesis Licenciatura en sistemas agrícolas de Zonas Aridas. Bermejillo, Dgo. México.

CAPITULO IX

EVALUACION DE FITOHORMONAS , FERTILIZANTES QUIMICOS Y BIOLÓGICOS SOBRE LA PRODUCCION DE AVENA DE TEMPORAL.

M.I. Jesús P. Amado Alvarez¹ y M.C. Pedro Ortíz Franco²

1.- Programa U.M.A. CESICH- CIRNOC-INIFAP. Apart. postal 554, C.P. 31500 .
Cd. Cuauhtémoc, Chih

2.- Programa Suelos. CESICH- CIRNOC-INIFAP. Apart. postal 554, C.P. 31500 .
Cd. Cuauhtémoc, Chih

INTRODUCCION.

Las tierras agrícolas de la región Norte-Centro de México han sido trabajadas por más de 50 años , pero en los últimos 30 se redujeron notablemente la aplicación de abonos orgánicos provocado por el inicio de una agricultura intensiva , basada en el uso de fertilizantes químicos , actitud que ha provocado una disminución considerable en el contenido de materia orgánica de los suelos 0.86 % , según Mariscal *et al* (2000), lo cuál indica que son muy pobres , afectando de manera o indirecta a las propiedades del suelo . Esta situación afecta principalmente la estructura , plasticidad , la capacidad de retención de humedad, movimiento del agua , aireación , flujo de calor, susceptibilidad a la erosión (características físicas), la capacidad de intercambio catiónico y aniónico, disponibilidad de nitrógeno , fósforo , azufre, pH (propiedades químicas) control de la flora microbiana , génesis del suelo, (cualidades biológicas) entre otros ; vinculándolo negativamente el proceso de producción (Castellanos *et al*, 2000).

El uso de fertilizantes inorgánicos en la agricultura actual resulta imprescindible para producir en cantidades suficientes los alimentos requeridos por la población; el abuso en la utilización de estos insumos especialmente los nitrogenados , afecta la calidad ambiental y la economía del productor . En este contexto la sociedad demanda se asuma un papel más responsable en la agricultura lo que significa que en lo sucesivo sólo se generarán los

alimentos y materias primas necesarias para una población en constante crecimiento , sino que deberá hacerse sin deteriorar los recursos agua y suelo.

En la Sierra de Chihuahua, no existen trabajos al respecto, por lo que se estableció como objetivo de este estudio evaluar la aplicación de biofertilizantes y fertilizantes químicos como fuentes de nitrógeno y fósforo, más fitohormonas sobre la producción de avena bajo condiciones de temporal en armonía con el recurso suelo.

REVISION DE LITERATURA

Los microorganismos de la Rizosfera han mantenido una relación estrecha con las plantas desde que estas últimas iniciaron la colonización de la tierra , Selosse y Le Tacon (1998), y han mantenido el funcionamiento y la estabilidad de los ecosistemas a través de la influencia en la composición de las especies en las comunidades vegetales (Read, 1998).

Los microorganismos pueden alterar la velocidad de absorción de nutrientes de las plantas por un efecto directo de las raíces (Aguirre y Velazco, 1994), e inducir modificaciones en el desarrollo del sistema radical. Las rizobacterias también pueden provocar alteración en la permeabilidad celular de las raíces y un incremento en la toma de iones por planta, fundamentalmente nitratos , fósforos y potasio e incrementar la formación de los pelos radicales.

Leal (1992), hizo algunos estudios con el propósito de generar tecnología para el uso integral de los biofertilizantes , en los que incluyó combinaciones con fertilizantes minerales y abonos orgánicos , entre ellos los residuales de la industria azucarera y otras fuentes regionales , prestándose especial atención a los sistemas de fertilización con *azotobacter* en cultivos secuenciales e intercalados . El objetivo fundamental de las aplicaciones de *azotobacter* , fue inicialmente la sustitución entre el 40 y 50 % de los fertilizantes nitrogenados a aplicar en los cultivos de hortalizas , papa , camote , vitro plantas de plátano , piña y cítricos , pero paralelo a estas aplicaciones en condiciones de producción se llevaron a cabo dos experimentos en el cultivo de papa , donde se valoró la posibilidad de aplicar el *azotobacter* como sustituto total de la fertilización nitrogenada llevados a cabo en condiciones de producción en una area de 108 ha y cuyos resultados finales implicarían un ahorro entre 240 y 300 ton de fertilizantes nitrogenados.

Manjarrez *et al.* (1999), evaluaron el efecto de la inoculación con *Glomus spp* Zac 19 y cinco dosis de vermicomposta en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano , A la cosecha (156 días) , el área foliar , volumen radical y contenido de fósforo en follaje se incrementaron significativamente en todos los tratamientos con *Micorriza* más vermicomposta .

De acuerdo con Estañol *et al.* (1999), una asociación con micorriza puede generar un incremento o una reducción en el establecimiento y reproducción de ciertos patógenos e inclusive incrementar variables de desarrollo del cultivo asociado .

Barea *et al.* (1992) mostraron la posibilidad de una interacción entre las micorriza y la solubilización del fósforo por la bacteria (PSB) , basados sobre observaciones de un sinergismo de un crecimiento sobre las plantas de maíz inoculado dualmente con hongo micorriza y el fósforo solubilizado por *Pseudomonas* y *Agrobacterium spp.*

Linderman (1992), indicó que para hacer agricultura sostenible , se debe hacer énfasis en reducir las dosis de aplicación de fertilizantes químicos y para obtener mayor realce sobre la fijación biológica del nitrógeno , darle el verdadero papel que juega el hongo micorriza .

Olalde *et al.* (1994), evaluaron el efecto de la inoculación de un hongo micorriza , y diferentes dosis de fósforo (0, 25, 50, 100 y 200 mg de hidroxapatita / maceta) sobre la capacidad de fijación de nitrógeno en frijol inoculado con *Rhizobium* . Los resultados obtenidos mostraron que en las plantas no micorrizadas , la adición de los diferentes niveles de fósforo no tuvieron ningún efecto en las variables medidas , en contraste con las plantas inoculadas con el hongo micorrizico , en las cuales el peso seco de follaje y de raíz , así como la actividad fijadora de nitrógeno se incrementaron en un 800% .

González y Ferrera (1994) estudiaron el efecto de la fertilización fosfatada (75 y 200 mg de P/maceta) y la inoculación de hongos endomicorrízicos Vesiculares-Arbusculares , en el crecimiento de cuatro portainjertos de naranjo agrio en condiciones de invernadero. En todos

los portainjertos no micorrizados siempre se presentaron los valores más bajos y estadísticamente diferentes a los micorrizados considerando las variables: altura de planta , diámetro de tallo , área foliar , peso seco de la parte aérea y volumen radical; lo cual refleja que en condiciones de vivero , se requiere la inoculación micorrízica para obtener plantas de buen porte.

Rojas y Rovalo (1985) al reportar sobre la clasificación de fitohormonas , indican los siguientes conceptos : a) Fitorregulador , es un compuesto químico capaz de intervenir en el metabolismo que actúa en muy pequeñas concentraciones para activar o deprimir algún proceso del desarrollo . Los fitorreguladores pueden ser naturales , si los produce la propia planta , o sintéticos. b) Hormonas, es un fitorregulador natural que tiene acción en un lugar de la planta distinto de donde se produce.

MATERIALES Y METODOS

Localización del estudio.

Durante el verano del año 2000, se establecieron dos parcelas bajo condiciones de temporal,: a) Campo 26 Municipio de Cuauhtémoc, Chih. y b) Santo Tomás, Ayuntamiento de Guerrero Chih. , donde la clasificación climática , según Köppen , modificada por García (1973), es semiseco templado (Bs1kw) y el tipo de suelo de acuerdo con la Secretaría de Programación y Presupuesto (1995) es Luvisol ortico (Lo/2) y Feozem háplico (Hh/2), para cada localidad respectivamente.

Diseño experimental y de tratamientos.

En ambas localidades , el estudio se estableció con un diseño de Bloques Completos al Azar , con arreglo de los tratamientos en Parcelas Divididas (Olivares, 1994) , donde la parcela mayor fueron las franjas CON Y SIN aplicaciones de fitohormonas CIDEF-4 y la parcela menor (o subparcela) , fueron los niveles de fertilizantes químicos , biológicos o la mezcla de ambos: 1.-Azospirillum + Micorriza + 40-26-00 (N-P₂O₅-K₂O) , 2.- 60-40-00 (N-P₂O₅-K₂O) 3.- testigo (0-0-0 , N-P₂O₅-K₂O), 4.- Azospirillum + Micorriza + 20-13-00 (N-P₂O₅-K₂O) , 5.-Azospirillum + Micorriza , 6.- Azospirillum , 7.- Micorriza.

Preparación del terreno y de la semilla.

Las labores de presiembra (Barbecho y Rastra) fueron hechas por los dueños de los terrenos . La siembra se hizo al boleó , tapando la semilla con un paso de rastra, después de la preparación correspondiente (mezclando cuatro bolsas de Azospirillum 0.5 kg y/o Micorriza, con agua y adherente de 0.1 kg) ; posteriormente se impregnaron los 100 kg de grano de las variedades “Babícora” en el Campo 26 y “Cuauhtémoc” , en Santo Tomás con la mezcla preparada para cubrir las semillas.

La siembra de avena se hizo en franjas; en el Campo 26 , se delimitaron siete rectángulos iguales de 7.0 m de ancho por 185.0 m de largo , sumando una superficie total de 0.9065 ha. En Santo Tomás , los siete tratamientos se fijaron en trapecios con dimensiones variables, ocupando 0.9135 ha. A la mitad de la superficie de cada tratamiento se hicieron dos aplicaciones de la fitohormona esteroidea CIDEF-4, en dosis de 15 g /ha/aplicación, en dos fechas (Embuche y Floración), primeramente en el Campo 26 , se asperjó el 29 de agosto y el 5 de septiembre; posteriormente en Santo Tomás el 31 de Agosto y 6 de Septiembre. En esta práctica se utilizó una motobomba con capacidad de 18 L debidamente calibrada.

Análisis de suelos

Se tomó una muestra de suelo por localidad a la profundidad 0-45 cm para determinar Materia Orgánica (Walkley y Black, 1934), Nitrógeno (Bremner, 1965), Fósforo (Olsen, *et al*, 1954) y Textura (Bouyoucos, 1962).

Prácticas de cultivo.

Después de la emergencia las malezas fueron controladas , con el herbicida 2-4-Amina , en dosis de 1 L por 200 L de agua . La Cosecha se hizo a madurez fisiológica en forma manual , el 31 de octubre en el campo 26 y el 10 de noviembre en Santo Tomás.

Variables evaluadas.

Dentro de cada tratamiento se tomaron cuatro repeticiones completamente al azar de 1.0 m² para hacer las evaluaciones correspondientes sobre; materia seca total , peso específico y rendimiento de grano . Del clima se tomaron datos de temperatura media y precipitación pluvial.

Análisis estadísticos.

A las variables de planta señaladas anteriormente , se les practicó análisis de varianza , bajo el diseño Bloques completos al Azar con arreglo de los tratamientos en Parcelas Divididas y cuatro repeticiones ; la separación de medias se hizo a través de DMS _(0.05) para parcela principal (por tener solamente un grado de libertad para este factor) y Tukey _(0.05;0.01) para subparcela, de acuerdo con (Olivares, 1994).

Análisis económico.

A los resultados de rendimiento de grano más paja (para usarse como forraje) se les analizó económicamente de acuerdo con la metodología citada por Avila (1997), consignando información del valor de la producción (Beneficio Bruto) y los costos del paquete tecnológico de avena de temporal en la zona de la Baja Babícora, para obtener el Índice de Redituabilidad .

RESULTADOS Y DISCUSION

Fitohormonas (factor “a”).

Rendimiento de Grano. Los resultados obtenidos en la localidad de Santo Tomás , indican respuesta favorable a la aplicación de Fitohormonas , con una media de 858.8 kg ha⁻¹ , valor que fue superior en un 17% y con diferencia estadística significativa , respecto a la producción de avena donde no se aplicaron Fitohormonas (Cuadro 1) . Al respecto Mandava (1988) , indica que las Fitohormonas tienen una función regulatoria en el alargamiento y la división celular cuando el ambiente es favorable, como se presentó en el presente estudio donde el agua de lluvia acumulada fue de 257 mm , cantidad que representa el 85% de los requerimientos hídricos óptimos de la avena , de acuerdo con (Ortíz *et al.*, 2000).

Por otro lado, en el Campo 26, donde las lluvias fueron inferiores (solo cubrieron el 66% de los requerimientos hídricos del cereal en cuestión), la respuesta del cultivo fue

desfavorable a las aplicaciones de Fitohormonas , registrando 745.1 kg ha^{-1} , mientras que donde no se aplicó se consignaron $1,119 \text{ kg ha}^{-1}$, los cuales resultaron estadísticamente diferentes entre sí (Cuadro 2).

Haciendo una comparación de los datos obtenidos entre localidades , se puede apreciar que la producción en el Campo 26 , fue mayor que en Santo Tomás ; dentro de las ventajas que influyeron para obtener estos resultados aun de que el agua de lluvia fue menor , se puede citar que la pendiente natural del terreno (0.38%) favoreció a los tratamientos donde no se asperjó al cultivo con Fitohormonas , ya que la poca lluvia registrada se acumuló en el la mitad del terreno donde se establecieron las dosis citados.

Peso específico del grano de avena. No se registraron diferencias estadísticas significativas entre la aplicación o no de Fitohormonas , en Santo Tomás llama la atención los bajos valores reportados : 268 y 274 gr l^{-1} (Cuadro 3) , entre los tratamientos con y sin aplicación de Fitohormonas , ya que el óptimo para la Variedad “ Cuauhtémoc “ (al nivel de 300 mm de agua) se reportó en 426 gr l^{-1} (Amado *et al* 2000) .

En el campo 26 , los valores obtenidos se ubicaron en 414 y 439 gr l^{-1} con y sin aplicación de Fitohormonas , respectivamente (Cuadro 4) , datos que estadísticamente fueron diferentes entre sí favoreciendo a la no aplicación de Fitohormonas . Comparativamente los granos de avena , variedad “ Babícora “ (423 gr l^{-1} al nivel de 150 mm de agua aplicada) se mostraron pesos muy similares a los reportados por Amado *et al* (2000).

Materia seca Total (MST) . En el presente trabajo se consignaron dos situaciones diferentes; a favor de la aplicación de Fitohormonas en el sitio de Santo Tomás , se registraron diferencias estadísticas altamente significativas , con rendimiento promedio de $6,486.4 \text{ kg ha}^{-1}$ de MST , cuando se aplicaron Fitohormonas mientras que donde no se aplicó , la cosecha se consignó en $5,510.7 \text{ kg ha}^{-1}$ (Cuadro 5).

En la localidad del Campo 26, se generó información contraria a la descrita anteriormente, ya que donde se asperjaron Fitohormonas , la respuesta fue de $4,0453.6 \text{ kg ha}^{-1}$

¹ y sin aspersión, el rendimiento fue de 5,025 kg ha⁻¹ (mayor en 971 kg ha⁻¹ de MST) , además estadísticamente diferentes entre sí (cuadro 6).

En general, los valores obtenidos en las dos localidades son bajos , basicamente por la poca disponibilidad del agua de lluvia , ya que de acuerdo con Salmerón (2000) , la variedad “Babícora” , registró 11,380 kg ha⁻¹ y 9,100 kg de MST , en las localidades de Cuauhtémoc y Santo Tomás , respectivamente.

AZOSPIRILLUM , MICORRIZA Y FERTILIZANTES INORGANICOS (FACTOR “B”).

Rendimiento de grano. La agricultura sostenible llama a la reducción de las dosis de fertilizantes químicos aplicados para mayor realce sobre la fijación biológica de los nutrimentos esenciales, (Linderman, 1992). Los resultados de la presente investigación reafirman que es conveniente impulsar la aplicación de biofertilizantes, puesto que la producción de grano de avena en los dos sitios establecidos, reportaron los rendimientos más altos con Azospirillum (930.5 kg ha⁻¹) en Santo Tomás (Cuadro 1) y 1040.9 kg ha⁻¹ en el Campo 26 (Cuadro 2) . Estos valores resultaron ser estadísticamente iguales a lo obtenido cuando se aplicó fertilizante inorgánico en dosis de 60-40-00 de N- P₂O₅ – K₂O, con producciones medias de 928 y 1,039.5 kg ha⁻¹ , para Santo Tomás y Campo 26 respectivamente. Al respecto , Bashan *et al*, (1996) , trabajando con Azospirillum , indicaron que sus propiedades fisiológicas y bioquímicas le permiten ser un competidor eficaz en la rizosfera , con capacidad de colonizar raíces vegetales .

La respuesta de las Micorrizas sobre la producción de avena en grano fue menor que con el Azospirillum , sin embargo superior al testigo sin fertilizantes inorgánicos ; en Santo Tomás, el rendimiento promedio donde se aplicó Micorriza fue de 721.1 kg ha⁻¹ , mientras que el testigo produjo sólo 610 kg ha⁻¹ , lo cual los hace estadísticamente diferentes (Cuadro 1) . En el Campo 26 , la producción fue de 963.3 kg/ ha⁻¹ donde se aplicó Micorriza y 834 kg ha⁻¹ con el testigo, estos resultados son estadísticamente iguales entre sí (Cuadro 2). Con relación a lo anterior, Martínez *et al*, (2000) indicaron que la aplicación de hongos micorrizicos en maíz , produjeron un efecto semejante a la doble aplicación de superfosfato simple de calcio .

Los resultados del efecto combinado de biofertilizantes (Azospirillum + Micorriza) sobre la producción de grano bajo condiciones de temporal , fue negativo en ambas localidades ; en santo Tomás sólo se repoertaron 653.6 kg ha⁻¹ , dato que estadísticamente es igual a

donde solamente se aplicó Micorriza (721 kg ha^{-1}), pero diferente estadísticamente a la avena tratada con Azospirillum (930.5 kg ha^{-1}), Cuadro 1. Esta respuesta fue más grave aún en el campo 26, puesto que sólo se produjeron 809.8 kg ha^{-1} , valor que estadísticamente es diferente al rendimiento de los tratamientos con Azospirillum ($1,040.9 \text{ kg ha}^{-1}$) y Micorriza (963.3 kg ha^{-1}) solos, incluso con el testigo absoluto (834.0 kg ha^{-1}), Cuadro 2. Las diferencias en la producción de grano se debieron básicamente a la variedad sembrada, "Cuauhtémoc" en la Localidad de Santo Tomás y "Babícora" en el sitio del campo 26, además de la lluvia ocurrida.

Peso específico del grano de avena. Con la evaluación de esta variable se reportaron dos situaciones diferentes, en Santo Tomás, no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, el promedio general fue muy bajo (270.9 g L^{-1}), lo cual se debió principalmente a la variedad, ya que por ser forrajera y más tardía no alcanzó a llenar el grano de manera normal; sin embargo numéricamente sobresalen los granos de avena tratados con Azospirillum (290.4 g L^{-1}), que son ligeramente superiores a la avena abonada con fertilizantes inorgánicos. Con esta información se remarca la ventaja que brindan los biofertilizantes, (Linderman, 1992).

La otra situación se refiere a los resultados obtenidos en el Campo 26, donde la aplicación de Azospirillum permitió producir los granos de avena más pesados (445.8 g L^{-1}), valor que estadísticamente es diferente al resto de los tratamientos evaluados. En orden de importancia se consignaron 436.6 g L , en la avena tratada con Micorriza. Al respecto Guzman *et al* (1992), trabajando en maíz y frijol, interconectaron las raíces de los cultivos con micelio de hongos micorrizicos, asegurando que el intercambio de los exudados radicales modificó positivamente el efecto de la Micorriza sobre el crecimiento de las plantas.

El peso específico promedio (423.8 g L^{-1}) fue reportado para el tratamiento donde se aplicaron 60-40-00 de N- P_2O_5 - K_2O (Cuadro 5), por lo que estadísticamente es inferior a la producción obtenida con los biofertilizantes, pero ligeramente superior que el testigo 0-0-0, (413.5 g L^{-1}), cabe señalar que el suelo donde se estableció el trabajo se caracterizó por ser deficiente en N (85.1 kg ha^{-1}), bajo en P (14.09 kg ha^{-1}), bajo en Materia Orgánica (0.473 %) y de textura Migajón Fuertemente arenoso.

Materia Seca Total (MST). En el presente estudio se consignaron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos estudiados favoreciendo o estimulando el uso de los biofertilizantes ;

En Santo Tomás , se registraron $6,675 \text{ kg ha}^{-1}$ de MST con la aplicación de Azospirillum , cantidad que superó la producción de MST de avena ($6,100 \text{ kg/ha}$) en el tratamiento 60-40-00 de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$; $6,360 \text{ kg}$ fue la medida de producción obtenida con la aplicación de Azospirillum + Micorriza + 40-26-00 de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$. El testigo absoluto rindió sólo $5,137 \text{ kg ha}^{-1}$ (Cuadro 6).

En el trabajo conducido en el Campo 26, también se consignaron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos evaluados , sobresaliendo por su producción la formula 60-40-00 de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$, con $5,000 \text{ kg}$, seguido del valor ($4,937.5 \text{ kg ha}^{-1}$) obtenido con la avena cosechada con la aplicación de Azospirillum (Cuadro 6). Estudios similares fueron consignados por Mercado y Milanéz (2000), con el propósito de evaluar algunas alternativas a la fertilización química nitrogenada sobre la base de biofertilizantes , reportaron que hubo una tendencia de respuesta favorable a los tratamientos con Azospirillum en dosis de 1.5 L ha^{-1} para obtener una producción de 84.8 ton ha^{-1} de caña de azúcar.

La producción de avena tratada con Micorriza fue de $4,875 \text{ kg ha}^{-1}$, muy superior a la producción del testigo 0-0-0 de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ ($3,938 \text{ kg ha}^{-1}$) , por lo que también son estadísticamente diferentes entre sí (Cuadro 6).

ANALISIS ECONOMICO.

Sobre la aplicación de fitohormonas , se mostraron dos tendencias diferentes , en San Tomás hubo una muy ligera tendencia favorable a la aplicación de Fitohormonas (Cuadro 7) , pero en el Campo 26 , la respuesta fue a la inversa (Cuadro 7) .

Sobre la aplicación de biofertilizantes en todos los casos los resultados obtenidos favorecen a la respuesta de la avena tratada con Azospirillum ; en Santo Tomás , el Índice de Redituabilidad (IR) fue de 3.86 y 3.68 , con y sin la aplicación de Fitohormonas respectivamente , superando ampliamente a la avena fertilizada químicamente con la dosis 60-40-00 de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$, cuyo IR fue de 2.78 y 2.6 respectivamente (cuadro 7) , confirmando que además del beneficio por mayor producción , se tiene como ventaja adicional el beneficio

ecológico y la restauración de la Materia Orgánica de los suelos que es la fuente para el inicio de todos los procesos físicos , químicos y biológicos que intervienen directamente en la producción de los cultivos.

En el Campo 26 la respuesta fue igual que en Santo Tomás , los IR más altos (2.33 y 3.32) fue donde la avena se trató con Azospirillum , con y sin Fitohormonas , respectivamente, superando a la avena producida con fertilizantes inorgánicos donde el IR fue de 1.83 y 2.61 (Cuadro 7) para la dosis 60-40-00 de N-P₂O₅-K₂O, con y sin aplicación de Fitohormonas, respectivamente.

CONCLUSIONES

El mejor biofertilizante fue el Azospirillum , el cual influyó para obtener una producción promedio de 6,675 y 4,938 kg ha⁻¹ de materia seca total para Santo Tomás y Campo 26 , respectivamente, con índice de redituabilidad de 3.77 y 2.83 y lluvias de 257 y 200 mm, durante el ciclo de cultivo.

La avena tratada con Azospirillum produjo grano con mayor peso específico (290.4 y 445.8 gr l⁻¹) en Santo Tomás y Campo 26 , respectivamente.

La aplicación de Azospirillum permitió obtener la mayor cantidad promedio de grano (1,040.9 y 930.5 kg ha⁻¹) para las localidades de Santo Tomás y Campo 26.

El mayor índice de redituabilidad promedio en Santo Tomás fue 3.77 correspondiente al tratamiento con Azospirillum , mientras que con fertilizantes inorgánicos o sintéticos sólo se obtuvo un índice de redituabilidad de 2.69.

La respuesta de la avena a la aplicación de fitohormonas fue contradictoria , ya que en la localidad de Santo Tomás fue favorable , pero no en el estudio del campo 26 .

Cuadro 1. Rendimiento de avena de temporal en grano (kg ha⁻¹) de avena de temporal, tratada con biofertilizantes más fitohormona esteroideal (CIDEF-4) y fertilizantes inorgánicos. Santo Tomás Mpio. de Guerrero, Chihuahua. CESICH-2000.

Aspersión	Tratamientos		REPETICIONES				Rendimiento		
			I	II	III	IV	Kg ha ⁻¹		
Factor "A"	Factor "B" Azp./Mico/Fertt. Quím.						MEDIA		
CON	1.-Azp. + Mico. + 40-26-0		911	772	951	1106	935.0		
Fitohormonas	2.-60-40-00		1070	1058	1000	1000	1032.0		
	3.-Testigo (0-0-0)		516	620	650	825	652.8		
	4.-Azp. + Mico.+ 20-13-0		950	657	659	750	754.0		
	5.-Azsop. + Mico.		515	745	1004	748	753.0		
	6.-Azospirillum		1200	980	1277	682	1034.8		
	7.-Micorriza		900	522	978	1000	850.0		
	SIN	1.-Azp. + Mico. + 40-26-0		698	792	850	765	776.3	
Fitohormonas	2.-60-40-00		988	781	696	831	824.0		
	3.-Testigo (0-0-0)		550	625	600	496	567.8		
	4.-Azp. + Mico.+ 20-13-0		580	1057	869	842	837.0		
	5.-Azsop. + Mico.		485	490	580	662	554.3		
	6.-Azospirillum		728	1119	708	750	826.3		
	7.-Micorriza		706	443	625	595	592.3		
	TRATAMIENTOS								
Aspersión	1	2	3	4	5	6	7	TOTAL	MEDIA
Con Fitohormonas	935	1032	652.8	754.0	753.0	1034.8	850.0	6011.6	858.8 a
Sin Fitohormonas	776.3	824.0	567.8	837.0	554.3	826.3	592.3	4978.0	711.1 b
TOTAL	1711.3	1856.0	1220.6	1591.0	1307.3	1861.1	1442.3		
MEDIA	855.7 ab	928 a	610.3 b	795.5 ab	653.7 ab	930.6 a	721.2 ab *		

D.M.S. _(0.01) Factor "A" = 145.01 ; Tukey_(0.01) Factor "B" = 294.10

- Valores con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí.

Cuadro 2. Rendimiento de avena de temporal en grano (kg ha⁻¹) de avena de temporal, tratada con biofertilizantes más fitohormona esteroideal (CIDEF-4) y fertilizantes inorgánicos. Campo 26 Mpio. de Cuauhtémoc, Chihuahua. CESICH-2000.

Aspersión	Tratamientos		REPETICIONES				Rendimiento		
			I	II	III	IV	Kg ha ⁻¹		
Factor "A"	Factor "B" Azp./Mico/Fertt. Quím.						MEDIA		
CON	1.-Azp. + Mico. + 40-26-0		760	780	983	703	806.5		
Fitohormonas	2.-60-40-00		780	695	822	1009	826.5		
	3.-Testigo (0-0-0)		671	629	650	670	655.0		
	4.-Azp. + Mico.+ 20-13-0		770	634	795	589	697.0		
	5.-Azsop. + Mico.		719	580	628	550	619.3		
	6.-Azospirillum		680	760	930	825	798.8		
	7.-Micorriza		660	882	959	750	812.8		
	SIN	1.-Azp. + Mico. + 40-26-0		1146	1050	1080	1387	1165.8	
Fitohormonas	2.-60-40-00		1350	1100	1250	1310	1252.5		
	3.-Testigo (0-0-0)		1000	1022	950	1080	1013.0		
	4.-Azp. + Mico.+ 20-13-0		1000	1248	834	939	1005.3		
	5.-Azsop. + Mico.		1020	1015	866	1100	1000.3		
	6.-Azospirillum		1390	1250	1302	1190	1283.0		
	7.-Micorriza		985	1052	1283	1135	1113.8		
	TRATAMIENTOS								
Aspersión	1	2	3	4	5	6	7	TOTAL	MEDIA
Con Fitohormonas	806.5	826.5	655.0	697.0	619.3	798.8	812.8	5215.9	745.1 b
Sin Fitohormonas	1165.8	1252.5	1013.0	1005.3	1000.3	1283.0	1113.8	7833.7	1119.1 a
TOTAL	1972.3	2079.0	1668.0	1702.3	1619.6	2081.8	1926.6		
MEDIA	986.2 ab	1039.5 a	834.0 ab	851.1 ab	809.8 b	1040.9 a	963.3 ab *		

D.M.S. _(0.01) Factor "A" = 232.83 ; Tukey_(0.01) Factor "B" = 211.52

* Valores con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí.

Cuadro 3. Peso específico del grano de avena de temporal (g L⁻¹), tratada con biofertilizantes más fitohormona esteroideal (CIDEF-4) y fertilizantes inorgánicos. Santo Tomás Mpio. de Guerrero, Chihuahua. CESICH-2000.

Aspersión	Tratamientos		REPETICIONES				Peso Especí g L ⁻¹		
			I	II	III	IV		MEDIA	
Factor "A"	Factor "B" Azp./Mico/Fertt. Quím.								
CON	1.-Azp. + Mico. + 40-26-0		261	211	238	316	256.5		
Fitohormonas	2.-60-40-00		316	302	288	285	297.8		
	3.-Testigo (0-0-0)		258	320	258	260	274.0		
	4.-Azp. + Mico.+ 20-13-0		338	253	220	247	264.5		
	5.-Azsop. + Mico.		206	298	251	228	245.8		
	6.-Azospirillum		295	320	252	255	280.5		
	7.-Micorriza		237	273	272	248	257.5		
	SIN	1.-Azp. + Mico. + 40-26-0		265	264	305	295	282.3	
Fitohormonas	2.-60-40-00		282	233	249	314	269.5		
	3.-Testigo (0-0-0)		295	280	262	280	279.3		
	4.-Azp. + Mico.+ 20-13-0		231	264	256	281	258.0		
	5.-Azsop. + Mico.		245	330	225	265	266.3		
	6.-Azospirillum		243	330	308	320	300.3		
	7.-Micorriza		321	247	250	225	260.8		
	TRATAMIENTOS								
Aspersión	1	2	3	4	5	6	7	TOTAL	MEDIA
Con Fitohormonas	256.5	297.8	274.0	264.5	245.8	280.5	257.5	1876.6	268.09
Sin Fitohormonas	282.3	269.5	279.3	258.0	266.3	300.3	260.8	1916.5	273.79
TOTAL	538.8	567.3	553.3	522.5	512.0	580.8	518.3		
MEDIA	269.4	283.7	276.7	261.3	256.1	290.4	259.2		

P>F: Facto "A" = 0.586 NS; Factor "B" =0.376 NS

Cuadro 4. Peso específico del grano de avena de temporal (g L⁻¹), tratada con biofertilizantes más fitohormona esteroideal (CIDEF-4) y fertilizantes inorgánicos. Campo 26 Mpio. de Cuauhtémoc, Chihuahua. CESICH-2000.

Aspersión	Tratamientos		REPETICIONES				Peso Especí g L ⁻¹		
			I	II	III	IV		MEDIA	
Factor "A"	Factor "B" Azp./Mico/Fertt. Quím.								
CON	1.-Azp. + Mico. + 40-26-0		394	394	401	407	399.0		
Fitohormonas	2.-60-40-00		400	398	411	420	407.3		
	3.-Testigo (0-0-0)		390	388	400	417	398.8		
	4.-Azp. + Mico.+ 20-13-0		427	417	400	417	415.3		
	5.-Azsop. + Mico.		378	424	415	431	412.0		
	6.-Azospirillum		466	457	465	378	441.5		
	7.-Micorriza		377	452	468	400	424.3		
	SIN	1.-Azp. + Mico. + 40-26-0		424	435	442	444	436.3	
Fitohormonas	2.-60-40-00		435	450	438	438	440.3		
	3.-Testigo (0-0-0)		422	411	440	440	428.3		
	4.-Azp. + Mico.+ 20-13-0		432	439	445	447	440.8		
	5.-Azsop. + Mico.		432	429	430	428	429.8		
	6.-Azospirillum		460	455	445	440	450.0		
	7.-Micorriza		448	449	445	454	449.0		
	TRATAMIENTOS								
Aspersión	1	2	3	4	5	6	7	TOTAL	MEDIA
Con Fitohormonas	399.0	407.3	398.8	415.3	412.0	441.5	424.3	2898.2	414.0 b
Sin Fitohormonas	436.3	440.3	428.3	440.8	429.8	450.0	449.0	3074.5	439.2 a
TOTAL	835.3	847.6	827.1	856.1	841.8	891.5	873.3		
MEDIA	417.7 ab	423.8 ab	413.5 b	428.1 ab	420.9 ab	445.8 a	436.7 ab *		

D.M.S. _(0.01) Factor "A" = 21.65 ; Tukey_(0.01) Factor "B" = 30.59

* Valores con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí.

Cuadro 5. Materia seca total (kg ha⁻¹) de avena de temporal, tratada con biofertilizantes más fitohormona esteroideal (CIDEF-4) y fertilizantes inorgánicos. Santo Tomás Mpio. de Guerrero, Chihuahua. CESICH-2000.

Aspersión	Tratamientos	REPETICIONES				MST Kg ha ⁻¹			
Factor "A"	Factor "B" Azp./Mico/Fertt. Quím.	I	II	III	IV	MEDIA			
CON	1.-Azp. + Mico. + 40-26-0	6240	6240	7600	6800	6720			
Fitohormonas	2.-60-40-00	7200	6800	6000	6400	6600			
	3.-Testigo (0-0-0)	4000	5000	5500	5500	5000			
	4.-Azp. + Mico.+ 20-13-0	7600	5000	7200	7600	6850			
	5.-Azsop. + Mico.	5600	6240	7700	6800	6585			
	6.-Azospirillum	8000	6500	8000	6500	7250			
	7.-Micorriza	7000	5200	6400	7000	6400			
	SIN	1.-Azp. + Mico. + 40-26-0	5600	5600	6800	6000	6000		
Fitohormonas	2.-60-40-00	5600	5600	5600	5600	5600			
	3.-Testigo (0-0-0)	5500	5500	5600	4500	5275			
	4.-Azp. + Mico.+ 20-13-0	5600	5200	5000	6500	5575			
	5.-Azsop. + Mico.	4500	4500	4800	4800	4650			
	6.-Azospirillum	6400	6000	6000	6000	6100			
	7.-Micorriza	5500	5000	6000	5000	5375			
	TRATAMIENTOS								
	1	2	3	4	5	6	7	TOTAL	MEDIA
Con Fitohormonas	6720	6600	5000	6850	6585	7250	6400	45405.0	6486.4 a
Sin Fitohormonas	6000	5600	5275	5575	4650	6100	5375	38575.0	5510.7 b
TOTAL	12720	12200	10275	12425	11235	13350	11775		
MEDIA	6360 a	6100 ab	5137.5 b	6212.5 ab	5617.5 ab	6675 a	5887.5 ab *		

D.M.S. _(0.01) Factor "A" = 950.94 ; Tukey_(0.01) Factor "B" = 1,185.2

a) Valores con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí.

Cuadro 6. Materia seca total (kg ha⁻¹) de avena de temporal, tratada con biofertilizantes más fitohormona esteroideal (CIDEF-4) y fertilizantes inorgánicos. Campo 26 Mpio. de Cuauhtémoc, Chihuahua. CESICH-2000.

Aspersión	Tratamientos	REPETICIONES				MST Kg ha ⁻¹			
Factor "A"	Factor "B" Azp./Mico/Fertt. Quím.	I	II	III	IV	MEDIA			
CON	1.-Azp. + Mico. + 40-26-0	4500	5000	5000	4500	4750			
Fitohormonas	2.-60-40-00	4000	4500	4500	4500	4375			
	3.-Testigo (0-0-0)	3500	2000	3000	4000	3125			
	4.-Azp. + Mico.+ 20-13-0	4000	3000	4000	4000	3750			
	5.-Azsop. + Mico.	4000	4000	3000	3500	3625			
	6.-Azospirillum	4000	4000	5000	4500	4375			
	7.-Micorriza	4000	4000	4500	5000	4375			
	SIN	1.-Azp. + Mico. + 40-26-0	4700	4500	4500	6000	4925		
Fitohormonas	2.-60-40-00	6000	5000	6500	5000	5625			
	3.-Testigo (0-0-0)	5000	4500	5000	4500	4750			
	4.-Azp. + Mico.+ 20-13-0	5000	4500	4000	4500	4500			
	5.-Azsop. + Mico.	5000	4000	4500	4500	4500			
	6.-Azospirillum	6000	5000	5500	5500	5500			
	7.-Micorriza	5000	5500	5500	5500	5375			
	TRATAMIENTOS								
	1	2	3	4	5	6	7	TOTAL	MEDIA
Con Fitohormonas	4750	4375	3125	3750	3625	4375	4375	28375.0	4053.6 b
Sin Fitohormonas	4925	5625	4750	4500	4500	5500	5375	35175.0	5025.0 a
TOTAL	9675	10000	7875	8250	8125	9875	9750		
MEDIA	4837.5 abc	5000 a	3937.5 c	4125.0 abc	4062.5 bc	4937.5 ab	4875 ab *		

D.M.S. _(0.01) Factor "A" = 563.97 ; Tukey_(0.01) Factor "B" = 921.59

* Valores con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí.

Cuadro 7. Análisis Económico sobre la producción (Materia seca total kg ha⁻¹) de avena de temporal, tratada con biofertilizantes más Fito hormona esteroidal (CIDEF-4) y fertilizantes inorgánicos. CESICH- 2000.

Tratamientos	Santo Tomás, Mpio. De Guerrero, Chihuahua					Campo 26, Mpio. De Cuauhtémoc, Chih.				
	MST Kg Ha ⁻¹	Beneficio Bruto	Costo de Trat (\$)	Beneficio Neto (\$)	Índice Redituabil.	MST Kg Ha ⁻¹	Beneficio Bruto	Costo de Trat (\$)	Beneficio Neto (\$)	Índice Redituabil.
CON FITOHORMONAS										
1.-Azp + Mico+ 40-26-0	6,720	6,720	2,369	4,351	2.84	4,750	4,750	2,369	1,669	2.02
2.- 60-40-0	6,600	6,600	2,377	4,223	2.78	4,375	4,375	2,377	1,998	1.83
3.- Testigo (0-0-0)	5,000	5,000	1,781	3,219	2.81	3,125	3,125	1,781	1,344	1.75
4.-Azp. + Mico+ 20-13-0	6,850	6,850	2,171	4,679	3.16	3,750	3,750	2,171	1,579	1.73
5.- Azosp. + Micorriza	6,585	6,585	1,974	4,611	3.34	3,625	3,625	1,974	1,651	1.84
6.-Azospirillum	7,250	7,250	1,877	5,373	3.86	4,375	4,375	1,877	2,498	1.33
7.- Micorriza	6,400	6,400	1,877	4,523	3.41	4,375	4,375	1,877	2,498	2.33
SIN FITOHORMONAS										
1.-Azp + Mico+ 40-26-0	6,000	6,000	2,150	3,850	2.79	4,925	4,925	2,150	2,775	2.29
2.- 60-40-0	5,600	5,600	2,157	3,443	2.60	5,625	5,625	2,157	3,468	2.61
3.- Testigo (0-0-0)	5,275	5,275	1,561	3,714	3.38	4,750	4,750	1,561	3,189	3.04
4.-Azp. + Mico+ 20-13-0	5,575	5,575	1,951	3,624	2.86	4,500	4,500	1,951	2,549	2.31
5.- Azosp. + Micorriza	4,650	4,650	1,754	2,896	2.65	4,500	4,500	1,754	2,745	2.57
6.- Azospirillum	6,100	6,100	1,658	4,442	3.68	5,500	5,500	1,658	3,842	3.32
7.- Micorriza	5,375	5,375	1,658	3,417	3.24	5,375	5,375	1,658	3,717	3.24

Beneficio Bruto = Valor de la producción = kg de MST * \$ 1,000 Ton ; Costo del tratamiento = Costo del cultivo + Costo del Biofertilizante (\$22.00/ Bolsa / 4 Bolsas) ; Beneficio Neto = Valor de la Producción - Costo del tratamiento ; I. R. = Índice de Redituabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre M., J.F. Y E.Z. Velazco. 1994. Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en *Leucaena leucocephala* al inocularse con micorriza VA y/o *Rhizobium Loti* I. *Agricultura Técnica en México*. 20 (1): 43-45.
- Amado A., J.P., P. Ortiz F. y J.J. Salmerón Z. 2000. Manejo agronómico de la avena en la Sierra de Chihuahua (variedades , agua , densidad de siembra y fertilización mayor). Folleto Científico N° 7. SAGAR-INIFAP-CIRNOC-CESICH. Cd. Cuauhtémoc, Chih.
- Avila M. , M.R. 1997. Ventajas comparativas del cultivo de avena de temporal en Chihuahua. *Agricultura Técnica en México* . Vol. 23;N°2. pp:125-138.
- Barea, J.M., R.Azcon and C. Azcon – Aguilar . 1992. Vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in nitrogen fixing systems. In: J.R. Norris (ed) *Techniques for the study of Mycorrhizae*. *Methods Microbiol*. 24:391-416.
- Bashan , Y.,G. Holguín y R. Ferrera C. 1996. Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos I. *Azospirillum*. *TERRA*. Vol.14 N° 2. pp:159-194.
- Campos V.,A.1992. La fertilización orgánica moderna una nueva alternativa para el productor agrícola. pp:198-204. In: *Manejo y conservación del suelo y el agua* .Dr. José Feliciano Ruíz Figueroa (Ed) Primera reunión nacional . 12 al 15 de Agosto de 1993. Montecillos , Edo. de México.
- Delorenzini, C. , J.M. Barea and J. Olivares. 1979.Fertilización biológica (Micorriza + *Rhizobium* + Fosfobacterias) de *trifolium pratense* en diferentes condiciones de cultivo . *Revista latinoamericana. Microbiología* 21: 129-134.
- Estañol B.,E.,R. Ferrera C.,C.C.Sosa M., J. A. Santizo R. y R. Quintero L. 1999. Introducción del nemátodo *Meloidogyne chitwoodi* , con tres especies de hongos *Glomus* Sp. En la producción y distribución de materia seca de plantas jóvenes de maíz.. *TERRA* . Vol. 17 N° 1. Pp: 17-25.
- García , E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen ; para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana . 2ª edición UNAM. Instituto de Geografía , México , D.F.
- González C., Mª C. y R. Ferrera C. 1994. Interacción de la micorriza V-A y la Fertilización fosfatada en diferentes portainjertos de cítricos . *TERRA*. Vol. 12 N° 3. pp : 338-344.

- González O., R.I. Y M.R. Ávila M. 1996. Praderas de invierno: una alternativa forrajera para la región de la Baja Babicora. Folleto para productores No. 1. Gobierno del estado de chihuahua. SAGAR-INIFAP-CESICH. Cd. Cuauhtémoc, Chih.
- Guzman P., R. A. , R. Ferrero C. Y G.B. Bethlenfalvay.1992. Papel de la Endomicorriza V-A en la transferencia de exudados radicales entre frijol y maíz sembrados en asociación bajo condiciones de campo. TERRA. Vol.12. pp:236-248.
- Gross, D. And Parthier, B.1994. Novel natural substances acting in plant growth regulation. Journal of Plant Growth Regulation . 13: 93-114.
- Leal S., E. 1992. Uso de fuentes alternativas de fertilizantes en la provincia de Ciego de Ávila , Cuba . pp: 215-224. In: Manejo y conservación del suelo y el agua .Dr. José Feliciano Ruíz Figueroa (Ed) Primera reunión nacional . 12 al 15 de Agosto de 1993. Montecillos , Edo. de México.
- Linderman , R.G. 1992. Vesicular- ARBUSCULAR Mycorrhizae and soil microbial interactions . American Society of Agronomy , Crop Sciece Society of América. 677 s. Segue Rd. Madison , Wi. 53711, USA . Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. ASA. Special Publication No. 54.
- Mandava , N. B. 1988. Plant Growth-promoting brassinoesteroids. Anual Review of Plant Physiology and plant Molecular Biology. 39:23-52.
- Manjarrez M.,M.J., R. Ferrera C. Y M.C. González Ch. 1999. Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano . TERRA. Vol. 17. No. 1 . pp: 9-16.
- Martínez G., M., V. Arroyo A., G. Cruz F. , S. Palacios M. Y A. Echegaray A. 2000. Efecto residual de compostas y eficiencia de hongos M-A en absorción de N-P en la producción de biomasa de maíz . p. 77. In : Ordaz Chaparro V.M. , Sánchez García P. y Chávez P. G. (Eds.). 2000. La Investigación Edafológica en México 1999-2000. Memorias del XXX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Veracruz, Ver. México.
- Mariscal A.,G. , J.P. Amado A. Y P. Ortiz F. 2000. Limitantes edáficas en la producción frutícola frutícola de manzano en el Noroeste de Chihuahua. VARIEDAD FRUTICOLA. VOL. 4 AÑO 7 . Asociación de Manzaneros de Cuauhtémoc, A.C. Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua.
- Mercado R.E. Y N. Milanéz R. 2000. Influencia de cuatro biofertilizantes en la producción de la caña de azúcar en la región veracruzana central . p. 57 In: Ordaz Chaparro V.M. , Sánchez García P. y Chávez P. G. (Eds.). 2000. La Investigación Edafológica en

- México 1999-2000. Memorias del XXX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Veracruz, Ver. México.
- Nuñez B. , A. y F. Araiza M. 1999. Reporte anual sobre validación del uso de biofertilizantes en la región Norte Centro . Documento de circulación interna del INIFAP. Centro de Investigación Regional Norte – Centro. Chihuahua, Chih.
- Okon, Y. and C. Labandera. 1994. Agronomic applications of azospirillum evaluation of 20 year world wide field inoculation. *Soil Biology*. 26 (12): 1591-1601.
- Olalde P., V., J. Farías H. L.I. Aguilera G. y M^a De J. Alvarado B. 1994. Efecto de la endomicorriza arbuscular en la fijación biológica de N en frijol , aplicando diferentes niveles de fósforo. *TERRA*. Vol. 12. N^o. 3. pp: 323-328.
- Ortíz F.,P. y J.P. Amado A. 1999. Simbiosis doble Rhizobium-Micorriza Arbuscular y uso de Brassinoesteroides para frijol de temporal en Sierra de Chihuahua. Informe de Investigación . Experimento Nacional . CESICH-CIRNOC-INIFAP. Cuauhtémoc, Chih.
- Ortíz F.,P. y J.P. Amado A. y J.J.Salmerón Z. 2000. Evaluación de tecnología para avena en la Sierra de Chihuahua (variedades y fertilización mayor). Folleto Científico N^o. 6 . SAGAR – INIFAP- CIRNOC- CESICH. Cd. Cuauhtémoc, Chih.
- Ortíz F.,P. , J.P. Amado A. , P. Fernández H. y R. González O. 1999. Evaluación del uso de biofertilizantes en avena y frijol de temporal en la “Sierra de Chihuahua”. CESICH-CIRNOC-INIFAP. Cuauhtémoc, Chih.
- Read, D. 1998. Plants on the Web. *Nature*. 396 : 22-23.
- Rojas G., M. y M. Rovalo. 1985. Fisiología vegetal aplicada. 3^a edición. Editorial McGraw-Hill. México D.F.
- Safir, G.R., Boyer J.S. and Gerderman, J. W. 1972. Nutrient status and micorrhizal enhancement of waters transports in soybean . *Plant Physiology*. 49: 700-703.
- Salmerón Z., J.J. 2000. Teporaca, Menonirta y Bachíniva , nuevas variedades de avana para el noroeste de Chihuahua. Folleto Técnico N^o 12. CONACYT-INIFAP-CIRNOC-CESICH. Cd. Cuauhtémoc, Chih.
- Selosse, M.A. and Le Tacon, F. 1998. The land flora : a phototroph-fungus partnership tree. 13 (1): 15-20.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (1995). Carta Topográfica 1: 1’000, 000 Chihuahua. Programación y Presupuesto. Coordinación General de Servicios Nacionales de Estadística Geografía e Informática. Dirección General de Geografía. México, D.F.

Walkley, A. y I.A. Black. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid tiration method. Soil Sci. 37: 29-38.

CAPÍTULO X

NORMATIVIDAD EN EL USO DE PRODUCTOS ORGÁNICOS

Dr. Manuel Fortis Hernández¹; Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez; Dr. José Alfredo Montemayor Trejo¹

¹Subdirección de Investigación y Posgrado (SIGA-ITA No.10)

e-mail: mfortis@avantel.net

INTRODUCCIÓN

“**P**roducir de manera tradicional no es suficiente para penetrar en los mercados orgánicos. Hoy se tiene que retomar la normatividad y la regulación establecida para tal fin, lo cual implica grandes desafíos”.

Orígenes de la Agricultura Orgánica

A mediados de la década de 1950, con la introducción de la “Revolución Verde”, se indujeron notables transformaciones en la producción agropecuaria mundial. Esa filosofía de producción surgió con el propósito, entre otros, de incrementar la productividad y la rentabilidad agropecuaria a partir del uso intensivo de agroquímicos sintéticos. Con su aplicación se logró un aumento acelerado en los volúmenes y áreas de producción; sin embargo, condujo también al deterioro de los recursos naturales, amenazando la sostenibilidad de los sistemas productivos y la salud de la población.

La toma de conciencia, por parte de la sociedad, sobre los riesgos generados en la salud humana y en el medio ambiente como consecuencia del uso excesivo de agroquímicos sintéticos y el inadecuado manejo de los recursos naturales, condujo a la búsqueda de tecnologías de producción alternativas que contrarrestaran estos efectos, dejando espacio al surgimiento de diversas corrientes, entre las cuales destacan la agricultura orgánica, la

agricultura biodinámica, la permacultura, la tecnología apropiada y la agroecología, por citar algunas.

En ese contexto, la agricultura orgánica, conocida como la técnica de producción más antigua sobre la tierra, cobró importancia nuevamente. Esta técnica se fundamenta en el respeto de las relaciones existentes en la naturaleza, principio mediante el cual se propicia la conservación de los recursos naturales y del medio ambiente, se contribuye a la salud de los productores y consumidores, y al desarrollo de sistemas productivos agropecuarios basados en un equilibrio ecológico, económico y social.

Además de los atributos señalados, que indiscutiblemente aportan al mejoramiento de la calidad de vida en el medio rural y de la sociedad en su conjunto, la práctica de la agricultura orgánica conlleva una de las contribuciones más significativas al desarrollo del sector agropecuario, al propiciar día con día la revalorización del principal y tal vez único patrimonio con que cuentan los productores: la tierra.

Definición de la Agricultura Orgánica

La agricultura orgánica se define como un sistema de producción que utiliza insumos naturales y prácticas especiales: aplicación de compostas y de abonos verdes, control biológico, asociación y rotación de cultivos, uso de repelentes y funguicidas a partir de plantas y minerales, entre otras. A cambio, prohíbe el uso de pesticidas y fertilizantes de síntesis química. Esta forma de producción incluye el mejoramiento de los recursos naturales y de las condiciones de vida de quienes llevan a cabo estas prácticas.

En otras palabras “orgánico” se refiere al proceso de producción más bien que al producto en sí mismo. La agricultura orgánica es más conocida como método agrícola en el que no se utilizan fertilizantes ni plaguicidas sintéticos. Pero en esa descripción no se menciona la esencia de esta forma de agricultura, que consiste en la gestión holística del sistema agrícola. Según la definición del Codex Alimentarius, “la agricultura orgánica es un sistema holístico de ordenación de la producción que promueve y mejora la salud del agroecosistema, con inclusión de la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo”. Hace hincapié en la utilización de prácticas de ordenación más que en el uso de insumos no agrícolas, teniendo en cuenta que las condiciones regionales requieren sistemas adaptados a cada lugar.

Esto se realiza utilizando, en lo posible, métodos agronómicos, biológicos y mecánicos, en lugar de materiales sintéticos, para desempeñar cualquier función específica dentro del sistema. Algunos gobiernos nacionales y una multitud de organizaciones privadas de certificación y de agricultores han dado su definición de agricultura orgánica. En el pasado, estas definiciones diferían significativamente, pero la demanda de coherencia por parte del comercio ha dado lugar a una mayor uniformidad.

Principios básicos de la agricultura orgánica

La agricultura orgánica se identifica, generalmente, como una técnica que evita el uso de fertilizantes y plaguicidas sintéticos; sin embargo, sus objetivos van más allá, puesto que con ella se pretende una gestión holística del sistema de producción agropecuario. Hasta hoy, no existe, y posiblemente nunca exista, una definición única de agricultura orgánica, ya que hay muchas formas de implementar esta técnica productiva, las cuales se basan en aspectos muy diversos que van desde posiciones filosóficas hasta consideraciones de los ecosistemas particulares. Sin embargo, todas mantienen una serie de principios básicos que caracterizan la actividad, entre ellos:

Proteger el ambiente y promover la salud. El proceso productivo y el procesamiento de productos orgánicos no deben ser contaminantes del ambiente. La agricultura orgánica elimina el uso de productos sintéticos que dañan los organismos benéficos del suelo, agotan los recursos no renovables, comprometen la calidad del agua y del aire y arriesgan la salud de los productores y consumidores. La producción agroindustrial bajo condiciones orgánicas debe realizarse con productos de origen orgánico y debe, además, evitar la contaminación del ambiente con desechos del proceso.

Mantener la fertilidad del suelo en el largo plazo mediante la optimización de condiciones para la actividad biológica. La salud del suelo es un componente integral para la seguridad del agroecosistema; en un sistema de producción orgánico se debe mantener un balance de recursos físicos, químicos y biológicos para optimizar la cantidad y diversidad de organismos del suelo y mejorar su fertilidad. El mejoramiento de la calidad del suelo incluye prácticas tales como cubiertas con residuos de cosechas, rotación de cosechas, cultivos intercalados, abono verde, abonos orgánicos procesados a base de desechos de plantas y animales, métodos de

labranza mínima adecuados a las condiciones morfológicas y climáticas, y la aplicación de suplementos nutritivos permitidos por las normas orgánicas.

Favorecer la biodiversidad en la unidad productiva y sus alrededores. La diversidad biológica es también esencial para la estabilidad y sustentabilidad de los agroecosistemas; es promovida en todos los aspectos de la producción orgánica por medio de la selección de variedades de cultivos apropiadas, combinadas con ganadería de crianza, ciclos de rotación, estrategias de control biológico para el manejo de plagas y enfermedades, entre otras prácticas permitidas. Los organismos manejados genéticamente y/o modificados, o sus productos, no son compatibles con la filosofía orgánica; su uso es prohibido en cualquier aspecto de la producción, procesamiento o industrialización de productos orgánicos, básicamente por la posible amenaza contra la biodiversidad.

Promover el reciclaje de materiales de la unidad productiva. La agricultura orgánica promueve el uso intensivo de la unidad productiva utilizando la mayor cantidad de productos biológicos en lugar de sintéticos. Los suelos agotados por las cosechas deben ser reaprovisionados con nutrientes que provengan de desechos vegetales y animales de la misma unidad productiva; además, se debe minimizar el uso de materiales no renovables. Esto tiene, especialmente en países tropicales, un impacto positivo sobre la eficiencia económica del sistema productivo en el largo plazo.

Crear condiciones óptimas para la explotación pecuaria. La producción pecuaria orgánica previene enfermedades y promueve el bienestar de los animales mediante la combinación de una dieta balanceada producida orgánicamente, albergue adecuado y prácticas de manejo que reducen el estrés del animal y su propensión a enfermarse.

Mantener la integridad de alimentos y productos procesados orgánicos desde la producción inicial hasta el punto de venta. Los productos orgánicos primarios y procesados, sus ingredientes y aditivos, deben ser producidos y manejados bajo normas que no comprometan la salud de los consumidores; por ejemplo, en el caso de los productos procesados, las normas de procesamiento orgánico no permiten la radiación de los alimentos. Con el objeto de mantener la calidad del producto, se han establecido también normas para las etapas posteriores a la producción o transformación, como el transporte, la manipulación y el almacenamiento.

Una característica que diferencia a la producción orgánica de la producción convencional y de otros sistemas alternativos de producción, es la existencia de normas de producción y procedimientos de certificación. En los inicios del resurgimiento de la producción orgánica, la comercialización se realizaba en forma directa entre consumidor y comprador; la garantía de que el producto había sido producido bajo un sistema orgánico se fundamentaba, en buena medida, en la “confianza” que depositaba el consumidor en el productor.

Criterios básicos para la producción de frutas y verduras orgánicas

Uno de los elementos esenciales que distinguen la agricultura orgánica de otras formas de agricultura sostenible es la existencia de normas de producción y procedimientos de certificación. No existen normas universales para la producción y manipulación de las frutas y verduras orgánicas. Al principio, las normas orgánicas surgieron de asociaciones privadas, que habilitaban a sus miembros a utilizar las marcas y las etiquetas orgánicas de sus respectivas asociaciones al comercializar sus productos.

La Federación Internacional de los Movimientos de Agricultura Biológica (IFOAM), una organización no gubernamental que promueve la agricultura orgánica a nivel internacional, ha establecido directrices que han sido ampliamente adoptadas para la producción y elaboración orgánicas. Estas directrices se consideran como “normas mínimas”, que dejan espacio para requisitos más pormenorizados, en función de las situaciones regionales o locales.

Así mismo, las normas y estándares orgánicos de la IFOAM definen las prácticas mínimas necesarias para la producción y manejo de productos, distinguen cuándo se trata de una producción en transición o ya orgánica. Fijan las prácticas ecológicas y señalan las prácticas aprobadas en el manejo de suelos, fertilización, control de plagas y enfermedades, riego, procesamiento, control de almacenamiento, transporte, embalaje, envase, etiquetado, precisando en cada caso qué insumo es posible aplicar, cuáles son de uso restringido y cuáles están prohibidos.

La verificación del cumplimiento de las normas y estándares establecidos se realiza mediante el proceso de inspección y certificación.

Sello de garantía

La certificación es un mecanismo de garantía. Es un instrumento de mercadeo en cuyo proceso el productor obtiene un sello, una marca, que aparece en los productos y garantiza al consumidor un producto orgánico. Sólo con ese sello el productor puede acceder al nicho de mercado de orgánicos y obtener un mayor precio. El sello se consigue de una empresa certificadora, acreditada por la IFOAM, teniendo el proceso de certificación el objetivo de evaluar, verificar y comprobar que la producción y el procesamiento se han realizado conforme a lo que establecen las normas de la agricultura y procesamiento orgánico.

Aunque muchos agricultores del mundo en desarrollo no usan insumos sintéticos, esto sólo no es suficiente para clasificar sus productos como orgánicos. Los agricultores que producen cultivos orgánicos para exportación, y en otras partes de la granja producen al mismo tiempo productos alimentarios básicos utilizando métodos convencionales con fertilizantes y plaguicidas, no admitidos por el sistema orgánico, corren un gran riesgo de violar las normas, a menos que adopten medidas eficaces para impedir que las sustancias prohibidas pasen a las parcelas orgánicas.

A medida que la agricultura orgánica se ha ido generalizando, muchos países desarrollados han definido sus propias normas orgánicas. Desde principios del decenio del noventa, los países de la Comunidad Europea (CE) han ratificado una normativa orgánica común expresada en el Reglamento 2092/91 de la CE. Más recientemente, Canadá, los Estados Unidos y el Japón han aprobado normas y reglamentos orgánicos. El Comité para el etiquetado de alimentos de la Comisión del Codex Alimentarius de la FAO/OMS aprobó en 1999 “directrices para la producción, elaboración, etiquetado y comercialización de alimentos producidos orgánicamente”.

Las normas orgánicas suelen ser semejantes ya que derivan de las directrices de la IFOAM para la producción orgánica. En general, es obligatorio el uso de métodos que contribuyen al mantenimiento o mejoramiento de la fertilidad del suelo. Otra característica común es que por lo general se aprueban los insumos naturales y se prohíben los insumos sintéticos.

Existen, no obstante, excepciones en ambos casos. Algunos insumos naturales que diversos programas de certificación determinan como nocivos para la salud humana o del ambiente están prohibidos. Además, se permiten algunos insumos sintéticos. Por ejemplo, el Reglamento 2092/91 de la CE permite el uso de determinados fertilizantes y sistemas de conservantes para las plantas. Todos los programas de certificación contienen listas de determinados insumos sintéticos aprobados y de insumos naturales prohibidos.

La producción orgánica en México

Los alimentos orgánicos y naturales se han ganado un espacio en el mercado mundial acorde a los cambios en la demanda y el consumo de alimentos, así como a la mayor conciencia y evidencia de la necesidad de proteger el ambiente y la salud humana de los elementos tóxicos presentes en los procesos productivos convencionales.

México no ha sido ajeno a esta tendencia y en los últimos años ha diversificado la producción y oferta de productos orgánicos, alentado por una demanda mundial en expansión y por precios más remunerativos que las producciones convencionales. Durante el período de 1996 al 2000, el área destinada al cultivo de estos productos pasó de 23,000 ha⁻¹ en 1996 a más de 102,000 ha⁻¹ en el año del 2000, lo que significó un aumento del 343.5% en dicho período. Solamente un país europeo (Italia) registró un mayor ritmo de crecimiento en la superficie de cultivo de productos orgánicos que México.

Esto se explica en mayor medida a los altos precios a los que se ofrecen estos productos en el mercado (en algunos casos, el valor de estos precios es superior entre un 20 y 30% en el mercado en comparación a los alimentos cultivados convencionalmente), aunque también los demandantes de estos productos exigen una garantía de que los métodos empleados para el cultivo de estos productos sean plenamente certificados: el café es un ejemplo de ello.

La razón por la cual México exporta alrededor del 85 por ciento de su producción orgánica, es debido a que existe una mayor demanda de alimentos sanos por parte de los países desarrollados, asociados a los mayores niveles de ingresos que permite pagar un mayor precio. El resto se comercializa en el mercado nacional, muchas veces en el mercado convencional, siendo la excepción el café de la Selva en la ciudad de México, como los nuevos

expendios que han aparecido en las mayores ciudades del país, comercializando otras marcas que, si bien se destinan a la exportación, también están incursionando en el mercado nacional.

En el caso del café orgánico, México es considerado como el principal exportador a nivel mundial, cubriendo alrededor del 20 por ciento de la oferta. Estados Unidos es el país al cual se destina la mayor parte del café orgánico, alrededor del 43 por ciento, 21 por ciento a Alemania y en cantidades menores a países como Dinamarca, Holanda, Suecia, España, Japón, Noruega, Italia, Francia, Canadá, Suiza, Austria, Inglaterra y Bélgica, según datos del Consejo Mexicano del Café.

Norma Oficial Mexicana

En México se cuenta con una Norma Oficial Mexicana para las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos. Se encuentran registradas 15 Agencias de Certificación, de las cuales 3 son de origen mexicano (CERTIMEX, CUCEPRO y CADS) y una agencia internacional (OCIA) división México.

Una buena parte de las agencias certificadoras que verifican los productos orgánicos en el país son en su mayoría de origen extranjero, procedente de los países al cual se destina la mayor parte de la producción orgánica. Las empresas extranjeras más importantes que operan son: Organic Crop Improvement Association Internacional (OCIA), con sede en Estados Unidos; Naturland, de Alemania, y Quality Assurance International, de Estados Unidos. La certificación nacional corresponde al Comité Universitario Certificador de Productos Orgánicos de la Universidad de Colima, a la Certificadora Mexicana de Productos y Procesos Ecológicos S.C. (Certimex), que realiza procesos de cocertificación con empresas internacionales; a la Asociación Civil Dana y a CADS.

El costo de la certificación puede llegar a representar hasta el 5 por ciento del valor de las ventas, de ahí que se haya impulsado la constitución de certificadoras nacionales con el fin de abaratar el mismo; sin embargo, cuando los productos son destinados al mercado externo, deben partir del pleno reconocimiento en esos mercados y del cumplimiento de leyes, normas y reglamentos que cada país ha establecido en materia orgánica.

Muchos programas de certificación requieren medidas adicionales de protección del ambiente además de las condiciones indicadas anteriormente. Por ejemplo, en las esferas

relativas a la conservación de suelos y aguas, la lucha contra la contaminación o el uso de agentes biológicos se aplican por lo general medidas específicas.

En nuestro país la producción de productos orgánicos se rige por la Norma Oficial Mexicana NOM-307 -Fito-1995 / 1997, en la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos, aunque la producción y comercialización orgánica ha estado inserta en el mercado internacional a través de empresas certificadoras e intermediarias de países industrializados que han fijado las pautas para los productores nacionales y para la exportación.

La normatividad de la agricultura orgánica comprende el establecimiento de estándares para la producción y el procesamiento de los productos orgánicos, así como los instrumentos que posibilitan el cumplimiento de los sistemas de regulación. En el siguiente cuadro se aprecia en detalle los datos de identificación de la NOM establecida por la Secretaría de Economía (antes SECOFI).

Cuadro 1. Norma Oficial Mexicana

DATOS DE IDENTIFICACIÓN	
Clave de la norma	NOM-037-FITO-1995
Título de la norma	Por la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos.
Fecha de publicación	23 de abril de 1997
Fecha de entrada en vigor	24 de abril de 1997
Tipo de norma	definitiva
Producto	Producción orgánica
Rama de la actividad económica	Alimentos
Dependencia	SAGARPA
Comité Consultivo	CCNN DE PROTECCIÓN FITOSANITARIA (FITO)

FUENTE: Secretaría de Economía

Y muy recientemente, entrego en vigor la NORMA Oficial Mexicana (con carácter de emergencia) NOM-EM-034-FITO-2000, que contiene los requisitos y especificaciones para la aplicación y certificación de buenas prácticas agrícolas en los procesos de producción de frutas y hortalizas frescas.

En esta se definen, entre otros, a los fertilizantes orgánicos como: Productos de origen vegetal o animal que por efecto de la descomposición microbiana e incorporación al suelo, suministran elementos útiles para el crecimiento de las plantas.

En relación a la Fertilización se menciona que hay que :

Tratar el estiércol, lodos residuales y otros fertilizantes orgánicos con procedimientos como composteo, pasteurización, secado por calor, radiación ultravioleta, digestión alcalina o combinación de éstos, y constatar mediante pruebas de laboratorio, que el sustrato no excede la cantidad de metales pesados, bacterias coliformes fecales y huevos de helminto, especificados en el Apéndice 1 y 4.

Almacenar y tratar los fertilizantes orgánicos en lugares alejados a las áreas de producción de frutas y hortalizas frescas y en condiciones que eviten la contaminación cruzada por escurrimiento o lixiviación.

El apéndice al respecto señala:

Apéndice 1: Límite máximo de metales pesados, coliformes fecales y huevos de helminto en suelo.

CONTAMINANTE	KG/HA*
Arsénico	41
Cadmio	39
Cromo	3,000
Cobre	1,500
Plomo	300
Mercurio	17
Níquel	420
Zinc	2,800

*En base a peso seco

Fuente: PROY-NOM-005-ECOL-2000

CONTAMINANTE	NMP/gr DE SUELO SECO
COLIFORMES FECALES	MENOS DE 1000
HUEVOS DE HELMINTO	MENOS DE 10

Fuente: PROY-NOM-ECOL-004-2000

Apéndice 4: Límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en estiércol, lodos residuales y otros fertilizantes orgánicos.

CONTAMINANTE	LIMITE EN BASE SECA
COLIFORMES FECALES	MENOS DE 1000 NMP*/gr
SALMONELLA	MENOS DE 3 NMP/gr
HUEVOS DE HELMINTO	MENOS DE 10 HUEVOS/ gr

*NMP=Número más probable

Fuente: PROY-NOM-ECOL-004-2000

Finalmente, se presenta de manera integra la Norma Oficial Mexicana-037, por considerarla de suma importancia para su observancia y aplicación de todos aquellos involucrados en la producción orgánica.

NORMA Oficial Mexicana NOM-037-FITO-1995, Por la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.-
Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-037-FITO-1995, POR LA QUE SE ESTABLECEN LAS ESPECIFICACIONES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y PROCESAMIENTO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS ORGÁNICOS.

ROBERTO ZAVALA ECHAVARRIA, Director General Jurídico de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, con fundamento en los artículos 1o., 2o. y 7o. fracción XVI de la Ley Federal de Sanidad Vegetal; 38 fracción II, 40, 41, 43 y 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 35 fracción IV de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 12 fracciones XXIX y XXX del Reglamento Interior de esta Dependencia, y CONSIDERANDO

Que es facultad de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural normar los aspectos fitosanitarios de la producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos.

Que es necesario contar con bases para la certificación en las diferentes etapas de producción, procesamiento, acondicionamiento, comercialización, transporte, almacenamiento e importación de los productos agrícolas elaborados a través del proceso de producción y procesamiento orgánico.

Que el sistema de producción orgánica, es una tendencia en auge para la producción de alimentos a partir de elementos, insumos, productos o subproductos orgánicos naturales para lo cual se requiere que las materias primas empleadas en el proceso de producción orgánica, el plan de manejo del cultivo, los diagramas de flujo de los materiales y procedimientos de producción y el etiquetado, cumplan con lineamientos establecidos en esta Norma Oficial Mexicana.

Que para el control de plagas en el proceso de producción agrícola orgánica, se deben aplicar productos e insumos fitosanitarios autorizados y acordes con este sistema de producción, por lo que estas actividades deben regularse a fin de que los productos producidos cumplan con su objetivo.

Que para alcanzar los objetivos señalados en los párrafos anteriores, con fecha 23 de octubre de 1995, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-037-FITO-1995, denominada “por la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos”, iniciando con ello el

trámite a que se refieren los artículos 45, 46 y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y con fecha 20 de enero del año en curso se publicaron las respuestas a los comentarios recibidos en relación a dicho proyecto.

Que en virtud del resultado del procedimiento legal antes indicado, se modificaron los diversos puntos del proyecto que resultaron procedentes y por lo cual, se expiden las siguientes disposiciones, quedando como Norma Oficial Mexicana, NOM-037-FITO-1995, POR LA QUE SE ESTABLECEN LAS ESPECIFICACIONES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y PROCESAMIENTO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS ORGÁNICOS.

ÍNDICE

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN
2. DEFINICIONES
3. ESPECIFICACIONES PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS ORGÁNICOS
4. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES
5. SANCIONES
6. BIBLIOGRAFÍA
7. VIGILANCIA DE LA NORMA
8. DISPOSICIONES TRANSITORIAS
9. ANEXOS

1. Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer las bases para la certificación de los procesos de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos, por lo que resulta aplicable a los productos agrícolas vegetales que lleven indicaciones referentes a la producción orgánica.

2. Definiciones

Para efecto de la presente Norma se entiende por:

2.1 Agricultura orgánica

Sistema de producción agrícola orientado a la producción de alimento de alta calidad nutritiva en cantidades suficientes que interactúa con los sistemas y ciclos naturales en una

forma constructiva de forma que promueve vida; mejora y extiende ciclos biológicos dentro del sistema agrícola, incluyendo microorganismos, flora del suelo y fauna, planta y planta; mantiene y mejora la fertilidad del suelo a largo plazo; promueve el uso sano y apropiado del agua, recursos del agua y toda la vida en ésta, en el que, el control de malezas, plagas y enfermedades es sin el uso de insumos de síntesis químico industrial.

2.2 Agricultura convencional

Sistema de producción agrícola en el que se utilizan métodos, técnicas e insumos que pueden provocar contaminación y degradación del suelo, agua, biodiversidad y medio ambiente, así como el uso de productos químicos de síntesis industrial.

2.3 Certificación

Procedimiento por el cual se asegura que un producto, proceso, sistema o servicio se ajusta a las normas, lineamientos o recomendaciones de organismos dedicados a la normalización nacional o internacional.

2.4 Etiquetado

Las menciones, indicaciones, marcas de fábrica o de comercio, imágenes o signos que figuren en envases, documentos, letreros, etiquetas, anillas o collarines que acompañan o se refieren a productos orgánicos.

2.5 Fertilización orgánica

Aplicación al vegetal y/o al suelo de productos o insumos provenientes del reciclado de materiales o sustancias naturales, vegetales y/o animales, previamente compostados o fermentados, o el uso de abonos verdes y cultivos aportadores de materia orgánica.

2.6 Inspección

Acto que practica la Secretaría para constatar, mediante verificación, el cumplimiento de las disposiciones fitosanitarias oficiales y, en caso de incumplimiento, aplicar las medidas fitosanitarias e imponer las sanciones administrativas correspondientes, expresándose a través de un acta.

2.7 Insumos agrícolas sintéticos

Productos elaborados mediante procesos químicos no naturales.

2.8 Organismo de certificación

Persona física o moral aprobada por la Secretaría, para evaluar el cumplimiento de las normas oficiales, expedir certificados fitosanitarios y dar seguimiento posterior a la certificación inicial, a fin de comprobar periódicamente el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas.

2.9 Plaguicida

Insumo fitosanitario destinado a prevenir, repeler, combatir y destruir a los organismos biológicos nocivos a los vegetales, tales como: insecticidas, fungicidas, herbicidas, acaricidas, molusquicidas, nematocidas y rodenticidas.

2.10 Procesamiento

Las operaciones de conservación y transformación de productos agrícolas, así como el envasado y etiquetado de los productos en conserva o transformados.

2.11 Producción

Las operaciones para la obtención, envasado y etiquetado de productos agrícolas.

2.12 Productos agrícolas vegetales.

Resultado de la recolección y/o siembra, manejo y cosecha, así como en general todo el proceso que implica las labores en producción agrícola, frutícola, ornamental, de hierbas, especias, semillas, hojas, tallos y demás partes vegetales de utilidad para el hombre.

2.13 Unidad de verificación

Persona física o moral aprobada por la Secretaría para prestar a petición de parte, servicios de verificación de normas oficiales mexicanas y expedir certificados fitosanitarios.

2.14 Verificación

Constatación ocular o comprobación mediante muestreo y análisis de laboratorio del cumplimiento de las normas oficiales, expresándose a través de un dictamen.

3. Especificaciones para la producción de alimentos orgánicos.

3.1 Producción orgánica

Para que los productos agrícolas se consideren orgánicos deben producirse de acuerdo a las siguientes consideraciones:

3.1.1 Los límites de separación entre un cultivo orgánico y uno convencional, deben ser como mínimo de 10 metros o mantener una barrera de cultivo vivo durante todo el ciclo, considerando los elementos del entorno, así como las prácticas regionales del cultivo y demás elementos que ayuden a minimizar el posible riesgo de contaminación.

3.1.2 Durante los procesos de producción sólo podrán utilizarse como insumos agrícolas los productos incluidos en el Anexo 1 de productos permitidos.

3.1.3 Podrán utilizarse los insumos establecidos en el Anexo 2 de productos restringidos, siempre y cuando su uso sea autorizado por la Secretaría, cumpliéndose los siguientes requisitos:

- a) Si se utiliza para el combate de plagas o enfermedades de los vegetales:
 - que sean indispensables contra una plaga o una enfermedad particular para la cual no existan alternativas ecológicas, físicas o de cultivo;
 - que las condiciones para su uso excluyan cualquier contacto directo con las semillas, los vegetales o los productos vegetales de uso directo. Sin embargo, en caso de tratamiento de vegetales vivos, podrá tener lugar un contacto directo, pero solamente fuera de la temporada de crecimiento de las partes comestibles, siempre y cuando dicha aplicación no influya de forma indirecta en la presencia de residuos del producto en la partes comestibles, y
 - su utilización no produzca ni contribuya a producir efectos adversos sobre el medio ambiente ni tenga como resultado la contaminación del mismo.
- b) Si se utilizan fertilizantes o acondicionadores del suelo:
 - que sean esenciales para satisfacer requisitos específicos de nutrición de los vegetales o para alcanzar objetivos de acondicionamiento de suelos que no puedan cumplirse mediante las prácticas contempladas en el Anexo 1, y
 - que su utilización no produzca efectos adversos para el medio ambiente ni contribuya a su contaminación.

- c) Si se emplean en la producción de alimentos:
- que sean indispensables para garantizar la seguridad de los alimentos;
 - que sean esenciales para la producción o preservación de tales alimentos, y
- que, de ser posible, sean idénticos a los naturales y no se puedan producir o conservar tales productos alimentarios sin recurrir a estos ingredientes.

3.1.4 Las semillas y el material de reproducción vegetal empleado deben proceder únicamente de vegetales que se cultiven, según lo dispuesto en esta Norma, al menos durante una generación o, cuando se trate de cultivos perennes, durante dos periodos de vegetación, escogiendo la opción más breve.

Quando se trate de semillas importadas, se cuidará que éstas no representen un riesgo fitosanitario para el país.

Al transplantar especies perennes (frutales principalmente) de las cuales se obtienen productos orgánicos certificados, los trasplantes utilizados deben haber estado sin el uso de fungicidas o plaguicidas sintéticos. Las plantas de las cuales se van a obtener productos estarán bajo cultivo orgánico por lo menos durante 24 meses antes de la cosecha.

No se permite el cultivo de vegetales obtenidos por medio de ingeniería genética, con excepción de las características que no estén reguladas.

3.1.5 No obstante lo dispuesto en el anterior punto 3.1.4., cuando no exista disponibilidad comercial y durante un periodo transitorio de 1995-1999 podrán emplearse semillas y material de reproducción vegetal, obtenido de forma distinta a lo dispuesto en la presente Norma, siempre y cuando los usuarios de tales semillas puedan demostrar al organismo de certificación que no existen en el mercado semillas no tratadas de la variedad apropiada de la especie en cuestión.

3.1.6 Se permite el uso de tratamientos no tóxicos para las semillas como: agua caliente, inoculantes para leguminosas y peletizados sin fungicidas.

3.1.7 Cuando lo determine necesario la Secretaría, podrán especificarse los siguientes puntos en relación con cualquier producto incluido en el Anexo 2:

- a) Descripción detallada del producto.

b) Condiciones de su utilización y las especificaciones necesarias para garantizar que dichos productos no dejen residuos en los productos orgánicos.

Requisitos específicos de etiquetado para los productos orgánicos, cuando éstos se hayan obtenido mediante la utilización de productos incluidos en el Anexo 2.

3.1.8 El productor debe mantener los registros por escrito y/o documentados que permitan al organismo de certificación determinar el origen, la naturaleza y las cantidades de todas las materias primas compradas, así como el uso de tales materias; además, se deben mantener contabilizadas por escrito y/o documentadas la naturaleza, las cantidades y los consignatarios de todos los productos agrícolas vendidos. Las cantidades vendidas directamente al consumidor se deben contabilizar diariamente.

3.1.9 El productor debe establecer un Plan de Manejo de la Unidad de Producción que comprenda el suelo, agua, biodiversidad, medio ambiente y cultivo orgánico.

3.2 Procesamiento, acondicionamiento y comercialización.

3.2.1 Los alimentos deben haber sido cosechados, limpiados, almacenados, transportados, distribuidos, procesados y empacados sin el uso de contaminantes o sin la aplicación de radiaciones artificiales, sabores, colores y conservadores artificiales. El secado, congelado, centrifugado, calentado, fermentación y uso de agua caliente o vapor, son métodos que pueden utilizarse de acuerdo con las necesidades del producto.

3.2.2 Las unidades de acondicionamiento y/o transformación que se utilicen para procesar productos orgánicos deben estar claramente separadas de cualquier otra unidad que produzca alimentos convencionales y no deben utilizarse para procesar en conjunto productos orgánicos y convencionales.

3.2.3 Para ser empacados, los productos del campo deben limpiarse mecánica o manualmente, eliminando las impurezas hasta el grado que permita la integridad de los productos.

3.2.4 Cuando los productos requieran de secado, éste deberá hacerse de manera natural por aereación y cuando sea necesario un secado artificial, deberá realizarse con fuentes de calor y aire, evitando la contaminación.

3.2.5 No se permite el uso de hornos de microondas.

3.2.6 Se prohíbe el uso de procesos químicos como la hidrólisis de proteínas, el uso de ácido clorhídrico o ácido sulfúrico para descascarar frutos.

3.2.7 Los recipientes y utensilios utilizados en el procesamiento de alimentos deben ser de acero inoxidable o de materiales y hechuras no contaminantes según corresponda a cada tipo de alimentos.

3.2.8 Los contenedores, recipientes, vehículos, equipo e instalaciones deben mantenerse limpios y libres de residuos no orgánicos y otros contaminantes. Se permite el uso de agentes de limpieza biodegradables, como lejía, carbonatos, yodo al 5%, potasa cáustica y permanganato de potasio al 1%.

3.2.9 En las plantas procesadoras debe llevarse un registro del origen, naturaleza y cantidades de:

- a) Los productos agrícolas orgánicos recibidos en la unidad.
- b) Los productos agrícolas procesados que hayan salido de la unidad.
- c) Los ingredientes, aditivos y coadyuvantes de fabricación recibidos en la unidad, la composición de los productos transformados y cualquier otra información pertinente.

Plano de instalaciones, diagrama de flujo de materiales y procedimientos.

3.2.10 Tanto el agricultor como el procesador deben tener registros que permitan identificar todas las fuentes de entradas de insumos, fechas de actividades, de compras, ventas y todos los pasos del proceso de producción.

3.2.11 Los ingredientes secundarios permitidos y aditivos, incluyendo organismos de fermentación, colores y sabores naturales, especias y otros productos similares deben estar incluidos en el Anexo 1.

3.2.12 Se considerará que un producto es orgánico y podrá referirse en el etiquetado como tal, cuando cumpla con los siguientes criterios:

- a) Que el producto sea obtenido con arreglo a las disposiciones establecidas en esta Norma.

- b) Que todos los ingredientes de origen agrícola del producto son, o se derivan, de productos obtenidos de acuerdo a la presente Norma y/o contienen únicamente sustancias contempladas en los anexos 1 y 2, este último de acuerdo a las consideraciones que se hacen en el punto 3.1.3 de esta Norma.
- c) Que esas indicaciones pongan claramente de manifiesto que se refieren a un método de producción agrícola y vayan acompañadas de una referencia a los ingredientes de origen agrícola de que se trate.
- d) Que ni el producto ni sus ingredientes de origen agrícola, sean sometidos a tratamientos que impliquen el empleo de sustancias no incluidas en el Anexo 1 y el Anexo 2, este último de acuerdo a las consideraciones que se hacen en el punto 3.1.3 de la presente Norma.
- e) Que el producto o sus ingredientes no hayan sido sometidos, durante el proceso de elaboración, a tratamientos con radiaciones ionizantes o sustancias no enumeradas en el Anexo 1 inciso c).
- f) Que no se obtengan los mismos ingredientes de fuentes orgánicas y no orgánicas. Que el producto contiene únicamente los ingredientes de origen no agrícola especificados en el Anexo 1 inciso c).

3.2.13 No obstante lo dispuesto en el punto 3.2.12 de este apartado, algunos ingredientes de origen agrícola que no satisfagan los requisitos de este párrafo pueden emplearse dentro de los límites de un nivel máximo de 5% de los ingredientes de origen agrícola en la elaboración del producto orgánico final, previa autorización por el organismo de certificación.

3.2.14 El etiquetado y publicidad de uno de los productos orgánicos, que haya sido preparado en parte con ingredientes que no satisfagan los requisitos de producción establecidos en el punto 3.2.12 de este apartado, puede referirse a métodos de producción orgánicos cuando:

- a) Por lo menos un 95% de los ingredientes de origen orgánico satisface los requisitos de producción del punto 3.2.12.
- b) Se respeten plenamente los requisitos contemplados en los incisos e), f) y g) del punto 3.2.12.
- c) Esas indicaciones no induzcan al comprador del producto enmascarando el carácter diferente de éste, en relación con los productos que cumplen todos los requisitos de la presente Norma y figuren con un color, unas dimensiones y unos caracteres que no destaquen de la denominación de venta del producto.

El organismo de certificación haya verificado debidamente el cumplimiento de las condiciones enunciadas en los anteriores puntos 3.2.12 y 3.2.13.

3.3 Transporte y almacenamiento

3.3.1 Del transporte y almacenamiento.

- Se debe disponer de locales separados para el almacenamiento y transporte de los productos convencionales y orgánicos, salvo el caso en el que los productos orgánicos estén debidamente etiquetados.
- Los recipientes y contenedores que se utilizan en el almacenamiento y transporte de alimentos orgánicos deben estar sellados, de manera que impida la sustitución de su contenido.
- Las áreas de almacenamiento deben ventilarse y protegerse para evitar la entrada de aves, roedores y otras plagas, para minimizar el riesgo de contaminación externa.
- Los productos orgánicos se pueden almacenar en lugares con atmósfera controlada mediante el uso de CO₂, O₂ y N₂.
- Se permite el uso de contenedores, refrigerantes y congeladores con control de temperatura, y agua caliente. Para la limpieza se permite el uso de aspersoras de aire, exposición a la luz del sol y jabones biodegradables.
- Se permite el uso de tierra de diatomeas y se prohíbe el uso de fungicidas y plaguicidas sintéticos en almacenamiento. Debe evitarse la contaminación en todos los puntos del embarque o transporte.
- En caso de que también se transporten y envasen productos convencionales, deben adoptarse las medidas necesarias para garantizar la identificación de los lotes y evitar que puedan mezclarse con productos orgánicos.

3.3.2 Del control de plagas en almacén.

Para controlar las plagas en almacén, se deben utilizar únicamente los insumos establecidos en el Anexo 1, en caso necesario pueden emplearse los insumos establecidos en el Anexo 2 y de acuerdo al criterio señalado en el punto 3.1.3 de esta Norma.

Se permite el uso de ultrasonido y luz ultravioleta, así como de trampas mecánicas para roedores sin cebos sintéticos, trampas pegajosas y trampas de feromonas.

En el caso de realizarse alguna fumigación o nebulización, no debe haber ningún producto certificado en el mismo cuarto durante la aplicación o antes de 30 días de la fecha de aplicación.

Todas las superficies deben lavarse después del uso de un producto y antes de introducir un producto certificado al área de almacenamiento, comprobar que no existan residuos que puedan comprometer la integridad orgánica del producto.

Se prohíbe el uso de radiación y de fumigación en la materia prima y productos, así como la utilización de bromuro de metilo para la fumigación de las plantas productoras, almacenamiento y/o transporte.

Los materiales que se utilicen para empacar productos alimenticios orgánicos deben estar libres de fungicidas, conservadores, fumigantes, insecticidas y cualquier otro contaminante.

3.4 Importación

3.4.1 Los productos agrícolas importados podrán comercializarse en el país como orgánicos cuando la Secretaría o un organismo de certificación aprobado haya certificado que el producto ha sido obtenido mediante un sistema de producción bajo condiciones de agricultura orgánica, equivalentes a lo que marca esta Norma.

3.4.2 Para la importación de productos orgánicos, la Secretaría o el organismo de certificación puede:

- a) Requerir información detallada, incluso informes establecidos por expertos, sobre las medidas aplicadas en el país exportador, que permitan formular juicios sobre la equivalencia de tales medidas; o bien
- b) Realizar exámenes *in situ* de los reglamentos de producción y de las medidas de inspección aplicadas en el país exportador.

En casos de controversia sobre el carácter orgánico del producto se mandará realizar análisis al laboratorio aprobado que se designe por la Secretaría.

3.5 Transición

3.5.1 Los agricultores dedicados a la agricultura convencional que pretendan cambiar a la agricultura orgánica deberán pasar por un periodo de conversión de 36 meses antes de la primer cosecha orgánica.

Los periodos de conversión pueden reducirse de acuerdo a las condiciones del cultivo, como en el caso de aquellos en los que no se han utilizado productos químicos, o los que recién se han abierto al cultivo, que pueden empezar a considerarse como orgánicos después de 12 meses.

3.5.2 Los productos obtenidos de agricultores en periodo de conversión deberán ser identificados como tales.

3.6 Certificación

3.6.1 Programas de certificación orgánica.

La Secretaría aprobará a los organismos de certificación y unidades de verificación en producción orgánica.

Los organismos de certificación aprobados por la Secretaría serán los encargados de la certificación de productos orgánicos.

Los productos orgánicos, para ser etiquetados como tales, deben cumplir las disposiciones de esta Norma y llevar el sello del organismo de certificación.

Los productos agrícolas deben ser verificados antes de la cosecha en cultivos anuales y durante floración o producción de frutos, para los cultivos bianuales y perennes.

La Secretaría evaluará los procedimientos de los organismos de certificación que soliciten aprobación para certificar, quienes estarán en contacto directo con los productores y se encargarán de vigilar que se cumplan los requisitos para que los productos sean certificados.

Los organismos de certificación no podrán extender certificados sin contar con un informe escrito de las visitas de verificación a los cultivos o plantas procesadoras que los soliciten.

Los organismos de certificación deben tener, en los contratos que celebren con los productores, el detalle del costo de la certificación.

3.6.2 Requisitos generales para los productores.

Los productores deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Llevar los registros a los que se refieren los puntos 3.1.8, 3.2.9 y 3.2.10.
- b) Aportar descripción completa de la unidad productiva, en la cual se muestren, mediante un plano de las tierras de cultivo que estén bajo las normas de producción orgánica, las instalaciones de producción, envasado, elaboración y las de almacenamiento, así como los registros e información del proceso de producción.
- c) Solicitar la verificación con anticipación para programar la visita en la etapa adecuada de producción que le corresponda (antes de la cosecha para los cultivos anuales y durante la floración a formación del fruto para los cultivos perennes).

Permitir el acceso del verificador a todas las instalaciones y terrenos dedicados al proceso productivo.

3.6.3 Requisitos y actividades de los organismos de certificación.

3.6.3.1 Los organismos de certificación deben permanecer fuera de actividades de producción y/o comercialización de productos orgánicos y se comprometerán a respetar la confidencialidad de la información.

3.6.3.2 Los organismos de certificación expedirán los certificados solamente cuando las verificaciones dictaminen que se ha cumplido con los requisitos que establece la presente Norma.

Asimismo, deberán asentar como mínimo, en el documento de verificación refrendado por el productor responsable de la unidad, la siguiente información:

- a) Fecha de la verificación y la descripción completa de la unidad productora, mostrando lugares de almacenamiento y producción y las parcelas de tierra y, cuando así procediera, las instalaciones donde se realizan ciertas operaciones de elaboración y/o envasado;
- b) Todas las medidas específicas a nivel de unidad productora para asegurar el cumplimiento de las disposiciones de la presente Norma;

La fecha de la última vez en que se hayan aplicado en las parcelas en cuestión, productos cuyo uso sea incompatible con lo establecido en la presente Norma.

3.6.3.3 Aparte de las visitas de verificación sin anuncio previo, el organismo de certificación deberá hacer una inspección física completa de la unidad por lo menos una vez al año. Se podrán tomar muestras de los productos orgánicos. Después de cada visita, debe redactarse un informe, que deberá ser refrendado por el productor responsable de la unidad.

3.6.3.4 Mantener los registros de las verificaciones por un periodo no menor a 5 años y permitir el acceso de inspectores de la Secretaría a sus registros en lo concerniente a sus actividades de certificación y de sus agentes, cuando se realice una inspección oficial.

3.6.3.5 Si algún productor ha recibido los servicios de un organismo de certificación que pierde su aprobación o se retira, las copias de sus registros pueden ser solicitadas por el productor para el uso que le convenga.

3.6.3.6 Los organismos de certificación y las unidades de verificación deben mantener de manera estricta y confidencial, toda la información que reciban de sus clientes con lo que respecta a los programas de certificación.

3.6.3.7 Los organismos de certificación y las unidades de verificación no deben realizar certificaciones o verificaciones en ninguna operación en la cual tengan interés comercial o económico.

3.6.3.8 Los organismos de certificación y las unidades de verificación deben atender obligatoriamente a los cursos de capacitación sobre su área de actividad, validados por la Secretaría.

3.6.3.9 Los datos relativos a los organismos de certificación y las unidades de verificación aprobadas podrán consultarse en el Directorio Fitosanitario, de acuerdo con lo establecido en la Ley Federal de Sanidad Vegetal.

3.6.3.10 Un organismo de certificación podrá ser contratado por uno o más productores, hasta un límite que le permita cumplir eficientemente cada compromiso.

3.6.4 Requisitos para las unidades de verificación.

Las unidades de verificación que sean contratadas por los organismos de certificación, deben tener conocimiento de los procesos de producción de los cultivos orgánicos y una preparación profesional mínima a nivel de licenciatura en materia de agricultura o ciencias afines.

La unidad de verificación debe presentar sus reportes de verificación para que el organismo al que representa pueda continuar con los pasos de certificación hasta llegar al dictamen final.

Ninguna unidad de verificación puede realizar verificaciones independientemente de algún organismo de certificación aprobado.

Una unidad de verificación podrá ser contratada por uno o más organismos de certificación nacionales o internacionales, hasta un límite que le permita cumplir eficientemente cada compromiso.

4. Concordancia con normas internacionales

Esta Norma Oficial Mexicana no tiene concordancia con ninguna norma o recomendación internacional, por no existir referencia al momento de su elaboración, pero se apega a los lineamientos establecidos por la Comunidad Económica Europea y de Estados Unidos de América, en lo que se refiere a la producción orgánica.

5. Sanciones

El incumplimiento a las disposiciones contenidas en la presente Norma, será sancionado conforme a lo establecido en la Ley Federal de Sanidad Vegetal y la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

6. Bibliografía

Directrices para la producción, elaboración, etiquetado y comercialización de alimentos ecológicos. 1995. FAO/OMS, Comisión del Codex Alimentarius.

Reglamento de la Comunidad Económica Europea sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios. 1991. Diario Oficial de las Comunidades Europeas.

7. Vigilancia de la Norma

Corresponde a la Secretaría, organismos de certificación y unidades de verificación vigilar y hacer cumplir los objetivos y disposiciones establecidos en esta Norma.

8. Disposiciones transitorias

La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor el día siguiente a su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 14 de marzo de 1997.- El Director General Jurídico, Roberto Zavala Echavarría.-
Rúbrica.

Fin de la Norma

BIBLIOGRAFÍA

Comisión del CODEX Alimentarius 1997. Manual de procedimientos. Roma, Italia. Diario Oficial de la Federación el 23 de abril de 1997.

Diario Oficial de la Federación del 31 de octubre del 2000

E. C. Enkerlin; G. Cano; R. A. Garza; y E. Voguel. 1997. Ciencia Ambiental y Desarrollo sostenible. Ed. Thomson Editores. México, D.F.

FDA, USDA y CFSAN, 1999. Guía para reducir al mínimo el riesgo microbiano en los alimentos, en el caso de frutas y vegetales. Washington, D.C.

Gerard Kiely. 1999. Ingeniería Ambiental. Ed. Mc Graw Hill. España. J. Glynn Henry; Gary W. Heinke. 1999. Ingeniería Ambiental. Ed. Prentice-Hall. México, D.F.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO/CCI/CTA). 2001. Los Mercados Mundiales de Frutas y Verduras Orgánicas. Roma, Italia.

Programa de Asistencia Técnica, Bancomext. Periférico Sur 4333, Col. Jardines en la Montaña, 14210, México, D.F.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 2000. Normas. México. D.F. Varios Autores. 2001. Agricultura Orgánica de México. Datos Básicos. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera / Universidad Autónoma Chapingo-SAGARPA. Segunda Edición en Español. México.

www.ocia.org.com

ANEXOS

ANEXOS DE LA NOM-037-FITO-1995

ANEXO 1 PRODUCTOS PERMITIDOS

A. FERTILIZANTES DEL SUELO Y VEGETALES.

Alfalfa peletizada y molida

Algas marinas y sus derivados

Agentes humectantes naturales

Arcilla (bentonita, perlita)

Aserrín de madera, corteza de árbol y residuos de madera

Azufre (necesidad reconocida por organismo de control)

Basalto

Carbón vegetal

Cenizas de madera
Compostes de substratos agotados empleados en el cultivo de hongos y la vermiculita
Compostes de desechos domésticos orgánicos
Compostes procedentes de residuos vegetales
Creta
Derivados orgánicos de productos alimentarios y de las industrias textiles
Escoria básica
Estiércoles de animales producidos en unidades de producción ecológicas, el estiércol de cerdo sólo se acepta bajo un proceso de composteo.
Estiércol líquido u orina
Guano de murciélago descompuesto
Mantillo procedente de lombrices
Oligoelementos (boro, cobre, hierro, magnesio, molibdeno, zinc) (necesidad reconocida por el organismo de control)
Organismos biológicos tales como bacterias y micorrizas
Paja
Piedra caliza
Polvo de cuernos y pezuñas
Polvo de huesos
Polvo de plumas
Polvo de sangre
Polvo de rocas
Preparaciones homeopáticas
Productos animales elaborados procedentes de mataderos e industrias pesqueras
Roca de fosfato natural
Roca calcinada de fosfato de aluminio
Roca de sal de potasio
Roca de magnesio
Roca calcárea de magnesio
Sulfato de Potasio (necesidad reconocida por organismo de control)
Sales de Epson (sulfato de magnesio)
Suero de leche
Sulfato de magnesio
Turba

Turba en semilla, macetas y compostas modulares solamente

Yeso (Sulfato de calcio)

B. PRODUCTOS PARA EL CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Aceites vegetales y animales

Aceite de parafina

Ajo (como extracto vegetal)

Bacillus thuringiensis. Las formas líquidas que contienen Xileno o destilados de petróleo, están prohibidas

Barreras físicas

Barreras pegajosas de fuentes naturales

Bicarbonato de sodio

Bióxido de carbono. Su uso es permitido para controlar plagas de post cosecha, en almacenamiento y aplicado al suelo.

Caldo bordelés

Cal

Cal hidratada

Coadyuvantes de aceites vegetales. Deben contener por lo menos 90% de aceite vegetal y sin plaguicidas sintéticos (surfactantes y adherentes)

Control biológico

Controles culturales y mecánicos

Desperdicios o desechos de animales marinos (Conchas de cangrejo, camarón)

Derivados de ácidos húmicos de fuentes naturales, que no contengan agregados sintéticos

Extracto botánico de Cuasia (*Quassia amara*)

Extractos de insectos

Extractos de algas marinas

Extractos vegetales

Feromonas. Obtenidas de fuentes naturales, empleadas en trampas atraentes de insectos.

Hidróxido de cobre

Jabones potásicos, sódicos o detergentes biodegradables

Mezcla de Burgundy

Polvo de rocas

Propóleos

Preparados a base de metaldehído que contengan un repulsivo contra las especies animales superiores utilizados en las trampas.

Preparaciones biológicas

Preparaciones homeopáticas

Preparaciones a base de piretrinas extraídas de *Chrysanthemum cinerariifolium*.

Preparaciones de *Derris elliptica*

Preparaciones de *Ryania speciosa*

Preparaciones de virus granulosa

Preparaciones herbáceas y biodinámicas

Polvos minerales

Silicato de sodio

Selladores de árboles

Suero de leche

Tierra de diatomáceas

Trampas y redes para pájaros

Trampas mecánicas para roedores.

Vinagre

C. INGREDIENTES DE ORIGEN NO AGRÍCOLA

Ácido ascórbico

Acido algínico

Acido cítrico

Acido láctico

Acido málico

Acido tartárico

Agar

Alginato potásico

Alginato sódico

Argón

Carbonatos de amoníaco

Carbonatos de calcio

Carbonatos potásicos

Carbonatos de sodio

Dióxido de carbono

Goma de algarrobo
Goma de guar
Goma de tragacanto
Goma arábiga
Goma esterculia, o de karaya
Lecitina
Nitrógeno
Oxígeno
Pectinas (sin modificar)
Sulfato de calcio
Tartrato de sodio
Tartrato potásico

D. COADYUVANTES DE ELABORACION QUE PUEDEN EMPLEARSE EN LA
(ELABORACION / PREPARACION) DE PRODUCTOS DE ORIGEN AGRICOLA

Aceites vegetales (agentes engrasadores o liberadores)
Acido tánico (agente de filtración)
Albúmina de clara de huevo
Bentonita
Caolina
Caseína
Carbonato de calcio
Carbón activado
Carbonato de Potasio (Secado de uvas)
Cáscaras de avellana
Cera de abeja (agente liberador)
Cera de carnauba (agente liberador)
Colopez
Cloruro de calcio (agente de coagulación)
Cloruro de magnesio (o "nigari") (agente de coagulación)
Dióxido de carbono
Dióxido de silicio (gel) o solución coloidal
Etanol (disolvente)
Hidróxido de calcio

Gelatina

Nitrógeno

Perlita

Preparaciones de microorganismos y enzimas. Cualquier preparación de microorganismos y enzimas normalmente empleadas como coadyuvantes de elaboración, con excepción de organismos y enzimas genéticamente modificados.

Sulfato de calcio (agente de coagulación)

Talco

Tierra de diatomáceas

ANEXO 2 PRODUCTOS RESTRINGIDOS

A. FERTILIZANTES DEL SUELO Y VEGETALES

Acido giberélico

Azufre. Aceptable solamente cuando se utiliza como insecticida foliar, fungicida o fertilizante. No se debe aplicar directamente al suelo. Prohibido en tratamiento post cosecha.

Cáscaras de cacao. Deben estar libres de residuos tóxicos

Compostas con hongos. Utilizarse solamente cuando se asegure que están libres de contaminantes.

Estiércol fresco

Micronutrientes. De fuentes naturales. Los micronutrientes sintéticos se permiten solamente cuando existen deficiencias importantes en el suelo.

Sulfato de zinc o fierro. Se pueden utilizar solamente en caso de deficiencias

Tierra de diatomeas

B. PRODUCTOS PARA EL CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Acido bórico. No debe usarse en partes comestibles

Acolchados plásticos, cubiertas frescas o periódicos

Azufre. Aceptable solamente cuando se utiliza como insecticida foliar, fungicida o fertilizante. No se debe aplicar directamente al suelo. Prohibido en tratamiento post cosecha

Cal hidratada

Cal sulfatada

Cobre

Coadyuvantes de aceites de petróleo

Cloro

Fumigantes de fuentes naturales
Harina de semillas de algodón
Herbicidas de aminoácidos
Hidróxido de cobre
Polvo de pieles
Quelatos
Rotenona
Sabadilla
Sales de sulfato de magnesio de fuentes naturales
Semillas tratadas. Se autorizan solamente si no se encuentra otro tipo de semillas
Sulfato de potasio

ANEXO 3 PRODUCTOS PROHIBIDOS

A. FERTILIZANTES DEL SUELO Y PLANTAS

Derivados fortificados de ácido húmico
Fertilizantes que contengan cualquier producto químico o sintético ya sea solo o mezclado con otros.
Fertilizantes inorgánicos de síntesis
Peletizados que contengan plástico
Reguladores de crecimiento

B. PRODUCTOS PARA EL CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Acido fosfórico
Agentes surfactantes sintéticos
Amonia
Antibióticos
Arsénico
Sales de plomo
Bromuro de metilo
Insecticidas (carbamatos, organoclorados, organofosforados y piretroides)
Cebos anticoagulantes para roedores
Cristales o bolas de paradicloro benceno para control de polillas
Coadyuvantes sintéticos
Destilados de petróleo
Dimetil - Sulfóxido

Etileno, gas

Formaldehído

Fluoaluminato de sodio (Criolita sintética)

Herbicidas sintéticos

Hidróxido de sodio

Limpiadores sintéticos para riego por goteo

Muriato de potasio

Nematicidas con compuestos sintéticos

Nicotina

Butóxido de piperonil

Plaguicidas de síntesis industrial (insecticidas, fungicidas, herbicidas, etc.) de cualquiera de los grupos químicos (organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides)

Protectores de plantas sintéticos

Radiaciones iónicas

Subproductos de yeso

Sulfato de metilo

ABONOS ORGÁNICOS Y PLASTICULTURA

ISBN: 658-6404-63-5

Editado por: Enrique Salazar Sosa
Manuel Fortis Hernández
Antonio Vázquez Alarcón
Cirilo Vázquez Vázquez

“Los colores de la tierra en armonía con el hombre”



Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C.



Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED



UJED



FAZ



SMCS AC



COCyTED

