



ISBN: 978-968-9304-14-2



Producción Orgánica en Invernaderos



José Dimas López Martínez
Enrique Salazar Sosa
Héctor Idilio Trejo Escareño
Edmundo Castellanos Pérez
Cirilo Vázquez Vázquez
Rafael Zúñiga Tarango
Juan Manuel Covarrubias Ramírez



UJED



FAZ-UJED



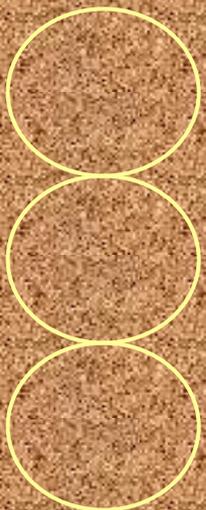
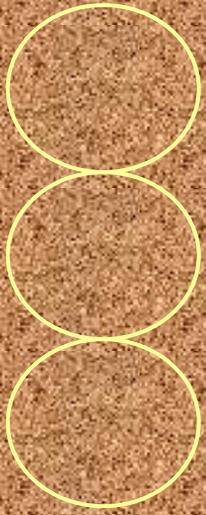
Ciencia y Tecnología

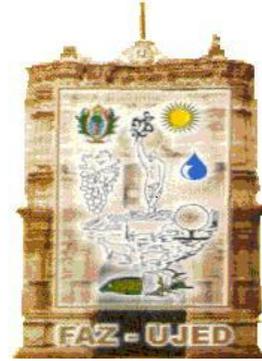
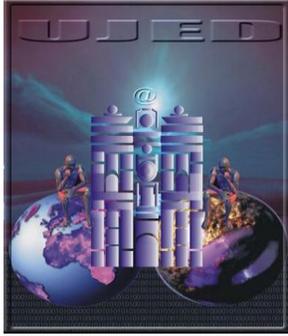
COCyTED





“La agricultura protegida con un enfoque de producción orgánica garantiza la producción de alimentos sanos y de alta calidad nutricional.”





Produccion Orgánica en Invernaderos

José Dimas López Martínez

Enrique Salazar Sosa

Héctor Idilio Trejo Escareño

Edmundo Castellanos Pérez

Cirilo Vázquez Vázquez

Rafael Zúñiga Tarango

Juan Manuel Covarrubias Ramírez

ISBN: 978-968-9304-14-2

614.86
U848u
2007

Producción orgánica en invernaderos / autor... López Martínez José Dimas....(*et al*). Gómez
Palacio Durango, México, Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED,
COCyTED, 2007.

161 p. 24 cm

ISBN: 978-968-9304-14-2

1.- Agricultura.- Fertilizantes orgánicos – Estudios. 2.- Agricultura - Abonos Orgánicos -
Estudios. I. López Martínez José Dimas. coautor II. Salazar Sosa Enrique, coautor., III. Trejo
Escareño Héctor Idilio, coautor., IV. Castellanos Pérez Edmundo, coautor V., Vázquez
Vázquez Cirilo., coautor VI., Zúñiga Tarango Rafael. V., Covarrubias Ramírez Juan Manuel

AUTORES

José Dimas López Martínez. Jose_dimaslopez@hotmail.com

Enrique Salazar Sosa. ENMAGEEL1@YAHOO.ES

Héctor Idilio Trejo Escareño. Idilio72@yahoo.com.mx

Edmundo Castellanos Pérez. ecastellmx@yahoo.com

Cirilo Vázquez Vázquez. Cirvaz60@hotmail.com

Rafael Zúñiga Tarango. rzunigat@hotmail.com

Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango,
Carr. Gómez Palacio- Tlahualilo km 30, Apartado postal 1-142 en Gómez Palacio Dgo.,
México, C.P. 35000, tel y fax. (871) 711-89-18. fazujed@yahoo.com.mx

Juan Manuel Covarrubias Ramírez

Campo Experimental Saltillo, Centro de Investigación Regional del Noreste, Instituto
Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Blvd. Vito Alessio
Robles No. 2565, Col. Nazario S. Ortiz Garza, Saltillo 25100, Coahuila, México.
covarrubias.juan@inifap.gob.mx.

Prologo

El mundo cada vez demanda más alimentos sanos pero de gran calidad nutricional, calidad cosmética e inocuidad, un sistema de producción que permite producir alimentos de origen agrícola con estos requisitos de calidad es el sistema de producción en invernaderos.

Como en todos los sistemas de producción agrícola lo mas difícil de manejar es la nutrición de las plantas y mas cuando de manera paralela se pretende cuidar el ambiente y la calidad de los frutos.

Los abonos orgánicos tratados representan la oportunidad de fertilización inocua de los cultivos y existe una gran variedad de estos, los cuales se describen en esta obra, la cual abarca básicamente la nutrición de las plantas y las diversas fuentes de nutrimentos, así como la importancia de su utilización y las formas de hacerlo. Se destaca también la importancia de la materia orgánica en el suelo y en la producción sustentable, así como algunos aspectos de inocuidad y por supuesto la construcción del invernadero con las características deseables para una mejor producción.

Otro tema que cubre este libro es de los microorganismos benéficos del suelo los cuales es importante conocer y manejar para hacer una producción orgánica.

Ph.D. Edmundo Castellanos Pérez
Director FAZ-UJED

Contenido	Página
Capítulo I	2
LA NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS.....	2
ELEMENTOS REQUERIDOS EN NUTRICIÓN DE PLANTAS.....	3
Movimiento de los nutrimentos a la superficie de la raíz.....	3
MATERIA ORGÁNICA.....	4
Importancia y Función de la Materia Orgánica.....	4
Capítulo II	6
ESTIÉRCOL Y SU IMPORTANCIA EN LA COMARCA LAGUNERA.....	6
Estudios Sobre la Producción, Utilización y Características de los Estiércoles en la Comarca.....	6
Lagunera.....	6
Producción y Utilización del Estiércol.....	7
Ganado bovino lechero.....	7
Ganado de engorda.....	8
Avícolas.....	8
Aspectos económicos.....	9
PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO.....	9
PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO.....	9
PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.....	10
Capítulo III	12
ABONOS ORGÁNICOS.....	12
PRODUCCIÓN DE COMPOST.....	12
ANTECEDENTES.....	12
¿Qué es el compost?.....	12
¿COMO PRODUCIR UN COMPOST?.....	13
¿Que residuos se emplean para producir un compost?.....	13
PRODUCCIÓN DEL COMPOST (Manejo de residuos).....	13
¿COMO SE EMPLEA EL COMPOST?.....	13
BENEFICIOS DEL USO DEL COMPOST.....	13
VENTAJAS DE COMPOSTEO.....	14
HUMUS (COMPOSTA EN LA NATURALEZA).....	14
Propiedades y funciones del Humus.....	14
El Proceso de Compostaje.....	15
Factores Principales en la Elaboración de Composta.....	16
Colocación de Pila.....	16
Tamaño y Composición de la Pila.....	16
Relación Carbono/Nitrógeno (C/N).....	16
Materiales ricos en nitrógeno.....	16
Materiales ricos en carbono.....	17
Tamaño de Partícula.....	17
Aereación.....	17
Humedad.....	17
Temperatura.....	17

Potencial Hidrogeno.....	18
Microbiológico.....	18
BAÑO SECO.....	19
ABONOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS.....	19
Té de Composta.....	19
Por qué usar Té de Composta.....	20
Factores que afectan la calidad del té de composta.....	21
Fuente y calidad de composta.....	21
Tamaño de la malla de la bolsa del té.....	21
Tiempo de preparación.....	22
La fuente de agua.....	22
Adición de materiales.....	22
Método de recirculación del agua.....	22
Aereación.....	23
Crecimiento de microorganismos en el té de composta.....	23
Proporción de agua en la composta.....	23
Condiciones del medio ambiente.....	23
Organismos benéficos.....	24
Bacterias.....	24
Hongos.....	24
Protozoarios.....	24
Nematodos.....	24
Hongos mycorrizos.....	25
Composición de especies de bacterias, hongos protozoarios y nemátodos.....	25
Tés aeróbicos contra tés anaeróbicos.....	26
Métodos de producción del té de composta.....	27
Método de bolsa de té en un barril.....	27
Método del cubo y bombas de aire.....	27
Recirculación con criba de malla.....	27
Producción de microorganismos.....	28
Métodos de Aplicación.....	28
Haciendo té de composta apropiada para la planta.....	28
La Composta.....	29
Adición de materiales.....	30
Tabla de recetas.....	30
Recetas.....	31
Problemas que se pueden presentar.....	35
La Aplicación del Compost y Tés de composta en la Agricultura.....	36
Capítulo IV	37
INVERNADEROS.....	37
Condiciones que deben reunir los invernaderos.....	38
Dimensiones y formas.....	38
Orientación.....	38
Luminosidad y Disposición del Conjunto.....	39
Resistencia.....	39
Ventilación.....	39
Estanqueidad y ligereza.....	40
Métodos de riego.....	40
Suelo.....	40
Disponibilidad de mano de obra.....	40

CONSTRUCCIONES DEL INVERNADERO.....	41
Materiales Estructurales.....	41
Climatización.....	41
Ventilación.....	41
Enfriamiento y Humidificación.....	41
Capítulo V.....	43
PREPARACIÓN DEL SUELO DE CULTIVO.....	43
Cualidades del suelo de un invernadero.....	43
Nivelación.....	44
Profundidad.....	44
Textura.....	44
Estructura.....	45
SUELOS ARTIFICIALES.....	45
Tierra vegetal.....	46
Subproductos industriales.....	46
Mantillo.....	47
Turba.....	47
Arena y grava.....	49
Perlita.....	49
Vermiculita.....	49
Mezclas para suelos artificiales.....	49
ENARENADOS.....	50
Síntesis del enarenado.....	50
VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL SISTEMA.....	51
Ventajas.....	51
Inconvenientes.....	53
FUNDAMENTOS DEL ENARENADO.....	54
PREPARACIÓN DEL SUELO ANTES DE REALIZAR EL ENARENADO.....	55
Pendientes en la nivelación.....	55
Labores al suelo.....	55
Muretes o balates.....	56
Drenaje.....	56
ARENA.....	56
Calidad de la arena.....	56
Cantidad de arena.....	57
ESTIÉRCOL Y ABONOS.....	58
Clase y calidad del estiércol.....	58
Cantidad de estiércol a emplear.....	58
Cantidad de abono a emplear.....	59
NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DEL ENARENADO.....	59
Desagüe de bancales.....	59
Allanamiento de terreno, desterronamiento y despedregado.....	60
Transporte de arena.....	60
Forma de emplear el estiércol en los enarenados.....	60
Extendido de estiércol.....	61
Descarga y extendido de la arena.....	62
CUIDADOS Y MANEJO DE LOS ENARENADOS.....	63
Duración de la arena.....	63
Conservación de la arena.....	63
Cuidados en el retranqueo.....	63

Cuidados en los cultivos.....	64
LAVADO DEL SUELO.....	64
LAVADO DE ARENA EN SUELO ENARENADO.....	65
ABONO VERDE.....	65
RETRANQUEO.....	66
Primera fase.....	66
Riego para dar tempero.....	66
Pase de rastrillo.....	67
Recogida de arena en cordones o caballones.....	67
JORNALES EMPLEADOS EN LA OPERACIÓN DEL RETRANQUEO.....	67
Segunda Fase.....	68
Labores.....	68
Allanamiento del terreno.....	69
Extendido del estiércol.....	69
Caballones de arena.....	70
SIEMBRA.....	70
En suelo desnudo.....	70
En suelo enarenado.....	70
INJERTO.....	71
ACLAREO O ENTRESAQUE.....	71
TUTORADO.....	72
Soportes para tutores verticales.....	72
Soportes para tutores horizontales.....	73
TUTORADO HORIZONTAL.....	73
Tutores de mallas o redes de hilo prefabricado.....	73
Con rafias, abrazando a las plantas.....	73
TUTORADO VERTICAL.....	73
Cuerdas o alambres colgados de la techumbre.....	74
Cañas verticales sujetas en la techumbre.....	74
Mallas de hilo de plástico.....	74
CONDUCCIÓN VEGETATIVA DE LAS PLANTAS.....	75
Podas.....	75
Pinzamientos.....	75
LIMPIEZA DE HOJAS.....	76
Capítulo VI.....	77
ANÁLISIS DE SUELO Y FERTILIZACIÓN.....	77
ANÁLISIS DE SUELOS.....	77
Parámetros que se analizan.....	77
Valor óptimo de los distintos parámetros.....	78
FERTILIZACIÓN.....	80
Necesidades minerales de las plantas.....	80
NECESIDADES DE AÑADIR FERTILIZANTES EN EL SUELO.....	81
GENERALIDADES SOBRE FERTILIZANTES.....	81
ESTERCOLADURAS.....	83
Clases de estiércol.....	84
Cantidades que se aplican.....	84
EVOLUCIÓN DE LOS ABONOS ORGÁNICOS Y MINERALES EN EL SUELO.....	85
Formas de estar el nitrógeno en el suelo.....	85
PROTECCIONES DEL SUELO CON COBERTURAS.....	86
EMPAJADO.....	86
Ventajas del empajado.....	86

Cultivos que pueden ser empajados.....	86
Clases y cantidad de paja.....	87
Forma de empajar.....	87
Momento oportuno de empajar.....	87
Cuidados posteriores.....	87
Capítulo VII.....	89
ACOLCHADO CON PLÁSTICO.....	89
Ventajas del acolchado en invernaderos.....	89
Cultivos apropiados.....	91
En qué casos debe utilizarse.....	91
Clases de plástico empleados en los acolchados.....	92
Superficie y grosor de las láminas.....	92
TIPOS DE ACOLCHADO.....	93
Preparación del suelo.....	93
Colocación del plástico.....	94
Agujereado del plástico.....	95
Forma de plantar y sembrar.....	95
IMPORTANCIA DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS EN AGRICULTURA.....	96
ACOLCHAMIENTO DE SUELO CON FILMES DE PLÁSTICO.....	100
Efectos y ventajas del acolchamiento de suelos con filmes de plástico.....	101
Cultivos que se pueden acolchar.....	103
Tipos de filmes (láminas) de plástico utilizados en acolchamientos de suelos.....	103
Comportamientos espectrométrico de los filmes del polietileno.....	104
Efectos nocturnos.....	105
Duración de los filmes de plástico.....	106
Filmes fotodegradables.....	109
Capítulo VIII.....	110
IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LA AGRICULTURA SUSTENTABLE.....	110
Calidad del suelo y efecto de la materia orgánica del suelo (MOS).....	111
Mineralización de la MOS.....	114
Materiales y métodos.....	115
Resultados y discusión.....	116
Capítulo IX.....	118
USO Y APROVECHAMIENTO DEL ESTIÉRCOL COMO ALTERNATIVA NUTRICIONAL EN INVERNADERO.....	118
Materiales y métodos.....	119
Resultados y discusión.....	120
NORMAS DE APLICACIÓN DE ESTIÉRCOL DE BOVINO AL SUELO.....	122
Tratamientos para reducir los riesgos asociados con el estiércol.....	123
Capítulo X.....	125
MICROORGANISMOS BENEFICOS EN EL SUELO.....	125
Bacterias promotoras del crecimiento en plantas (PGPR).....	127
Hongos micorrizicos arbusculares.....	129
Biofertilización.....	135
Resultados obtenidos con microorganismos benéficos.....	136
LITERATURA CITADA.....	147

INDICE DE TABLAS

Tabla		Pagina
1	Composición media de los vegetales en % de materia seca	2
2	Población de especies pecuarias y avícolas y su producción anual de estiércol en la Comarca Lagunera. CIAN-SARH. 1981.	7
3	Costos de adquisición y aplicación del estiércol en la Comarca Lagunera. CIAN-INIA-SARH. 1980.	9
4	Comparación de costos para fertilizar una hectárea con las siguientes fuentes de fertilización: composta, vermicomposta, estiércol y fertilizante químico.	18
5	Cuadro de receta del té de composta.	31
6	Composición de una turba comercializada en el mercado.	48
7	Clasificación de las partículas según su diámetro.	57
8	Consumo aproximado de estiércol en un enarenado.	58
9	Especies de plantas mas adecuadas, según los terrenos, para abono verde.	65
10	Costo aproximado de la operación de retranqueo.	68
11	Interpretación de los cationes de Na ⁺ , según la textura del suelo.	78
12	De interpretación para elementos solubles en el extracto de saturación de camas de saturación de camas de invernadero (CSTPA, 1980).	79
13	Beneficios directos y secundarios y servicios proporcionados a los Ecosistemas por el conjunto de materia orgánica del suelo.	112
14	Factores en estudio en los trabajos de campo, CAE-FAZ-UJED.	115
15	Establos Bovinos Muestreados para su Estudio.	120
16	Características físicas del estiércol bovino 2003.	121
17	Características químicas (intercambiables) del estiércol bovino 2003.	121
18	Características químicas (solubles) del estiércol bovino 2003.	121
19	Eficiencia de P-fertilizante por plantas de papa en invernadero.	138
20	Efecto de la biofertilización en la producción de peso seco total (g planta ⁻¹) en el cultivo de papa.	139
21	Efecto de dos tecnologías de riego en el desarrollo del manzano y fertilidad del suelo. Los Lirios, Arteaga, Coah.	140
22	Efecto sobre el rendimiento (t ha ⁻¹) en campo de cepas de <i>Rizhobium etli</i> modificadas.	145

PRODUCCIÓN ORGÁNICA EN INVERNADEROS. Es la aptitud de un suelo para obtener cosechas fuera de la época normal, mediante abonados orgánicos y bajo condiciones controladas, sin degradación del ambiente.

DESARROLLO SUSTENTABLE: Es el desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

Hay discrepancia actualmente observándose dos posiciones extremas y una postura latinoamericana.

- 1.- Los conservacionistas expresan que debe detenerse la explotación de los recursos naturales, así como todo desarrollo económico futuro, al menos en los países desarrollados.
2. —Los tecnólogos que sin respeto a los límites que impone la naturaleza depositan una fe ciega en la tecnología para superar la escasez de recursos y la degradación del medio ambiente.

La postura latinoamericana debe basarse en cuatro premisas.

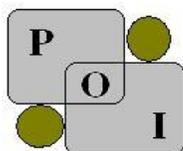
- *ecológicamente armonioso
- *económicamente justo
- *localmente autosuficiente
- *socialmente justo

La FAO define el desarrollo agrícola sustentable como” El manejo y conservación de los recursos naturales y la orientación de los cambios institucionales y tecnológicos, de tal manera que satisfagan en forma continua las necesidades humanas para las presentes y futuras generaciones. El desarrollo agrícola sustentable debe conservar las tierras, agua, plantas y animales. No debe degradarse el medio ambiente, debe ser técnicamente apropiado, económicamente viable y aceptable en el plano social.

El Solum

El suelo agrícola tiene su origen en la degradación progresiva de la “roca madre” bajo la acción de numerosos factores de alteración físicos, químicos y biológicos.

El suelo superficial o capa arable, medio y soporte natural sobre el que crecen las plantas y donde el agricultor labra con los medios a su disposición y distribuye abonos y productos químicos, es un sistema vivo de color más o menos oscuro, en su función de contenido en materia orgánica, poblado por los microorganismos que constituyen la microfauna y la microflora del suelo.



Capítulo I

LA NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS

Las plantas, para su desarrollo, toman del ambiente que los rodea atmósfera, agua y suelo los elementos necesarios e indispensables para la construcción de sus tejidos. El análisis de la materia seca de los vegetales muestra la presencia de 16 constituyentes denominados “indispensables” de los cuales nueve son los “macronutrientes” o “plásticos”, por ser los responsables de la formación de los tejidos de los que representan el 99% de su masa y siete oligoelementos, presentes por el contrario en cantidades muy pequeñas en los tejidos.

La planta encuentra en la atmósfera, bajo forma de anhídrido carbónico (CO_2), carbono y oxígeno que mediante el proceso clorofílico pasan a formar parte de glúcidos. Del mismo modo, la planta puede obtener bajo forma de SO_2 al menos una parte del azufre que precisa.

También el agua del suelo, además de desempeñar múltiples papeles en la compleja fisiología vegetal, proporciona directamente a la planta oxígeno e hidrógeno.

La mayor parte del nitrógeno indispensable a los vegetales se obtiene del suelo, donde se encuentra en forma mineral (nitrato o amoniacal); en el caso específico de las leguminosas es obtenido del aire del suelo a partir de las bacterias simbólicas radiculares.

Tabla 1.- Composición media de los vegetales en % de materia seca.

Carbono (C)	42%	Nitrógeno (N)	2 %	Calcio (Ca)	1.3%
Oxígeno (O)	44%	Fósforo (P)	0.4%	Magnesio (Mg)	0.4%
Hidrógeno (H)	6%	Potasio (K)	2.5%	Azufre (S)	0.4%

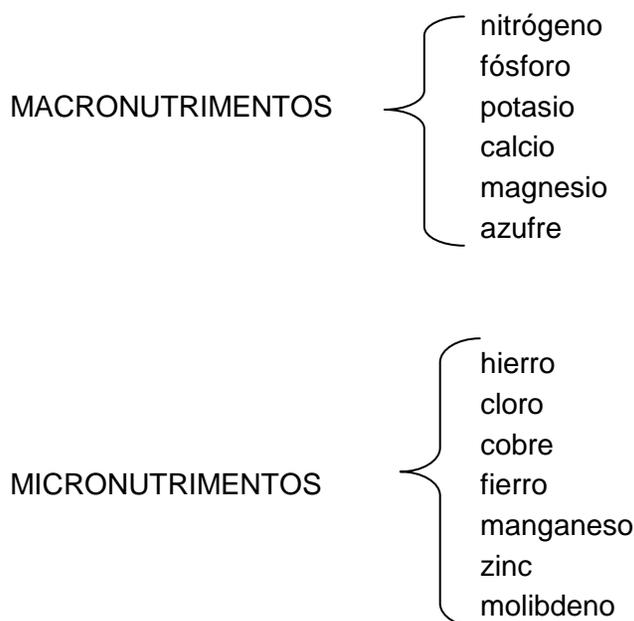
Oligoelementos: Hierro, Zinc, Magnesio, Boro, Cobre, Molibdeno, Cloro, totalizan el 1%.

Elementos minerales importantes para alguna especie vegetal: Sodio, Cobalto, Iodo, Aluminio, Vanadio y Silicio.

Los otros elementos minerales (P, K, Ca, Mg y la mayor parte del S y de los oligoelementos) están presentes en el suelo, y las raíces los absorben directamente de la solución circundante en la que están disueltos de diversas maneras.

ELEMENTOS REQUERIDOS EN NUTRICIÓN DE PLANTAS

Elemento: son iones que las plantas extraen de su medio, principalmente por las raíces y eventualmente vía foliar, estos elementos que utiliza la planta para sus distintas funciones vitales constituyen los nutrimentos.



Movimiento de los nutrimentos a la superficie de la raíz.

- Intercepción por las raíces. Es una consideración importante ya que las raíces ocupan un 2% del volumen total del suelo. Es evidente que la planta absorberá más nutrimentos por este mecanismo cuando mayor sea el sistema radicular y cuanto mayor sea la concentración de nutrimentos asimilables en el suelo.
- Flujo de masas. El agua del suelo está en continuo movimiento y lleva nutrimentos disueltos. Cuando la planta absorba agua para reemplazar a la pérdida por transpiración, se producirá también un flujo de nutrimentos.
- Difusión. La ecuación que da la cantidad de nutrimentos que se difunde en un tiempo determinado hacia la superficie de la raíz es:

$$dq/dt = DAP (C1-C2)/L$$

Donde:

dq/dt = cantidad de nutrimento que se difunde en un momento dado.

D= coeficiente de difusión del nutrimento en el agua.

A= es la sección total absorbente de las raíces

P= fracción del volumen de suelo ocupado por agua (incluyendo un factor de tortuosidad)

C1= concentración de un nutrimento en el agua del suelo a una distancia L de la raíz.

C2= concentración del mismo nutrimento en la superficie de la raíz.

L= la distancia desde la superficie de la raíz hasta donde se mide la concentración (C1).

MATERIA ORGÁNICA

Los principales elementos de constitución que posee la M.O. son el carbono (C), hidrógeno (H), el oxígeno (O) y el nitrógeno(N).

El suelo físicamente esta formado por una parte mineral y otra orgánica; la primera proviene de la génesis propia a partir de la roca madre. La parte orgánica proviene de los desechos de los organismos vivos que son transformados por los microorganismos que posee naturalmente el suelo.

La materia orgánica proviene de los residuos vegetales y animales. Los restos vegetales derivan tanto de los cultivos como de las plantas naturales y de los llamados abonos verdes. Los restos animales provienen de los animales muertos, tanto de la fauna general como de la fauna edáfica.

La flora edáfica, las bacterias, actinomicetos, hongos y algas constituyen los microorganismos del suelo que aportan un porcentaje de material orgánico una vez muertos, aunque su principal función es actuar sobre la materia orgánica en general mediante los procesos de mineralización y humificación.

La mineralización es una descomposición rápida de los residuos orgánicos, convirtiéndose en compuestos minerales que poseen una composición química más simple como son el bióxido de carbono(CO_2), agua(H_2O), amoníaco(NH_4^-), fosfatos(PO_4^-), sulfatos(SO_4^-), compuestos potasicos, etc.

La humificación es otra actividad de los microorganismos, los cuales toman los residuos orgánicos y los transforman en otros nuevos complejos orgánicos (el humus), que se caracterizan por su mayor estabilidad o sea que se degradan más lentamente en una mineralización más gradual.

En los suelos agrícolas del total de las aportaciones orgánicas, un 70 % se mineraliza en uno o dos años y el resto se transforma en humus incorporándose a la estructura del suelo.

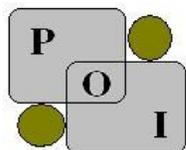
Importancia y Función de la Materia Orgánica

La importancia de la materia orgánica en las tierras es grande, y no sólo mejora las propiedades físicas y químicas de la tierra, sino también el desarrollo de los cultivos. De la devolución de materia orgánica a las tierras agrícolas depende el mantenimiento de la fertilidad a largo plazo. Los aportes de materia orgánica de plantas y animales están sometidos a un continuo ataque por parte de los organismos vivos, microbios y animales, que los utilizan como fuente de energía y de materiales de recuperación frente a su propio

desgaste. Como resultado de dicho ataque, son devueltos a la tierra los elementos necesarios para la nutrición de las plantas.

Los organismos que llevan acabo esta importante tarea son principalmente las bacterias y los hongos. Sus diferentes familias se especializan en descomponer un determinado tipo de compuesto. Por ejemplo las bacterias de los nitratos se encargan de los compuestos que tienen nitrógeno en forma de nitritos y los transforman en nitratos, que de esta forma pueden ser asimilados por las plantas.

Mientras las tierras necesitan diferentes cantidades de materia orgánica; cada día millones de toneladas de residuos orgánicos, en lugar de volver a la tierra dándole fertilidad, van a contaminar el entorno. La materia orgánica de las basuras puede encontrar el camino de vuelta a la tierra a través de la composta.



Capítulo II

ESTIÉRCOL Y SU IMPORTANCIA EN LA COMARCA LAGUNERA

En la Comarca Lagunera, región desértica del Centro Norte de México se localiza una de las cuencas lecheras más importantes del país. Es además un centro agrícola con más de 160,000 hectáreas bajo riego en donde la tierra, debido a su bajo contenido de materia orgánica, es una excelente área para aprovechar los estiércoles que aquí se producen.

El clima es de tipo desértico clasificado por Köppen como seco de desierto (BWhw). Con una precipitación media anual de 238 mm; una temperatura de 20.5°C y una evaporación anual de 2,315 mm (Aguirre, 1981).

Los suelos son aluviales y presentan en su mayoría un considerable contenido de arcilla. Un muestreo en terrenos de cultivo mostró que el 87% de los suelos en su horizonte superficial tiene un contenido mayor de 30% de arcilla y un contenido de materia orgánica que va de 0.5 a 1.2 % (Castellanos y Cano, 1981).

Estudios Sobre la Producción, Utilización y Características de los Estiércoles en la Comarca Lagunera.

En la región Lagunera se producen anualmente más de 1 000 000 de toneladas de estiércol en base seca. El estiércol se aplica en forma relativamente seca durante los meses de otoño e invierno, principalmente en los cultivos forrajeros. Se utilizan dosis promedio de 70 ton/ha (en base seca) a intervalos que van de 2 a 10 años. La dosis y frecuencias de aplicaciones son muy variables, predominando las dosis elevadas con intervalos largos de tiempo. Es notoria la falta de equipo eficiente de recolección y distribución del estiércol así como la falta de conocimiento de los productores para manejar eficientemente el recurso.

Los estiércoles son extremadamente variables en su concentración y disponibilidad de nutriente.

Producción y Utilización del Estiércol

En base a las estadísticas de población pecuaria, en la Comarca Lagunera se producen significativas cantidades de estiércol (Tabla 2). El estiércol más abundante en la región es el de bovino y particularmente el de bovino lechero. De la producción total de este estiércol, se pierde un 15 a 30% por descomposición en el corral o en los sitios de acumulación.

TABLA 2.- Población de especies pecuarias y avícolas y su producción anual de estiércol en la Comarca Lagunera. CIAN-SARH. 1981.

Especie	No. de Cabezas	PRODUCCIÓN DE ESTIÉRCOL ¹	
		diaria Kg/Cabeza	Total Ton/año
Bovino Lechero	129.000	6.000 ⁴	282,500
Bovino Engorda	144.000 ²	4.000 ⁵	105,120
Aves Prod. Huevo	4,400,000	0.040 ⁶	64,240
Aves de Reposición	2,200,000	0.017 ⁷	13,651
Aves Prod. Carne	10.650.000 ³	0.017 ⁷	13,767
Porcino	100,000	0.450 ⁷	16,425
Caprino	255,000	0.700 ⁷	65,152 ⁸
Total	-	-	560,935

- 1 Base peso seco
- 2 Engordados durante 6 meses
- 3 Engordados durante 21/2 meses

Ganado bovino lechero

De las mas de 250 000 cabezas de ganado lechero en línea de ordeña de la región, cerca del 90% se localiza dentro del sector pequeña propiedad y el resto en establos ejidales, los que han demostrado una tendencia a incrementarse en los últimos años.

La recolección del estiércol en los corrales se realiza normalmente con escropa y tractor, y es acumulado en montones dentro o fuera del corral. Esta acumulación puede realizarse durante un período de 6 a 12 meses, dependiendo del tamaño del establo y de la disponibilidad de tierra descubierta para estercolar. Ranchos con establos grandes realizan aplicaciones con mayor frecuencia.

Normalmente el estiércol se aplica al terreno en los meses de otoño e invierno. La razón fundamental de que se aplique esos meses es que durante esta época es cuando existe terreno descubierta donde aplicar. Dadas las condiciones intensivas de la producción agrícola de la región, lo más deseable sería poder hacer las aplicaciones en períodos cortos de tiempo, sin embargo, la disponibilidad actual de equipo hace que la labor de estercolamiento sea muy prolongada. El equipo usado es normalmente camión de volteo y trascabo y una vez depositado en el terreno es distribuido mediante escrepas.

Por las características de clima la región el estiércol se maneja en forma relativamente seca con un contenido promedio de humedad del 35% en base húmeda.

La dosis promedio que aplican los productores, independiente del estrato a que pertenezcan son muy altas. No obstante, estudiando los casos individualmente, las dosis fueron extremadamente variables., con rangos desde 20 hasta 280 ton/ha.

Ganado de engorda

Las explotaciones de ganado bovino de engorda ha tomado importancia en los últimos años en la región lagunera. La capacidad de estas empresas va desde 100 hasta 7,000 cabezas con un promedio de 1,500 animales, engordados por un período de alrededor de 6 meses.

Estas explotaciones normalmente no se disponen de tierra de cultivo, por lo que el estiércol se comercializa para la aplicación al suelo y se dirige a cultivos frutícolas, tales como nogal y viña y a otros cultivos anuales, tales como algodón. Se estima además que unas 23,500 toneladas de estiércol de engorda y bovino lechero se utilizan como combustible en la fabricación de ladrillos para construcción.

Avícolas

Las explotaciones avícolas disponen de 3 tipos de gallineros de acuerdo al destino de la producción: Producción de huevo, producción de carne (pollos) y cría de aves para reposición, ya sea que se utilicen para producir huevo o para producir carne.

En promedio las explotaciones avícolas tienen 6 gallineros (naves) en producción de huevo con un rango que va de 3 a 12 naves. La capacidad promedio de cada uno es de 8,300 aves con rango de 3,500 a 14,250.

Se estima que una nave promedio rinde anualmente de 100 a 120 toneladas de gallinaza. La recolección se realiza en promedio cada 6 meses.

La mayor parte de gallinaza se comercializa, pues la mayoría de los productores avícolas no dispones de terreno de cultivo. Los agricultores que aplican gallinaza utilizan dosis promedio de 15 ton/ha con un rango que va de 5 a 25 ton/ha.

En cuanto a la cama de pollo su importancia en la agricultura es mínima, pues debido a su alta calidad en el complemento de raciones alimenticias su comercialización se canaliza fundamentalmente hacia la alimentación del ganado de engorda.

Aspectos económicos

No obstante que los costos están sujetos a la inflación, los datos que se presentan en la Tabla 3, dan una idea de este aspecto. Estos costos se obtuvieron de la encuesta de campo que se llevó a cabo a mediados de 1980 y están en función de la dosis utilizada. El costo de transporte considerado fue para la operación dentro del predio, cuando el estiércol se utiliza en la explotación donde se produce.

Tabla 3. Costos de adquisición y aplicación del estiércol en la Comarca Lagunera. CIAN-INIA-SARH. 1980.

ESTIÉRCOL	LIMPIEZA	ADQUISICIÓN PESOS/TON	TRANSPORTE	DISTRIBUCIÓN
Bovino lechero	-	30-80	10-45	20-50
Engorda	-	85*	-	-
Gallinaza	71*	91*	-	-
Cama de pollo	-	500-1,100	-	-

*Costos promedio

+Dentro de la misma unidad productiva (1 a 2 km)

PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO

Un suelo de alta calidad debe ser biológicamente activo. Los microorganismos presentes influyen en muchas propiedades del suelo y también tienen efectos directos en el crecimiento de las plantas. Dado que el estiércol contiene grandes cantidades de compuestos orgánicos de fácil descomposición la adición de estiércol al suelo casi siempre resulta en un incremento en la actividad biológica. En la mayoría de los casos el resultado neto del incremento en la actividad biológica a menudo mejora la estructura del suelo por el efecto de agregación que la descomposición de productos tienen sobre las partículas del suelo. El incremento en la actividad biológica, también generalmente incrementa la disponibilidad de muchos nutrientes para las plantas.

Las adiciones de estiércol, sin embargo, pueden resultar en la presencia de microorganismos indeseables que pueden, bajo algunas condiciones, ser de serio cuidado.

PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

Los beneficios de estiércol en el mejoramiento de las propiedades químicas del suelo son fácilmente observables. El valor del estiércol como suplemento de nutrientes fertilizantes a los cultivos forrajeros fue observado desde que en los inicios de la agricultura se encontró que los cultivos estercolados crecían mejor que los cultivos sin estercolar. Aunque el estiércol tiene una baja concentración de nutrientes, su disponibilidad es muy alta y existe mucha evidencia de que el estiércol además de suplementar nutrientes hace más disponibles algunos elementos del suelo para las plantas. En algunos casos, los beneficios del estiércol en el crecimiento de las plantas son mayores que los que se podrían explicar tan sólo en base a su contenido de nutrientes. Se cree que de estos son responsables sustancias orgánicas desconocidas. Sin embargo, no hay investigación concluyente que muestre que el estiércol contenga compuestos

promotores del crecimiento. Generalmente se acepta que el valor total del estiércol es esencialmente el valor nutritivo más cualquier valor que se atribuye al estiércol como fuente de materia orgánica y elementos menores quelatados.

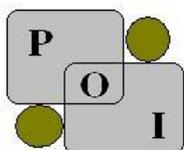
La diferencia importante entre el estiércol y el fertilizante químico es que el estiércol puede tener un efecto benéfico en las propiedades biológicas y químicas del suelo así como también en el poder de suplementación de nutrientes. En la mayoría de los casos, la adición de fertilizante químico tiene poco o ningún efecto en las propiedades biológicas y químicas. También el estiércol a menudo tiene un mejor balance de nutriente para la planta que la mayoría de los fertilizantes químicos.

PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

No hay duda que los desechos animales mejoran las propiedades físicas del suelo. La velocidad de infiltración, conductividad hidráulica y retención de agua normalmente se incrementan y la densidad aparente se reduce. El grado de estos cambios, no obstante, es a menudo muy pequeña y no es posible demostrar su beneficio en uno o dos ciclos de cultivo. Esto es especialmente cierto en suelos tratados con pequeñas o moderadas cantidades de desechos orgánicos.

Lo anterior se encamina a apoyar el comúnmente sostenido punto de vista, de que la aplicación de desechos animales mejoran las propiedades físicas del suelo. Sin embargo, los cambios en las propiedades físicas de los suelos son generalmente pequeños y en muchos casos son tan pequeños que no pueden ser registrados. Es conocido que las estercoladuras con desechos animales son generosas y si se dan regularmente, pueden tener efectos muy benéficos en la estructura del suelo. Estas promueven un incremento en la cohesión entre las partículas de arena, aumentando así la resistencia del suelo al arrastre por el viento y al sellado por las lluvias, y esto puede ocasionar un aumento en el número de núcleos en los que se lleva a cabo la contracción del suelo cuando la arcilla se seca. Esto hace proliferar el número de finas grietas que se desarrollan en los terrenos secos, haciendo al suelo más grumoso y tal vez por la misma razón, menos resistencia. Sin embargo, se dispone de muy poca información acerca del efecto de adiciones periódicas de estiércol, por ejemplo de la aplicación de 20 ton/ha de estiércol cada cuatro ó cinco años y su efecto sobre la facilidad de laboreo del suelo. En los pocos casos en donde se han hecho experimentos el efecto ha sido pequeño e imperceptible.

Por lo anterior, se entiende que el uso juicioso del estiércol en tierra de cultivo mejora las propiedades físicas, biológicas y químicas del suelo y así mejoran la calidad del mismo. No obstante, no deben esperarse grandes cambios en pocos años. Esto es particularmente cierto en lo que respecta en las propiedades físicas. Para lograr grandes cambios en las propiedades físicas se requieren grandes cantidades de estiércol, las cuales pueden muy bien degradar las propiedades químicas y disminuir la calidad del suelo. Buenos ejemplos son las acumulaciones de sales y nitratos que pueden ser el resultado de grandes aplicaciones de estiércol. En mayor estancia, el procedimiento más ventajoso es aplicar cantidades no mayores de estiércol que aquellas requeridas para mantener una adecuada provisión de nutrientes para la producción del cultivo. Con esas cantidades, las propiedades físicas del suelo serán mejoradas normalmente, aún cuando los cambios sean a menudo lentos y difíciles de percibir.



Capítulo III

ABONOS ORGÁNICOS

PRODUCCIÓN DE COMPOST

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.

Hoy, hay varias razones de porque el composteo permanece como una práctica invaluable, los desechos de alimento y campo presentan aproximadamente un 30% de la corriente de desechos en los Estados Unidos.

El composteo de la mayoría de estos desechos reduciría la cantidad de desechos sólidos municipales reduciéndose por casi un cuarto de almacenaje, mientras que al mismo tiempo provee un rico nutriente al corregir el suelo.

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 Arcediano 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.

¿Qué es el compost?

Es materia orgánica en descomposición. Es decir, restos de comida, hojas, cáscaras de fruta, cortes de pasto, papel, que se dejan durante un tiempo en unos cajones especiales, al aire, y se convierten en una tierra muy rica en nutrientes y repleta de bichitos que resultan muy positivos para la tierra.

El compost contiene estimuladores de crecimiento, inhibidores de hongos, bacterias y microorganismos, insectos y lombrices.

La gran función del compost es mejorar la estructura física del suelo y la capacidad de retención de agua. Al mismo tiempo, mejora la salud de las plantas y las ayuda a resistir mejor las plagas.

¿COMO PRODUCIR UN COMPOST?: Las composteras deben estar en contacto directo con la tierra, sin fondo y al aire libre, nunca enterradas en la tierra. Deben mantener humedad permanente, por lo que conviene que estén debajo de un árbol o un sitio sombrío.

¿Que residuos se emplean para producir un compost?

Se dividen en materias verdes (contenido de nitrógeno) y materias caféas (poco nitrógeno):

- En los verdes: restos de frutas y comidas, recortes de pasto, servilletas de papel, hojas.
- En los caféas: ramas secas, troncos muy delgados.
- Jamás usar: carnes, huesos, leños duros, malezas con semillas, vidrios, plásticos o latas.

PRODUCCIÓN DEL COMPOST (Manejo de residuos)

- a) 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 otras para tarros, vidrios, plásticos, etc.
- b) Voltear los desechos en la compostera mezclado con cortes de pasto
- c) Verificar la humedad (los restos de la cocina contienen alto contenido de agua)
- d) El compost nunca se aplasta
- e) Se va rellorando sin apretar, ni dándole vueltas
- f) Cuando está listo, baja solo hasta como la mitad del cajón especial
- g) En verano demora unos dos meses en hacerse; en invierno, alrededor de seis
- h) En la parte inferior se encuentra un material oscuro, con buen olor y abundantes organismos vivos: esto es el compost
- i) Una vez listo, se cosecha y se cierra para detectar posibles restos de material no degradable

¿COMO 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

- a) En invierno el suelo se mantiene mas caliente que el expuesto a la intemperie
- b) Adiciona humus
- c) Aumenta también la presencia de lombrices, las cuales a su vez degradan la materia orgánica y dan mayor aeración al suelo.
- d) Incrementa la capacidad de intercambio catiónico
- e) Opera como buffer impidiendo los cambios bruscos de pH
- f) Mejora la estructura del suelo
- g) Recientemente se han atribuido algunas propiedades supresoras de infecciones causadas por algunos hongos como *Fusarium sp*, *Rhizoctonia sp*, y *Pythium sp*.

VENTAJAS DE COMPOSTEO: Remoción en muy alto porcentaje de microorganismos patógenos

- h) Reducción de metales pesados
- i) Reducción de algunos compuestos orgánicos de tipo organoclorado
- j) Reducción en muy alto porcentaje de residuos sólidos
- k) Menos áreas destinadas a rellenos sanitarios

HUMUS (COMPOSTA EN LA NATURALEZA)

En la naturaleza todo se recicla. Lo que sale de la tierra vuelve a ella en forma de excrementos, hojas, cadáveres, etc. Un sinfín de descomponedores y carroñeros, desde el buitre, pasando por las lombrices y las ratas, hasta millones y millones de microorganismos se encargan de cerrar el ciclo, manteniendo la fertilidad en la tierra y formando la parte orgánica de los suelos, los productos más resistentes a esta degradación, y que por tanto permanecen más tiempo en la tierra, constituyen la fracción llamada **humus**. Dentro de la materia orgánica de la tierra, el humus representa por término medio el 85-90% del total. Por ello hablar de la materia orgánica de la tierra y de la fracción húmica es prácticamente lo mismo.

Propiedades y funciones del Humus

- Favorece la absorción de los rayos solares debido a su color oscuro y, por tanto, el aumento de la temperatura de la tierra en primavera.
- Favorece la aireación y el drenaje de la tierra al mezclarse con las arcillas y formar agregados, disminuyendo la impermeabilidad de éstas.
- Mantiene en la tierra el contenido apropiado de agua, gracias a su gran capacidad para retenerla, actuando como esponja. Este poder absorbente, junto con la formación de agregados con las arcillas, hace al humus un importante agente preventivo de la erosión.
- Mejora y aumenta la disponibilidad de los nutrientes para las plantas. El agua que atraviesa la tierra se llevaría los nutrientes solubles, sino fuera porque los complejos arcillo-húmicos retienen, por atracción electrostática, los elementos necesarios para la vida de las plantas (Mg, K, Na, etc.). De esta forma, los complejos arcillo-húmicos se comportan como un almacén de nutrientes, de los que la planta puede disponer cuando le son necesarios. A esta capacidad se le denomina capacidad de cambio, haciendo referencia al intercambio de nutrientes entre los complejos arcillo-húmicos y el agua de la tierra en la que se hallan disueltos.
- El humus sirve de soporte a multitud de microorganismos, que hacen de la tierra un medio vivo. Estos microorganismos que viven dependiendo de él y contribuyen a su transformación, son tanto más numerosos y activos cuando mayor cantidad de humus exista. El humus es verdaderamente el fundamento de la actividad microbiana de las tierras y esta actividad proporciona a las plantas los elementos nutritivos necesarios.

El Proceso de Compostaje

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

Durante la fermentación hay un consumo de materia orgánica, fundamentalmente glúcidos, desprendiéndose dióxido de carbono (CO₂) y calor, por lo que la temperatura de la masa se eleva. Paralelamente los microorganismos sintetizan productos orgánicos más complejos, produciéndose al final, entre otros, materiales húmicos, esencialmente estables y de difícil o muy lenta descomposición.

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 coloides 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 húmedo, 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).

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 (NH₃).

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. Sin 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 fresca de todo tipo.
- Restos de animales.

Materiales ricos en carbono

- Paja y hojas secas
- Aserrín y virutas de madera
- Material vegetal seca 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 mas 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.

Potencial hidrogeno

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.

Microbiológico

En el proceso de fermentación unos organismos van sustituyendo a otros. La riqueza en microorganismos favorables para las tierras y, a la par, la ausencia de los patógenos, determina la calidad biológica del abono final. Si en la fermentación se ha producido las temperaturas deseadas, la masa se habrá pasteurizado y se habrán eliminado los microorganismos patógenos para las personas, animales y plantas.

En un estudio de rentabilidad financiera de la producción de composta, vermicomposta y comparación de costos con el uso de estiércol y la fertilización convencional en la producción de hortalizas en AALTARMEX A. C. (Texcoco), donde se utiliza el método biointensivo en la producción de hortalizas orgánicas con algunas variantes realizadas en esta empresa, que para la elaboración de la composta y la vermicomposta tiene que comprar el estiércol y que esta manejando el sistema de 66 % de capacidad de producción de estos abonos orgánicos (Tabla 4).

Además para poder hacer la comparación se manejaron los términos y contextos: a) la comparación se hizo a dosis recomendadas por AALTERMEX A. C. en cuatro cultivos, utilizando como fuente de fertilización composta y vermicomposta a razón de 20 ton/a. En estiércol se uso la dosis utilizada en la región de Texcoco (40 ton/ha) y para fertilizante químico se utiliza las dosis recomendadas por ex-fertimex en cuatro cultivos para el distrito de Texcoco (120-60-00, 60-40-00, 40-60-00). De ahí la siguiente comparación:

Las tres fuentes orgánicas con dosis de 20 ton ha⁻¹ para composta y vermicomposta, ton ha⁻¹ para estiércol resultan mas costosas comparadas con la fertilización química para los cuatro cultivos en la fertilización convencional.

Tabla 4. Comparación de costos para fertilizar una hectárea con las siguientes fuentes de fertilización: composta, vermicomposta, estiércol y fertilizante químico.

Cultivo	BRÓCULI	CHÍCHARO	MAÍZ	EJOTE
Fertilizante químico	\$ 549.64	\$ 549.64	\$ 824.41	\$ 447.87
Estiércol	\$ 3 890.00	\$ 3 890.00	\$ 3 890.00	\$ 3 890.00
Composta	\$ 4 562.00	\$ 4 562.00	\$ 4 562.00	\$ 4 562.00
Vermicomposta	\$ 19 494.00	\$ 19 494.00	\$ 19 494.00	\$ 19 494.00

La fertilización química resulto ser mas barata que las tres fuentes orgánicas, debido a: en primer lugar, al uso de fuentes orgánicas requiere de la producción y manejo de grandes cantidades de éste material para cubrir las dosis recomendadas; en segundo lugar, el fertilizante químico contiene nutrientes concentrados

por lo tanto para cubrir las dosis correspondientes es necesario comprar volúmenes más pequeños de fertilizante y a diferencia de las fuentes orgánicas se manejan mas fácilmente.

En la actualidad es factible reciclar cualquier tipo de desecho, incluyendo los humanos mediante el siguiente método.

BAÑO SECO

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 BÁSICO DEL BAÑO SECO: El excremento y la orina juntos, originan una descomposición, que produce mal olor, atrae mosca, produce enfermedades y contamina el ambiente. En el baño seco puede separar la orina del excremento, juntándola en un recipiente o se manda al suelo mediante un pozo de absorción (la orina almacenada, se baja 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 puede ser utilizado por plantas, flores y árboles, lo que no es recomendable es usarlo para abandonar hortalizas, pues tendría que hacerse un examen que mostrará que esta libre de patógenos, por eso **ES RECOMENDABLE NO USARLOS EN HORTALIZAS.**

ABONOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS

Té de Composta

El té de composta es en términos simples, un extracto acuoso de composta. Es conocido por diferentes nombres tales como té de estiércol y extracto de composta. Típicamente la composta es el principal ingrediente para esta solución; sin embargo algunos tes son extractos simples de material vegetal. Los ingredientes adicionales tales como la melaza y el polvo de roca son entonces agregados como alimento para los microbios en el té y para proporcionar nutrientes al cultivo.

Muchos productores tienen su secreto especial para el ingrediente clave. Nuevas recetas son actualmente probadas en diferentes áreas con el fin de llevar a cabo el mejor producto de plantas y disminuir las enfermedades.

Por qué usar Té de Composta

Los pesticidas a base de químicos, herbicidas y algunos fertilizantes matan un amplio rango de microorganismos benéficos que fomentan el crecimiento de la planta, mientras que el té aumenta la vida en el suelo y en la superficie de la planta. Con el tiempo y el uso continuo, la composta y el té, definen la calidad de producir en la superficie del suelo y en la planta los microorganismos benéficos, en vez de degradarlos.

Algunos beneficios del uso del té de composta incluye:

- a) La disminución de enfermedades.
- b) Proporciona nutrimentos para las plantas y es fuente de alimento para los microorganismos.
- c) La inoculación de organismos en el suelo o en la superficie de las hojas la cual vuelve a incrementar la retención de nutrimentos, aumenta el ciclo de nutrimentos en las formas disponibles para la planta y acelera la descomposición de material vegetal y las toxinas.
- d) Incrementa la calidad nutricional de la planta.
- e) Reduce la exposición del trabajador a los daños químicos potenciales.
- f) Reduce los impactos negativos de los pesticidas a base de químicos, herbicidas y fertilizantes en microorganismos en el ecosistema
- g) Reduce los costos por insumos químicos
- h) Permite el rehusó de los restos de cosecha y la composta en la granja.
- i) Reduce los requerimientos de espacios rehabilitados y
- j) Proporciona el crecimiento de la planta.

No todos de estos beneficios pueden ser observados en cada caso de aplicación del té, por que no todos los tes son de calidad uniforme. En la siguiente sección, discutiremos varios de los factores que afectan la calidad del té de composta.

Factores que afectan la calidad del té de composta

La calidad del té de composta puede ser altamente inconsistente de lavado a lavado, a continuación se presentan algunos de los mayores factores a considerar, unos de ellos son relativamente fácil para el control. Sin embargo, cuando haces tu propio té necesitaras probar el mejor té para tu sistema.

Fuente y calidad de composta

Para que los componentes orgánicos, las toxinas y los microorganismos benéficos, además de los patógenos y los microorganismos dañinos presentes en la composta pueden ser extraídos del té, un proceso adecuado de composteo es esencial. Si la composta esta hecha apropiadamente, los microorganismos causantes de enfermedades morirán, eliminados por la competencia, inhibidos o consumidos por los organismos benéficos. Para maximizar las poblaciones es importante que el rango adecuado de la fuente alimenticia sea extraída del té. Los minerales deben ser extraídos de la composta, haciendo que el nivel de sal crítico no sea demasiado alto, y que los químicos no tóxicos o las concentraciones bajas de toxinas estén presentes.

Es importante considerar el punto máximo de temperatura de reacción durante el proceso de compostaje, y qué concentración de oxígeno (o la medida opuesta, de concentración de bióxido de carbono) sea medida a la temperatura. A causa del calor durante el compostaje, es generado el desarrollo de bacterias y la composta llega a ser anaeróbica durante el tiempo de temperatura máxima.

La temperatura deberá exceder a 135 °F, por lo menos tres días aunque las más altas temperaturas por 8 a 15 días son seguras. La temperatura deberá, sin embargo, no exceder de 150 a 155 °F y el nivel de oxígeno no deberá caer debajo del 8 al 12 % durante este tiempo.

Si la composta adquiere demasiado calor, no dejes que obtenga más calor porque de lo contrario llega a ser anaerobia y tu riesgo es producir un té pobre en nutrimentos.

Tamaño de la malla de la bolsa del té

El tamaño de la malla de la bolsa o filtro que retenga la composta determina la clase particular del material que pase en el té. Al utilizar la malla más fina lo más probable es que solamente los componentes solubles sean extraídos. Esto llega a ser crítico cuando el té es aplicado a través del sistema de irrigación o aspersión. La bolsa o filtro deberá ser hecho con un material del tamaño de malla chica. Nylon de tamaño mediano, seda fina, algodón tejido son lo mejor, para el cribado, malla de alambre y arpillera también pueden ser usados, la arpillera fresca puede usarse con precaución aunque, como es elevado la preservación de los materiales los cuales pueden ser extraídos en el té.

Tiempo de preparación

El tiempo más largo de preparación, "el tiempo que la composta permanece suspendida en el agua o el té de solución" la más grande cantidad de material soluble extraído de la composta. Más material soluble en el té contiene más fuente de alimento para el crecimiento de las bacterias benéficas y los hongos, y más nutrimentos que pueden ser disponibles potencialmente para las plantas. Si el té es bien mezclado y bien aireado tal como ocurre en la preparación de los microorganismos o a través de un sistema con muchos espacios de aire, el máximo crecimiento de organismos y la extracción de nutrientes solubles ocurren de 18 a 24 hr. ***Pero si esto es posible obtener un mejor té, la más larga preparación puede producir demasiado alimento para la bacteria la cual puede dirigir a un agotamiento de oxígeno y a las condiciones anaeróbicas.

La fuente de agua

Las aguas que contienen demasiada sal, metales pesados, nitratos, cloro, o contaminadas con patógenos (humanos, animales o microorganismos que causan daño a la planta) no deberán ser usados. Cuando algunos de estos estén presentes deberán eliminarse del agua antes de usarla.

Recomendamos que tu contacto con el Departamento del agua tratada envía una muestra de agua al laboratorio para un análisis. Hay algunos colores indicadores de problemas. Toma algún vaso con agua (asegurarse que sea menos de 1 ppm de nitratos). Toma tu muestra del agua. Amargo indica alto en nitratos, el sabor a huevo podrido es alto en sulfuro, con olor a cloro es demasiado cloro, sugiriendo un problema de contaminación con coliformes fecales en tu planta de tratamiento. El crecimiento de estos organismos no dañan al té pero las otras indicaciones requieren acción antes de que puedas hacer un té de calidad.

Adición de materiales

Muchos ingredientes pueden ser agregados al té de composta para aumentar el crecimiento de organismos específicos y proporcionar nutrimentos a la planta, este manual da las bases para la selección de algunos materiales pero una gran distribución necesita más trabajo para entender como algunos aditivos trabajan en ciertas condiciones y no en otras.

Método de recirculación del agua

La recirculación tiene dos metas: la aireación y el mezclado. Ambos procesos necesitan ser controlados. El mezclado rápido destruirá físicamente microorganismos benéficos en el té y será perjudicial tanto como no mezclarlo. Cuando la aireación es demasiado grande el té puede llegar a ser supercargados con oxígeno lo cual perjudica a los organismos benéficos muy poco oxígeno causa condiciones anaeróbicas que pueden resultar en materiales que son tóxicos para el crecimiento de la planta en el té. Una apropiada recirculación controlada produce un té más consistente, la recirculación apropiada es un problema si el mezclado es bastante para extraer todos los materiales solubles de la composta. Las unidades de recirculación son entonces hechas de equipo agrícola reciclado, tanto como a través del agua, la madera en las cuales pone una criba de alambre y un filtro de material de algodón, la boquilla del aspersor con una bomba de agua y las burbujas de aire con las bombas. Hemos encontrado que la preparación de microbios tiene un método de recirculación efectivo y si vale la pena por sí mismo a través de la consistencia y los resultados de su comodidad y uso.

Aireación

El oxígeno es requerido por todos los microorganismos aeróbicos. Como la concentración de oxígeno es reducida los organismos estrictamente aeróbicos no sobrevivirán, la falta de oxígeno permite el crecimiento de bacterias facultativas anaeróbicas y bacterias estrictamente anaerobias. Los organismos anaeróbicos no son perjudiciales en ellos mismos pero su metabolismo es extremadamente perjudicial para la planta tal como muchos organismos benéficos. Los productos anaeróbicos matan muchos microorganismos causantes de enfermedades demasiado, pero el balance de la reducción de estos contra el impacto negativo del crecimiento de la planta debe ser considerado. Usualmente la muerte de

pocos microorganismos dañinos no es suficiente para compensar la reducción del crecimiento de la planta, otra vez recomendamos que consideres de otra manera la aireación para no continuar con el problema.

Crecimiento de microorganismos en el té de composta

Esto es deseable para tener una amplia diversidad de bacterias, hongos, protozoarios y nematodos presentes en la composta y en el té, cuando la diversidad de microorganismos benéficos es alta la supresión de enfermedades es más alta, la retención de nutrientes es más alta, la producción de nutrientes disponibles para la planta ocurren en un periodo más benéfico y proporcionan materiales agregados al suelo, obteniendo mayor capacidad de retención de humedad, rompiendo los materiales tóxicos y los periodos de descomposición. cuando la diversidad de microorganismos en la composta es baja el control de enfermedades es limitado y un periodo particular de productos metabólicos pueden acumular a los microorganismos perjudiciales a la planta. La preparación de microbios es el mejor producto en el mercado para proporcionar una extracción adecuada.

Proporción de agua en la composta

La dilución de materiales solubles y microorganismos del agua en la composta es importante. Una composta demasiado pequeña resulta en un té demasiado diluido esto es una concentración mínima de nutrientes solubles lo cual resulta en el crecimiento de microorganismos para suprimir las enfermedades, retener nutrientes, el ciclo de nutrientes en la forma disponible para la planta transforma los procesos de agregados al suelo y descomponen los materiales tóxicos porque el rango óptimo de agua a la composta tiende a ser un poco variable por lo que se debe buscar experimentos para encontrar el mejor rango para tu sistema.

Condiciones del medio ambiente

La temperatura, la humedad, la evaporación y otras condiciones abióticas influyen en el periodo de crecimiento de los microorganismos, por ejemplo, las altas temperaturas volatilizan los nutrientes. La evaporación concentra sales, mientras que a bajas temperaturas decae el crecimiento de organismos. Obviamente estas condiciones pueden tener influencias significativas en la calidad del té.

Pero, no puedes hacer mucho acerca del clima. El crecimiento de microorganismos en el té eleva la temperatura del agua por lo tanto como el té es mezclado las temperaturas no deberán exceder a 100 a 110 °F. En climas cálidos la cobertura deberá prevenir la evaporación y la concentración de sales.

Organismos benéficos

La composta puede tener muchos componentes resultantes en un amplio rango de microorganismos. Si las condiciones son correctas los microbios en la composta deberán ser extraídos en la solución del té. Una alta calidad de composta deberá tener más población microbiana diversa resultando una mas grande diversidad en el té de composta.

Bacterias

Un buen té de composta tiene en orden del billón de bacterias por mililitro. (10^8 a 10^9 bacterias por ml), los cuales serán benéficos para el crecimiento de la planta. Un té altamente aeróbico contienen un gran número de microorganismos en orden de 10^{10} a 10^{12} bacterias por ml.

Hongos

Estos deberán ser de 10 a 50 mts de biomasa de hongos, los tés generalmente contienen extractos de carbono soluble que selecciona la bacteria tanto como el crecimiento de hongos. Adicionalmente el mezclado proporciona aeración destruye y mata las poblaciones de hongos.

Protozoarios

La preparación del té resulta en extracción en gran proporción, pero no toda de las formas protozoarias de la composta. Los protozoarios comen la bacteria en la solución del té y con el tiempo incrementan su número, son sensibles a la mezcla si es mejor para el extraer al protozoario de la composta durante el proceso de preparación de mezclado del té en un corto tiempo. El ciclo reproductivo de los protozoarios es de 24 a 72 hrs si el tiempo de preparación es muy corto estos no se reproducen, si el té se prepara por varios días los protozoarios se incrementan pero mezclando podría compensar el incremento.

Los flagelados y las amibas no toleran las condiciones anaeróbicas si el té es anaeróbico en algún tiempo estos protozoarios pueden matarlos, y son un buen indicador en este aspecto para un buen té.

Nematodos

Son parecidos a los protozoarios cercanamente todos los nematodos en la composta podrían ser extraídos una buena composta contiene 30 o varios cientos de nematodos benéficos por gramo, todos estos deberán ser extraídos en el té, así, si 45 kg de composta son usados para hacer 200 Lts de té estos deberán contener aprox. 11 nematodos por ml de té o 2.3×10^6 nematodos en el té, mientras está en solución, todos estos nematodos son benéficos solamente una composta pobre deberán contener nematodos en crecimiento.

Hongos mycorrizos

Los hongos mycorrizos no crecen en la solución del té sin embargo, las esporas deberán ser extraídas de la composta, los procesos de calor durante el compostaje matan las esporas ellas no son viables. Si usualmente algunos de los beneficios de agregar un inóculo o esporas mycorrizas para el final del té. La fuente de alimento presente en el té causa esporas mycorrizas para germinar después en pocos días pero si las esporas germinadas no encuentran raíces activas con germinación de 24 a 48 hrs entonces mueren. De esta forma las esporas deben ser agregadas al té antes de la aplicación al cultivo.

Composición de especies de bacterias, hongos protozoarios y nemátodos

Estas dependen de su diversidad en la composta. Si es pobre la composta el té no dará un beneficio del cual se espera un buen resultado en una diversidad saludable de especies. Una composta saludable ha sido hipotetizada para tener entre 10,000 a 20,000 especies de bacterias por gramo, pero el análisis de DNA requerido para establecer el periodo de especies en una composta altamente diversa entre el número de especies en una composta pobre se espera una acción de la microbiología molecular. No se conoce que numero de bacterias o especie de hongos actualmente ocurren en la composta.

Una de las áreas que mayormente exploramos es determinar el clima al mejor periodo de especies benéficas de bacterias u hongos que están presentes en el suelo, en la composta o en el té.

En un estudio transformado por el Servicio de Biomasa del Suelo Microbial cada tipo de morfología y cada especie que llegaron a expandirse en la corteza del suelo hecha de una composta se encontró en el té. A través de cada especie representativa hecha en el té es diferente de algunos números de individuos de cada especie encontrada en el té y la composta.

Algunas de las especies de bacterias extraídas de la composta crecieron en la solución del té proporcionando la correcta fuente de alimentos. Si es improbable que todas estas fuentes no se presentan en cada composta o té. De esta manera, este es un paso selectivo, si es importante que la fuente es seleccionada por especies benéficas y no por patógenos.

Diversas especies de bacterias se controlan con el crecimiento del patógeno. Más patógenos no pueden competir con especies benéficas. Así maximizando la diversidad de especies de hongos y bacterias la selección debe comenzar con el crecimiento de especies patógenas y especies de insectos.

En el estudio del Servicio Microbial de la Biomasa del Suelo las especies de hongos y la biomasa fueron encontrados en muchas más pequeñas cantidades en el té que en la composta. La extracción eficiente por hongos no fue el método mayormente usado. La extracción de hongos no creció en el té porque estos fueron hechos añicos y se murieron por el mezclado y la agitación. Todas las especies de nematodos y protozoarios encontrados en la composta también se encontraron en el té.

Tés aeróbicos contra tés anaeróbicos

Si la bacteria no ha crecido los tés de composta seguirán bien oxigenados si la bacteria consume oxígeno durante el metabolismo aeróbico resulta un té anaeróbico si se vuelve a oxigenar mucho oxígeno lo consume la bacteria el té vuelve a ser aeróbico. Cuando el oxígeno es consumido en gran cantidad este es reemplazado y el té vuelve a ser anaeróbico.

Los metabolitos anaeróbicos producidos son ácidos orgánicos (ácido valérico, ácido butírico y fenoles) los cuales son muy perjudiciales para el crecimiento de la planta y las bacterias benéficas los hongos, protozoarios y nematodos todos estas tres clases generales de bacteria con respecto a la concentración de oxígeno son anaerobias facultativas y estrictamente anaerobias y estrictamente aerobias.

Las únicamente aerobias requieren concentraciones de oxígeno alrededor de un nivel atmosférico normal, del 15 al 22%. Algunas de estas bacterias son las pseudomonas, bacilos y aerobacterias.

Las anaerobias facultativas conectan el metabolismo aeróbico a anaeróbico cuando el oxígeno llega a ser limitado del 8 al 9 %, por ejemplo, el *Escherichia coli*, *Klebsiella* y *Achromobacter*. Únicamente las anaerobias requieren poco oxígeno menos del 2 % para crecer, esta es la *Chlostridium*.

Las anaerobias facultativas, las aerobias y las estrictamente anaerobias, están donde sea. Viven en el suelo, en la planta, en las piedras, pavimento y ropa. Las anaerobias facultativas incluyen algunas especies altamente benéficas para la planta como algunas que causan enfermedades. Estos necesitan de ciclo de proceso con ocurrencia natural. Así la esterilización del té no es cuestionable. Muchos organismos benéficos se pierden en el té estéril. La meta es mantener el té completamente oxigenado y las condiciones aeróbicas y así de los beneficios de una diversidad amplia que pueden ser realizados.

Se podría decir que el té de composta anaeróbico fermentado. El término fermentado se ha usado de diferentes maneras y probablemente como cultivo *in vitro*. En el pasado, el término fue parecido a la producción de alcohol a procesos que requieren condiciones anaeróbicas de hecho no esta relacionadas las condiciones lo que sí contiene son los llamados fermentadores que crecen en producción de cultivos.

Los tés pueden ser anaeróbicos si la melaza o el azúcar se agrega a la solución el mal olor producido es una indicación de las condiciones anaeróbicas, sin embargo, el té permite continuar con la fermentación los microorganismos crecen lento o despacio y su fuente de recursos es usada, el oxígeno comenzará a difundirse en el té más rápidamente que su consumo y los organismos crecerán usando los ácidos orgánicos producidos durante el metabolismo. El té comenzará a ser aeróbico.

Métodos de producción del té de composta

Hemos identificado y encontrado métodos comunes. Podría ser notado que en todos estos sistemas hay una película biológica de microorganismos llamado biopelícula se desarrolla en la superficie del té hecho. Con el tiempo, las capas profundas de la película llegan a ser anaeróbicas haciendo fuerte a los ácidos orgánicos que pueden tener el té en la superficie si en la superficie hay metal debe ser solubilizado y terminar el té de solución por eso no se recomienda el contenido de metales si el tiempo de producción es corto y las unidades se limpian para remover la biopelícula entre los periodos esto disminuye el problema, la madera y los plásticos tienen preferencia porque se limpian más fácilmente.

Método de bolsa de té en un barril

Este es muy viejo, y el método más primitivo de hacer té de composta los datos se remontan a los romanos, griegos y egipcios muchas versiones de este método son todavía usadas. Típicamente un saco o bolsa contiene composta y otros ingredientes en suspensión en un cilindro con agua. El té es periódicamente agitado con una vara de palo mezclando la solución así como agregando pequeñas cantidades de oxígeno, el tiempo de producción es de unas pocas horas a pocas semanas. Después de la producción la solución es extraída y aplicada al cultivo, si la composta usada es vieja o madura es más pequeña que el té y llega a ser anaeróbica, porque la bacteria no crece rápidamente aunque use el

oxígeno más rápido que su difusión. La composta inmadura puede ser un problema real y producir té altamente anaeróbicos.

Método del cubo y bombas de aire

Una versión más moderna de este té en bolsa en barril es practicado en menor escala. El té hecho toma lugar en acuarios con peces tipo aireados en le fondo de un cubo pequeño (3-5 galones), el cubo se llena con agua, la aireación proporciona el fluir del oxígeno en la solución y aunque crea turbulencia mezcla el té. La producción del té es de dos a tres días, entonces la aireación da lugar a un arreglo para pocas horas hasta la porción soluble del té, resultando los siguientes sólidos insolubles para ser regresados a la pila de la composta. Aunque la consistencia es un problema este método es adecuado para hacer té en escalas pequeñas.

Recirculación con criba de malla

La recirculación es el método más usado para hacer té de composta hoy día. El rango de tamaños es de simple a versiones complejas de producción de 5-500 galones. Ampliando el tamaño, el agua es recirculada a través de series de boquillas de aspersores sobre la superficie de la composta, extrayendo los microbios y nutrientes. Aunque algunas mezclas de oxígeno en el agua como las gotas, un aerosol, parecido al método del cubo es usado para suplementar oxígeno.

Este método tiende a ser problemático porque sus contenidos grandes se dificultan para la aireación adecuada. El goteo o aspersión para el té aunque la composta suspendida debe proporcionar aireación, si la cantidad de composta es la mitad que la recomendada en la receta, entonces no es biológicamente activa, la cantidad recomendada no resulta en condiciones anaeróbicas. La adición de alimentos microbiales serán causa de condiciones anaeróbicas en tres días. Si se detecta un fuerte olor agregue otra bomba de aire al agua.

Producción de microorganismos

Es diseñado para optimizar la aireación y mezclando y minimizando el tiempo de producción. Las boquillas usadas en este sistema, mezcla homogéneamente el aire en la solución a un nivel de partícula muy fino creando un ambiente propicio. El sistema consiste de un tanque el cual mantenga la solución en los vértices de la boquilla y tenga una presión de aire equilibrada y suspenda el saco de composta en la solución. El saco de composta es fácilmente accesible para llenado y limpiado. Durante el ciclo de producción, las boquillas continúan inyectando oxígeno al té manteniendo condiciones aeróbicas como el oxígeno que consume la bacteria. Con la provisión del relleno de oxígeno y una adecuada fuente de alimento el crecimiento deseado de organismos aeróbicos produce un té cargado con vida de bacterias benéficas, hongos, protozoarios y nematodos. Se busca con esta unidad mostrar el máximo número de diversidad bacterial, biomasa de hongos y extracción de nematodos y protozoarios fueron obtenidos de 18 a 24 horas. Después de este tiempo las bacterias y hongos resultaron dañados a los efectos negativos de comenzar la mezcla demasiado tarde. El período corto de producción también ayudó a minimizar el esfuerzo del proceso de producción del té, para reducir la biopelícula y mantener el período fácil de limpiar. El té es mejor aplicado en cuanto sea posible, pero no debe ser un tiempo largo de 10 a 15 horas después de su ciclo de producción.

Métodos de Aplicación

Hay gran variedad en los métodos para aplicar el té de composta al cultivo o al suelo. La aspersion es lo ideal para las aplicaciones del té en la superficie de las hojas el rango de aplicaciones de los modelos montados en tractor para grandes áreas son versiones simples de 5 galones por mochila. Cuando aplicas el té de composta a la superficie de las hojas la clave es ir dando a través de la cubierta vegetal y en ambos lados de las hojas. El té deberá ser aplicado en nebulización fina, así el líquido llega a permanecer en la hoja, tallo y flores de la planta y no se gotea. El tamaño más grande de la gota lo mas parecido a una lluvia en la planta puede tener un impacto negativo en la estructura de la misma planta. Las aspersiones de volumen pequeño con presión moderada es la mejor forma para este tipo de aplicación.

Varios métodos son apropiados para la aplicación del té de composta. Por aplicación directa en el té disuelto en los canales de agua, el té puede ser aplicado al cultivo a través de un sistema de irrigación existente. Si el té es apropiadamente cribado deberá pasar a través de las cabezas del rociador, las líneas de irrigación por goteo, etc. Otros métodos de alimentar la zona radicular varia de una forma de simple de rociadores al final de la manguera para elaborar sistemas de mojado deberán conocer las dosis de cada planta para tener una cantidad de solución promedio.

Haciendo té de composta apropiada para la planta

La composta y el té necesitan definirse en relación a la necesidad específica de la planta y el suelo para ser aplicado. Un suelo rico en materia orgánica con nutrientes disponibles deberá aplicarse un té bajo en fuentes de alimento que un suelo carente de materia orgánica el cual necesita un buen lote de microorganismos benéficos y alimentos o nutrientes.

El té incrementará la diversidad de bacterias y hongos, protozoarios y nemátodos a nivel del suelo cuando son ricos en materia orgánica. Una planta tratada con químicos que mato las bacterias y hongos benéficos en su superficie necesita un té conteniendo estos microorganismos para reemplazar las defensas de la planta. Similarmente, un suelo pobre en materia orgánica requiere de una composta con alto contenido de microorganismos benéficos, azúcares, carbohidratos, ácidos húmicos y exudados de algas para incrementar la fuente de alimento para los microorganismos.

El té deberá contener nutrientes para alimentar a las bacterias, hongos y los micronutrientes puedan ser absorbidos por la planta. ¿Qué hacer cuando la planta requiere de nutrientes, bacteria y hongos para protegerse de enfermedades causadas por microorganismos?

Considerando cuatro grandes tipos de suelo pero deberá ser notado que si el suelo es alto en ácidos húmicos y otros materiales recalcitrantes (estos resistentes a la descomposición, o desintegración tales como los materiales leñosos, ladrillos, pajas y estiércoles viejos, hojas de roble o coníferas) entonces el suelo es mas susceptible a ser mas dominado por hongos. En este caso elija la receta que aumente la biomasa bacteriana para balancear los hongos en relación a las bacterias. Si la materia orgánica en la plantación no es resistente a la degradación por ejemplo residuos verde, hojas verdes, estiércol fresco

entonces la receta del té deberá ser solo aquella que seleccione la biomasa con hongos comienza para balancear los hongos en relación a la bacteria.

Este balance de hongos a bacteria deberá verse con respecto a las necesidades de la planta. Por ejemplo los árboles requieren un suelo dominante en hongos, mientras que las raíces de cultivos y los pastos necesitan un balance igual de hongos y bacterias. Basado en las pruebas limitadas que han sido dadas determinamos que los tés aplicados al follaje deberán ser casi siempre bacterias naturales.

La Composta

Si, es crítico para empezar con la composta o la vermicomposta que deberá producir para diseñar un balance microbial. Si el té necesita más hongos, una composta con alto biomasa en hongos deberá elegir por ejemplo un contenido de 25 a 45 % de volumen relativo de material leñoso que es resistente a la rápida desintegración. Una receta típica con hongos contiene 5% de estiércol, 50% de material verde y 45% de material leñoso. Las compostas con hongos típicamente necesitan pocos volteos por que el tamaño grande del material leñoso permite una mejor difusión de oxígeno y el calor de la pila de composta hace producir calor a los metabolismos para el crecimiento de la bacteria. Con solamente 5% de estiércol, el nitrógeno usualmente limita el crecimiento de la bacteria en los primeros tres o cuatro días. Con un corto tiempo la pila deberá alcanzar un nivel de temperatura quizá nunca más allá de 150°F. Revolviendo la composta para enfriarla no es necesario permitiendo que los hongos y bacterias la dominen.

Si un té bacterial es indicado use una composta hecha con 25% de estiércol, 50% de material verde y 25% de material leñoso. La cantidad y fuente del estiércol es importante. Más nitrógeno en el estiércol acelera el calor en la pila. Si hay demasiado nitrógeno la pila puede llegar a 180°F y puede quemarse. Volteándola llega hacer a ser crítico para enfriar la pila, las bacterias y los hongos son muertos durante este proceso.

Otra vez, el tamaño de la partículas en una composta bacterial es importante si el material verde o leñoso es finalmente triturado entonces el nitrógeno en ese material es mas fácilmente disponible para los microbios, las bacterias llegan a desarrollarse, incrementando la temperatura y rápidamente utilizando el oxígeno. Para prevenir las condiciones anaerobias la composta con material finamente triturado requerirá aire para ser bombeado o volteado otra vez.

Adición de materiales

El suplemento apropiado es determinado por microorganismo y nutrientes deficientes en el suelo y/o en la corteza o superficie de las plantas. El té es entonces suplementado con azúcares para fortalecer el crecimiento de las bacterias y con polvo de roca, ácidos húmicos para aumentar el crecimiento de los hongos. El establecimiento de más organismos benéficos para el suelo deberá ser diferente el establecimiento de organismos benéficos para la superficie de las hojas, pero el mejor té deberá contener ambos microorganismos.

Dada la forma correcta de la composta, la selección adicional para la comunidad microbial preferida puede ser entonces adicionando componentes a la solución antes de comenzar el proceso de

preparación del té. Estos materiales de extractos de plantas (caldo de ortiga o de diente de león) jarabes como las melazas y azúcares en las plantas industrializadas (jugo de zanahoria echado a perder, pulpa de manzana de la producción de salsa de manzana), levaduras (para adición de vitaminas), polvo de roca y polvos medicinales (para nutrientes) y varias formas de materiales solubles.

Sorprendentes ingredientes han sido adicionados a los tés pero los beneficios de estos raramente están documentados y en especial el elixir de maravillosos trabajos para un crecimiento ha tenido poco o nulo beneficio o algunas veces ser perjudicial para las plantas. Las explicaciones mientan en la biología y química de la planta, el suelo y el té.

Tabla de recetas

La planta exacta para hacer crecer no está listada en la tabla 5, así que selecciona la categoría que acomode con la mejor planta. Use los ejemplos específicos. Caída de tomates en la hierba/fila categoría cultivo. Fresa, uva, kiwi, rododendro y snowbrush caída en baya/vino, categoría arbusto. Deciduos incluye árboles álamos, almendros, duraznos, cítricos, café, manzano, aguacate y olivo. Incluidos pinos y más de hoja perenne. Esto debería anotar que algunos cedros actualmente caen dentro de esta categoría también.

Tabla 5. Cuadro de receta del té de composta.

Requerimientos para el té que dieron mayores divisiones en los tipos de planta y suelos. para las recetas del té. (B= bacterial, F= hongos, F: B= relación de biomasa de hongos y bacterias. Myco inoculo= inoculo de hongo micorrizico probablemente necesitan mas. Para árboles Deciduos use inoculo VAM, mientras para coníferas, probablemente es preferible usar inoculo ectomicorrizico.

	TIPO DE PLANTA				
TIPO DE SUELO	Mostazas	Herbáceas cultivo en fila	Bayas, uvas, arbustos	árboles deciduos	Coníferas
Arcilla	A Alto té B	B Té B	C 1:1 F:B alimento para hongos	D Té F alimento para hongos	D Té F alimento para hongos
Limo	A Alto té B	B Té B	C 1:1 F:B alimento para hongos	D Té F alimento para hongos	D Té F alimento para hongos
Arena	E 1:1 F:B Maximizar alimento bacterial	F 1:1 F:B alimento bacterial	G 1:1 F:B alimento microbiano	H Myco Inoculante Té F alimento microbiano	H Myco Inoculante Té F alimento microbiano
Mezcla	A Alto té B	F 1:1 F:B alimento bacterial	G 1:1 F:B alimento microbiano	H Myco Inoculante Té F alimento microbiano	H Myco Inoculante Té F alimento microbiano

Recetas

Las siguientes recetas sugieren las cantidades de cada componente. Estas cantidades están basadas en 50 galones de agua y 20 libras de composta. Todas las recetas necesitan ajustarse de acuerdo al volumen

del té a realizar. Por ejemplo, cuando use el método de barril y un barril de 10 galones, use un quinto (20%) de la cantidad de todos los ingredientes. Algunos de estos métodos para hacer té se pueden usar con estas recetas, con la excepción de las recetas que contengan grandes cantidades de alimento para bacterias en el sistema con una suficiente aireación.

Hay dos factores a considerar. Primero, el tiempo de infusión debe ser bastante largo y tiene mezcla a extraer los nutrientes solubles deseados (fuente de alimento usado por los microorganismos y micronutrientes). Segundo, si la infusión también es grande y hay microorganismos y alimentos presentes, el té se hará anaerobio.

La composta, polvo de roca y algunos materiales sólidos de la planta deben ser puestos en la bolsa de composta. Si este material se escapa, puede obstruir la bomba, boquillas y el sistema de aplicación. Los materiales solubles semejantes a la melaza, extractos de plantas (correctamente filtrado), o ácido fúlvico y húmico, pueden ser adicionados directamente al agua al principio del ciclo de infusión. Suspensiones de esporas de micorriza deberían ser adicionadas al té al final del ciclo de infusión.

Se sugieren después de probar un lote, modificar la receta para que trabajes mejor con tus particularidades plantas, rendimiento, suelo, clima, riego, programa, etc., necesitas desarrollar el mejor suelo y microorganismos foliar para su sistema de crecimiento.

Para fabricar pequeñas cantidades de té conteniendo microorganismos nativos, puedes desarrollar microorganismos benéficos adaptados a sus condiciones. Una manera para conseguir microorganismos nativos benéficos dentro del té es adicionar una libra del suelo de áreas altamente productivas a la composta en la bolsa de té (asegurarse que el suelo no contenga fertilizante inorgánico o aplicaciones de pesticidas). Si el té se apaga bien, guardar una pequeña cantidad para adicionar como inóculo al siguiente lote de té. De esta manera tú mantienes microorganismos benéficos mejorando y seleccionando contra los no benéficos.

A Alto té B.

20 libras de composta bacterial

16 onzas de melaza negra

8 onzas de solución de agua fría (proteínas adicionales).

1 a 6 onzas de líquido, extracto de material de planta filtrado (por ejemplo, Extracto de yuca, caldo de ortiga, vino de diente de león, té de comfrey)

Las mezclas que tiene esta infusión pueden convertirse en anaerobia adicionando a la receta extractos de plantas semejantes, porque los productos de la descomposición anaerobia serán consumidos y convertidos en aeróbico los compuestos benéficos de las plantas durante el proceso de infusión. Por supuesto, el proceso de infusión tiene que permanecer altamente aeróbico, así que nosotros le recomendamos usar una máquina o método que provea un alto índice de aireación a través del mezclado.

B Té B.

20 libras de composta bacterial

16 onzas de melaza negra

Opcional 8 onzas de (proteínas adicionales).

Este produce un té moderadamente bacterial. Adicionando proteínas aumenta los micronutrientes y mas alimento bacterial, incrementa las bacterias. Si la composta no provee bastante alimento bacterial, la adición las proteínas puede compensar la deficiencia.

C 1:1 F:B alimento para hongos.

20 libras 1:1 relación de biomasa de composta de hongos y bacterias.

0.5 a 1 litro de ácido húmico

8 onzas de (proteínas adicionales).

4 libras de polvo de roca.

Para obtener beneficios del hongo, el ácido húmico es necesario. El ácido húmico esta disponible en una variedad de mezclas. Para estar seguro de obtener una mezcla que contenga mucho ác. Húmico, poner bastante como límite (i. e., 3 a 5 ác. Húmicos).

D Té F, alimento para hongos.

20 libras de composta de hongos.

0.5 a 1 litro de ácido húmico

8 onzas de (proteínas adicionales).

4 libras de polvo de roca.

Esta receta rinde fuertemente dominando el té para hongos con un componente bacterial adecuado.

E 1:1 F:B alimento maximizado para bacterias.

20 libras 1:1 relación de biomasa de composta de hongos y bacterias.

16 onzas de correa negra.

1 a 6 onzas de líquido, extracto de material de planta filtrado (por ejemplo, Extracto de yuca, caldo de ortiga, vino de diente de león, té de comfrey)

8 onzas de (proteínas adicionales).

Este té tiene un componente fúngico, pero crecen mayormente bacterias en esta solución.

F 1:1 F:B, alimento bacterial

1:1 composta de melazas.

20 libras relación 1:1 de biomasa de composta de hongos y bacterias.

16 onzas de correa negra.

Este té tiene ambos componentes uno fúngico y bacterial y únicamente realza moderadamente el crecimiento bacterial.

G 1:1 F:B, alimento microbial

20 libras 1:1 relación de biomasa de composta de hongos y bacterias.

16 onzas de correa negra melazas.

1 a 6 onzas de líquido, extracto de material de planta filtrado (por ejemplo, Extracto de yuca, caldo de ortiga, vino de diente de león, té de comfrey)

0.5 a 1 litro de ácido húmico.

8 onzas de (proteínas adicionales).

4 libras de polvo de roca.

Este té tiene la más grande complejidad y el más diverso conjunto de microorganismos.

H Myco inoculo, Té F, alimento microbial.

20 libras de composta de hongos.

16 onzas de melaza negra.

1 a 6 onzas de líquido, extracto de material de planta filtrado (por ejemplo, Extracto de yuca, caldo de ortiga, vino de diente de león, té de comfrey)

0.5 a 1 litro de ácido húmico.

8 onzas de proteínas adicionales.

4 libras de polvo de roca.

Inoculo micorrizico.

La concentración de esporas en esta solución no está establecida para las diferentes especies de plantas. Si tiene, sin embargo, fue empíricamente probado y mostró que un rango de 50 a 200 esporas por ml de solución aplicada a la planta es adecuada para establecer la colonización. El té preparado debería ser diluido con agua 1:10 antes de la aplicación.

Para cultivos en hilera, hortalizas, pastos, bayas, arbustos, y árboles residuos, el hongo micorriza vesícula-arbuscular (VAM) es típicamente selección de hongo micorriza, mientras las coníferas y algunos árboles tardíos estacionales residuos requieren hongos ectomicorrizicos. VAM es un conjunto de hongos micorrizicos que forman arbusculos y vesículas dentro de las raíces de las plantas, mientras los hongos ectomicorrizicos forman cetos dentro de la primera o dos capas de células se introducen en la raíz y a lo largo de la superficie de la raíz. El presentador surtido sobre VAM es bastante ancho; el factor importante a entender en especies elegidas de VAM es el clima. Cuando están creciendo coníferas, un experto en hongos micorrizicos debería ser consultado.

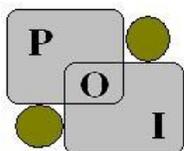
Problemas que se pueden presentar

<u>Problema</u>	<u>Posible causa</u>	<u>Solución</u>
Olor ofensivo	Crecimiento de bacterias anaerobias en condiciones anaerobias	Incrementar aireación
Separación del agua y los ingredientes dentro del tanque	Insuficiente recirculación	Proveer un método adecuado y seguro de recirculación
Respuestas alérgicas	Microorganismos que causan alergias	Cambiar receta y/o fuente de composta
Obstruyendo boquillas y rociadores	Partículas de materia en el té	Pequeña medida de malla para la bolsa de té
Sin aparente valor a la planta	Fuente de composta baja en microorganismos	Inocular composta con microorganismos deseados. Usar cantidades superiores de composta
Reacciones adversas a la planta; quemándose, marchitándose	Relación hongo-bacteria fuera de balance	Ajustar receta para favorecer el cultivo y tipo de suelo
	El té es anaerobio	Incrementar recirculación y aireación
Excesivo escape del vapor del follaje	La medida del rociador también es grande	Usar una medida fina de rociador para el vapor
	El té no es "pegajoso", carecen de organismos que atacan el follaje	Adicionar un surfactante que también es un alimento microbioal, semejante a la yuca, al final rociar la mezcla del tanque
Variación de lote a lote	Fuente de composta inconstante	Monitorear ingredientes y proceso de compostaje
	No monitorea el tiempo de infusión	Sistema de control de calidad para monitorear tiempo
	Variabilidad del material adicionado	Ajustar el control de los ingredientes para la receta

<u>Problema</u>	<u>Posible causa</u>	<u>Solución</u>
	Fuente de agua puede ser inconsistente	Tener agua analizada. Usar la misma fuente si es posible
	Té: relación de agua no consistente	Control de calidad de la relación de dilución

La Aplicación del Compost y Tés de 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.



Capítulo IV

INVERNADEROS

Desarrollar cultivos bajo condiciones de invernadero significa la obtención de cosecha fuera de la época normal de producción, con muy altos rendimientos (hasta un 300% más que en cultivos desarrollados a la intemperie) y excelente calidad, como resultado de la protección que se ejerce contra ciertos agentes climáticos (sequía heladas, viento, granizo, lluvia, radiación excesiva, entre otros) que afectan los rendimientos y la calidad de los productos.

La producción en invernaderos ofrece un gran atractivo, sobre todo en aquellos cultivos destinados preferentemente a los mercados internacionales que exigen calidad y pagan precios más elevados.

El cultivar en invernaderos representa las siguientes ventajas:

Programación de cosechas de acuerdo a la demanda y precio del producto.

Precocidad en el ciclo del cultivo, lo que hace posible el logro de hasta tres cosechas por año.

Aumento del rendimiento hasta en un 300%.

Mayor calidad de frutos, ya que éstos son más uniformes, sanos y no contaminados.

Ahorro de agua (se puede llegar a recuperar de 60 a 80% del agua aplicada que se evapotranspira).

Todas las ventajas que proporcionan los invernaderos, hay que saberlas explotar al máximo para sacar el mayor beneficio posible. Esto solamente lo logrará el productor, si al poner en desarrollo la explotación toma en cuenta los principios que son fundamentales en este tipo de producción, tales como:

Empleo de semillas mejoradas y variedades selectas para cultivarse en invernadero.

Control del medio ambiente (temperatura y humedad).

Técnicas de cultivo adecuadas (riegos, fertilización, siembra, control de plagas y enfermedades, etc.).

Uso de suelo o medio de cultivo apropiado.

Condiciones que deben reunir los invernaderos

Para toda explotación en invernaderos, es muy importante tener en cuenta la localización del terreno donde se construirá, para lo cual se requiere analizar los datos de la climatología (temperatura máxima y mínima, humedad relativa, horas luz, velocidad y dirección del viento, nieve o granizo, entre otros), topografía del terreno y servicios con los siguientes puntos:

Que en explotaciones a nivel comercial, las condiciones climatológicas de la zona, sean lo más aproximado posible a las requeridas por los cultivos que se desea producir, ya que en la medida en que se desvían las condiciones exteriores respecto a las requeridas en el interior del invernadero, se incrementarán los costos de climatización.

Que la superficie esté lo más nivelada posible, es decir, no accidentada y fácil de drenar, ya que cualquier movimiento del suelo se refleja en los costos.

Que las vías de comunicación sean adecuadas tanto un fácil aprovisionamiento de los materiales, como para sacar los productos al mercado.

Además deberá contar con servicio continuo de energía eléctrica y agua de riego.

Dimensiones y formas

Las dimensiones y formas de los invernaderos están condicionadas fundamentalmente por la climatología de la zona y el cultivo a establecer. No existe una medida ideal que deba respetarse al construir los mismos; sin embargo, tomando como base las características de los materiales empleados (tubería, madera y polietileno), en general se considera como anchura ideal, la de múltiplos de tres metros. En cuanto a la longitud, se pueden construir hasta de 60 metros; cabe mencionar que en cuanto más largos y anchos son los invernaderos, más se complica el control de los factores climáticos como son: temperatura y humedad relativa.

La altura del invernadero deberá ser aquella que permita aprovechar al máximo el desarrollo de las plantas. Por ello es conveniente una altura mínima en los laterales de 2.5 metros y de tres a cuatro en la parte central (cumbre).

Cuanto más alto es el invernadero, mayor resistencia ofrece a la fuerza del viento, por esta razón en las regiones donde es muy fuerte se deben construir invernaderos con techumbre de poca pendiente (5%) y menor altura (3m). Sin embargo, en las regiones lluviosas y de nieve, las techumbres deberán ser más altas para desalojar convenientemente el agua, la nieve o el granizo. Con base en lo anterior es recomendable construir varios invernaderos de pequeñas y medianas dimensiones, en lugar de uno solo que cubra una gran superficie.

Orientación

Para definir la orientación del invernadero deberá buscarse el aprovechamiento máximo de luminosidad y radicación solar, así como la máxima protección contra vientos fuertes que pueda presentarse en la región.

Para aprovechar al máximo la energía y luz solar, la orientación será definida por la latitud en que se localice; de esta forma se tiene que para invernaderos sencillos y aislados que se sitúen arriba de los 40 ° de latitud norte (L.N.) se sugiere la orientación de NORTE a SUR.

Cuando se pretende instalar grupos de invernaderos constituyendo un solo módulo en cualquier latitud, la orientación NORTE-SUR es la indicada

Cuando los vientos dominantes llegan a ser muy fuertes o huracanados y pueden afectar las instalaciones, la orientación del invernadero nunca deberá ser en dirección perpendicular a los vientos, es decir, que la instalación frene el viento lo menos posible. Esto se consigue al situar los lados más cortos al frente o formando esquina a la dirección de los vientos.

En lo referente a la orientación de las siembras o plantaciones en el interior del invernadero, deberá hacerse de tal manera que unas plantas no den sombra a las otras.

Luminosidad y Disposición del Conjunto

La luminosidad interior que puede tener un invernadero depende de la orientación del mismo y del tipo de techumbre.

Generalmente los invernaderos con tejados desiguales registran durante los meses de invierno una iluminación interior superior a los construidos con techos iguales o simétricos.

Los invernaderos con techos curvos (circulares y elípticos, entre otros) logran captar una mayor iluminación y radiación, además de desalojar muy bien el agua de lluvia y ofrecer poca resistencia al viento.

Resistencia

La resistencia del invernadero es uno de los factores más importantes, es necesario buscar un equilibrio entre la resistencia del invernadero y su costo de construcción. Una manera de obtener mayor resistencia en la instalación es seleccionando adecuadamente el emplazamiento de ésta sobre el terreno, orientándolo bien respecto a los vientos dominantes o protegiéndola de ella con barreras rompevientos.

El invernadero deberá ser hermético al agua de lluvia y resistente al peso de la nieve y a la acción destructora del granizo.

Ventilación

El invernadero debe contar con un sistema de ventilación (natural o forzada) adecuado para los cultivos que se implanten, y evitar así enfermedades fungosas por exceso de humedad relativa.

La ventilación se puede ubicar tanto en los laterales como en la cubre o techo (ventilación cenital), con esto se logra que el agua condensada en el plástico se evapore rápidamente. En invernaderos de grandes dimensiones es importante dotarlos tantos de ventilación cenital (superior) como lateral.

Estanqueidad y ligereza

La estanqueidad (cierre hermético) y la ligereza son dos condiciones importantes que debe reunir todo invernadero. Cuanto mayor sea la estanqueidad, menores serán las pérdidas de calor y más protegidas estarán las plantas de las bajas temperaturas. En relación a la ligereza, se ha observado que las estructuras pesadas proyectan sombras sobre el cultivo, lo que retrasa fructificación y precocidad, mermando los beneficios. En cambio, al utilizar armazones ligeras se cuida la luminosidad de las plantas a la par que se abaratan los costos.

Métodos de riego

Los métodos de riego que más se utilizan (además del tradicional por superficie), son el riego por goteo, microaspersión y subirrigación. Bajo este sistema de producción, la aplicación de los riegos es más frecuente que en cultivos a la intemperie, sin embargo, se utilizan volúmenes de agua más reducidos por existir menor evaporización.

Considerando lo anterior, es necesario situar lo más cerca del invernadero la fuente de abastecimiento de agua y cuidar que su capacidad sea suficiente para cubrir las necesidades del cultivo.

Suelo

Es conveniente que el terreno que se seleccione para construir el invernadero esté perfectamente nivelado para lograr un riego adecuado y temperatura uniforme del suelo.

Instalar un invernadero en un suelo inadecuado, es como “poner oro en bolsa rota”, ya que unos de los factores más importantes a considerar en el proceso productivo es el suelo. Conviene que la tierra sea fértil de preferencia con textura ligera, libre de piedras, malas hierbas, plagas y enfermedades.

En caso de que el suelo no sea el adecuado, conviene excavar y reponer con material de buena calidad procedente de otro lugar. Cuando es de mala calidad, tenga drenaje deficiente y/o manto friático elevado; al realizar la excavación para reponer el suelo, se recomienda impermeabilizar o recubrir con plástico la excavación, con la finalidad de evitar la aportaciones de sales y humedad excesiva por manto friático elevado, y a la vez contar con un buen sistema de drenaje.

Disponibilidad de mano de obra

Los cultivos bajo invernaderos requieren de 6 a 8 empleados permanentes por hectárea. Las labores a realizar en un invernadero requieren personas capacitadas, con habilidad y que sean observadoras.

El cultivo en invernaderos es intensivo, requiere decisiones meditadas, no admite prisas ni trabajos atropellados; necesita múltiples cuidados y buena observación en el desarrollo del cultivo.

CONSTRUCCIONES DEL INVERNADERO

Materiales Estructurales

La estructura está conformada por el conjunto de elementos verticales horizontales o curvados, que son los que le otorgan la forma y la resistencia al invernadero.

La función de la estructura es soportar las cargas y esfuerzos provocados por los materiales de cubierta, aparatos o mecanismos de climatización o de riego, el viento, la nieve y el granizo.

Climatización

La humedad y la temperatura son factores primordiales para el desarrollo de los cultivos bajo condiciones de invernaderos. Cada cultivo exige una humedad y una temperatura óptima, fuera de las cuales no logra desarrollar adecuadamente; de ahí la necesidad de controlar y acondicionar el clima, lo que puede hacerse en forma natural o forzada, dependiendo esto del cultivo a desarrollar y del clima y se aleje de las necesidades del cultivo, será necesario utilizar equipos para climatizar el invernadero, a la vez que se requerirá realizar los cálculos necesarios para determinar la capacidad de los equipos de ventilación, humidificación y/o calefacción.

Ventilación

Por medio de la ventilación puede controlarse parcialmente la temperatura y la humedad relativa; esto se logra de dos maneras:

a) Ventilación forzada.

Esta se realiza por medio de equipos extractores, para lo cual es necesario conocer el volumen de invernadero y la frecuencia con la que se pretende renovar el aire. Por ejemplo para invernaderos con caída de dos aguas y semicirculares, el cálculo es de la siguiente manera:

Como base en los volúmenes calculados se determinan el número de equipos extractores para dar la ventilación requerida.

b) Ventilación natural

Este tipo de ventilación se basa en la propiedad física de que el aire caliente pesa menos que el frío, y por lo tanto flotará sobre éste, es decir, que tenderá a subir a las partes más altas. La superficie que debe darse a las ventanas del invernadero está en función de las dimensiones de cada una de ellas corresponderá al 15% y al 10% de la superficie del invernadero respectivamente. Si la ventilación se coloca solamente en el techo, las dimensiones de las ventanas corresponden al 15%.

Programación de cosechas de acuerdo a la demanda y precio del producto.

En nuestro país, los invernaderos se utilizan en las siguientes modalidades

- Para el abastecimiento en pleno invierno, a España y Europa, de hortalizas propias de verano y flor cortada.

- Para abastecer en cualquier época del año, los grandes núcleos de población, radicando las instalaciones en los cinturones de esas grandes ciudades.
- Para suministrar hortalizas y flor cortada, fuera de época, a poblaciones localizadas alrededor de comarcas tradicionalmente especializadas en el cultivo hortoflorícola.

En la primera modalidad, los invernaderos están situados en zonas de clima privilegiado, como son la Costa del Sol, Canarias y la Costa de la Luz. Estos invernaderos se dedican a la producción de pocas especies hortícolas, intentando el abastecimiento máximo en pleno invierno de los mercados nacionales y europeos.

Este tipo de explotación de invernaderos se ha especializado en muy pocos cultivos: algunos en dos o tres, e incluso, en uno solo, como ocurre en muchos invernaderos de Canarias que solo cultivan pepinos, o en otros de la Costa del Sol, que solamente hacen pimiento-judía verdes, en cultivo asociado.

Estos invernaderos solamente se utilizan para cultivar plantas de huerta y de flor cortada en las épocas invernales, cuando en el resto de Europa es imposible cultivarlas. Después, cuando las temperaturas son cálidas en las restantes regiones, no compensa económicamente cultivar en estos invernaderos en esas fechas, y no pueden competir en calidad y en gastos de cultivo y comercialización.

En estos invernaderos, por su especialización, su época de producción y su asistencia a los mercados consumidores, sólo pueden sacar una cosecha al año y algunos casos dos.

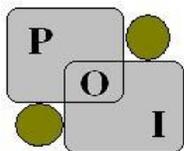
Debido a la excelencia del clima, los invernaderos de estas regiones suelen ser rudimentarios y muy económicos, en muchos casos.

Los tipos de invernadero que se construyen se han ido identificando en las distintas regiones, adaptando sus características a las condiciones climáticas y a la comercialización de los constructores, así como, algunas veces, a la abundancia y calidad en la adquisición de determinados materiales (madera, hormigón, alambre, etc.)

La segunda modalidad, que se refiere al abastecimiento de grandes núcleos de población, es la instalación de invernaderos en los cinturones de las grandes ciudades, con el fin de suministrar hortalizas fuera de época a esos núcleos urbanos.

En estas explotaciones nunca se tratará de competir en precocidad con los invernaderos establecidos en las zonas de clima privilegiado.

En este tipo de explotación podemos considerar las superficies cubiertas de invernadero en la Maresma, Levante, Vizcaya, Güipúzcoa, Pontevedra, Madrid, Guadalajara y Sevilla.



Capítulo V

PREPARACIÓN DEL SUELO DE CULTIVO

Algunas tierras son de buena calidad, mientras que otras son de una fertilidad tal, que es imposible realizar en ellas ningún cultivo.

En el invernadero, donde los gastos de explotación son elevados, no se puede tener un suelo de cultivo que no esté en inmejorables condiciones de fertilidad.

Aunque el suelo sea más o menos bueno, siempre habrá que hacer enmiendas y correcciones de sus condiciones, tanto físicas y químicas, como biológicas. En los casos en que el suelo no sea idóneo para cultivar en perfectas condiciones, será necesario cambiar totalmente la tierra de cultivo por otra de excelente calidad o por un substrato artificial.

En este capítulo trataremos de describir las características que debe reunir el suelo de un invernadero, con las enmiendas, estercoladuras, abonados, labores, etc., que deben hacerse para corregir sus condiciones negativas de fertilidad o mantenerlas cuando su estado sea correcto; también se tratará de las distintas composiciones del suelo artificial, que deben utilizarse.

Cualidades del suelo de un invernadero

Físicas

- Nivelación perfecta.
- Suelo profundo.
- Textura homogénea y franca.
- Estabilidad en la estructura idónea.
- Drenaje correcto.

Biológicas

- Materia orgánica suficiente.
- Actividad microbiana.
- Ausencia de órganos reproductores de malas hierbas.
- Ausencia de elementos reproductores de plagas y enfermedades.

Químicas

- Reacción del suelo (pH correcto).
- Riqueza adecuada en cal.
- Equilibrio en elementos nutritivos.
- Contenido normal de sales.
- Capacidad de intercambio de cationes.

Nivelación

El suelo del invernadero debe de tener una nivelación perfecta, sin irregularidades ni sinuosidades. Las pendientes deben ser muy suaves, del orden del 2 al 4 por mil; en algunos casos, casi convendrá una nivelación totalmente llana, con una pendiente igual a cero.

Si al construir un invernadero se adoptan en él unas pendientes exageradas, como consecuencia de una topografía muy accidentada y no se quieren hacer gastos de nivelación, aunque soluciones el problema del riego, con el riego localizado, es difícil controlar la humedad, la temperatura ambiental del invernadero, ya que, como el aire caliente pesa menos que el frío, a medida que durante el día se vaya calentando el aire del invernadero, cada vez será mayor la temperatura dentro del mismo, en las partes con suelo más altos que en los lugares de cotas más bajas.

En este supuesto, las diferencias de temperatura en distintos lugares de un mismo invernadero, tomadas en el mismo momento y a la misma altura del suelo, pueden arrojar diferencias de 1° a 5 °C, por la noche, a 10° a 15 °C, por el día, según pendientes y temperaturas.

Profundidad

El suelo de cultivo de un invernadero debe tener una profundidad superior a los 75 centímetros; en el caso que tenga menor espesor, las raíces no encuentran volumen de suelo suficiente para un desarrollo óptimo.

Si el subsuelo es arenoso, y el suelo no tuviera la profundidad mínima aconsejada anteriormente, no se presentarían graves problemas, ya que las raíces explorarían esa zona arenosa saturada de las sales lixiviadas; además, estaría asegurado un buen drenaje. Pero en el caso de un subsuelo impermeable, aparte que las raíces no pueden penetrar en esa capa, el espesor del suelo se vería reducido por la acumulación del agua sobrante de los riegos.

Textura

La textura de un suelo es la proporción en que entran los distintos elementos físicos que componen ese suelo.

La textura del suelo de un invernadero debe ser franca, es decir, conteniendo un 25-30 por ciento de arcilla, un 25-30 de limo y un 25-30 por ciento de arena: tolerándose además partículas entre los 2 y 3 milímetros de diámetro en la fracción «arena gruesa».

Los terrenos excesivamente arcillosos presentan problemas de:

- Control deficiente de humedad, tanto en el suelo como en la atmósfera del invernadero.

- Aumento de enfermedades del suelo.
- Dificultad en las labores de cultivo: son difíciles y es necesario dar mayor número de limpio que en suelos más ligeros.
- Las raíces pueden presentar problemas de asfixia con los consiguientes perjuicios.
- Peor control en la aportación de fertilizantes y posibilidad de desequilibrios vegetativos, que den lugar a exuberante vegetación y escaso fruto.
- Deficiente control de su humedad; la fertilidad en este tipo de suelo es muy reducida, y por su escaso poder absorbente se fijan poco los iones de las sales fertilizantes.

Estructura

Estructura de un suelo se puede definir como la forma en que se agrupan o distribuyen las distintas partículas que forman la textura de ese suelo.

Cuando un suelo tiene equilibrada su textura, entonces, a no ser que tenga exceso de carbonato cálcico o de sales sódicas, mantendrá con gran facilidad su estructura durante períodos de tiempo más o menos largos, si posee una cantidad aceptable de materia orgánica.

La estructura mejor para la fertilidad óptima del suelo se consigue cuando el tamaño de los glomérulos o agrupación de las distintas partículas minerales del suelo, está comprendido entre 1 a 3 milímetros de diámetro.

Los humatos y fulvatos formados por la materia orgánica del suelo o incorporados con productos comerciales, permiten unir y cementar las partículas pequeñas del componente físico del suelo, formando corpúsculos de tamaño idóneo para una buena fertilidad; estos humatos son suficientemente fuertes para unir partículas pequeñas, pero no son tan fuertes, como para unir partículas mayores.

Los suelos alcalinos, sobre todo los salinos, tienen una estructura amorfa que tanto si están secos como si están húmedos, no presentan formas definidas de agrupación.

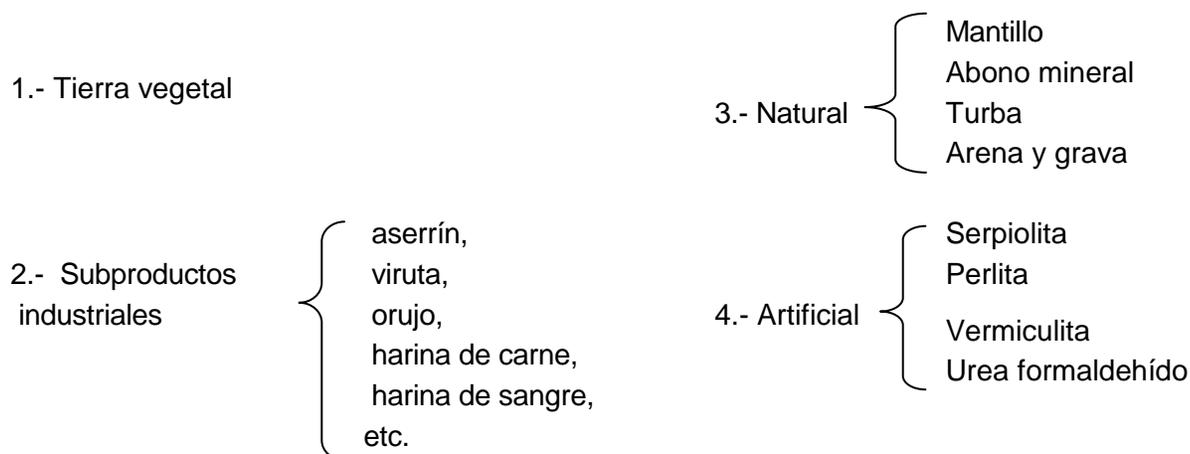
SUELOS ARTIFICIALES

Hasta ahora se han estudiado los distintos medios que se tienen al alcance para mejorar la calidad del suelo de invernaderos, actuando sobre el propio suelo natural.

En casos especiales, es necesario fabricar un suelo artificial, si se quiere cultivar en condiciones óptimas; estos suelos artificiales serán necesarios en los siguientes casos:

- Cultivos que exigen determinado tipo de suelo.
- Suelo natural de pésima calidad.
- Cultivo en recipientes (balsetas, macetas, cestos, etc.).
- Semilleros (en suelo, en bandejas, en recipientes para cepellón, etc.).

Los materiales o productos que se utilizan en la fabricación de suelos artificiales, en distintas mezclas de productos y proporciones son los siguientes:



Aunque algunos de estos productos se han estudiado anteriormente, a continuación vamos a describir cada uno de ellos.

Tierra vegetal

En este material se incluyen las tierras con grandes cantidades de materia orgánica, la cual se ha ido depositando a lo largo del tiempo en el suelo «in situ».

En este tipo de sustrato entran: la tierra de bosques, la tierra de cuneta, la tierra de prados, la tierra de arroyos, etc.

Solamente se utilizarán para la mezcla las capas superficiales, hasta los 5 ó 10 centímetros de profundidad.

La composición y propiedades de estos materiales, como es lógico, son muy variables.

Subproductos industriales.

Algunos subproductos derivados de la industria, tienen utilidad en las mezclas para hacer suelos artificiales.

Los derivados de las serrerías se pueden utilizar en la confección de sustratos como substitutivos de la turba y otros productos caros. Con esos productos hay que tener en cuenta que su descomposición es más lenta. Se pueden utilizar en mezclas para semilleros, macetas, esquejados, etc.

Los orujos, principalmente de uva, pueden utilizarse en las mezclas con tierras calizas, a fin de corregir su PH y mejorar su estructura; estos productos suelen tener un alto grado de acidez, por lo que se habrá de comprobar la idoneidad del PH de la mezcla resultante y que estén exentos de alcohol.

La harina de carne y la de sangre se utilizan en las mezclas de suelos artificiales para cultivos en cesto y en maceta, con el fin de acumular una fuerte reserva de principios nutritivos, altamente concentrados, de lenta degradación.

Mantillo

Los mantillos son restos de materia orgánica en estado muy avanzado de descomposición. Hay varias clases de mantillo, clasificándolo según el material utilizado en su obtención y el PH que tenga. Así tenemos: de hojas, alcalinos, de tierra de brezo, etc.

El mantillo de hojas se obtiene a partir de hojas de árboles, colocadas en capas, formando un montón: al echar las hojas en el montón se rocían con una solución de sulfato amónico y se mezcla con mantillo ya «hecho». Deben evitarse aquellas hojas recubiertas de cutícula cerosa, pues resultan difíciles de fermentar. Este mantillo suele tener un PH de 6, resultando pobre en nitrógeno, pero muy ricos en potasa y fósforo.

Los mantillos alcalinos se fabrican con estiércoles que se ponen a fermentar en montones, mezclados con mantillo. Cuando se está haciendo el montón, se coloca una capa de estiércol de 30 a 40 centímetros de espesor y encima de ésta se pone una capa de 10 centímetros de mantillo. Regándose a continuación; así se va haciendo hasta una altura de 3 ó 4 metros; cuando ha transcurrido un año, después de abierto y revuelto un par de veces, ya está hecho el mantillo. Este mantillo suele tener un PH de 7 y riquezas comprendidas entre 1-1,5 por mil de P_2O_5 y 1.5 por ciento de K_2O .

Los mantillos de tierra de brezo se forman a partir de restos vegetales, recogidos en las capas superficiales de los suelos de los bosques y puestos a fermentar. Este mantillo es muy apreciado en plantas ornamentales y floricultura. Por su PH bajo, entre 4 y 4.5, se utiliza para corregir suelos muy básicos.

ABONOS MINERALES.

Los fertilizantes minerales se utilizan en todas las mezclas de suelos artificiales. Pueden tener una gran influencia y por ello juegan un papel importante en la corrección del PH de la mezcla de suelo en que entran a formar parte, según los tipos de abono que se utilicen.

Turba

Es un producto vegetal que procede de la degradación de plantas acuáticas o semiacuáticas, que en un medio de excesiva humedad y de falta de oxígeno no llegan a una descomposición completa. (tabla 6)

La turba no contiene principios nutritivos disponibles inmediatamente para la alimentación de las plantas. Debido a su estructura y a su gran porosidad permite un gran desarrollo del sistema radicular. Las turbas no poseen gérmenes patógenos, ni semillas de malas hierbas.

Se distinguen tres clases de turba: rubia, parda o de transición y negra.

La turba rubia se ha formado en suelos ácidos y pobres, en un clima húmedo; las plantas que han dado origen a estas turbas son vegetales como la *Sphagnun* y *Polilytrichum*, caracterizados por una organización celular que les permite una absorción de agua considerable. Estas turbas tienen un PH bastante ácido, comprendido entre 3.5 y 4.5; el volumen relativo de porosidad es alrededor del 90 por ciento (según las plantas de que proceda y su grado de descomposición); un metro cúbico pesa 165 kilos y contiene un 10 por ciento en volumen de materia sólida; las turbas rubias, aún saturadas de humedad, presentan un porcentaje elevado de poros que contienen aire; la capacidad de absorción es de 10 veces su propio peso; su capacidad de intercambio de cationes es elevada.

La turba negra procede de lugares pantanosos, cuyos suelos contienen gran cantidad de calcio y principios nutritivos. Las turbas negras tienen un PH comprendido entre 6 y 7; el volumen de poros está comprendido entre 40 y 70 por ciento: un metro cúbico pesa 335 kilos y contiene entre un 30 y 60 por ciento de materia sólida; la capacidad de absorción para el agua es de 4-5 veces su peso.

La descomposición de la materia orgánica es bastante mayor que en las turbas rubias y de transición.

Las turbas de transición son intermedias entre las rubias y las negras. El peso de un metro cúbico suele ser de 200 kilos; el PH está comprendido entre 4,5 y 6.

Las turbas se utilizan para mezclas de sustratos de semilleros, macetas, suelos artificiales, cultivos hidrópicos; las turbas negras no deben utilizarse como sustratos únicos.

Tabla 6. Composición de una turba comercializada en el mercado

Materia orgánica	76,400 %
C. orgánico	44,300 %
Ácidos húmicos	12,400 %
Ácidos fúlvicos	2,600 %
Aluminio (Al)	0,950 %
Calcio (Ca)	2,500 %
Fósforo (P)	0,059 %
Hierro (Fe)	0,200 %
Magnesio (Mg)	0,360 %
Manganeso (Mn)	0,003 %
Nitrógeno total (N)	2,180 %
Potasio (K)	0,010 %
Sodio (Na)	0,020 %
Zinc (Zn)	0,004 %
Carbonatos	0,420 %
Cloruros	0,600 meq/l
C/N	21,100 %
Capacidad de retención agua	612,000 %
Conductividad	2,200 mmhos/cm
Capacidad de intercambio catiónico	176,600 meq/100g
pH	4,900 %

Arena y grava

La arena es un material inerte que se emplea en la confección de mezclas para sustratos de suelos artificiales.

El tipo de arena que mejor va en estas mezclas es el silicio, de tamaño muy fino.

Las arenas que puedan utilizarse son las de río, de yacimiento y de playa; en este último caso es necesario lavarlas antes de ser empleadas.

La arena también se utiliza como sustrato para el enraizamiento en la multiplicación vegetativa de plantas (esquejes, estaquillas, etc.). Mezclada con grava es un buen sustrato para cultivos hidropónicos.

Perlita

Es un material que procede de lava volcánica sometida a un proceso de modificación contextual mediante su sometimiento a temperaturas elevadas.

Las partículas o diminutos conglomerados esponjosos son de 2 a 5 milímetros de diámetro, de color blanco. Este material es muy ligero (densidad de 0,1, aproximadamente) y con una gran capacidad de retención para el agua (hasta 3 ó 4 veces su peso). Es un producto inerte, carente de elementos nutritivos que no es capaz de intercambiar iones, ni influir en el PH.

Vermiculita

Este producto es un silicato de magnesio, que contiene hierro y aluminio; su estructura es laminar de estratos paralelos, presentándose en forma de diminutas escamas.

La composición centesimal de este producto es el siguiente: anhídrido silícico, 39,4 por ciento; Al_2O_3 , 12,1 por ciento; magnesio, 23,4 por ciento; potasio, 23 por ciento; manganeso, 0,3 por ciento.

Las características principales de la vermiculita industrializada son éstas: densidad, 0,15; volumen de poros 10 a 15 veces mayor que el volumen del producto en si, por lo que tiene una retención grande para el agua que llega hasta 5 veces su peso; el PH es variable.

La vermiculita se emplea en semilleros, macetas, cultivos hidropónicos, enraizamiento de esquejes y coberturas del suelo.

Mezclas para suelos artificiales

Los productos que se han estudiado como material utilizados en la preparación de suelos artificiales, nunca se utilizan solos, salvo casos de sustratos para enraizamiento de esquejes o cultivos hidropónicos, sino más bien en mezclas cuya composición debe intentarse que sea la más idónea para las necesidades que requiera el cultivo en el medio que se piensa cultivar.

Cada especie de plantas necesitaría una composición distinta en la mezcla para sustratos; más aún, esta mezcla debiera ser diferente según los distintos estadios del ciclo de la planta. Como no es posible dar una composición para cada caso particular, se va a detallar unas cuantas mezclas de tipo universal que se adaptan a distintos cultivos en algunas fases de su desarrollo. Con estas mezclas, dadas a título de

orientación práctica, el horticultor puede ir haciendo correcciones a base de su propia experiencia, hasta encontrar la composición ideal para cada uno de los cultivos en que se vaya a aplicar.

1º Repicado de plantas: 1/3 de arena, 1/3 de turba, 1/3 de mantillo, 1 kilo de abono complejo de alta graduación, con fórmula de equilibrio 1-1-1, por metro cúbico de mezcla.

2º Estacas y esquejes: 2/4 de arena, ¼ de turba y ¼ de arcilla.

3º Cultivo en bassetos: 1/5 de arena, 1/5 de turba, 1/5 de estiércol muy hecho. 2/5 de tierra arcillosa.

4º Mezcla universal de la Universidad de California: ½ de turba, ½ de arena fina eólica; además debe incorporarse por metro cúbico de mezcla los abonos minerales siguientes; 110 gramos de sulfato potásico, 110 gramos de nitrato potásico, 1,200 gramos de sulfato potásico, 1,200 gramos de carbonato cálcico; esta riqueza de fertilizantes debe conservarse después indefinidamente, mediante las oportunas reposiciones de las pérdidas que vayan sucediéndose.

ENARENADOS

Dedicamos este tema a la preparación del suelo en el sistema de «Enarenados», por la importancia tan grande que representa en el conjunto de la superficie dedicada a invernaderos; no hemos de olvidar que el 95 por ciento de los invernaderos tienen su suelo protegido por este sistema.

Síntesis del enarenado

El enarenado consiste en colocar una capa uniforme de arena silíceo, con espesor de 10 a 12 centímetros, sobre una superficie de suelo roturado, abancalado y perfectamente nivelado, sin piedras, labrado y estercolado; el estiércol suele colocarse en forma de «emparedado» entre el suelo y la capa de arena, empleándose aproximadamente unas 80 tm. por Ha.

Colocada la arena y el estiércol de esta forma que se acaba de exponer, se cultivan plantas en condiciones óptimas durante 3 ó 4 años, sin arar o cavar el suelo, pues las labores de cultivo; limpias, escardas, aporcado, etc.- se realizan en la capa de arena sin tocar el terreno; no es necesario advertir que el sistema radicular de las plantas se desarrolla en la tierra y no en la arena.

Al cabo de estos 3 ó 4 años, la fertilidad del suelo disminuye y hay que realizar varias operaciones, cuyo conjunto recibe el nombre de «retranqueo», para devolver al terreno esa fertilidad menguada durante ese tiempo que no se labra y estercola. Para ello se retira la arena en franjas, colocándola en caballones, con el fin de dar labores al suelo e incorporar abono mineral y estiércol; después se vuelve a colocar la arena en la misma forma que está antes de iniciar la operación.

Realizado el retranqueo, el terreno queda otra vez en perfectas condiciones para seguir produciendo durante otros 3 ó 4 años, sin necesidad de labrar el suelo ni estercolar.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL SISTEMA

Ventajas

Muchas son las ventajas que tiene este sistema de cultivo, ventajas tan excelentes que permiten el cultivo hortícola de primera en terrenos que, si no fuese por este sistema, no podrían cultivarse de ningún modo.

El fin principal que se sigue con el sistema de enarenados en el Sureste andaluz, es poner en cultivo terrenos salitrosos y poder regar con aguas de elevado porcentaje salino. En estos saladares y en estas aguas no aptas para cultivar vegetales, cuando se enarenan los suelos se consigue obtener cultivos de los más delicados en unas condiciones óptimas.

En los sistemas tradicionales de cultivar la tierra, cuando se hacen movimientos de suelo en las explanaciones y abancalamiento, se necesita el transcurso de varios años para que el terreno alcance su total fertilidad: en cambio, con el procedimiento del enarenado se puede realizar con éxito cultivos hortícolas de primera, en el primer año de realizada la operación.

Con el sistema de enarenados, aparte de estos beneficios edafológicos, las ventajas que se pueden obtener en los invernaderos, son las siguientes:

- Utilización en óptimas condiciones de suelos de pésima calidad y aguas de riego con elevado porcentaje de sales.

Las zonas de la Península que reúnen mayores condiciones climáticas para los cultivos de primera, son aquellas que se extienden por el litoral Sureste. Desgraciadamente, en estas zonas privilegiadas por el clima, gran parte de las tierras y agua de riego son de mala calidad; el enarenado permite cultivar en óptimas condiciones esos suelos y regar con estas aguas.

- Mejor aprovechamiento de los suelos de cultivo y de las aguas.

Para conseguir el alto rendimiento que se exige a los invernaderos, es necesario que suelos y aguas reúnan ciertas condiciones especiales -estructura, materia orgánica, carencia de salinidad, etc.- que la mayoría de las veces, cuando se desea instalar un invernadero, no se dan; aunque se puede recurrir al establecimiento de un suelo artificial a base de enmiendas (turba, estiércol, yeso, sulfatos, caliza, vermiculita, perlita, etc.), estos productos son caros y resultan ineficaces cuando no se emplean en grandes cantidades, pudiendo causar fitotoxicidad para ciertos cultivos. El enarenado permite cultivar en condiciones óptimas esos suelos poco apropiados y regar con esas aguas.

* Mayor precocidad de los cultivos.

La capa de arena se calienta rápidamente cuando recibe los rayos solares y transmite el calor inmediatamente a la capa superficial del suelo y al estiércol donde el sistema radicular está desarrollado prodigiosamente. Esto hace que en cultivos enarenados al aire libre, comparándolos con los mismos cultivos sin enarenar, con igualdad de los demás factores que intervienen en la producción vegetal, se obtenga una diferencia en la recolección de 10 a 12 días, a favor del enarenado.

Al unirse estos dos grandes medios de precocidad, enarenado e invernadero, se consigue más posibilidad de realizar el cultivo en las fechas que se consideren más idóneas para el mercado, donde vayan a ser destinadas las hortalizas y flores producidas en estos invernaderos.

- Mayor número de cosechas por unidad de superficie a lo largo del año.

En cultivos de huerta es difícil conseguir que a un cultivo le siga otro, y a éste, a su vez, otro, sin haber levantado el anterior y preparado el suelo con labores.

En los enarenados no solamente pueden sucederse los cultivos sin necesidad de dar labores, sino que, incluso, se puede sembrar o plantar antes de haber levantado el cultivo anterior; en este sistema de cultivo se pueden traslapar en el tiempo los ciclos de las plantas cultivadas.

Para ilustrar esta ventaja se expone como ejemplo una alternativa, más o menos racional, de las que se han seguido en algunos enarenados al aire libre del Sureste andaluz, aunque actualmente en los invernaderos de la provincia de Almería no hay tendencia a hacer cultivos asociados.

En esta alternativa el 10 de septiembre siembran judía enana precoz; el 10 de noviembre, antes de iniciarse la recolección de la judía, se planta pimientos de ciclo largo, intercalado entre las líneas de judías; el 15 de diciembre se arrancan las judías, una vez recogido el fruto; el 15 de enero se siembra otra vez judías enanas, que se recolectan en abril; a final de este mes se arrancan las judías y se inicia, unos días más tarde, la recolección de pimientos que finaliza su ciclo sobre el 15 de julio.

Esta ventaja puede ser de aplicación muy útil en los invernaderos de los hortelanos de huerta tradicional que están produciendo constantemente hortalizas y flores durante todo el año.

- Máxima utilización de la superficie del suelo.

En los enarenados, la mayor parte de las especies de plantas de huerta pueden cultivarse en llano o amelgado, sin necesidad de caballones o lomos; en estas condiciones, y supuestos todos los beneficios que el enarenado implica a la fertilidad del suelo y a la productividad de los cultivos, pueden cultivarse en los enarenados mayor número de plantas, por unidad de superficie y sin perjuicio para éstas, que en los cultivos sin enarenar.

- Conservación y mejor aprovechamiento de la humedad del suelo.

Como consecuencia del rápido calentamiento de la capa de arena, la transferencia de agua desde el terreno subyacente a la atmósfera, se hace en forma de vapor, por lo que la velocidad de evaporación de la humedad del suelo es menor; por esta razón, los volúmenes de riego que se aplican a los cultivos enarenados pueden ser más reducidos y los turnos más distanciados que en los cultivos en tierra; también, los cultivos en este sistema resisten bastante una sequía prolongada o una falta de riego a tiempo, siempre que no sea excesivo.

- Mayor intensidad y mayor capacidad de aprovechamiento de los abonos minerales.

Con los enarenados se puede mantener elevada la concentración de las sales del suelo, sin causar perjuicios al cultivo, con lo que los vegetales toman todos los elementos minerales que precisen y sean capaces de asimilar.

- Se obtiene mejor calidad en los frutos.
- Aumenta la fertilidad natural del suelo, ya que los procesos de nitrificación y solubilización de las sales del suelo se ven favorecidos por las condiciones idóneas que imprime el enarenado.

Inconvenientes

- Mayor costo de transformación y gastos de cultivo elevados.

La implantación del enarenado es más cara que la simple transformación de secano en regadío, pues exige un perfecto nivelado del suelo, conducciones de agua sobre obra, construcción de muretes de hormigón y un costo inicial de la arena que en muchos casos puede ser prohibitivo.

El costo de cultivo es elevado por llevar mucha mano de obra; hay que tener en cuenta que el 80 por ciento aproximadamente, de los gastos de cultivo son gastos de jornales.

- Rápida invasión de malas hierbas y dificultades en eliminarlas.

Las malas hierbas invaden el terreno enarenado al menor descuido que se tenga en el control de éstas. La eliminación de las hierbas hay que hacerla con herbicidas en la desinfección del suelo y a mano, con el consiguiente encarecimiento del cultivo.

- Aumentan considerablemente las plagas del suelo y proliferan las enfermedades criptogámicas.

Las plagas de suelo (nematodos, rosquillas, gusanos de alambre, etc.), aumentan extraordinariamente y son difíciles de eliminar; es preciso realizar desinfección de suelos casi todos los años, si se quiere cultivar con rentabilidad.

Este aumento de plagas se debe al hábitat tan excelente que proporciona el enarenado, y como no se labra el suelo nada más que cada tres o cuatro años, no se puede aprovechar la acción de eliminación de plagas que tienen las labores.

Debido al microclima que antes se apuntaba, se crea un ambiente de humedad y temperatura propicio para la infección y propagación de las enfermedades.

- Limitación por el calor del ciclo de algunos cultivos.

Algunos cultivos, debido a la excesiva temperatura que alcanza la arena en determinadas épocas del año, no pueden llevarse a cabo en esas fechas. Esto ocurre con las plantas bulbosas, cuando hay que hacer la plantación en verano para recolección de flores en otoño y principios de invierno.

FUNDAMENTOS DEL ENARENADO

Algunas de las ventajas que se han expuesto anteriormente tienen su fundamento en causas diversas. Entre ellas las más importantes son las siguientes:

- Disminución de la evaporación del suelo.

Como consecuencia de la capa de arena, las pérdidas de humedad del suelo se reducen bastante, manteniéndose en elevado contenido de agua con la consiguiente disminución de la concentración de sales en la solución del suelo.

Al mantenerse la humedad del suelo, éste no sufre las oscilaciones de humedad propias de los terrenos desnudos.

De esta manera, en los enarenados se mantiene más baja, homogénea y estable la concentración de las sales en las capas útiles del suelo, o sea, en las ocupadas por las raíces.

- Calentamiento rápido de la arena cuando toma contacto con los rayos solares y, como consecuencia, calentamiento y retención de este calor por el suelo y estiércol.

La poca capacidad calorífica de la arena y su escaso poder retentivo del agua, hace que se caliente la capa de arena rápidamente cuando toma contacto con los rayos solares.

Este calor tomado por la arena pasa por conductibilidad a la capa de estiércol y al suelo, siendo retenidos por éstos, aunque la arena se enfríe.

Por otra parte, el aumento de temperatura experimentado por la arena, crea un microclima favorable para la parte aérea de la planta durante el período diurno.

Al reflejarse la luz sobre la arena incide más cantidad de energía sobre el follaje, lo que estimula la fotosíntesis.

Por ello, se logra disminuir el tiempo o cumplir más pronto la integral térmica, necesaria para cubrir el ciclo de las plantas.

- Vida microbiana más intensa.

Es debida al incremento de la temperatura que proporciona el enarenado, a la adecuada humedad, al aporte de materia orgánica procedente de la capa de estiércol y al valor más favorable del PH (acidez). Por todo ello, en la capa superior del suelo se produce una intensa vida microbiana que ayuda a la mejora de la fertilidad del suelo.

- Disminución de la salinidad.

Es un hecho comprobado que el enarenado ejerce una acción desalinizante importante.

Desde el momento que se enarena comienza el proceso de desalinización, disminuyendo progresivamente la concentración de sales en las capas superiores.

En suelo fuertemente arcilloso y de mal drenaje, a medida que nos vamos situando en horizontes inferiores del suelo y subsuelo, la desalinización va disminuyendo lentamente hasta que, a una profundidad variable según los suelos, esta acción desalinizante desaparece y hay una acumulación de sales, procedentes de los horizontes superiores.

La disminución de sales en las capas superficiales influye favorablemente en los beneficios que se obtienen de utilización de suelos y aguas no aptas para cultivo, ahorro de agua de riego y empleo de más cantidad de abonos minerales.

Las causas de esta disminución de la salinidad son; menor transporte ascendente del agua del suelo debido a la disminución de la evaporación; producción notable de anhídrido carbónico, a causa de la intensa vida microbiana, lo que actúa de modo más favorable en la solubilización de las sales disueltas cuando se riega.

- Eliminación del agrietamiento del suelo.

La arena evita el agrietamiento del terreno, tan perjudicial y corriente en los suelos salinos y arcillosos, eliminando la posible evaporación de humedad por las grietas y la acumulación de sales en estas superficies laterales.

También la capa de arena sirve de muelle a la acción de apelmazamiento que los agentes atmosféricos y las pisadas de los operarios en las prácticas de cultivo actúan sobre el suelo, manteniéndolo en un estado excelente de estructura.

- Desarrollo superficial del sistema radicular.

Por la forma de colocar el estiércol encima de la superficie del suelo, se consigue que el sistema radicular de las plantas se desarrolle con abundancia en la capa superficial del suelo.

Ese espacio es, precisamente, donde se desaliniza más rápidamente y mayor temperatura alcanza el suelo; Por esto, también se consigue cultivar en suelo y aguas de mala calidad, al tiempo que se obtienen cosechas más precoces.

PREPARACIÓN DEL SUELO ANTES DE REALIZAR EL ENARENADO

Pendientes en la nivelación

Una nivelación perfecta es la base de un enarenado rentable; si quedan depresiones en el terreno, allí se acumulará el agua y el exceso perjudicará a los vegetales que se desarrollen en esas depresiones. En las elevaciones del terreno, las plantas no reciben el agua que les corresponde.

Otro punto importante a tener en cuenta en la nivelación, es dar al bancal la pendiente necesaria para que se pueda regar con regularidad. Las pendientes más idóneas para regar los enarenados son el 4 por mil en la dimensión menor y del 2 al 3 por mil en la de mayor longitud.

Labores al suelo

Antes de realizar el abancalamiento hay que deslastrar o despedregar el suelo, en el caso que presente rocas o lastras en las capas superficiales. Conviene que cuando se haga la nivelación no haya rocas o piedras en una profundidad de unos 0.75 metros.

Cuando el terreno se haya cultivado antes, debe darse una labor de roturación.

Para hacer la nivelación, se deben dar cuantos pases de cultivador sean necesarios para favorecer el trabajo de las máquinas niveladoras.

Cuando se tenga abancalado y nivelado el suelo hay que dar dos labores, cruzadas y profundas, con vertedera y subsolador. Hay que tener en cuenta la textura y composición del subsuelo, pues si es de

buena calidad conviene sacarlo a la superficie; en el caso de que sea peor que el suelo superficial interesa dejarlo en su sitio y no labrar con vertedera.

A continuación de estas labores es aconsejable dar varios pases de grada o cultivador. Cuando se vaya a enarenar es necesario dar una labor de fresadora o rotovalor para desterronar y emparejar el suelo.

Muretes o balates

Es conveniente construir muretes de obra a base de hormigón de cemento o mampostería de piedra forrada de cemento.

Las dimensiones del murete lógicamente serán función de la topografía del suelo; no obstante suele ser de una anchura de unos 15 centímetros en la pared superior y una profundidad de cimentación de 20 centímetros.

Suelen aprovecharse estos muretes para construir al mismo tiempo las acequias o canalillas, haciendo que el cimiento sirva de base o solera de la canalilla o el murillo como pared de la misma.

Cuando estos muretes se hacen de hormigón se construyen sobre el mismo suelo; el encofrado se hace con la pared de tierra del bancal de la parte superior y con tablonos de madera. El hormigón se hace a base de hormigón ciclópeo de 200 kilos de cemento por cada metro cúbico de hormigón.

Drenaje

Algunos suelos, que se van a enarenar, se encharcan con facilidad o ya lo están, como ocurre con muchas marismas salinizadas que pueden ponerse en cultivo mediante el enarenado. En estos casos antes de hacer ninguna operación es necesario sanearlos mediante cualquiera de los sistemas de drenaje subterráneo que se están empleando: como entubado, bala de cañón, zanjas rellenas de piedra y cantos, etc.

ARENA

Calidad de la arena

No todos los tipos de arena son aptos para emplearlos en los enarenados. El diámetro de las partículas arenosas, su insolubilidad, la resistencia a formar combinaciones químicas entre sus componentes y los productos fertilizantes, la ausencia de materias orgánicas y arcillosas influyen poderosamente en el sistema de enarenados y, por tanto, en el mayor o menor éxito económico de los cultivos que en ellos se realicen.

El óptimo en el diámetro de las partículas arenosas, para preparar un buen enarenado, oscila entre 0.2 y 2 milímetros que según las normas de la Sociedad Internacional de Suelo, expuestas en el cuadro siguiente, son las que se denominan «arena gruesa».

De todas formas se están empleando arenas con partículas de 0.05 a 10 milímetros de diámetro, y de tamaño uniforme, bien mezcla de distintos tamaños. (Tabla 7)

Tabla 7. Clasificación de las partículas según su diámetro

Denominación	Diámetro de partículas en milímetros
Arcilla	Menor de 0,002
Limo	De 0,002 a 0,02
Arena muy fina	De 0,02 a 0,05
Arena gruesa	De 0,2 a 2
Grava fina	De 2 a 20
Guijarro o cascajo	Más de 20

Si el porcentaje de partículas demasiado pequeñas es muy elevado, al mezclarse la arena con cantidades insignificantes de arcilla o humus, adquiere gran poder retentivo para la humedad y aparece el fenómeno de la absorción de las sales; además, esta absorción aumenta por la aparición de la capilaridad y ascensión del agua líquida con sales disueltas. También, con arenas muy finas, los enarenados duran menos tiempo debido al desmenuzamiento natural de las partículas.

Cuando las partículas son muy gruesas, se dificulta los riegos de «pie», ya que mientras la capa de arena no se satura de humedad, el agua no corre por regueros y surcos. Las partículas gruesas adquieren mayores temperaturas y pueden ocasionar quemaduras a las partes de las plantas que se pongan en contacto con la arena.

Cantidad de arena

Está comprobado que al aumentar el espesor de la capa de arena, la desalinización en el suelo es más rápida. Ahora bien, el espesor de la capa de arena que ha de llevar un enarenado, está limitado por razones económicas y por la misma naturaleza de los cultivos, por lo que, para el mejor desarrollo y buen empleo de las prácticas culturales, es necesario que dicha capa no sea excesiva.

En los primeros años de cultivo, cuando el enarenado tiene como fin principal desalinizar, las concentraciones de sales en el suelo son mayor, siendo más rápido el mejoramiento del suelo cuanto más cantidad de arena se ponga al enarenar. Después, cuando los enarenados lleven varios años de cultivo, aunque la capa de arena sea más pequeña, como ya están desalinizados los suelos, sólo interesa la arena como mantenedor de la acción desalinizante correspondiente.

El punto óptimo de espesor de arena está situado en los 10 centímetros; con mayor espesor, la arena hace bastante embarazosa las operaciones culturales. Con este espesor hay suficiente arena para realizar cultivos en condiciones óptimas por lo menor durante 10 años, sin necesidad de añadir arena.

Con espesores de 6-7 centímetros, es necesario añadir arena en el primer retranqueo, es decir, a los tres años de haber iniciado el enarenado. En este caso, los perjuicios ocasionados por los malos cultivos realizados y el mayor costo de la adición de nueva arena son más elevados que el gasto inicial, que se hubiera hecho si se hubiesen echado los 10 centímetros que se aconsejan como óptimos.

ESTIÉRCOL Y ABONOS

Clase y calidad del estiércol

No todos los tipos de estiércol son aptos para este sistema de cultivo y con mayor motivo en suelos salinos.

El estiércol más adecuado para estercolar un enarenado es el de ganado equino con poca cama, es decir, el que está formado por las deyecciones líquidas y sólidas.

Debe descartarse el empleo de estiércol demasiado fuerte, como ocurre con la «sirle» de oveja, la palomina y la gallinaza; estos estiércoles, si están mezclados con materia orgánica pobre en sustancias nitrogenadas, pueden emplearse con cierta precaución.

El estiércol no ha de ser demasiado hecho, pero tampoco ha de estar recién sacado de las plazas; lo más conveniente es un estiércol que ya esté fermentado y que quede bien desmenuzado al extenderlo por el terreno.

Si el estiércol es muy fresco y esté en plena fermentación microbiana o aún no la ha iniciado, puede perjudicar a las semillas o plantas en el momento de la siembra o plantación.

La humedad del estiércol no debe ser excesiva, tiene que estar suelto y no apilonarse; tampoco ha de formar tortas y no ha de tener restos vegetales sin descomponer como brozas y cañas de maíz. Si el estiércol tuviere tortas, éstas se desmenuzarán o se retirarán, evitándose siempre su empleo en los enarenados. De la misma forma se eliminarán los restos vegetales sin descomponer, ya que cuando se siembre o plante, esas tortas y restos vegetales dificultarán la operación; por otra parte, acaban por mezclarse con la arena, ensuciando a la misma y perdiéndose principios nutritivos orgánicos.

Cantidad de estiércol a emplear

No se debe abusar de las cantidades de estiércol que se apliquen en los enarenados. Si son excesivas perjudican a la vegetación de los cultivos, principalmente el primer año después de un retranqueo (tabla 8), ya que pueden enviciarse las plantas, dando una vegetación exuberante, pero pobre en fruto como consecuencia de un aborto de flores.

Tabla 8. Consumo aproximado de estiércol en un enarenado

Clase de estiércol	Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año
Calizo	60%	35%	5%	
Ácido	35%	30%	20%	15%
Normal	45%	35%	15%	5%

Con buenos resultados se vienen empleando, en buen número de enarenados, dosis de 8 a 10 kilos por metro cuadrado de estiércol.

Cantidad de abono a emplear

Cuando se inicia un enarenado, en las zonas donde están situados, el suelo suele ser deficitario en fósforo y potasio. También si es un terreno que nunca ha sido cultivado y carece de materia orgánica., está falto de nitrógeno y es necesario aporta este fertilizante.

En la implantación del enarenado es aconsejable hacer análisis del suelo, para comprobar el estado de fertilidad y las necesidades de abonos. No obstante, y a título de orientación, se dan las cifras siguientes:

- Sulfato amónico 300 a 500 kilos/hectárea.
- Superfosfato de cal 3.000 a 4.000 kilos/hectárea.
- Sulfato de potasa 800 a 1.000 kilos/hectárea.

Estas cantidades pueden sustituirse por 500 a 750 kg/ha de abono complejo 15-15-15 y 200 a 400 Kg/ha de sulfato de potasa.

NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DEL ENARENADO

Desagüe de bancales

Aunque en el sistema moderno de regar por riego localizado no es imprescindible hacer estos desagües, en cambio, si que es conveniente para evitar problemas que pudieran surgir de excesos de agua en los bancales, como consecuencia de alguna anomalía.

De todas formas, cuando en los enarenados se riega por el sistema de «pie» por estar la superficie del suelo plana y tener los bancales cierta pendiente, el agua de riego, que no es capaz de ser retenida por la arena y tierra de las partes superiores del bancal, escurre y se desliza hacia las partes más bajas. Como éstas ya han recibido con su riego la cantidad de agua que necesitan, esas partes bajas quedan sobresaturadas de agua; cuando no se da salida al exceso de agua, las plantaciones sufren graves daños. Por ello es necesario, cuando se trate de cultivar hortalizas y de «flor cortada», recoger y encauzar esas aguas sobrantes que escurren por la parcela, además de las sobrantes de riego, y darles salida fuera de los bancales mediante una red de desagüe. Esto se consigue haciendo un arroyo o surco que vaya por el lado más bajo del polígono que forma la parcela. Este desagüe de agua también puede conseguirse mediante el establecimiento de una buena red de drenaje.

Allanamiento de terreno. Desterronamiento y despedregado

Antes de iniciar el extendido del estiércol y arena hay que dejar el suelo lo más llano posible, respetando siempre las pendientes y orientación que en un principio se dio al bancal.

En el bancal que se va a enarenar no deben quedar con cavidades por pequeñas que sean. Si quedan huecos en el suelo, aparte del perjuicio que tendrán las plantas que se asienten en esos huecos, por la excesiva cantidad de agua que reciben, más tarde, cuando se haga la operación del retranqueo, se pierde gran cantidad de arena, que pasa a mezclarse con el suelo.

Cuando una parcela se esté preparando para enarenar, deben eliminarse todas las piedras y cantos rodados, por pequeños que sean, que estén en una capa de 25 a 30 centímetros de profundidad.

También deben desmenuzarse perfectamente todos los terrones que existan en la superficie. Si el terreno queda cubierto de terrones, piedras y cantos, al echar en el bancal la arena, buena parte de ésta se introducirá entre las oquedades y se perderá. Por otra parte, al realizar la operación de siembra o plantación, esos terrones saldrán a la superficie y al desmenuzarse se mezclarán con la arena. Si son piedras o cantos rodados lo que se dejan, al operar con la herramienta de trabajo en la tierra (plantación y siembra), rebotará al tocar un cuerpo duro y por esta causa saltará la tierra, mezclándose con la arena.

Está comprobado que si en un bancal se echa la arena sin haber disgregado previamente los terrones, cualquiera de los cultivos que se asienten sobre ese suelo al año siguiente vegetará mal. Es más, en cultivos de judía y pepino, en estas circunstancias, la cosecha puede ser nula.

El allanamiento del terreno se realiza con rodillo y azadón, los terrones y broza que se van arrastrando cuando se está allanando, se entierra de vez en cuando en un hoyo que se hace en el suelo.

Transporte de arena

Antes de entrar por primera vez un camión cargado de arena en un bancal, deben hacerse las rodadas en la parcela con el camión descargado o a media carga; las rodadas deben ser lo más rectas posibles. Se ha de procurar que cada vez que el camión cargado de arena entre en el bancal, lo haga por las rodadas, sin separarse apenas de ellas.

Forma de emplear el estiércol en los enarenados.

Normalmente el estiércol se coloca en forma de «emparedado», entre la tierra y la arena, en capa uniforme de unos 8 a 10 milímetros, como en otras ocasiones ya se ha expuesto.

También puede enterrarse en el terreno con la última labor; hay quien emplea los dos casos, enterrando una parte y extendiendo en la superficie otra. Es aconsejable este último caso, empleando mayor cantidad de estiércol de la que se utiliza normalmente, siempre que se quiera prolongar el ciclo entre dos retranqueos consecutivos o al menos que no se resienta la fertilidad en los últimos años, antes de hacer el retranqueo; para cultivos en que no interese la precocidad, es aconsejable el enterrado del estiércol mediante una labor superficial.

En los cultivos hortícolas enarenados de la Costa del Sol, donde el éxito económico de los mismos reside casi siempre en la precocidad alcanzada por las plantas, se considera que es buena forma, e incluso imprescindible, esta manera de situar el estiércol entre la capa de arena y la tierra y siempre tendrá ventaja en los enarenados sobre la forma clásica de enterrado en el suelo.

Extendido de estiércol

Cuando el estiércol se mezcla con la tierra, sin colocarlo superficialmente en forma de «emparedado» entre la arena y la tierra, entonces el extendido y enterrado del mismo se hace mediante una labor, como normalmente se realiza en cultivos ordinarios sin enarenar.

En cambio, cuando se coloca el estiércol encima de la tierra y debajo de la arena, necesita una técnica que a continuación se describe.

En la distribución del estiércol, que se hace al mismo tiempo que se está enarenando, hay que tener en cuenta si la arena se va a extender al mismo tiempo que se está transportando a la parcela, o si se va a dejar en montones para extenderla más tarde.

En el primer caso, cuando llegue el camión cargado por primera vez al bancal, se tendrá allanado y estercolado al final de la primera calle de rodadas del camión, una superficie que corresponderá a la del volumen de arena del camión, cuando se haya extendido en capas uniformes; una vez haya salido el camión, se cavan las rodadas dejadas por el vehículo, hasta una distancia igual a la mitad de la superficie que ocupará la carga extendida del próximo camión.

A continuación se allana y echa estiércol hasta donde se cavaron las rodadas, en una superficie idéntica a la ocupada por el primer camión de arena; el estiércol se asienta un poco con la herramienta que se está trabajando. De esta forma se va haciendo sucesivamente con los siguientes camiones hasta que se finalice la primera «calle» de rodadas; a continuación se inicia otra «calle» y así hasta terminar el bancal.

En el caso de que se vaya a dejar la arena en montones para extenderla más tarde, hay que considerar si la arena se va a extender inmediatamente o va a pasar algún tiempo antes de extenderla.

Para el primer caso, se colocan los montones de estiércol a ambos lados del camino central, que previamente se habrá marcado con camión vacío para hacer las rodadas; se colocarán en el lugar donde convenga, echando marcha atrás con el camión. A continuación, una vez estén colocados en montones dentro del bancal todos los camiones de estiércol que se hayan previsto, se procede a cavar las rodadas que hayan dejado los camiones en el espacio de «marcha atrás»; no se cavará, de momento, las rodadas del camino central. Seguramente se extiende el estiércol en capa uniforme con una pala mecánica accionada por tractor; el tractorista debe ser un especialista en este trabajo.

En el caso de tener que dejar la arena en montones, para extenderlas después de que haya pasado algún tiempo de haber sido descargada, se procede de la forma siguiente; donde se vaya a descargar el primer camión de arena, se tiene allanado y estercolado un rodal cuya superficie ocupará la base del montón de arena, una vez se haya descargado el camión; así se va haciendo sucesivamente en los lugares donde se tenga previsto que vaya a descargar el siguiente camión de arena. En este caso el estiércol se transporta en carretillas desde fuera del bancal hasta los rodales que se van a estercolar.

Descarga y extendido de la arena

Para la descarga de la arena, igual que se veía en la distribución del estiércol, hay que considerar si la arena se va a extender con tralla mecánica accionada por tractor, o se va a extender con pala a brazo de hombre.

En el primer caso por el camino central que se hizo cuando se metió el estiércol en el bancal, van entrando los camiones cargados de arena y en los lugares marcados previamente, echando marcha atrás el camión, éste descarga su carga de arena. Así se va haciendo hasta completar todos los camiones que necesita la parcela o bancal. Una vez terminada la operación de meter la arena en el bancal, se cavan a mano las rodadas que se hicieron en la descarga marcha atrás; también el camino central que se hizo para entrada de los camiones se labra o cava.

Si los montones se van a extender de inmediato, entonces el camino central una vez esté labrado o cavado, se allana y se emparea por los bordes y se extiende a mano el estiércol correspondiente. A

continuación se extiende la capa de arena en capa uniforme con una pala mecánica accionada por tractor; el tractorista, como en el caso del extendido del estiércol, debe ser un especialista en este tipo de trabajo.

En el caso que la arena que se vaya a extender pasado algún tiempo, desde que los montones fueron dejados en el bancal, antes de esparcir la arena sobre la superficie de tierra que rodea a los montones de arena, hay que hacer las labores siguientes; se rompe la costra que se haya formado en el terreno, operación que se hace con azadón de mano o con fresadora; a continuación se desterrona, allana y estercola.

Después que hayan sido realizadas las operaciones anteriores, una vez que se haya descargado el camión de arena, se esparce ésta con palas en capa uniforme de 10 a 12 centímetros; de vez en cuando, se va marcando con la herramienta de trabajo la altura de la capa de arena que se va colocando.

En el extendido de la arena, otro sistema que se está utilizando con el fin de ahorrar mano de obra, consiste en dejar la arena fuera del lugar donde se va a colocar y con un dumper, se transporta la arena dentro del bancal o invernadero y se va colocando en capa más o menos uniforme; después se iguala a mano ó con herramienta.

En la descarga de arena es necesario tener en cuenta cuando el camión está basculando que al final de la descarga, la arena se apoya sobre las ruedas y al ponerse en movimiento el camión para salir descargado, la arena que se apoya sobre las ruedas cae sobre las rodadas, quedando oculto los huecos de éstas si no se está al cuidado; Por esta causa es conveniente que durante la descarga de arena esté un operario en cada lado de las ruedas del camión para que impidan que queden tapados con la arena los huecos de las rodadas.

Actualmente el extendido de la arena está más mecanizado y, aunque la colocación del estiércol y la arena no queda tan perfecta como en la forma que hemos explicado anteriormente, es bastante más económica.

Se allana perfectamente el suelo con máquina niveladora; encima se extiende la capa de estiércol, repartiéndola con remolque distribuidor; a continuación, la arena se transporta con camión, colocándola en montones que se distribuyen estratégicamente por toda la parcela, previamente allanada y estercolada.

CUIDADOS Y MANEJO DE LOS ENARENADOS

Duración de la arena

La duración de la arena echada en una parcela no es eterna; tiene una duración limitada que depende del cuidado que se haya tenido en los cultivos, riegos, retranqueos, extendido, etc. e, incluso de la calidad de la misma arena.

Suponiendo un período de tres años por cada retranqueo, una incorporación de arena cada tres retranqueos y un lavado de arena cada seis retranqueos, un enarenado puede durar unos 20 años.

Conservación de la arena

Es fundamental en el sistema de enarenados mantener la calidad y la cantidad de arena; ya se ha señalado en anteriores ocasiones que la arena necesariamente tiene que estar suelta y limpia de tierra y estiércol para que influya favorablemente en el suelo de cultivo.

Del cuidado que se ponga en mantener limpia la arena y conservarla para que no se pierda, dependerá que un enarenado dure más o menos años; es decir, cuanto mejor se conserve la arena más tiempo se tardará en renovarla.

Un enarenado puede durar de 25 a 30 años en buenas condiciones de cultivo, con la condición que se haga un trato esmerado de la arena; esto no solamente supone un considerable ahorro económico en la reposición de la arena, sino también que los cultivos realizados durante ese espacio de tiempo, sean más rentables que si el enarenado está falto de arena y contaminado con materia orgánica y arcillas.

Cuidados en el retranqueo

Al recoger la arena hay que tener cuidado que la rastra no vaya muy rápido y apure demasiado la arena; en ningún caso se tolerará que se rebane tierra con la tabla.

No es aconsejable barrer la arena que queda encima del suelo, pues las partículas que están incrustadas en la tierra, están impregnadas de arcilla, limo y materia orgánica.

Cuando se estén labrando las calles hay que procurar no acercarse demasiado al caballón, ya que se puede enterrar o se puede ensuciar al mezclarse con tierra.

Antes de labrar hay que recortar las bases de los caballones de arena, procurando que ambos lados de éstos sean lo más rectos que sea posible, ya que si van haciendo sinuosidades, se enterará mucha arena cuando se labore.

Una vez realizado el retranqueo o después de haber hecho por primera vez el enarenado, no debe meterse en la parcela ningún animal, mientras no se haya asentado el suelo con algún riego; al estar la tierra mullida por las labores, las patas de los animales se hunden en el terreno, haciendo hoyos rellenos de arena; esto es un gran inconveniente, porque se pierde arena y también las plantas que, por casualidad, se siembren o planten en esos huecos.

También ocurre, cuando se da el primer riego, que si el terreno aún no está asentado, el regador tiene que poner sumo cuidado para no hundir los pies en el suelo, pues ocurrirían los mismos daños que se han expuesto en el anterior párrafo.

Cuidados en los cultivos

La mayoría de los agricultores, una vez que finalizan la recolección, no vuelven a realizar ninguna operación a sus enarenados, a excepción de los que tiene que hacer las labores del retranqueo, hasta la víspera de la plantación o siembra de los cultivos de la próxima cosecha.

Cuando se termine la recolección, inmediatamente hay que retirar del enarenado todas las brozas y resto de vegetación de la cosecha recolectada; al arrancar las plantas hay que hacerlo de tal forma que apenas salgan raíces; para conseguir esto, al tirar de la vegetación es necesario retorcerla al mismo tiempo.

En las cosechas de raíz, o en las que sea preciso arrancar la raíz (lechuga, cebolla, rábano, etc.), se pondrá el máximo cuidado en que no se saque tierra; para ello se debe hacer un giro de la planta al tiempo que se arrancara.

Todos los años, antes de iniciar las operaciones previas para el próximo cultivo, se recogerán a mano todos los terrones arcillosos o piedras que durante la cosecha anterior se hayan mezclados con la arena.

No se admitirá la entrada de animales en bancales enarenados (cerdos, ovejas, gallinas, etc.), excepción hecha del ganado de labor, pues, aparte de sus deyecciones y pisadas, si escarban, perjudican el buen estado de la arena.

LAVADO DEL SUELO

Como consecuencia de la intensidad de cultivos que se hacen en los invernaderos (excesivos abonados, numerosos tratamientos fitosanitarios, abundantes riegos con aguas más o menos salinas, etc.) y de que las escasas lluvias (exentas de sales) no contribuyen a diluir las soluciones del suelo, la concentración de sales aumenta considerablemente cada año hasta límites peligrosos de toxicidad para los cultivos.

La solución a estos problemas es hacer un lavado del suelo, cada tres o cuatro años, con el fin de rebajar el grado de concentración al límite mínimo que nos permitan las condiciones del agua de riego empleada.

Para ellos, en una época en que el invernadero no tenga cultivo, se mantiene el suelo inundado de forma permanente con agua durante un espacio de tiempo comprendido entre uno y dos meses; lógicamente, el suelo que se vaya a lavar tiene que drenar bien, pues si el subsuelo es impermeable o encharcadizo, no se conseguirá lavarlo y, además, aumentará los problemas de este suelo.

Una vez que se haya lavado el terreno, cuando esté en tempero, se dan varias labores con aperos que no volteen las capas de suelo, se estercola y se hace el abonado de fondo que corresponda.

LAVADO DE ARENA EN SUELO ENARENADO

En los invernaderos cuyo suelo está enarenado, llega un tiempo en que la arena está sucia y no realiza las funciones para las que se está utilizando.

Cuando llega este momento hay que retirar esta arena e incorporar otra limpia, o hacer un lavado de la arena sucia.

El tiempo que transcurre para llegar a esta situación es variable, siendo función del cuidado que se haya puesto en los cultivos, el que la arena no se ensucie; aproximadamente hay que lavar la arena cada nueve años.

Para realizar el lavado de la arena se aprovecha la operación de retranqueo; se procede de la forma siguiente:

- 1o. Se toman los cordones de arena, tal como quedaron en la primera fase del retranqueo antes de labrar el suelo.

20. Cada cordón de arena se abre en dos, como formando una regadera de riego.
30. Por esta regadera se echa un gran caudal de agua.
40. Empezando por el final de la regadera, la arena de sus dos bordes laterales se revuelve en el agua, procurando que no sea arrastrada por la corriente de agua.
50. Cuando se considera que la arena está limpia, se va acordonando en un solo caballón, en lugar aparte de donde se ha estado revolviendo.

ABONO VERDE

En épocas del año en que el suelo del invernadero está sin cultivar es preferible, en algunas ocasiones, hacer un cultivo forrajero para luego enterrarlo en verde, que no tener el suelo en barbecho.

Hay plantas cuyos sistemas radiculares reúnen unas características mejorantes del suelo que, aparte de aumentar su capacidad en principios nutritivos, tienen una incidencia acusada en la eliminación de ciertos patógenos. (Cuadro 6)

Tabla 9. Especies de plantas más adecuadas, según los terrenos, para abono verde.

PARA TERRENOS					
Suelos con poca cal		Consistencia media		Fuertes	
Leguminosas	Otras	Leguminosas	Otras	Leguminosas	Otras
Altramuz	Avena	Almorta	Trigo	Haba	Trigo
Guisante	Centeno	Esparceta	Cebada	Arveja	Cebada
Trébol	Jaramago	Meliloto	Nabo	Guisante	Mostaza
Alholva		Lupulina	Ray-gras	Trébol	Mijo
Meliloto		Veza	Mijo	Alfalfa	Trigo
Serradella		Alfalfa	Col	Serradella	sarraceno
		Algarrobas	Jaramago		Colza

El enterrado en verde de este tipo de cultivo va a devolver al suelo en forma orgánica todos los principios fertilizantes que la planta tomó, aumentando su contenido en materia orgánica.

El cultivo de cereales y leguminosas es muy interesante para esta práctica en los invernaderos. Ciertas plantas, como los piretros, contrarrestan la proliferación de enemigos animales del suelo, porque sus raíces exudan sustancias tóxicas.

RETRANQUEO

El retranqueo es el conjunto de operaciones y labores que se realizan en un suelo enarenado, con el fin de labrar el terreno para proporcionarle aireación y meteorización inmediatas y facilitar las venideras, al tiempo que incorporar los abonos de fondo y estiércol que se precisen. Estas prácticas, labrar y estercolar, en un terreno sin enarenar, no ofrece problemas, pero en este sistema necesita una técnica especial.

Las operaciones del retranqueo se llevan a cabo de la forma que se expone a continuación.

Primera fase

Riego para dar tempero

Si se supone que el terreno enarenado no va a atener humedad suficiente para poder labrar en óptimas condiciones cuando se recoja la arena, entonces es preciso dar un riego con suficiente antelación a la recogida de la arena. Este riego no es preciso en la mayoría de los casos, pues como el enarenado conserva bastante humedad del suelo, casi siempre está el terreno en buenas condiciones para ser labrado.

Pase de rastrillo

Cuando el enarenado tiene bastantes años, y las arenas está apelmazadas, se hace imprescindible pasar una grada de púas para esponjar la capa de arena; con ello se facilita bastante la operación de recoger la arena en caballones.

Recogida de arena en cordones o caballones

Consiste en abrir calles sin arena sobre el enarenado, recogiendo la arena en cordones o caballones, a izquierda y derecha de la calle.

Esta operación puede hacerse a mano, o con yuntas de labor, o con máquinas.

Cuando se hace a mano, se recoge la arena con palas y rodillos en cordones o caballones.

La mejor forma de recoger la arena es por medio de una rastra de madera, tirada por un par de caballerías. Este instrumento debe de estar servido por tres hombres; uno que conduce las caballerías; los otros dos, aplicados en las manceras de la tabla, apoyan la rastra para que recoja la arena.

Antes de iniciar la recogida de arena, se señala sobre el enarenado el lugar donde irán las calles en que se recogerá la arena, y el espacio que ocuparán los camellones de la arena que procede de aquellas calles. También se marca el eje longitudinal de simetría de cada calle.

JORNALES EMPLEADOS EN LA OPERACIÓN DEL RETRANQUEO

<u>Conceptos</u>	<u>Jornales por Ha</u>
Primera fase.	12
Segunda fase.	30
Tercera fase.	10

Una vez realizado el marcaje anterior, se procede a retirar la arena de las calles señaladas. Para ello, partiendo de la línea que señala el eje longitudinal de la primera calle, se presiona sobre la arena con la rastra, colocada un poco oblicuamente. Al ser arrastrada la rastra por las caballerías, se regula la cantidad de arena transportada presionando más o menos sobre las manceras según espesor de capa de arena que haya y la anchura de calle que se vaya a hacer; al llegar al filo de lo que va a ser camellón de arena, se disminuye lentamente esa presión hasta que toda la arena transportada queda depositada en la superficie que se marcó para camellón.

Siguen avanzando de frente las caballerías, y los hombres que llevan la rastra levantan ésta mientras pasan por encima de la primera mitad de la segunda calle; al llegar al filo del eje de simetría de esta calle, se vuelve a presionar sobre la arena con la rastra, como se indicó en la primera calle; de esta forma se repite la operación en las calles siguientes. Se sigue haciendo todas cuantas calles se necesiten hacer.

Al final de la última calle se vuelven las caballerías con la rastra levantada y se repite la operación de recogida, volviendo a presionar en el filo de la línea de simetría, pero esta vez se arrastra la arena en el sentido contrario, para descargarla en los camellones que se inició su formación la vez anterior.

Una vez que se ha recogido la arena con la rastra, como siempre queda algo de arena en la calle, se va recogiendo con los rodillos, procurando no arrastrar también la tierra. Hay algunos agricultores que al final barren con escobas la poca arena que está pegada a la tierra; esto no es recomendable hacerlo, ya que es arena está impregnada de partículas arcillosas y humus que ensucian al resto de la arena. Si es necesario barrer porque la textura del terreno es demasiado ligera y, por tanto, no interesa que se mezcle arena con tierra, entonces no hay más remedio que hacerlos; pero siempre se sacará fuera del bancal la arena barrida. La tabla 10 detalla los costos de esta operación.

Tabla 10. Costo aproximado de la operación de retranqueo

Concepto	Cantidad Unidades	Precio por unidad	Costo de la operación Plantas/Ha
Riego para dar tempero	600 m ³	A	600 x A
Labores de yunta	10	B	10 x B
Estiércol	80 Tm	C	80 x C
Abonos minerales			
Superfosfato	2.000 Kg.	D	2.000 x D
Sulfato potásico	800 Kg.	E	800 x E
Obreros	60 jornales	F	60 x F
Imprevistos	5% del total		5% del total

Segunda Fase

Labores

Una vez que se ha recogido la arena en camellones y se han dejado las calles libre de arena, se labra el suelo de estas calles.

Esta labor hay que realizarla de inmediato que se tenga recogida la arena, con el fin de que el suelo no pierda humedad y pueda quedarse sin tempero; aunque las labores se están dando con vertedera, porque prácticamente es el único arado que se conoce en la zona de enarenado, sería aconsejable en algunos casos el empleo de otro apero distinto a la vertedera, que no invirtiera las capas del suelo, pues, puede ocurrir que en una desalinización lenta, al poner en superficie el suelo de horizontes profundos, se eleve alguna cantidad de sal, cosa que no es de desear. Habrá casos de suelos ligeros en que sea necesario seguir utilizando la vertedera, para elevar a la superficie suelos más ricos en nutrientes. Cada agricultor, antes de dar las labores, debe estudiar como está el subsuelo, con idea de elegir el apero más idóneo para realizar una buena labor. Estas labores se harán con tractor.

Cuando ha pasado algún tiempo después de haber dado la primera labor, se vuelve a labrar; si se hace con vertedera, en esta segunda labor se empezará a dar el primer surco precisamente, donde se dio el último en la labor anterior, con el fin de no desnivelar el terreno.

A continuación se da alguna labor de grada y, por último, es aconsejable dar un pase con una fresadora o rotovator, para dejar el terreno libre de terrones y en condiciones óptimas para recibir el estiércol y la arena.

Con el fin de aprovechar al máximo la meteorización del suelo, interesa que entre labor y labor, medie un espacio de tiempo suficientemente amplio para que los agentes atmosféricos actúen en ese fin, pues no hay que olvidar que estas labores se hacen pocas veces en muchos años; siempre se debe tener la

precaución que este espacio de tiempo no sea tan largo como para que el terreno pierda la humedad que tiene, y se quede sin tempero.

Siempre que se labre, es imprescindible pasar un tablón por el terreno, inmediatamente que se haya realizado la labor; el fin de esta operación es «abrigar» o asentar la tierra, para evitar que se evapore humedad y se formen terrones.

Es importante señalar que las labores que se dan al suelo deben hacerse con buen tempero, pues de otra forma quedará el terreno con terrones, o hecho polvo; tanto una cosa como otra, es perjudicial para el óptimo desarrollo del primer cultivo que allí se establezca. Si llueve después de haber realizado alguna labor, es conveniente repetir la labor en la superficie mojada, cuando esté el suelo en condiciones de poder hacerlo.

Es interesante aprovechar el retranqueo para incorporar al suelo, en alguna de las labores que se den, un abonado de fondo a base de superfosfato y sulfato de potasa. Aunque las dosis serán variables con arreglo al tipo de suelo, se dan unas cifras a título de orientación; estas cantidades pueden ser de 1,500 kilos de superfosfato y 500 kilos de sulfato de potasa por cada hectárea abonada.

Allanamiento del terreno

Antes de extender el estiércol y la arena en las calles labradas, hay que allanar el terreno lo mejor posible, respetando las pendientes y orientación que tenga el bancal. Estas labores se hacen con la herramienta denominada rodillo.

Extendido del estiércol

Una vez que se labra, desterrona y allana la calle de tierra en la que se está trabajando, se procede al extendido o enterrado del estiércol. La cantidad de estiércol que se emplea en el retranqueo es de 8 a 10 kilos por metro cuadrado.

Se acarrea el estiércol con carretillas de mano, haciendo pequeños montones y luego extendiendo con horcón; se puede mecanizar la operación de extender el estiércol, mediante un remolque distribuidor, adaptado convenientemente a esta modalidad del retranqueo.

Una vez, se haya extendido el estiércol, se asienta sobre el suelo con la herramienta que se esté empleando.

Camellones de arena

Esta parte del enarenado se hace a brazo con pala de mano; para ello se retira la arena del camellón, mediante el empleo de dos hombres que van arrastrando la arena, uno en la calle preparada (allanada y estercolada) de la derecha, y el otro en la calle de la izquierda.

Se recoge toda la arena posible, igual que se hizo en la primera fase del retranqueo, atendiéndose a las mismas normas que se dieron allí.

SIEMBRA

La siembra puede hacerse a golpe, a chorrillo y a voleo: todos los cultivos que actualmente se hacen en invernadero se siembran a golpes.

Cuando se siembren varias semillas en cada golpe deben quedar uniformemente repartidas y equidistantes.

Cuando se haga la siembra, el suelo debe tener una temperatura superior a la mínima de germinación necesaria para cada especie vegetal.

La profundidad de siembra o capa de tierra o arena que debe cubrir las semillas es variable con cada especie vegetal, y es necesario tenerlo bastante en cuenta.

En la siembra de hortalizas hay que distinguir según se haga en suelo desnudo o en suelo enarenado.

En suelo desnudo

Es conveniente que el suelo tenga humedad en situación de tempero cuando se vaya a hacer la siembra.

Se coloca la semilla a la profundidad que le corresponda según la especie y se tapa con tierra.

Después de la siembra, si es necesario regar, cuando se riegue de pie hay que procurar que la línea de agua en los surcos quede 5 ó 6 centímetros por debajo de la línea de golpes de siembra; por capilaridad subirá el agua hasta la altura de las semillas y no se formará costra que impida su nacencia.

En suelo enarenado

Antes de realizar la siembra en un enarenado es necesario dar un riego al suelo unos días antes, los suficientes, para que cuando se vaya a sembrar, el suelo tenga buen tempero.

Los golpes donde se haga la siembra, tienen que seguir la línea de «goteros» cuando el sistema de riego sea el localizado. Si el riego es de pie, los golpes de siembra seguirán la línea que se haya establecido, según las dimensiones y orientación del invernadero.

En el lugar donde se vaya a sembrar cada golpe, se retira la arena, dejando un par de milímetros de arena cuando hay bastante humedad o retirando toda la arena hasta llegar al estiércol cuando esté menos húmedo; se echan las semillas y se tapan con arena suficiente, según el tamaño de la semilla que se siembra.

INJERTO

En los cultivos que se describirán más tarde, hay varios que en algunos casos exigen la operación del injerto; estos cultivos son: tomate, pepino, melón y sandía. El injerto en los cultivos herbáceos de huerta bajo invernadero tiene como fin solucionar problemas de suelo, tanto de tipo edafológico como fitopatológico. Con el injerto se pretende aprovechar la resistencia del portainjerto a las adversidades del suelo, y las cualidades favorables de la variedad que se injerta.

Cuando se vaya a realizar la operación del injerto es necesario sembrar el portainjerto unos días antes que la variedad que se vaya a injertar. El injerto se hace cuando las plantas tienen el tamaño idóneo para

realizar la operación. Esta práctica se hace con navaja de afeitar, preparada para que no sufra accidente el operario que realiza la operación. La práctica se hace de la forma siguiente:

- Se arquea el portainjerto y se hace una hendidura hasta el centro del tallo de arriba hacia abajo.
- En la variedad que se va a injertar, se hace una hendidura idéntica a la anterior pero de abajo hacia arriba.
- Se encaja una en otra, ambas hendiduras de patrón e injerto.
- El tallo se envuelve con papel de aluminio en la zona del injerto.
- Se planta patrón e injerto en un mismo recipiente de semillero.
- Las plantas recién plantadas se introducen en un túnel de plástico, que previamente se tendrá preparado dentro del invernadero: hay que procurar que la temperatura del ambiente esté alrededor de 30°C y la humedad se sitúe casi en el punto de saturación.
- A los cuatro o cinco días se inicia una ventilación controlada del túnel para ir adaptando las plantitas al ambiente exterior.
- Cuando las plantas estén arraigadas y soldadas las uniones, se corta el patrón por encima de la primera hoja que esté después de la zona de unión: también se corta la variedad por debajo del injerto.
- Según se va haciendo la operación anterior, se introducen las plantas de nuevo en el túnel de plástico, manteniéndose dentro durante un día.
- Se sacan del túnel y a los pocos días están en condiciones de plantarlas en el terreno definitivo.

ACLAREO O ENTRESAQUE

En la mayoría de las plantas que se siembran es necesario hacer entresaque, con el fin de dejar en cada golpe o en las hileras el número necesario de plantas.

Esta operación conviene hacerla en dos veces para evitar fallos después del entresaque, por ser las plantas aún débiles. El primer entresaque se hace cuando las plantas tengan dos o tres hojas, arrancando la mayoría de las plantas sobrantes. A los 6 ó 7 días siguientes, se realiza el segundo aclareo, dejando en las filas o en los golpes únicamente las plantas necesarias, que se vaya a hacer el cultivo.

El entresaque se hace tirando de las plantas que hay que eliminar, hasta su completo desarraigo, o cortando las plantitas por el cuello; Este último caso solamente se hará cuando, por algún retraso en la operación, las plantas estén muy crecidas y haya peligro al aclarar de desarraigar las plantas vecinas.

La operación de aclareo por medio del desarraigo se hace siempre que el suelo esté suficiente húmedo.

TUTORADO

El tutorado consiste en colocar unas guías de caña, cuenta, mallas de hilo, palos, etc., en posición horizontal o vertical, según el tipo de cultivo, sujetas en el suelo o en las estructuras de los invernaderos, con el fin de apoyar en ellas los tallos de las plantas mediante ataduras hechas con diversos materiales, o sujetándose por sus propios medio naturales como zarcillos o volubilidad de los tallos.

Las ventajas que se obtienen con el tutorado son las siguientes:

- Se mantienen rectos los tallos de las flores, factor imprescindible para obtener calidad comercial en flor cortada.
- En cultivos de gran desarrollo foliar puede reducirse bastante el marco de plantación, debido al crecimiento vertical, siendo mucho mayor el número de plantas por unidad de superficie: como consecuencia la producción aumenta considerablemente.
- En los tutorados verticales se adelanta la recolección, ya que al incidir los rayos solares casi perpendicularmente sobre las plantas, éstas reciben más calor.
- La floración y fecundación o cuaje es mejor, ya que las plantas están mejor ventiladas e iluminadas.
- Los tratamientos fitosanitarios son más uniformes y eficaces.
- Las prácticas culturales (empleo de hormonas, podas, despuntes, tratamientos fitosanitarios, escardas, eliminación de flores y frutos, etc.) y recolección, se hacen con mayor comodidad.
- Los frutos son más sanos y limpios, ya que se evitan los roces con el suelo y apenas son atacados por las plagas del suelo.

Soportes para tutores verticales

En los invernaderos conviene hacer un entramado permanente con alambre, que se apoye en los puntos firmes del invernadero, a la altura de la parte más elevada de las paredes laterales.

Este entramado consiste en hileras de alambre paralelas a lo que serán hileras de plantas o líneas portagoteros del riego localizado, y apoyadas a su vez en otras hileras de alambre colocadas perpendicularmente a aquéllas. La separación entre las hileras paralelas a la línea de plantas es de un metro: la separación entre las hileras perpendiculares es de unos 4-5 metros; el diámetro del alambre es de 3 milímetros y especial para este tipo de instalación.

Soportes para tutores horizontales

Para sujetar las mallas horizontales se utilizan varios artilugios, metálicos o de madera, que a continuación se exponen en las figuras siguientes:

TUTORADO HORIZONTAL

Tutores de mallas o redes de hilo prefabricado

El tutorado horizontal de cultivos como clavel, crisantemo, fresa, iris, gladiolo y pimiento se hace con buen resultado mediante la colocación de una o varias redes o mallas de hilo o alambre galvanizado, colocadas horizontalmente y paralelas al suelo de cultivo.

Las plantas cuando crecen se introducen por las aberturas de la malla y quedan apoyadas y sujetas entre la red sin necesidad de atar los tallos de las plantas.

Las dimensiones de las cuadrículas de estas redes, es variable según el cultivo que se vaya a tuturar; La anchura de la cuadrícula de estas redes oscila entre 10, 15 y 20 centímetros de lado; la anchura de la malla debe ser de forma que cubra por completo las líneas de plantas que debe proteger.

Con rafias, abrazando a las plantas

Otro sistema de tutorado muy utilizado en el cultivo del pimiento es el que describe a continuación:

- Se colocan dos hileras paralelas de rafia o cuerda que abrazan a cada fila de plantas del cultivo.
- Cada par de hileras de rafia se unen cada tres metros de distancia mediante una rafia en un alambre horizontal, colocada en la parte alta del invernadero (ver en página 438: «Soportes para tutores verticales»).
- Cada par de hileras de rafia, en los huecos que quedan entre cada dos sujeciones a la rafia vertical, se separan mediante una caña de unos 20-25 centímetros de longitud.
- Los extremos de las dos rafias, que coinciden con los extremos de las filas de plantas, se sujetan en puntos fijos verticales.
- En el caso del cultivo de pimiento se suelen poner tres pares de hileras de rafia por cada hilera de plantas, colocándose la primera a una altura de unos 20 centímetros por encima de la primera bifurcación de tallos («cruz») a partir del fuste de la planta.

TUTORADO VERTICAL

El tutorado puede hacerse con rafia o cuerdas, cañas, mallas de plástico o de hilo.

Cuerdas o alambres colgados de la techumbre

En tutorado puede realizarse por medio de cuerdas o alambres que se sujetan por la parte superior al entramado de alambre permanente de la techumbre, y por la parte inferior se atan al cuello de los tallos o a unos alambres que se sujetan en el suelo, siguiendo las líneas de las plantas.

Se coloca una cuerda o rafia por cada una de las guías o tallos que tenga y que se quiere tutorar. En algunas explotaciones, después de terminar el cultivo, estas cuerdas o rafias se enrollan y se dejan colgadas de los alambres del bastidor de la techumbre del invernadero, para aprovecharlas como tutores de los cultivos que se hagan a continuación.

Por este sistema se tutoran los cultivos, siguientes: tomate, berenjena, judía verde de enrame, pepino, calabacín y melón.

Cañas verticales sujetas en la techumbre

Otros sistemas de tutores verticales son mediante cañas o palos que se clavan en el suelo, a pie de cada planta, y por la parte superior se atan a los alambres del entramado fijo de la techumbre del invernadero.

Esta forma de tutorar se utiliza en los calabacines, cuyos tallos a medida que van creciendo se van atando a los tutores con lazos de rafia: también se utiliza este sistema algunas veces en el cultivo judías verdes.

Mallas de hilo de plástico

Cuando se tutora con mallas se colocan verticalmente junto a las hileras de plantas, sujetas por la parte superior a los alambres del entramado fijo de la techumbre y por la parte inferior, a ras del suelo, se coloca otra hilera de alambre, a la que se ata la malla.

La anchura de la malla, que va a ser la altura cuando esté colocada verticalmente, haciendo las funciones de tutor, depende de la envergadura que tenga la planta que se está cultivando; en el comercio se pueden encontrar mallas de distinta anchura, con cuadrículas de varias dimensiones.

En unos casos, las plantas se atan en la malla, como en el tomate; en otros, la planta se va sujetando por sus propios zarcillos.

Este sistema se utiliza en tomate, judía verde, melón, pepino, por su carestía, comparado con el sistema de rafias colgadas de la techumbre, está en desuso.

CONDUCCIÓN VEGETATIVA DE LAS PLANTAS

Podas

Las podas que se hacen en los cultivos de invernadero son de formación, de floración, de fructificación y, en algunos casos, de rejuvenecimiento.

Con estas podas se intenta encauzar el desarrollo de la vegetación, según la conveniencia del horticultor; con esta operación se limita el número de tallos por planta.

Las ventajas que se consiguen son las siguientes:

- Mayor calidad de los frutos, obteniendo mayor tamaño y gran uniformidad.
- Mejor control de plagas y enfermedades.
- Mayor rapidez y comodidad en la recolección de los frutos.
- Aumento de producción por unidad de superficie: aunque cada planta produzca menor número de frutos, en cambio podemos cultivar mayor densidad de plantas.

La poda consiste en dejar uno o varios tallos-guías por cada planta, cortando todos los brotes que salen en las axilas de las hojas; también se extirpan todos los brotes «chupones», que por su fuerte desarrollo vegetativo no suelen fructificar.

A medida que crece la planta, se podan los brotes hijos que sales, procurando que no estén muy desarrollados cuando se cortan (3 a 5 centímetros de longitud).

Los brotes hijos que hay que eliminar cuanto antes se corten mejor, ya que si éstos se quitan cuando están muy desarrollados, aparte de la pérdida de material orgánico que podía haber llegado a la parte de vegetación que interesa, ocurre que las plantas sufren un desequilibrio fisiológico que da lugar a trastornos vegetativos; casi siempre después de una poda muy enérgica, las plantas sufren una detención de su desarrollo vegetativo.

Con los destallados o desbrotes se intenta encauzar el desarrollo vegetativo de la parte aérea de la planta, según las conveniencias del horticultor, limitando el número de tallos en compensación de una mejor calidad y una mayor precocidad.

En algunos cultivos, como la berenjena y el pimiento se hace una poda de regeneración con el fin de hacer brotar con energía una nueva vegetación en las plantas que ya se han cultivado en un ciclo o en parte del mismo; con esta poda se vuelve a encauzar y controlar una vegetación joven, pues la vieja suele tener un follaje un tanto excesivo y desordenado.

Pinzamientos

El pinzamiento tiene por objeto cortar las yemas o brotes terminales de los tallos guías.

Esta práctica se hace para los fines siguientes:

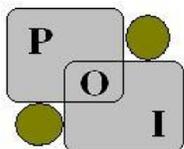
- Detener el crecimiento de los cultivos forzados en el momento justo.
- Aumentar el número de brotes o hijos.

El primer caso se hace en los tomates, melones, judías y pepinos. El segundo en los claveles, crisantemos, sandías y melones.

LIMPIEZA DE HOJAS

En algunos cultivos es necesario hacer limpieza de hojas en las plantas. A veces se hace por favorecer la aireación e iluminación en el interior de las plantas que tengan excesivo follaje, como en el cultivo de tomate, pepino, melón y sandía: en otros casos permite limpiar de hojas viejas o enfermas, como en el tomate, berenjena, calabacín, fresón.

La poda de hojas debe hacerse por la mañana y, a poder ser, en días con ambiente seco. En todos los casos no conviene hacer una limpieza de hojas excesiva, ya que podría originar desequilibrios vegetativos que afectan frecuentemente a la productividad de las plantas y, en otros casos, puede producir quemaduras en los frutos y tallos de las plantas por acción de los rayos solares.



Capítulo VI

ANÁLISIS DE SUELO Y FERTILIZACIÓN

ANÁLISIS DE SUELOS

El conocimiento de los contenidos de los distintos elementos físico-químicos de un suelo, es fundamental para el manejo y control de ese suelo, incluso, antes de poner en cultivo el suelo de un invernadero, en el caso de graves problemas, un análisis nos indicará la no viabilidad de ese suelo para cultivar con rentabilidad ese invernadero y en función de los resultados de este análisis, tomar la decisión de no instalar el invernadero en ese suelo, o cambiarlo por otro tipo de suelo, o hacer las enmiendas necesarias para mejorarlo. En la tabla 11 se muestra la correcta interpretación de los cationes.

Parámetros que se analizan

En el análisis químico se pueden detectar los valores de los elementos siguientes:

- Contenido de materia orgánica (M.O.)
- PH.
- Carbonatos totales.
- Caliza activa.
- C/N.
- Sodio cambiante.
- Cloruros.
- Conductividad eléctrica (C.E.).
- Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.).
- Macroelementos (nitrógeno total, fósforo asimilable, potasio, calcio, magnesio cambiante).
- Microelementos (hierro, azufre, manganeso, boro, molibdeno, cobre).

Tabla 11. Interpretación de los cationes de Na⁺, según la textura del suelo

Tipo de suelo	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
SODIO (meq/100 gr)					
Arenoso		>0,25	0,25-0,50	<0,50	
Franco		>0,50	0,50-0,75	<0,75	
Arcilloso		>0,75	0,75-1,25	<1,25	

Valor óptimo de los distintos parámetros

A continuación exponemos los valores más idóneos que deben reunir cada uno de los parámetros, que se detecten en un análisis de suelo, lo cual nos servirá para una interpretación real de un análisis (Tabla 12)

- Contenido de materia orgánica (M.O.), debe estar comprendida entre 2 y 2,5 por 100.
- «PH» del suelo es conveniente entre 6,6 y 7,5, aunque para determinados cultivos de flores, aún requiere que sea menor.
- «Carbonatos totales» de 10 a 25 por ciento, siendo el óptimo 3-12 por ciento.

Cuando está comprendido entre 0-5 por ciento es suelo poco calizo; si el porcentaje es entre 5 y 10 por ciento es bajo en caliza; es suelo calizo alto cuando el porcentaje de carbonatos está comprendido entre 20 y 40 por ciento, siendo muy alto cuando es mayor del 40 por ciento.

Si el análisis es de «caliza activa» la interpretación de los resultados analíticos pueden ser los siguientes: entre 0 y 6 por ciento y 9 por ciento es tipo medio; cuando es mayor de 9 por ciento es alto.

- «Sodio cambiante», menos de 125 partes por millón (p.p.m.)
- «Cloruro», menos de 50 p.p.m.
- C/N. Este parámetro indica el comportamiento del suelo respecto a la nitrificación; si el valor es mayor de 10, detectan una mala nitrificación; si el valor es menor de 7 indica una descomposición rápida de la materia orgánica. Los valores normales están comprendidos entre 7 y 10.
- «Conductividad eléctrica»: entre 0,5 y 1 milimhos/cm². Valor medio para suelos arenosos es 10 meq/100 gr; suelos francos 15 meq/100 gr; en suelos arcillosos 20 meq/100 gr.
- «Capacidad de intercambio catiónico» (C.I.C.): alrededor de 16.
- «Nitrógeno total»: de 0,11 a 0,20 por ciento.

- Nitrógeno nítrico: 25 p.p.m.
- Nitrógeno amoniacal: 25 p.p.m.
- Nitrógeno asimilable: 50 p.p.m.

Tabla 12. De interpretación para elementos solubles en el extracto de saturación de camas de saturación de camas de invernadero (CSTPA, 1980).

Clase					
Análisis	Baja	Aceptable	Optima	Alta	Muy alta
Sales solubles, dsm^{-1}	0-0.75	0.75-2.0	2.0-3.5	3.5-5.0	+5.0
N-NO ₃ ppm	0-39	40-99	100-199	200-299	+300
P-PO ₄ ppm	0-2	3-5	6-10	11-18	+19
K, ppm	0-59	59-149	150-249	250-349	+350
Ca, ppm	0-79	80-199	+200		
Mg, ppm	0-29	30-69	+70		

Los rangos de concentración se han dividido en deficiente, bajo o marginal, adecuado o suficiente, alto y tóxico o excesivo. A continuación se define cada uno de ellos.

Deficiente: Es el rango de concentración, en la parte especificada, que se asocia con síntomas visibles de deficiencia en planta y con una severa reducción del crecimiento y la producción. Cada vez que se encuentren valores en este rango es preciso tomar medidas correctivas inmediatas.

Baja o marginal: Este es el rango de concentraciones, en la parte especificada que se asocia con una reducción del crecimiento o producción, pero en el cual la planta no muestra síntomas visibles de deficiencias. Cuando se observan niveles de este tipo es preciso efectuar algunos cambios en las prácticas de fertilización. Sin embargo, para cierto cultivo pudiera ser conveniente operar en este nivel, por ejemplo en el caso de las flores.

Adecuado o suficiente: Dentro de este rango de concentración, en la parte especificada, los cambios que ocurren no provocan aumentos o disminución del crecimiento o producción. Esta clase también se conoce como intermedia, normal o satisfactoria. Si los valores de un análisis de planta caen en esta clase no es necesario realizar ningún cambio en las prácticas de fertilización.

Alto: Esta clase representa el rango de concentración de la parte especificada comprendido entre los rangos adecuados y tóxicos o excesivos. En algunos cultivos esta clase puede definirse objetivamente por su asociación con una tendencia hacia la producción de calidad y vigor indeseables. El uso de fertilizantes en las plantas que muestren concentraciones nutrimentales en este rango debe reducirse o suspenderse hasta que éstas caigan en el rango adecuado o suficiente.

Tóxico o excesivo: la presencia de concentraciones tóxicas de un nutriente, en la parte especificada, se asocian generalmente con síntomas de toxicidad y algunas veces con reducción y casi siempre con

reducción de calidad y vigor excesivo. Cuando se encuentran valores en este rango, es preciso tomar medidas correctivas inmediatas.

FERTILIZACIÓN

Necesidades minerales de las plantas

Los vegetales, tanto en lo que respecta al suelo como a la atmósfera, se alimentan de elementos minerales, nunca de productos orgánicos; es decir, cuando se echa estiércol en el suelo, las raíces de la planta no toman los elementos que le puede dar ese estiércol, mientras no estén en forma mineralizada.

Los vegetales siempre se nutren de elementos minerales. Unos elementos minerales los necesitan y toman en grandes cantidades; oxígeno, hidrógeno, calcio, nitrógeno, potasio, fósforo, magnesio y azufre. Otros elementos los necesita imprescindiblemente, aunque en menos cantidad, a veces insignificante; estos elementos se llaman microelementos y son, entre otros; hierro, manganeso, boro, zinc, cobre y molibdeno.

En el caso de los macroelementos, el carbono y oxígeno lo toma la planta del aire atmosférico, por medio de la fotosíntesis o función clorofílica y por la respiración, en el caso del oxígeno.

Los macroelementos restantes la planta los toma de la solución del suelo por medio del fenómeno físico de ósmosis, a través de las membranas de las células de su sistema radicular.

El nitrógeno también es tomado del aire de la atmósfera, a través de las hojas, por el grupo de plantas pertenecientes a la familia de las leguminosas. De todas formas, esta familia se alimenta de nitrógeno, principalmente del que toman sus raíces de la solución del suelo.

Respecto a los microelementos, todos ellos los toma a través de las raíces; Casos especiales de aportación artificial (abonos foliares) los puede tomar directamente por las hojas.

Todos los minerales que necesitan la planta, macroelementos y microelementos. Se encuentran en casi todos los suelos, aunque en ciertos casos algunos elementos se encuentran en poca cantidad o en estado no asimilable por las raíces de la planta. Por otra parte, las plantas de los cultivos están extrayendo constantemente grandes cantidades de esos minerales, principalmente: Calcio, fósforo, nitrógeno, potasio, magnesio, azufre.

Por las razones expuestas en el párrafo anterior, hay que hacer aportaciones constantemente de esos elementos minerales en forma de abonos minerales y de abonos orgánicos (estiércol), si no se quiere empobrecer el suelo de cultivo y ver disminuidos alarmantemente los rendimientos de las plantas.

NECESIDADES DE AÑADIR FERTILIZANTES EN EL SUELO

Varias son las razones por las que es necesario aportar elementos fertilizantes en el suelo:

- Los principales fertilizantes constantemente están siendo gastados por las plantas, lixiviados por las aguas de lluvia y riego y, en algunos casos, como el nitrógeno amoniacal, desprendido a la atmósfera.

- Un mismo suelo puede ser potencialmente rico en algunos elementos fertilizantes y, en cambio, ser muy pobre o carecer totalmente de otros principales fertilizantes.
- Aunque un suelo sea potencialmente rico en algunos elementos fertilizantes, por la composición de la roca madre, éstos pueden estar totalmente fuera del alcance del complejo arcillo-húmico y, por tanto, de las raíces de los vegetales, debido a que esos elementos fertilizantes forman parte de combinaciones químicas poco solubles que se descomponen con mucha lentitud en otros compuestos más solubles.
- La necesidad de extracción de fertilizantes no es la misma en todo momento en la vida de la planta: según el estadio vegetativo, el vegetal necesita más o menos de cada elemento fertilizante. Si está fijo el contenido de elementos fertilizantes en el suelo, puede ocurrir que la planta a lo largo de su vida sufra momentos de hambre que repercutirán en su producción final.

GENERALIDADES SOBRE FERTILIZANTES

Definición de fertilizante: Por fertilizante se entiende cualquier material orgánico o inorgánico, natural o sintético que suministra a las plantas uno o más de los elementos nutricionales necesarios para su normal crecimiento.

Lo anterior supone que la condición indispensable para que un material se considere como fertilizante es doble: de una parte, debe contener uno o más de los nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal y, de otra, la sustancia en cuestión debe estar en capacidad de ceder estos elementos por su naturaleza y propiedades específicas a las plantas, es decir, debe contenerlos en estado aprovechable.

Expresión del contenido nutricional: En la actualidad, la mayoría de los países aceptan que los contenidos nutricionales de los abonos se expresan en términos de nitrógeno elemental (N), pentóxido de fósforo (P_2O_5) y óxido de potasio (K_2O). Los elementos secundarios y los microelementos se expresan usualmente en términos de base elemental; sin embargo, el calcio y el magnesio son expresados frecuentemente como óxidos.

1.4 Definición de algunos términos usuales

- a) **Grado:** El grado de un fertilizante se define como la relación del contenido nutricional expresado en porcentaje (peso), en el siguiente orden: N- P_2O_5 - K_2O . En consecuencia, el fertilizante cuyo grado es de 13-26-10 por ejemplo, contendría 13% de nitrógeno (N), 26% de fósforo (P_2O_5) y 10% de potasio (K_2O). En el caso de los fertilizantes compuestos, el grado se emplea usualmente para designar al respectivo producto. En nuestro medio, es muy común utilizar la denominación de fórmula en lugar de grado, pero estrictamente hablando ese término tiene otro significado.

P ₂ O ₅	X 0,44	(0,4364) **	= P
P	X 2,29	(2,2914)	= P ₂ O ₅
K ₂ O	X 0,83	(0,8302)	= K
K	X 1,20	(1,0246)	= K ₂ O
CaO	X 0,71	(1,3992)	= CaO
MgO	X 0,60	(0,6030)	= Mg
Mg	X 1,66	(1,6582)	= MgO
SO ₄	X 0,33	(0,3333)	= S
S	X 3,00	(3,0000)	= SO ₄

- a) **fertilizante químico:** Es un producto manufacturado que contiene cantidades sustanciales de uno o más de los elementos esenciales primarios. El proceso de producción industrial suele involucrar reacciones químicas, pero también puede consistir simplemente en la refinación de las fuentes fertilizantes naturales. Tal es el caso del cloruro de potasio.
- b) **Fertilizante simple:** Se denomina así al abono que contiene solamente uno de los tres elementos esenciales primarios. Tal es el caso de la urea, el superfosfato triple o el cloruro de potasio.
- c) **Fertilizante compuesto:** Es el abono que contiene más de uno de los tres elementos esenciales primarios. Los fosfatos de amonio, por ejemplo, son fertilizantes compuestos ya que contienen fósforo y nitrógeno. Sin embargo, en algunos países estos fertilizantes se consideran erróneamente simples.
- d) **Fertilizante de mezcla física:** Es el fertilizante compuesto resultante de la simple mezcla física o mecánica de dos o más materiales, sin que medie reacción química alguna. Así por ejemplo, de la mezcla de fosfato diamónico y cloruro de potasio, en proporción 83,3% y 16,7%, respectivamente, resulta el fertilizante compuesto de grado 15-38-10.
- e) **Fertilizante complejo:** Se define como tal el abono compuesto resultante de la reacción química de ingredientes o materias primas. Normalmente, la producción de este tipo de abonos requiere de un montaje industrial relativamente complicado, de donde resulta la denominación de –complejo– que recibe el producto resultante. En esencia, el fertilizante complejo difiere del mezclado en que cada una de sus partículas presentará la misma composición de N, P₂O₅ y K₂O. Por contrario, la composición de una partícula es un fertilizante compuesto producido mediante mezcla física será la del ingrediente de la mezcla la cual pertenece. Esta característica tiene trascendencia en lo relativo a los efectos del fenómeno de segregación que se verán más adelante.
- f) **Estado físico.** En general, los fertilizantes se utilizan en estado sólido, líquido o gaseoso. Este tratado considera los fertilizantes sólidos pero, aun en este estado debe tenerse en cuenta que existe más de una alternativa de presentación física. Así, el estado cristalino es común en algunos

fertilizantes de origen natural; tal es el caso del cloruro de potasio, en tanto que los fertilizantes manufacturados o sintéticos pueden ser granulados o cristalinos.

- g) **fertilizante natural:** Es aquel producto fertilizante obtenido de depósitos o yacimientos minerales, el cual es comercializado después de ser sometido a un proceso de beneficio y empaque. La roca fosfórica y el cloruro de potasio constituyen ejemplos de fertilizante de origen natural.
- h) **Fertilizante sintético:** Es el abono manufacturado mediante un proceso industrial. Como ya se indicó, los fertilizantes complejos son sintéticos, al igual que una gran variedad de fertilizantes simples, como la urea, superfosfatos, nitrato de amonio, etc.

Una variedad del origen sintético es el de los subproductos. En efecto algunos materiales fertilizantes resultan de procesos industriales no encaminados a su obtención sino a la fabricación de otro producto. Los ejemplos más conocidos en esta categoría son el de las escorias thomas, que son subproductos de siderurgia, y el de sulfato de amonio, remanente del proceso de producción de la caprolactama.

- i) **Fertilizante granulado:** Material fertilizante en el cual las partículas están constituidas por gránulos de diámetro variable que oscilan generalmente entre 2 y 4 mm. En general, el término granular no implica un proceso específico para obtener la granulación, ya que esta puede lograrse mediante la agregación de partículas pequeñas, fraccionamiento y tamizado de fragmentos grandes y control del tamaño de cristal en los procesos de cristalización.
- j) **Fertilizante cristalino:** Es el abono cuyas partículas están constituidas por cristales de diferente tamaño y forma. El sulfato de amonio, nitrato de potasio y el cloruro de potasio constituyen ejemplos de fertilizantes cristalinos.
- k) **Fertilizante –prilled- o perlado:** Fertilizante cuya granulación de forma esférica se obtiene mediante la solidificación de gotas durante su caída en aire u otro medio fluido, tal es el caso de algunos tipos de urea. Las partículas resultantes son pequeñas y su diámetro oscila entre 1 y 2 mm.

ESTERCOLADURAS

Las estercoladuras del suelo de los invernaderos, en un principio, cuando se inicia la explotación de esos suelos, deben de estar dirigidas a establecer un nivel adecuado de materia orgánica, que como ya dijimos se fija en un 5 por 100 (en peso); una vez que se haya conseguido, las estercoladuras que se hagan a los cultivos tendrán como fin mantener dicho nivel de materia orgánica.

Con el estiércol, aún cuando tiene interés el aporte de principios nutritivos, tiene mucho mayor importancia conseguir que el suelo mantenga su estructura en un estado óptimo, el mayor tiempo posible durante cada cultivo.

En las estercoladuras no hay que despreciar la aportación de anhídrido carbónico que con el estiércol se hace; al desprenderse ese gas del estiércol y quedar confinado dentro del invernadero, se aumenta el nivel de carbónico sin necesidad de aportarlo artificialmente, con gran aprovechamiento para la planta, al aumentar la provisión y consiguiente asimilación del carbono en la síntesis de los azúcares mediante la función clorofílica.

Clases de estiércol

En las primeras aportaciones que se hagan al principio de la explotación del invernadero, deben utilizarse estiércoles flojos con gran volumen de materia orgánica; no son convenientes aquellos estiércoles que presenten una concentración excesiva de elementos fertilizantes, como ocurre con el estiércol de oveja (sirle) y aves (gallinaza y palomina).

Cuando se trata de mantener el nivel de materia orgánica, los estiércoles idóneos son aquellos que fermentaron, por lo menos, un año antes de que se utilicen.

Cuando se emplea estiércol de una sola especie de animales, los mejores son los de ganado equino. Si son mezcla de varias especies puede ser buena la mezcla de bovino con ovino; también la de bovino, gallinaza y porcino, o la de bovino, ovino y porcino; otra mezcla que puede ser interesante es la de equino, bovino y ovino; si la paja fermentada se mezcla con «sirle», con gallinaza, con palomina, puede producirse un buen estiércol.

Cantidades que se aplican

En los invernaderos cuyo suelo esté desnudo y se utilice para un solo cultivo al año, es necesario estercolar cada cultivo con una cantidad de estiércol que oscilará entre 2 y 5 kilos por metro cuadrado, según la riqueza de materia orgánica y la cantidad de cal que contenga el suelo, puesto que en los suelos calizos se acelera el consumo de materia orgánica.

En aquellos invernaderos, también de suelo desnudo, en los que se vayan a hacer dos o más cosechas a lo largo del año, se hará una sola aplicación, de 3 a 6 kilos de estiércol por metro cuadrado, en aquel cultivo que más nos interese, bien por aumentar sus rendimientos, o porque sea cultivo de escarda, o por otras razones; no es conveniente aplicar estiércol delante de los cultivos siguientes:

- Bulbos (cebollas, puerro, gladiolo, etc.)
- Lechuga, apio, escarola, espinaca, acelga.
- Cultivos con marco reducido que dificulte las labores de escarda.

En los cultivos de flores que se reproducen por bulbos, es preferible estercolar en el cultivo anterior de la alternativa; en este caso, al cultivo de flores (con bulbos) se le aplicará 2 ó 3 kilos de turba por metro cuadrado.

En los invernaderos enarenados las estercoladuras se hacen en los retranqueos; como el intervalo entre dos retranqueos consecutivos es como mínimo de tres años, se emplean estercoladuras de 8 a 10 kilos por metro cuadrado.

En este sistema de enarenado es recomendable desterrar la costumbre de aportar dosis excesiva de estiércol, y ser equilibrados en las aportaciones, pues con cantidades excesivas se perjudican los cultivos, ya que abortan las flores y aumentan las enfermedades, principalmente el primer año después de cada retranqueo con estercoladura excesiva.

EVOLUCIÓN DE LOS ABONOS ORGÁNICOS Y MINERALES EN EL SUELO

Los abonos, tanto orgánicos como minerales, cuando se aplican al suelo sufren una serie de transformaciones químicas hasta que están en condiciones de poder ser tomados por las raíces de las plantas.

Estas transformaciones o «puesta a punto» de los fertilizantes en el suelo, es lo que vamos a tratar a continuación.

Formas de estar el nitrógeno en el suelo

El nitrógeno se encuentra en la naturaleza en forma orgánica y en forma mineral.

Ya hemos visto que los vegetales toman los elementos fertilizantes siempre en forma mineral y nunca en forma orgánica.

El nitrógeno en el suelo y en los abonos orgánicos y minerales que se aportan, tienen este elemento fertilizante en las tres formas en que se encuentra el nitrógeno; Orgánicos, amoniacales y nítricos.

El nitrógeno orgánico, que es el gran potencial de este elemento fertilizante en el suelo, se encuentra en el humus y en las aportaciones orgánicas (estiércol, restos de cosecha, etc.)

La materia orgánica fresca se descompone en humus por la acción de un conjunto de microorganismos presentes en el humus del suelo y de la propia materia orgánica que se aporta (bacterias, mohos, levaduras, lombrices, etc.)

Estos organismos siguen «trabajando» el humus hasta llegar a la mineralización de sus elementos. Para el caso del nitrógeno, esta fase de mineralización pasa por dos estadios; amonificación y nitrificación.

El nitrógeno amoniacal está fijado por el complejo arcillo-húmico y en la solución del suelo.

El nitrógeno nítrico está en forma soluble en la solución del suelo.

Las plantas toman el nitrógeno a través de sus raíces principalmente en la forma mineral nítrica, aunque también en menos intensidad puede tomarlo en forma amoniacal.

PROTECCIONES DEL SUELO CON COBERTURAS

En algunos casos es conveniente proteger el suelo del invernadero mediante algunos de los sistemas de recubrimiento que se utilizan en los cultivos intensivos.

Esta protección es interesante en determinadas circunstancias, para obtener mayor rendimiento económico de los cultivos que se realizan en invernadero, aprovechando los efectos beneficiosos que estas coberturas imprimen al suelo y a las plantas.

En los invernaderos, los sistemas de protección que más se utilizan, tanto en España como en el extranjero, son los mullidos con residuos vegetales (turba, paja, hojas secas, etc.), los acolchados con láminas plásticas y los enarenados.

EMPAJADO

El empajado consiste en cubrir la superficie del suelo con una capa de paja u otros residuos vegetales. Esta cobertura interesa utilizarla en los cultivos que se hacen en invernadero en épocas de primavera-verano y verano-otoño.

Ventajas del empajado

Las ventajas que se han comprobado con este tipo de protección del suelo son las siguientes:

- Se ahorra bastante trabajo en las labores de faina o limpia, ya que en un suelo empajado no es necesario dar ninguna labor al suelo. Las escardas se evitan casi totalmente, pues una vez empajado apenas sales malas hierbas.
- La estructura del suelo, durante todo el cultivo, permanece en similar estado en que estuviera en el momento de realizar el empajado; es decir, está siempre como si se acabara de dar una labor de faina.
- La humedad del suelo permanece más estable durante cada intervalo entre riegos.
- Amortigua las oscilaciones excesivas de temperatura en el suelo.
- Se aporta gran cantidad de materia orgánica para los cultivos siguientes.
- En aquellos cultivos donde los frutos suelen estar en contacto con el suelo, tales frutos en suelo empajado resultan de mejor calidad.

Cultivos que pueden ser empajados

Los cultivos más idóneos para ser empajados son aquellos que tienen un marco de plantación amplio y su ciclo vegetativo es largo, aunque también los cultivos donde, al ser su marco de plantación demasiado pequeño, se ven dificultadas las labores de limpia y escarda, resultan beneficiados con el empajado.

En el primer caso están los cultivos de tomate, pimiento, berenjena, calabacín, pepino, melón y algunos cultivos de flor cortada, como rosal, dalia, etc.

En el segundo caso, se tiene gladiolo, lillum, fresa, iris, fresón, clavel, etc.

Clases y cantidad de paja

Puede servir cualquier clase de paja que esté picada o trillada, siempre que no tenga semillas de malas hierbas. Da buen resultado la paja de cebada, trigo y arroz.

Con el fin de evitar la posibilidad de alguna fitotoxicidad producida por residuos de herbicida, es recomendable utilizar pajas procedentes de cultivos que no hayan sido deshierbados por procedimientos químicos.

El suelo de cultivo debe quedar tapado con la paja en una capa uniforme de unos 8 centímetros de espesor; esto viene a equivaler con la cantidad de un kilo de paja por metro cuadrado de suelo.

Forma de empajar

El empajado se hará en el momento oportuno que más adelante se describe y cuando la estructura superficial del suelo esté en las mejores condiciones para el desarrollo óptimo del sistema radicular del cultivo que se vaya a empajar.

Antes de proceder al extendido de la paja, es interesante hacer un abonado de cobertera adaptado al cultivo.

A continuación se extiende la paja procurando que quede suelta, sin formar capas apelmazadas; si se utiliza paja envasada en «balas» o «pacas», las capas o tongadas que se forman al romper la «bala» o «paca» deben disgregarse con las manos o bien por medios mecánicos que garanticen la adecuada disgregación.

Momento oportuno de empajar

En los cultivos que necesitan labores de aporcado, no debe hacerse esta práctica hasta que la planta haya quedado en lo alto del caballón y no precise nuevos aporcados.

El momento de colocar la paja está en función de la altura de la planta, pues si se empuja cuando tiene un tamaño pequeño, el cultivo puede quedar tapado por la capa de paja.

Siempre se hará el empajado a continuación de una labor de faina, dada en las mejores condiciones de tempero; hay que tener en cuenta que tal como esté la estructura de la superficie del suelo en el momento del recubrimiento, así se mantendrá el tiempo que permanezca la capa de paja.

Cuidados posteriores

Los abonos de cobertura nitrogenados se aplican echándolos encima de la paja; puede ocurrir que en la primera aportación que se haga, los microorganismos que están desarrollándose en la iniciación de la fermentación de la paja, puedan restar alguna cantidad del nitrógeno nítrico que se aporte, por lo que convendrá aumentar un poco más la dosis que se aplique.

Los riegos se hacen de la misma forma que si no estuviera empajado; aunque en algún momento la paja del fondo del surco flote sobre la lámina de agua, no hay cuidado pues, cuando se filtra el agua, la paja vuelve a su situación primitiva.

Después que se ha empajado no hay que dar ninguna labor de faina y aporcado.

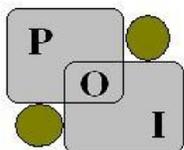
Las escardas apenas hay que hacerlas, pues son pocas las hierbas que nacen.

Si la paja tiene bastante semilla suele nacer cereal; esto no tiene importancia, pues estas plantas quedan muy debilitadas con las pisadas que hay que hacer en las operaciones culturales; si ocasionasen

problemas estas plantas de cereal se arrancan a tirón cuando tienen una altura de unos 20 centímetros y se dejan allí encima de las pajas.

En los tratamientos fitosanitarios es conveniente tratar también la paja, con el fin de evitar la posibilidad que dentro de ella se puedan desarrollar focos de organismos perjudiciales para el cultivo en aprovechamiento.

Al final del cultivo, la paja puede enterrarse en el suelo, o utilizarla como sustrato para hacer mantillo, o puede utilizarse en el cultivo siguiente; previa recogida y conservación de la misma.



Capítulo VII

ACOLCHADO CON PLÁSTICO

El sistema de proteger el suelo mediante láminas de plástico puede tener interés en algunos casos para utilizarlos como cubierta protectora del suelo de los invernaderos.

Esta técnica consiste en colocar extendida una lámina de plástico polietileno, o copo limerio EVA, o cloruro de polivinilo (PVC), total o parcialmente, sobre el suelo de cultivo.

Hace aproximadamente cincuenta años, surgió la idea de usar materiales plásticos en la agricultura. Desde esa época, muchos progresos han sido realizados en la utilización, en la concepción y en materiales usados, lo que condujo a tonelajes importantes consumidos para ese uso.

Las utilizaciones varían de un país a otro, según si las condiciones climáticas crean necesidades más fuertes en ahorro de agua, en protección contra la intemperie o para buscar precocidad y la protección de los cultivos en post-cosecha. Estas técnicas no son aplicadas forzosamente en todos los países.

Ventajas del acolchado en invernaderos

Los beneficios que pueden obtenerse de los cultivos en invernadero, cuando su suelo se acolcha con lámina plásticas, son los siguientes:

- a) Precocidad en los cultivos, debido al aumento de temperatura en el suelo, que se obtiene con el plástico durante el día, conservándose luego el calor durante más tiempo por la noche.
- b) Ahorro, ya que se evitan:
 - Escardas.
 - Otras labores.
 - Riegos.
- c) Aumento de producción en las cosechas, ya que se consigue:
 - Régimen uniforme de la humedad del suelo.
 - Mantenimiento de una buena estructura (la obtención de una buena estructura debe lograrse mediante labores y enmiendas apropiadas).

- Mayor aprovechamiento de los abonos, lo cual significa también aumento en parte de la fertilidad del suelo.
- Inexistencia de malas hierbas competidoras.
- Menor número de frutos dañados.

d) Disminuyen los peligros de la escarcha y helada, debido a que:

- La temperatura acumulada en el suelo durante el día se va desprendiendo lentamente por la noche. (Con ello también es más difícil que se hiele el sistema radicular).

e) Disminuye la humedad relativa alta del ambiente de los invernaderos.

f) Se pueden suceder varios cultivos sin necesidad de dar labores al suelo, no apreciándose menoscabo en la producción de los últimos cultivos de la rotación en acolchado, siempre que sus ciclos sean cortos y precisen pocas prácticas culturales.

A continuación se detallan y justifican las ventajas expuestas anteriormente:

Escardas

Como consecuencia del obstáculo que supone la lámina de plástico, las malas hierbas, o no desarrollan, según el color, o lo hacen muy débilmente. Hay una excepción; el plástico transparente suele plantear problemas con las malas hierbas.

Otras labores

Véase más adelante el apartado sobre la estructura del suelo.

Riegos y conservación de la humedad del suelo

La lámina impermeable de plástico evita la evaporación de la humedad del suelo; solamente se evapora el agua que transpiran las plantas y la que se pierde a través de las superficies de suelo que no están cubiertas con plástico.

Mantenimiento de la estructura

El suelo se conserva sin formarse costra con la estructura y «tempero», tal como estuviera en el momento de taparle con la lámina de plástico, ya que no actúan sobre él los agentes atmosféricos y la desecación por pérdida de humedad.

No es necesario, pues, efectuar ninguna clase de labor para mantener o mejorar la estructura.

La porosidad del suelo es mayor en el acolchado.

Aumento de la fertilidad natural del suelo

Los procesos de nitrificación y solubilización de las sales del suelo se ven incrementados debido al aumento de temperatura, conservación de humedad y mantenimiento de la estructura en estado perfecto.

Con el aumento de temperatura y la humedad óptima que se consigue, se incrementa el desarrollo de los microorganismos que trabajan en beneficio de la fertilidad del suelo.

Por otra parte, y como ya hemos dicho antes, hay mayor cantidad disponible de fósforo asimilable en las capas superiores del suelo.

Mayor aprovechamiento de los abonos

Los fertilizantes solubles, aportados al suelo, tardan más en ser arrastrados en profundidad por las aguas de riego y permanecen más tiempo al alcance de las raíces de las plantas; Esto se consigue con los abonos en forma de nitratos y de potasa.

Mayor temperatura del suelo

La lámina de plástico favorece la acumulación de calor, aumentando la temperatura del suelo durante el día y conservándola durante más tiempo por la noche. Este aumento de calor del suelo crea un microclima alrededor de la planta favorable para la aceleración de su proceso vital.

Menor número de frutos podridos o dañados

La lámina de plástico evita en determinados cultivos el contacto de los frutos con el suelo, por lo que hay menos posibilidades de putrefacción por enfermedades, plagas de suelo, roces, excesos de humedad, etc.

La temperatura acumulada por el día, se desprende lentamente por la noche

Esta regularidad en el flujo de la radiación nocturna del calor acumulado durante el día, puede evitar los daños que en la «inversión térmica» de algunos invernaderos causan las temperaturas críticas, cuando están alrededor de la helada.

Disminución de la humedad en el ambiente del invernadero

Los cultivos que se hacen en invernadero, en algunas zonas climáticas, se ven gravemente afectados por el exceso de humedad que existe en la atmósfera del invernadero y consiguientes condensaciones, con problemas de invasión criptogámicas y poco desarrollo de las plantas.

Al acolchar estos cultivos, la evaporación de la humedad del suelo se evita en gran parte, y además se dan menos riegos, con lo que la atmósfera del invernadero disminuye su concentración de humedad y por ende el riesgo de condensaciones.

Cultivos apropiados

El acolchado con plástico en el suelo de los invernaderos lo admiten todos aquellos cultivos en los que está demostrada la utilidad de los plásticos, en su utilización en cultivos al aire libre, tales como:

- Plantas de huerta: tomate, berenjena, pimiento, calabacín, pepino, fresón, melón, sandía, lechuga, escarola, acelga, apio, etc.
- Plantas de flor cortada: crisantemo, dalias, rosas, strelitzia, antirrino, ramúnculos, statica, etc.

En qué casos debe utilizarse

Este sistema de proteger el suelo en los invernaderos es interesante en aquellos cultivos que se realizan entre octubre y marzo, épocas éstas que sufren excesiva humedad en el ambiente del interior de las instalaciones, en casi todas las regiones.

En cambio, desde abril hasta septiembre, durante las horas de luz solar, suele haber una falta de humedad en el ambiente del invernadero y, si se acolchara el suelo, se aumentaría la sequedad de la atmósfera del invernadero. Hay que tener en cuenta que si el acolchado es total, puede bajar bastante la humedad relativa del invernadero, ocasionando desequilibrios y deshidrataciones en los cultivos.

Sin embargo, el acolchado tendrá interés en toda estación climática, para aquellos lugares que en cualquier época del año presenten problemas de humedad en la atmósfera del invernadero.

Clases de plástico empleados en los acolchados

En España para la protección de los cultivos en forma de acolchado solamente se emplea el polietileno.

Según la distinta capacidad del polietileno para reflejar el espectro solar, existen las siguientes clases: transparente, gris humo y negro opaco.

El transparente es el que da más precocidad a los cultivos; también es el que puede evitar los daños de helada producidos por temperaturas críticas, comprendidas alrededor de los 0° centígrados. En cambio, presenta, problemas con las malas hierbas que se desarrollan debajo del plástico, ya que crecen con rapidez y pueden levantar la lámina, causando perjuicios a las plantas cultivadas; ello implica que haya que utilizar herbicidas antes de colocar el plástico. Si el cultivo acolchado se hace a continuación de una desinfección de suelo con Bromuro de metilo, la acción herbicida de este tratamiento será suficiente y no será necesario aplicar herbicida.

El plástico de color negro opaco es el que menos precocidad da a los cultivos, el que menos puede evitar los efectos de helada de las bajas temperaturas y el único que elimina totalmente las malas hierbas; en cambio, puede ocasionar quemaduras a las plantas que estén en contacto con la lámina.

El color gris humo es intermedio entre el transparente y el negro opaco. Las malas hierbas se desarrollan con dificultad; no ofrece peligro de quemaduras para los frutos y plantas; da menos precocidad que el transparente; puede evitar los efectos de la helada cuando ésta es muy ligera.

Superficie y grosor de las láminas

En los acolchados el espesor de las láminas tiene una marcada acción sobre la regulación de la temperatura y el efecto de abrigo. Cuando mayor es el grosor, más impermeable es la lámina a las contraradiaciones y, por tanto, mejor conservada la temperatura del suelo.

En los acolchados de cultivos en invernadero es recomendable emplear:

- Lámina transparente gris humo o negro de 80 a 150 galgas, cuando solamente interesa la acción del acolchado en los primeros dos o tres meses invernales de mayor problema de humedad. También se utilizará este grosor en plantas de ciclo corto, que requieran pocas prácticas de cultivo y la recolección se realice en pocas veces.

- Lámina negra o gris humo de 150 a 200 galgas en cultivos que hay que pisar bastante el acolchado, ya sea por tener muchas prácticas de cultivo o por hacerse escalonadamente la recolección.
- Lámina de 200 a 300 galgas, cuando se quiera aprovechar el material para realizar con él dos o más cultivos consecutivos, recomendándose el color negro opaco o gris humo.
- La anchura de las láminas dependerá de la clase de acolchado que se vaya a hacer (total o parcial) y de la anchura de los caballones que se piense colocar. Si el acolchado es total, se emplearán láminas de anchura grande; cuando es parcial se utilizan láminas de anchura igual a las franjas que se quieren cubrir, más 20 centímetros que se entierran en dos bandas de 10 centímetros por cada margen.

TIPOS DE ACOLCHADO

El acolchado del suelo de los invernaderos puede ser total o parcial, según se cubra todo el suelo o solamente franjas más o menos anchas sobre los caballones o hileras de plantas.

En el acolchado total se cubre con plástico toda la superficie de cultivo; puede acolcharse totalmente tanto en llano, como en caballones, como en mesetas, etc.

El acolchado parcial de los cultivos en invernadero puede hacerse de las formas siguientes:

- En los lomos de los surcos.
- En las camas o mesetas.
- Con franjas de plástico sobre las hileras de plantas.

Acolchado de lomos y camas

El acolchado de lomos y camas o mesetas son dos formas sencillas de acolchar; consiste en colocar la lámina de plástico sobre los lomos de los surcos o las mesetas de cultivo, sujetando con tierra todos los bordes de la lámina.

Acolchado de franja sobre las hileras de plantas

En las disposiciones en llano, se coloca una lámina de polietileno de poca anchura y ligero espesor, siguiendo las líneas de plantas.

Con el acolchado parcial se pretende sólo adelantar el cultivo en sus primeras fases de desarrollo.

Preparación del suelo

El suelo cuando se vaya a acolchar debe estar limpio de malas hierbas, con un grado de humedad óptimo, sin costra en la capa superficial y con la mejor estructura posible. No debemos olvidar que las condiciones físicas que tenga el suelo en el momento de extender la lámina de plástico, se mantendrá durante bastante tiempo.

Para conseguir estas condiciones, deben darse las labores precisas al suelo para dejarlo en un estado de granulación mediana (máximo de terroncillos entre 1 y 5 milímetros), no olvidándose que tan malo es la abundancia de grandes terrones como la excesiva pulverización del suelo.

Cuando se dan las labores al terreno se aplicarán los abonos minerales fosfóricos y potásicos que la planta vaya a necesitar durante el tiempo que permanezca el plástico sobre el suelo. En cuanto a los nitrogenados y especialmente los nítricos son fáciles de aportar en cobertura con el agua de riego, por lo que nunca se cargará la mano en nitrogenados en el abonado previo.

Colocación del plástico

El acolchado puede hacerse manualmente o con máquina.

Colocación manual

Los pasos o etapas que deben seguirse son los siguientes:

- Se prepara el terreno (asurcado, mesetas o camas, etc.), según las costumbres y marcos de plantaciones tradicionales.
- A lo largo y ambos lados del lomo o meseta que se vaya a acolchar, en la tierra se hacen paralelamente dos surcos o zanjitas de 10 centímetros de profundidad.

En el extremo correspondiente a la franja en curso del campo asurcado o amesetado que se va a cubrir, se hace un surquito o zanjita, sobre la cual se coloca el extremo de la lámina de plástico, tapándolo a continuación con tierra e incluso aporcando para fijar y asegurar tal extremo.

- Se desenrollan 8 ó 10 metros de lámina y se dejan extendidos encima de la franja en curso. Para facilitar el desenrollamiento de la bobina, por el hueco interior del tubo que lleva ésta, se coloca en eje de madera o de hierro, cuyos extremos deben sujetar dos operarios; al avanzar éstos por encima de la franja a cubrir, la bobina se irá desenrollando y el plástico quedará descansando sobre el terreno.
- Se estira el plástico con la ayuda de un operario, mientras que otro u otros dos van tapando con tierra unos centímetros por cada lado de la anchura del plástico sobre los dos surquitos o zanjitas paralelas que previamente se hicieron; se sigue desenrollando 8 ó 10 metros de lámina y así, se va haciendo hasta terminar la longitud de la franja que se acolcha.
- Al final de la meseta o caballón, se sujeta el plástico de la misma forma que se hizo en el otro extremo de la franja que se está acolchando.

Al colocar el plástico se debe procurar que la lámina quede lo más atirantada posible y muy pegada a la tierra, con el fin que las plántulas de malas hierbas tengan poco volumen de aire para su desarrollo e inmediatamente que hayan nacido, cuando aún son muy jóvenes, tomen contacto con el plástico y éste, en las horas de alta luminosidad, quemará a las plántulas en sus puntos de contacto.

Colocación mecánica

Cuando las superficies que se tienen que acolchar son extensiones grandes, la colocación del plástico en los acolchados debe realizarse mediante máquinas. Existen aparatos complicados que, además del acolchado, surcan el terreno, colocan los tubos del riego localizado y realizan la plantación o siembra del

cultivo que se está acolchando. Otras máquinas son más sencillas y pueden diseñarlas cualquier, agricultor con ayuda de un herrero.

Agujereado del plástico

Tanto si el acolchado se hace a mano como si es a máquina, el plástico tiene que quedar agujereado en su superficie, para que penetre en el suelo el agua de riego.

Estos agujeros pueden hacerse antes de acolchar, cuando el plástico está enrollado en la bobina, o se puede hacer después que haya sido colocada la lámina en el suelo.

En el primer caso, sobre la propia bobina de plástico con un punzón o una perforadora se hacen orificios de 5 a 10 milímetros de diámetro, a una distancia variable, comprendida entre 10 y 15 centímetros, tanto en dirección longitudinal de la franja como en la de su perpendicular.

En el segundo caso, una vez se ha acolchado, con una barra o caña punzante de unos 5 a 10 milímetros de diámetro se va punzando regularmente, según el marco decidido; además cuando el riego es de «pie», se va punzando irregularmente el plástico, principalmente en la parte del surco que va a ser inundado en el riego; si el riego es por aspersión, entonces se aumentará el número de orificios en la parte superior del caballón o meseta cubierta con el plástico.

Algunas máquinas de las que colocan el plástico, e incluso hacen la plantación o siembra, van provistas de un dispositivo que perfora el plástico.

Forma de plantar y sembrar

Tanto en la operación de plantación como en la de siembra que se realicen en acolchados de invernaderos, hay que distinguir si se hace antes o después de colocar sobre el suelo la lámina de plástico.

Siembra y plantación antes de acolchar

No es conveniente sembrar antes de hacer el acolchado, a no ser en el caso de las siembras que se hagan en los acolchados llamados micro-túnel, procedimiento éste de acolchar que no interesa en los invernaderos.

Cuando se va a acolchar después de haber plantado, se extiende la lámina de plástico sobre los caballones, mesetas o franjas que se van a acolchar; La presión de la lámina de plástico sobre las plantas no las perjudica.

Inmediatamente que se coloque el plástico, se procede a realizar agujeros sobre la lámina, en aquellos lugares donde estén plantadas las plantas.

Las perforaciones de los agujeros en las láminas acolchadas deben hacerse en forma de círculo, con un diámetro de 8 a 10 centímetros; nunca se harán en cruz o hendiduras, con el fin de evitar que el plástico se desgarre.

Siembra y plantación después de acolchar

Para sembrar, se hacen los orificios en el plástico a la distancia que corresponda, según el marco de plantación del cultivo que se vaya a sembrar.

Para hacer la plantación, ésta puede hacerse de dos formas:

Haciendo agujeros en el plástico antes de plantar, o haciendo la plantación al mismo tiempo que se realiza la perforación.

En el primer caso, primero se hacen los orificios de la superficie acolchada y a continuación se planta en el suelo que queda cubierto.

En el segundo, la perforación del plástico se hace con el plantador y seguidamente se planta.

En ambos casos, se debe procurar que los bordes del orificio no toquen el tallo de la planta con el fin de evitar quemaduras.

Además de regar de pie después que se ha hecho la plantación, es recomendable echar en el pie del tallo de cada planta un poco de agua con el fin de asegurar el arraigue.

IMPORTANCIA DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS EN AGRICULTURA

Es bien conocido que uno de los problemas de tipo económico-social de más difícil solución con el que han de enfrentarse los países de todo el mundo es el relativo a la Agricultura.

Los procesos técnicos, la competición encarnizada en los mercados mundiales y la subida de precios obligan a los agricultores a enfrentarse con las realidades económicas. Los métodos antiguos y los equipos pasados de moda ya no ofrecen un beneficio suficiente a las inversiones. Las explotaciones agrícolas están transformándose, poco a poco, en empresas comerciales con la ayuda de nuevas técnicas y un adecuado análisis de los gastos y beneficios obtenidos, según sean los tipos de cultivo.

El hombre de campo está transformándose en un hombre nuevo: primero piensa en comerciantes; después, como agricultor.

El sector agrícola se ve obligado a realizar grandes esfuerzos para encontrar la mejor solución a problemas tan diversos como: producción, rendimiento, precocidad, comercialización, ahorro de mano de obra y de energía, lucha contra las inclemencias del tiempo, escasez de agua etc.

Al juego de los dos factores tradicionales de la producción agrícola: mano de obra superficie del terreno cultivable, se ha unido un tercero, el capital, íntimamente ligado a los progresos técnicos.

Cada vez hay menos agricultores y que, sin embargo, han de alimentar una población en constante crecimiento; se precisa más tierra y más capital, y si esto no es posible los hombres del campo están obligados a aumentar el rendimiento por hectárea para no quedarse atrás en el aumento de su nivel de vida, a tenor de la renta nacional.

Por otro lado, a pesar de los enormes adelantos de la ciencia, el hombre moderno se halla casi siempre inerte ante el comportamiento de la naturaleza; frente a la industria, que realiza enormes progresos de todo tipo, la agricultura apenas ha cambiado. Es indudable que los medios de que se disponen han mejorado, pero las leyes de crecimiento siguen siendo, más o menos, las mismas; incluso el gran impulso que ha supuesto la mecanización no ha logrado cambiar las técnicas de cultivo.

El aumento de los rendimientos no ha supuesto, al mismo tiempo, la modificación de la cadencia de la producción, íntimamente ligada al ritmo de las estaciones. En definitiva, el hombre, hasta ahora, apenas

puede contra el clima en el que se desenvuelve. Pues bien, la aplicación de los materiales plásticos, en muchos países, está contribuyendo a la resolución de algunos de los problemas que se le presentan al agricultor. Durante los últimos años esta explicación se ha extendido con tal rapidez, que actualmente constituye un complemento indispensable en numerosas técnicas de cultivo. Algunas de las más importantes innovaciones en las técnicas de cultivo de los últimos cien años han implicado a los materiales plásticos, que en sus diversas formas encuentran más de doscientas aplicaciones útiles para las necesidades directas o indirectas de los agricultores.

Tan importante despliegue de materiales, con propiedades que pueden fabricarse “a medida”, a dado lugar a una gama de aplicaciones que permiten la transformación de operaciones marginales en empresas rentables mediante la disminución de los precios de costo y el aumento de la productividad. Tienen a imponerse en el mundo agrícola ya que siendo una fuerte renovación de las técnicas de cultivo y el mejoramiento de los métodos antiguos, se constituyen en una respuesta económica a problemas tan diferentes como son el aumento del rendimiento y de la precocidad de las cosechas; del riego y del drenaje de los terrenos; del embalaje y del transporte, por citar sólo unos pocos.

En la Era de los Plásticos, la agricultura no podía ser una excepción y la **PLASTICULTURA**, ciencia joven de no más de treinta años que se ocupa de la ingeniería de la utilización de los plásticos en la agricultura y horticultura moderna, contribuirá eficazmente a elevar el nivel de vida de muchos agricultores de todo el mundo.

Ahora, incrementar producciones o cosechas fuera de estación es bastante más fácil que hace pocos años y hay que reconocer que el empleo de los plásticos ha venido a ser una importante ayuda en el cotidiano laborar del hombre para conseguir más alimentos y un más elevado nivel de vida, y esto, además con un neto aumento de beneficios para el cultivador e incluso, en muchos casos, con una notable reducción de gastos.

Hoy día, que con tanta gravedad se plantea en todos los países el éxodo rural, esta nueva tecnología puede fijar otra vez la tierra a tantas familias que se iban de ellas no por la falta de afección y competencia sino porque el trabajo era duro y la utilidad escasa.

La utilización de los plásticos en agricultura aumentará a medida que la mano de obra pueda efectuar con más eficacia las aplicaciones y las instalaciones, a medida que aumente la duración de los materiales por un lado y el precio de los terrenos por otro, y cuanto mayor sea la posibilidad de elección en las dimensiones ofertadas por los fabricantes.

Los materiales plásticos que se utilizan en agricultura son muy versátiles en sus aplicaciones, son ligeros, flexibles o rígidos según los casos, de fácil manipulación, resistentes a heladas y granizos y los gastos de inversión no son, en general, prohibitivos.

Aunque el precio de los plásticos hayan aumentado sensiblemente a partir de la crisis de la energía, estos materiales seguirán representando una inversión válida para la producción de alimentos, ya que permiten economía de energía y de agua, posibilitan el aumento de rendimiento en tierras frías y permiten la recuperación de terrenos impropios para el cultivo.

La simple enumeración de las aplicaciones actuales de los materiales plásticos en la agricultura moderna permitirá al lector hacerse una idea de las enormes posibilidades.

Modificación de la estructura del suelo, cuando el terreno es arcilloso o compacto, para que las raíces de las plantas no mueran por asfixia, por falta de oxígeno.

Fumigación del suelo, con objeto de destruir las malas hierbas y evitar las enfermedades provocadas por ciertos virus.

Acolchonado con filmes, que sustituyen a la antigua técnica de proteger los suelos y cultivos con paja, para guardar la humedad, impedir que los frutos se ensucien, frena el desarrollo de malas hierbas, guardar el calor del suelo, modificar la estructura del terreno, de su contenido de nitrógeno y anhídrido carbónico, etc.

Cultivo semi-forzado con túneles de diversas formas y tamaños, fabricados, en general, con filmes de polietileno (PE) o de policloruro de vinilo (PVC) y que vienen a sustituir a los antiguos chasis de vidrio.

Invernaderos y abrigos altos, fabricados con filmes de PE (simple o de doble pared), de PVC normal o reforzado con maya de nylon o de poliéster con filmes de copolímero EVA, con placas rígidas de PVC, de poliéster - fibra de vidrio o de polimetacrilato de metilo (PMMA) - y que pueden acondicionarse a la temperatura y humedad más adecuada a cada cultivo.

Ensilaje de forrajes, en silos flexibles o rígidos, indispensables para poder suministrar al ganado, durante el invierno, una alimentación completa.

Grandes embalses, especialmente en las regiones donde hay escasez de agua, empleando hojas PE o de PVC plastificado, etc.

Riego y drenaje, ya que por, un lado el riego por aspersión y últimamente el riego localizado tiende a sustituir al riego tradicional por surco, para llevar agua al suelo; efectivamente, los tubos de hierro y de aluminio utilizados en exclusiva hasta hace pocos años se sustituyen cada vez en mayor cantidad por tuberías de plástico.

Redes anti-granizo, corta-vientos, anti-pájaros, anti-heladas, etc.

Envases y embalajes de productos agrícolas (fruta, hortalizas, aceite, leche, etc.), sacos para abonos y pesticidas, etc., cuya diversidad y amplia aplicación con posiblemente las más conocidas por el gran público.

Es de resaltar la gran importancia que van adquiriendo los plásticos en la conservación de productos alimenticios y como factor de venta. Conociendo los requisitos que han de cumplirse en la conservación y transporte de un producto alimenticio determinado, puede asegurarse que existen una o varias soluciones "plástico", solos o asociados a otros materiales diferentes, formando los llamados "complejos".

Hay plásticos que son esterilizables, otros gozan de una permeabilidad selectiva a los gases, vapores y olores, otros que resisten a las temperaturas de refrigeración y congelación, que pueden ser retráctiles adaptándose a la forma del producto, etc. Sin olvidar el puesto verdaderamente excepcional que ocupan los plásticos en el caso de envases no recuperables.

Lucha contra las heladas aplicación que merece ser muy tomada en cuenta; todos los esfuerzos que se realicen serán pequeños en comparación con las cuantiosas pérdidas que pueden originarse en unas pocas horas por culpa de las heladas.

Cada día aparecen nuevos materiales y se desarrollan nuevas técnicas de cultivo.

Entre los primeros:

Filmes anti-goteo

Filmes de PE térmico y de larga duración

Filmes de copolímeros de etileno-acetato de vinilo (EVA).

Placas de poliéster-fibra de vidrio, recubiertos con un filme de polifloruro de vinilo (PVF) para lograr mayor durabilidad.

Filmes foto-selectivos para obtener productos de mayor calidad, precoces o tardíos.

Filmes opacos térmicos para acolchados.

Filmes fotodegradables.

Filmes de PVC verdes para plantas exigentes en calor (melón, por ejemplo).

Filmes anti-vaho, interesante para espárragos.

Laminados de PE transparentes o pigmentados con poliéster aluminizado, de aplicación en aislamiento térmico con vista al ahorro de energía, frenando las pérdidas caloríficas por radiación de las plantas hacia el techo del invernadero.

Entre las técnicas de cultivo:

El riego gota a gota, con el que economiza agua y por tanto energía (bombeo, supresión del desplazamiento de las redes móviles).

Construcción de edificios para crianza de animales y maquinismo agrícola.

Acolchado total del terreno, asociado con el riego gota a gota, con la consiguiente economía de agua y de mano de obra; se trata de una técnica de futuro, sobre todo en cultivos perennes, ya que se suprimen las labores de escarda y se utilizan mejor los abonos líquidos.

“Doblado” de invernaderos con filmes plásticos con fines de aislamiento térmico.

Pantallas reflectoras para su uso nocturno.

Protección temporal con invernaderos mediante pequeños túneles.

Circulación de agua a temperaturas entre 30 y 40°C, en fundas de plástico que van sobre el suelo, y que ocupan el 50 por 100 de su superficie.

Cultivo sobre filme nutritivo, dado a conocer en 1975 y que es verdadero cultivo hidropónico que permite cultivar grandes cantidades de plantas en medio líquido, sin tener que auxiliarse de un sustrato de enraizamiento sólido.

Aislamiento térmico de paredes dobles con espumas líquidas de célula cerrada o con perlas de PS expandido.

Si hubiera que resumir en pocas palabras hacia donde van las investigaciones en la aplicación de los materiales plásticos en agricultura, nos atreveríamos a considerar como las más importantes las siguientes.

Ahorro de energía y de agua.

Mayor duración de los materiales plásticos.

Plásticos a medida para cada aplicación específica.

Desarrollo de nuevas técnicas de cultivo sólo posibles gracias al concurso de los materiales plásticos.

Aprovechamiento de la energía solar con la ayuda de los plásticos.

La organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), una de cuyas misiones consiste en contribuir a la promoción de los elementos que intervienen en la industrialización equilibrada de los países en vía de desarrollo, se preocupa de que la implantación de las industrias deberán responder prioritariamente a las necesidades de la agricultura, equipos, herramientas, abonos, pesticidas y, desde luego, materiales plásticos, cuya contribución en lo referente a la economía de agua tiene una importancia particular en las zonas áridas.

Sin embargo, no debe sacarse la idea de que los plásticos constituyen la panacea universal de los cultivos agrícolas, así como tampoco hay que pensar que cualquier plástico vale para cualquier cultivo, con cualquier variedad y en todo tipo de terreno y de clima.

Los excelentes resultados que puedan lograrse en cualquier país son fruto de la investigación y la experiencia. Los agricultores interesados en estas aplicaciones deben asesorarse debidamente y comenzar sus experiencias en pequeñas parcelas cuando carecen de la experiencia debida. Sólo después de que sus ensayos se han visto coronados por el éxito podrán pasar a explotaciones de mayor superficie. De esta manera será fácil evitar los grandes fracasos económicos.

Entre todos los materiales plásticos que se ofrecen en el mercado el agricultor debe el que, a su juicio, se acerque más la materia ideal. El argumento de peso que verdaderamente debe condicionar la elección de un material es la rentabilidad de la operación; es decir, el que dé mayor beneficio económico.

Estas y otras consideraciones llevan a la conclusión de qué, en lo referente a los plásticos, el mejor conocimiento de sus propiedades y características permitirá realizar una mejor elección así como prever lo que dará de sí el material elegido.

Propiedades y Características Técnicas de los Plásticos utilizados en Agricultura, llamando también su atención sobre la importancia que debe darse a la Normalización y a la Calidad de los diferentes productos.

ACOLCHAMIENTO DE SUELO CON FILMES DE PLÁSTICO

El acolchamiento, empajado o mullido, ha sido 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, los cuales, entre otros efectos, producen la desecación del suelo, deterioran la calidad de los frutos, enfrían la tierra y lavan la misma arrastrando los elementos fertilizantes, tan necesarios para el desarrollo vegetativo de las plantas.

Para disminuir estos efectos, los agricultores disponían sobre la superficie del terreno una capa protectora formada por materiales de origen vegetal (paja, caña, hojas secas, etc.) u otros de origen mineral (arena). Esta capa actuaba como barrera de separación entre el suelo y el ambiente (atmósfera), la cual amortiguaba sensiblemente los efectos anteriores. Ahora bien, según la naturaleza de estos materiales (cama), ofrecían además otras ventajas: la opacidad a la luz solar impedía en desarrollo de malas hierbas; la absorción del calor del sol por estas camas y su restitución durante la noche constituía un medio de defensa para la planta contra las bajas temperaturas nocturnas, influyendo considerablemente en el aumento de rendimiento y en una mayor precocidad en la recolección de frutos.

Hace ya algunos años se hicieron ensayos con diversos materiales, tales como papel alquitranado, láminas de aluminio, etc.; pero se han abandonado debido a que son materiales voluminosos, caros y de difícil colocación sobre el terreno.

De más reciente aplicación son los filmes de plástico (PVC y PE), de resultados excelentes, que han venido a desplazar a los materiales anteriores y se van implantados poco a poco en todos los países, aún en aquellos más tradicionalistas.

Efectos y ventajas del acolchamiento de suelos con filmes de plástico

Los filmes de plástico proporcionan mayores ventajas que las conseguidas con materiales de origen mineral o vegetal utilizados antiguamente en la cobertura de suelos.

Influye notoriamente sobre:

- a) Humedad del suelo.
- b) Textura del terreno.
- c) Estructura del suelo
- d) Fertilidad de las tierras.
- e) Vegetación espontánea.
- f) Protección de fruto.

Influencia sobre la humedad del suelo

Al ser el plástico impermeable al vapor de agua y a los líquidos impide la evaporación del agua del suelo, con el efecto consiguiente de que se mantiene a la disposición de las plantas cultivadas. De esta forma se beneficia de una alimentación constante y regular.

El terreno, al estar cubierto con un plástico negro o gris-humo, no deja desarrollarse la vegetación espontánea; esta no consume agua, resultando un ahorro de la misma en beneficio del cultivo.

Las ligeras pérdidas por evaporación que se producen por las perforaciones (agujeros hechos para que salga al exterior el tallo de la planta) son ligeramente compensadas para la recuperación de las aguas de lluvia a través de los mismos.

Influencia sobre la temperatura del suelo

Durante el día, el plástico transmite al suelo las calorías recibidas del sol, haciendo el efecto de invernadero. Durante la noche, el filme detiene, en cierto grado, el paso de las radiaciones caloríficas del suelo hacia la atmósfera, fenómeno que depende, en mayor o menor cuantía, según se utilicen filmes de polietileno transparente, gris-humo, negro, metalizado, etc. ; o bien se trate de filmes de PVC.

Influencia sobre la estructura del suelo

El suelo acolchado con filme de plástico presenta una estructura ideal para el desarrollo de las raíces de las plantas. Estas se hacen más numerosas, más largas en sentido horizontal a consecuencia de que las plantas, al encontrar la humedad suficiente a poca profundidad y un suelo bien mullido, su sistema

radicular se desarrolla más lentamente que si tiene que buscarla a mayores profundidades, en cuyo caso su crecimiento sería en sentido vertical.

Con el aumento de raicillas aseguramos a la planta una mayor succión de agua, sales minerales y demás fertilizantes, que conducen a unos mayores rendimientos.

Influencia sobre la fertilidad de la tierra

La elevación de temperaturas y de humedad del suelo como consecuencia de estar protegido el terreno con un filme de plástico favorece la electrificación y, por tanto, la absorción del nitrógeno por la planta. Por otro lado, al estar protegido el terreno por estas láminas impermeables al agua, las lluvias no “lavarán” el suelo; los elementos fertilizantes no serán arrastrados por su superficie, ni a capas profundas donde no pueden llegar las raíces de las plantas. Las pérdidas de nitrógeno “lavado” serán en este caso nulas.

Influencia sobre el crecimiento de malas hierbas

El crecimiento y desarrollo de la vegetación espontánea que se origine debajo de estas láminas de plástico dependerá considerablemente del color de las mismas, es decir, de su permeabilidad en la luz sola.

Se puede evitar totalmente el crecimiento de estas utilizando un filme o lámina negra. Aunque en las otras tonalidades (transparente, verde, marrón, gris-humo) aparecen malas hierbas en mayor y menor cuantía respectivamente, a veces, no llegan a fructificar, ya que el plástico termina sofocándolas, a consecuencia de las altas temperaturas que se originan bajo el mismo.

Influencia sobre la calidad de los frutos

Los filmes de plástico, al actuar de barrera de separación entre el suelo y la parte foliar de la planta, evitan que los frutos estén en contacto directo con la tierra, obteniéndose éstos con una calidad y presentación tal que los hace ser más comerciales.

Es muy aconsejable esta técnica para aquellas plantas que produzcan frutos rastreros, tales como: fresas, tomates, melones, pepinos, etc. ya que el plástico evitará que se originen putrefacciones, ataques de insectos y, sobre todo, las enfermedades triptogámicas (caso muy frecuente en el cultivo de la fresa por el ataque Botrytis).

En resumen, el acolchamiento del suelo con láminas de plástico permite

a) Obtener cosechas:

1. Abundantes (aumento del 21-200 por 100, según los cultivos).
2. Precoces (de 8-21 días).
3. Sanas.
4. Limpias.

b) Reducir los riesgos.

c) Suprimir las labores culturales: faina, escardas, etc.

d) Reducir la mano de obra.

Cultivos que se pueden acolchar

A la vista de los efectos producidos por el acolchamiento de suelos, que se traducen en un mayor beneficio para el agricultor al conseguirse cosechas abundantes, precoces, limpias y sanas, es fácil adivinar que esta técnica puede aplicarse a todo tipo de cultivo, especialmente en:

Cultivos hortícolas: Berenjena, acelga, apio, escarola, coliflor, pepinos, calabacín, cebolla, fresa, judías, lechuga, melón, sandía, tomates, etc.

Cultivos industriales: Tabaco, algodón.

Frutales: Albaricoque, cerezos, manzanos, melocotoneros, parrales y viñas, etc.

Cultivos ornamentales: Rosa, dalia, pensamiento, etc.

Viveros: Plantas de árboles frutales e industriales.

Tipos de filmes (láminas) de plástico utilizados en acolchamientos de suelos

Puede decirse que a nivel mundial el material plástico más utilizado hoy día en acolchado de suelos es el polietileno. La causa de esta elección no es caprichosa, ni por causas técnicas justificadas, sino más bien por causas de tipo económico, dado que su precio es inferior al de cualquier otro material plástico utilizado en agricultura.

Los tipos de filmes, atendiendo a su coloración o pigmentación, que hoy día se utilizan para esta aplicación, son: negro opaco, transparente, gris-humo, verde, marrón y metalizado.

Cada uno de ellos posee unas determinadas características que dan lugar a efectos diferentes sobre los cultivos; por ello es preciso que el agricultor antes de utilizarlos sepa cuál es el comportamiento de éstos para que elija el más idóneo de acuerdo con sus necesidades.

El primer tipo de lámina que se utilizó fue el negro opaco, poniendo de manifiesto que no dejaba crecer las malas hierbas, al no poder realizarse la fotosíntesis como consecuencia de impedir el paso de las radiaciones visibles. Posteriormente se llevaron a cabo pruebas con láminas transparentes o incoloras, dando lugar a la obtención de cosechas precoces pero observándose que favorecían el crecimiento de malas hierbas como consecuencia del calentamiento del suelo y de su transparencia a las radiaciones solares.

A estos dos ensayos les siguieron más tarde otros con el fin de encontrar una lámina que impidiera el crecimiento de las malas hierbas y que, a la vez, produjera cosechas precoces. Así pues, se ensayaron una serie de láminas de tonalidades gris-humo que por ser de características intermedias a la transparente y negro-opaco daban lugar a efectos intermedios.

Últimamente se realizaron otros ensayos en cultivos herbáceos y leñosos con filmes de tonalidades verdes, marrones y metalizadas que han dado buenos resultados y que han disminuido en alguna medida las desventajas que ocasionaba la utilización de los filmes negro y transparente. Los filmes metalizados tienen la ventaja de reflejar la luz recibida e impedir el paso de ésta a través de ellos dado que su cara interna es de color negro-opaco, lo cual impide el crecimiento de malas hierbas.

Los estudios anteriormente citados están basados en el comportamiento de estas láminas o filmes frente a las:

- a) Radiaciones visibles (transmisión del espectro solar durante el día).
- b) Radiaciones caloríficas (transmisión calorífica nocturna del suelo hacia la atmósfera).

Uno de los objetivos principales que se persigue con el acolchamiento de suelos es el de producir una elevación de temperatura en el mismo que aumente la actividad y el crecimiento de las raíces de la planta, lo cual producirá cierta precocidad en la recolección de cosechas (El avance de la precocidad es directamente proporcional al aumento de la temperatura del suelo a 7,5 cm de profundidad); por todo ello, estos filmes de plástico deberán ser permeables a las radiaciones infrarojas o caloríficas. Este aumento de temperatura del suelo durante el día servirá para reducir el enfriamiento de la planta durante la noche a consecuencia de la aportación calorífica que emite la tierra hacia la atmósfera.

Así pues, los filmes utilizados para el acolchado de suelos deberán comportarse de tal forma que:

- a) Transmitan al terreno durante el día el máximo de calorías con el fin de aumentar la temperatura del mismo.
- b) Impidan lo más posible el crecimiento de malas hierbas (salvo que los suelos estén tratados).
- c) Dejen salir durante la noche parte del calor acumulado en el suelo durante el día, con el fin de proteger a la planta de las bajas temperaturas del exterior.

Comportamientos espectrométrico de los filmes del polietileno

Tras varios años de estudios realizados en diversos países, se comprobó que los resultados obtenidos en parcelas acolchadas con filmes negro-opaco, gris-humo y transparente eran distintos, debido a que los efectos producidos por los mismos eran diferentes como consecuencia del comportamiento espectrométrico de estas láminas. Para mejorar conocimiento de los efectos producidos, a Continuación se desglosan en dos:

1. Efectos diurnos.
2. Efectos nocturnos

Efectos diurnos

- a) Filmes transparentes
- b) Radiaciones caloríficas

Tienen estos filmes la propiedad de transmitir un elevado porcentaje de los rayos solares recibidos - más del 80 por 100 -, lo cual provoca un notable calentamiento del terreno que cubre al actuar como "abrigo". Este efecto de invernadero produce la buena terminación de las semillas favoreciendo el crecimiento de los cultivos y dando lugar a la obtención de cosechas precoces.

Con este tipo de filmes se eleva más en proporción la temperatura máxima del día que la mínima.

b) Radiaciones visibles

Como ya se indica en el apartado a), el filme transparente deja pasar más del 80 por 100 de las radiaciones visibles; esto, unido al aumento de temperatura que experimenta el suelo acolchado, da lugar a que las malas hierbas se desarrollen de tal forma que pueden causar indirectamente ciertos perjuicios a las plantas por producir:

- Pérdidas importantes de elementos fertilizantes en el suelo.
- Pérdidas de reserva de agua en el terreno.
- Molestias mecánicas, ya que levantan los filmes y el viento puede moverlos y destruirlos.

Sin embargo, estas malas hierbas normalmente mueren por asfixia, debido a las altas temperaturas que se originan bajo los plásticos o por las quemaduras que sufren al estar en contacto con la superficie del filme.

II. Negro-opaco

a) Radiaciones caloríficas

El filme negro-opaco absorbe una gran parte del calor recibido y lo transmite por radiación hacia el suelo y la atmósfera; debido a este fenómeno, el suelo, durante el día, se calienta poco, el aumento de temperatura que se origina sobre la superficie del filme puede causar serios problemas, tales como:

- Riesgos de quemaduras a las plantas jóvenes que permanecen en contacto con la lámina de plástico (notablemente en el verano).
- Riesgos mecánicos. Las láminas de plástico se dilatan al calentarse durante las horas cálidas del día, y luego por la noche se contraen a consecuencia del descenso de temperaturas. Estos fenómenos, a los que diariamente están sometidas las láminas de plástico, terminan por acortar su vida, pudiendo rasgarse éstas y causar daños a los cultivos por los continuos aleteos que el viento provoca en dichas láminas en sus zonas desgarradas.

b) Radiaciones visibles.

Puesto que estos filmes no transmiten las radiaciones visibles comprendidas entre el 0,3 y 0,8 micras de longitud de onda, no se realiza la fotosíntesis.

Como ya se indica en el apartado a), el filme transparente deja pasar más del 80 por 100 de las radiaciones visibles; esto, unido al aumento de temperatura que experimenta el suelo acolchado, da lugar a que las malas hierbas se desarrollen de tal forma que pueden causar indirectamente ciertos perjuicios a las plantas, por producir:

- Pérdidas importantes de elementos fertilizantes en el suelo. Pérdidas de reserva de agua del terreno.
- Molestias mecánicas, ya que levantan los filmes y el viento puede moverlos y destruirlos.

Sin embargo, estas malas hierbas normalmente mueren por asfixia, debido a las altas temperaturas que se originan bajo plásticos, o por las quemaduras que sufren al estar en contacto con la superficie del filme.

III. Filmes gris-humo

Las características de estas láminas, al ser intermedias, dan lugar a efectos intermedios.

a) Radiaciones caloríficas

El filme gris-humo absorbe sobre su superficie las radiaciones en menor cuantía que el negro-opaco; debido a ello no causa daños a los cultivos por quemaduras y permite calentar el suelo durante el día.

b) Radiaciones visibles

Este filme no transmite las radiaciones visibles comprendidas entre 0,3 y 0,8 micras de longitud de onda, por lo tanto las malas hierbas no crecen bajo él y los cultivos se desarrollan satisfactoriamente sin privación de agua y fertilizantes. Este fenómeno o circunstancia engendra un mayor rendimiento de cosecha.

Esta particularidad que tiene las láminas metalizadas de reflejar la luz permite a las plantas aprovecharla con mayor intensidad; además, se ha comprobado que las láminas metalizadas de superficie rugosa, al tener su relieve no direccional, dispersan la luz evitando con ello la concentración de dichos rayos en un área específica, que son origen de sombras en las plantas. Esta reflexión y dispersión de luz crea alrededor de la planta un entorno más luminoso, lo cual lo sabe aprovechar mejor para dar mayor precocidad y mayores rendimientos de cosechas.

También se ha comprobado que el filme de polietileno metalizado es muy eficaz para repeler insectos, particularmente el pulgón, que se desarrolla en las partes menos soleadas de las plantas y que, al evitarse éstas como consecuencia de la reflexión de luz que originan dichas láminas, crea un ambiente soleado que le es desfavorable.

Efectos nocturnos

I. *Filmes transparentes*

Al hablar de los efectos diurnos que se producen con este tipo de filmes, se decía que permiten el paso del 80 por 100 de las radiaciones recibidas; debido a ello, el suelo se calienta de tal forma que da lugar a que se produzcan condensaciones en la cara interior del plástico como consecuencia de la evaporación constante del suelo. Estas condensaciones, que actúan como pantalla de las radiaciones del suelo hacia la atmósfera, impiden que el mismo se enfríe rápidamente por la noche, lo que contribuye a defender la planta contra las bajas temperaturas por las aportaciones de calor que éstas reciben del suelo.

Estos efectos producidos durante el día calentamiento de la parte radicular de la planta y la noche aportaciones caloríficas del suelo a la parte foliar de la planta contribuyen de una manera notoria a la obtención de cosechas precoces, limpias, sanas y más productivas que en los suelos desprovistos de láminas plásticas. En el capítulo IV se estudian detenidamente las permeabilidades de los materiales plásticos a diferentes radiaciones.

II. *Filmes negro-opaco*

El filme negro-opaco absorbe sobre su superficie gran parte del calor recibido que transmite por radiación hacia el suelo y la atmósfera. El calentamiento del suelo que cubre durante el días es, por tanto menor que con el filme transparente, lo que, unido a su poca permeabilidad, a las radiaciones caloríficas, impide durante la noche la aportación de calor del suelo hacia las partes aéreas de las

plantas. Esto da lugar a que exista cierto riesgo de helada por la planta en noches frías con cielo despejado, al no tener la defensa del calor emitido por el suelo.

No obstante, el filme negro-opaco, al actuar de una manera favorable sobre la estructura del suelo, produce mayores rendimiento que en suelos no protegidos, con una ligera precocidad sobre los mismos.

III. Filmes gris-humo

Como se acaba de ver, el filme gris-humo es poco permeable a las radiaciones lumínicas, pero, sin embargo, lo es bastante a las radiaciones caloríficas. Puede decirse que el comportamiento nocturno de estas láminas es muy similar al transparente, aunque menos acentuado que en éste. Así, pues, durante la noche las plantas reciben mayor aportación calorífica del suelo que aquellas que se cultivan en parcelas acolchadas con filmes negro-opaco.

IV. Filmes verdes y marrones.

Estos filmes permiten el calentamiento del suelo al dejar pasar las radiaciones recibidas durante el día en un 60-70 por 100. Por la noche dejan escapar hacia el exterior un porcentaje elevado de las calorías acumuladas, beneficiándose la planta de esta aportación calorífica ya que la defiende, en cierta medida, contra las bajas temperaturas. La mayor o menor liberación del calor del suelo (irradiación) hacia la atmósfera (planta) estará en función de la mayor o menor condensación de agua que se produzca en la cara interna del filme.

El comportamiento nocturno de estos filmes es muy parecido al del filme transparente, si bien la aportación de calor que la planta del suelo es menor que con los filmes transparentes. Por eso estos filmes coloreados deben utilizarse con cierta reserva en zonas donde pueden producirse temperaturas bajas rayando los cero grados.

V. Filmes metalizados

Los filmes metalizados tienen un compromiso nocturno muy parecido a los filmes negro-opacos. Como el calentamiento del suelo durante el día con estos filmes es pequeño, la planta se ve privada durante la noche de aportaciones caloríficas del suelo.

No deben utilizarse estos filmes en zonas donde las temperaturas nocturnas se aproximen a los cero grados.

Duración de los filmes de plástico

La duración o envejecimiento de los filmes o láminas de plástico está en función de:

- a) Calidad de los mismos
- b) Condiciones climatológicas de la zona (oscilaciones de temperatura).
- c) Latitud de la zona de cultivo.

- d) Estación del año (en primavera-verano los rayos ultravioleta degradan más fácilmente los filmes que en las otras estaciones).
- e) Pigmentación de las láminas (negro de humo).

Ventajas e inconvenientes que presentan los filmes de polietileno empleados en acolchado de suelos

Tipo de filme	Ventajas	Inconvenientes
Transparente	<ul style="list-style-type: none">-Aumenta considerablemente la temperatura del suelo durante el día.-Protege los cultivos durante la noche al permitir el paso de las radiaciones caloríficas del suelo hacia la atmósfera.-Da precocidad a los cultivos	<ul style="list-style-type: none">-Favorece el crecimiento de las malas hierbas, las cuales sustraen del suelo elementos fertilizante y reservas de agua.-Estas malas hierbas levantan los plásticos
Negro-opaco	<ul style="list-style-type: none">-Impide el crecimiento de malas hierbas.-Produce altos rendimientos-Precocidad de cosechas (menor planta recibe poco que con el filme transparente).-En días calurosos puede producir quemaduras en la parte aérea de la planta	<ul style="list-style-type: none">-Calienta poco el Suelo durante el día.-Durante la noche impide el calor del suelo hacia la planta
Gris-humo	<ul style="list-style-type: none">-Calienta el suelo durante el día.-Protege sensiblemente a la planta durante la noche, al permitir el paso de las radiaciones caloríficas del suelo hacia la atmósfera.-Precocidad de cosecha (menor que con el filme transparente, pero mayor que con el negro).	<ul style="list-style-type: none">-Menor precocidad de cosechas que la lograda con filme transparente.
Verde, marrón	<ul style="list-style-type: none">-No produce quemaduras.-Calienta el suelo durante el día, pero en menor cuantía que el transparente.-Protege los cultivos durante la noche al permitir el paso de las radiaciones Caloríficas del suelo hacia la atmósfera pero en menor cuantía que el transparente.-Atenúa el crecimiento de malas hierbas.-Precocidad de cosechas similar al conseguido por el filme transparente.	<ul style="list-style-type: none">-Crecimiento de malas Hierbas, aunque en menor cuantía que con el transparente

Metalizado	-No deja crecer las malas hierbas. -En plantaciones de verano impide el calentamiento excesivo del suelo y secado del sistema radicular de la planta. -Produce gran precocidad y rendimiento de cosechas incluso superiora las logradas con el filme transparente.	-Más costoso que cualquiera de los anteriores filmes señalados. -No protege a la planta durante la noche al impedir la liberación del calor del suelo.
------------	--	---

- f) Incorporación de inhibidores U.V. (en los filmes transparentes), sistemas estabilizantes, antioxidantes, etc.
- g) Cuidados que se tengan con las mismas.
- h) Grado o tipo de material empleado en su fabricación.

Como es lógico, cuanto mayores son los espesores de estas láminas mayor será su duración. Generalmente, los filmes transparentes sin tratar con inhibidores U.V. tienen una duración inferior a un año, pero como su utilización sólo es para cultivos estacionales, cumplen el objetivo propuesto. Los filmes gris-humo y negro-opaco, debido a su pigmentación negro de humo, que inhibe la acción de los rayos ultravioletas, causantes de su envejecimiento, tienen mayor duración que los filmes transparentes, lo que permite sean utilizados para cultivos que han de permanecer sobre el terreno de uno a tres años.

Filmes fotodegradables

Uno de los mayores problemas que originan el acolchamiento de cultivos es la retirada de los restos de filme, una vez concluida la recolección de cosechas. Como dichos plásticos están en su mayoría rotos y desperdigados por el suelo en trozos más o menos grandes, su recogida resulta muy costosa, por lo que el agricultor decide dejarlos sobre el terreno para que se degrade poco a poco con el tiempo.

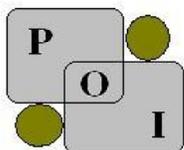
La destrucción total de estos plásticos es lenta, dado que al labrarse las tierras muchos trozos quedan enterrados y no vuelven a salir a la superficie hasta que no se ara nuevamente la tierra. Por otro lado, si la parcela de cultivo se acolcha normalmente (zonas de regadío) cada dos o tres años, la acumulación de plásticos va siendo cada año mayor.

La acumulación de plástico sobre el terreno no afecta para nada a los cultivos ni perjudica a las tierras, dado que la molécula del polietileno está formada por enlaces de carbono e hidrógeno que se liberan con el tiempo. Es más, puede decirse que beneficia a las tierras, dado que da esponjosidad a las de textura arcillosa y cohesión a las arenosas, El problema que crean los restos de los plásticos sobre las parcelas de cultivos son de tipo mecánico, dado que dificulta la labranza, puesto que dichos restos de plástico originan atascos en los aperos de labranza.

Para evitar estos problemas, la industria del plástico ha desarrollado un tipo de plástico denominado fotodegradable que tiene la propiedad de dar el servicio necesario durante el tiempo que ha de ser de utilidad para el cultivo y degradarse en pequeños trocitos una vez transcurrido dicho tiempo.

La duración de estos filmes estará en función del ciclo vegetativo del cultivo, es decir, del tiempo durante el cual el filme de polietileno ha de permanecer sin romperse en el suelo y del clima del lugar de aplicación.

Esta última circunstancia es fundamental y muy importante a tener en cuenta por el agricultor ya que un filme fotodegradable se degradará mucho antes en el campo en climas soleados como el de Almería que en climas septentrionales y mucho más fríos como puede ser el de las provincias de Logroño o Vizcaya.



Capítulo VIII

IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LA AGRICULTURA SUSTENTABLE

Algunos problemas importantes que enfrenta la comunidad mundial en su conjunto en el siglo XXI son el cambio climático mundial, la inseguridad alimentaria, la degradación del suelo, la contaminación del agua, y la pobreza rural (Lal, 2007b), el aumento de la concentración de los gases de efecto invernadero, a tenido como consecuencia que la temperatura media mundial ha aumentado de 13,6 ° C a 14,4 ° y la media de la cubierta de hielo del mar Ártico ha disminuido a razón de 2,7 % por decenio, Entre 1850 y 2000, la contribución relativa de CO₂ - C a la atmósfera a sido de 270 ± 30 Gt por la combustión de combustibles fósiles y 136 ± 55 Gt por la deforestación, la quema de biomasa, el uso de la tierra y la conversión de suelos de cultivo (Lal, 2004a). El IPCC (2007) indica en el informe que en la atmósfera la concentración de los gases de efecto invernadero (GEI) aumentó entre la era preindustrial y 2005, de 280 ppm a 379 ppm para el CO₂, 750 ppb a 1750 ppb para CH₄, y de 270 ppb a 319 ppb para N₂O. Por cada 4 Gt de Carbono fósiles quemado, la abundancia atmosférica de CO₂ aumenta en 1 ppm (Broecker, 2007).

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.

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.

Calidad del suelo y efecto de la materia orgánica del suelo (MOS)

El agotamiento de la materia orgánica del suelo (MOS) en la conversión de ecosistemas naturales a ecosistemas manipulados es causada por los cambios en la temperatura y la humedad del suelo, disminución de la cantidad de biomasa, regreso del carbono al suelo, la mineralización rápida, y el aumento de las pérdidas por lixiviación y la erosión. La degradación del suelo se ve agravada por el agotamiento de los MOS. A nivel mundial, 1,9 millones de hectáreas de suelo está degradada por actividades antropogénicas, de los cuales una gran proporción está en los países en desarrollo (Oldeman, 1994). Hay aproximadamente 850 millones de personas en situación de inseguridad alimentaria en el mundo (Rosegrant y Chne, 2003; Sánchez, 2002) y el número puede aumentar otros 100 millones para el año 2015. Adicionalmente 3,4 millones de personas sufren de hambre debido a los alimentos cultivados en suelos de mala calidad. A nivel mundial, la producción de alimentos deberá duplicarse en el 2050 para satisfacer la demanda de la creciente población. Estos son beneficios directos y los beneficios secundarios del MOS (TABLA 13; Lal 2004a;b). Por lo tanto, la mejora de MOS es necesario para mejorar la calidad de los suelos, el control de la erosión, y purificar las aguas naturales. El aumento del carbono en el suelo por $1 \text{ t C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ puede aumentar la producción de alimentos de 6 a 12 Mt año^{-1} en el sub- Sahara africano y 24 a 40 Mt año^{-1} en los países en desarrollo (Lal, 2006 a b). Hay Varias opciones tecnológicas para mejorar la MOS. (Figura 1). La conversión de labranza de arado a no labranza, en relación con el mantillo de residuos / cultivos de cobertura y abono, y el manejo integrado de los nutrientes, puede secuestrar C en los suelos del mundo, a razón de 0,6 a 1,2 Gt año^{-1} o aproximadamente el 15 % del total de las emisiones antropogénicas (Lal, 2004a: Lal *et al.*, 2004).

TABLA 13. Beneficios directos y secundarios y servicios proporcionados a los ecosistemas por el conjunto de materia orgánica del suelo

Beneficios directos	Beneficios subsidiarios y los servicios de los ecosistemas
1. Mejora la textura y la estructura del suelo	1. Secuestra CO ₂ atmosférico
2. Reduce la erosión del suelo	2. Aumenta la capacidad del suelo para oxidar (CH ₄)
3. Disminuye fuentes no contaminación	3. Restaura los ecosistemas degradados
4. Purifica el agua	4. Aumentos de suelos o la biodiversidad terrestre
5. Desnaturaliza la contaminación	5. Aumenta la eficiencia del uso de las entradas (uso eficiente del agua y de nutrientes)
6. Aumenta la planta de agua disponible	6. Mejorar el hábitat de la vida silvestre
7. Tiendas de nutrientes de las plantas	7. Disminuye la pérdida de nutrientes y de agua de los ecosistemas
8. Mejora de cultivos / rendimiento de biomasa	8. Mejora la resistencia de los ecosistemas
9. Proporciona la alimentación y la energía de la biota del suelo	9. Fortalece los mecanismos de reciclaje
10. Equilibra el impacto de perturbaciones sobre las propiedades del suelo	10. mejora el medio ambiente

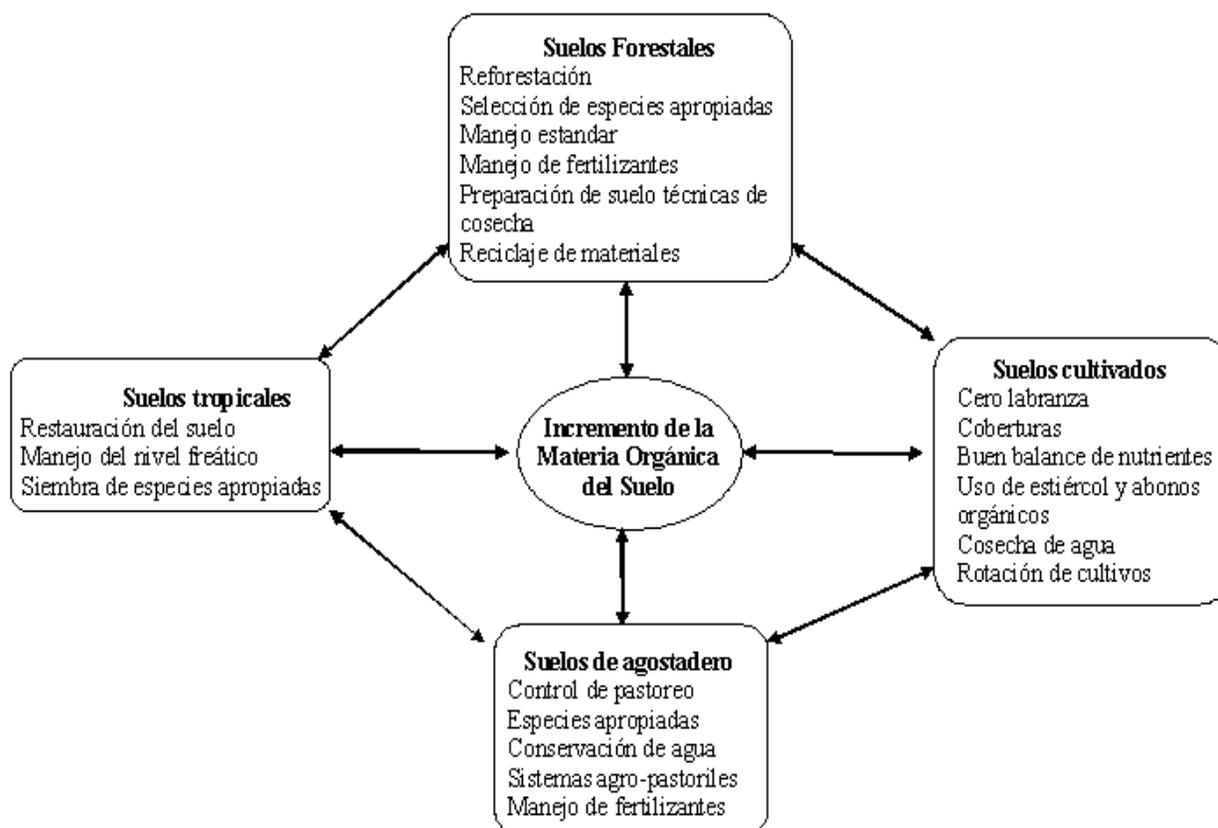


Figura 1. Técnicas de incremento de la materia orgánica del suelo

A pesar de sus numerosos beneficios directos y subsidiarios, el aumento de MOS es un desafío importante sobre todo en suelos degradados de las zonas tropicales (Lal, 2007a). Los efectos de la persistencia de altas temperaturas durante todo el año en el aumento de la tasa de mineralización de MOS se ve agravada por el predominio de los suelos que contienen en su mayoría arcillas de baja actividad (por ejemplo, Kaolinita) con una baja capacidad de absorción del mantillo(humus) y alta susceptibilidad a la erosión por agua y viento, además de las limitaciones biofísicas, son numerosas cuestiones: económicos, sociales y las dimensiones humanas que agravan el problema de la baja tasa de acumulación de MOS en ecosistemas tropicales (Lal, 2007a; Lal, 2006c). Los productores pobres, aprovechan los residuos de cosecha para su uso como forraje y combustible o material de construcción, usan el estiércol animal como abono, rara vez utilizan fertilizantes químicos para mejorar la fertilidad de los suelos y el uso de la labranza Mineralizan MOS, de modo que se pierden los escasos nutrientes necesarios para el rendimiento de los cultivos ($< 1 \text{ t ha}^{-1}$). Además, hay una falta o pobre infraestructura y poca atención de las instituciones de apoyo.

Limitaciones para la mejora de contenido de MOS

Las inversiones en la restauración del suelo y el control de la erosión sólo pueden traducirse en un beneficio comercial. Para definir este proceso en marcha, los agricultores deben tener acceso a los mercados y al crédito. La demanda orientada hacia el mercado o la agricultura sería necesario el desarrollo de cultivos adecuados o sistemas agrícolas que cumplan los requisitos económicamente viables y comercialmente orientado a la industria ganadera. El desarrollo de fuentes limpias de combustible doméstico es también un requisito previo esencial para utilizar el estiércol animal como enmienda para mejorar la calidad de los suelos. El estiércol animal y otros productos agrícolas o urbanos como biosólidos podría utilizarse en un biodigestor para generar electricidad y los productos fortificados, sintetizados en compost para su utilización como mejoradores del suelo. Esos generadores de energía, al ser comercializada por empresas de servicios públicos, tales como CFE, se debe desarrollar a nivel de los pueblos. Además, generadores de bioenergía deben establecerse en las zonas rurales viables para proporcionar fuentes de combustible para cocinar, eliminar la madera como combustible o como carburante líquido moderno (por ejemplo, el etanol celulósico, el biodiesel etc.), y crear oportunidades de empleo. Dos principales obstáculos para avanzar en estas áreas críticas incluyen el analfabetismo entre la población rural y la falta de una firme voluntad política, junto con el poder honesto y liderazgo visionario, aumento de la concienciación entre los servidores público acerca de la administración de tierras y el uso sostenible de los recursos naturales mediante el desarrollo y fortalecimiento de los canales de comunicación entre los investigadores, por un lado y los administradores de tierras y encargados de formular políticas, por el otro, es un paso importante en esta dirección,

Limitaciones para la adopción de siembra sin labranza en los países en desarrollo

Varias opciones están siendo consideradas para domar los gases de efecto invernadero (Bohannon, 2007). Una alta prioridad debe darse a la promoción de la adopción generalizada de la siembra sin labranza y la labranza de conservación con los liberales uso de los residuos agrícolas, mantillo, estiércol, compost y la incorporación de cultivos de cobertura (forrajes) en el ciclo de rotación. Algunos animales incuidos (por ejemplo, pastoreo, agricultura y pastoreo, y agro-silvo-pastoreo) y basados en actividades forestales (por ejemplo, la agrosilvicultura, de corta rotación, leñosas perennes) los sistemas agrícolas puede secuestrar carbono especialmente cuando son suelos de cultivo marginales y degradados se convierten a estos sistemas restaurativos. (Lal, 2007a)..

Mineralización de la MOS

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.

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.

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. Por lo tanto para que la materia orgánica impacte con el desarrollo sustentable se deberá de tener cuidado en aplicarla en periodos en los cuales se inicie las temperaturas mas adecuadas para una máxima mineralización, la cual en climas áridos y semiáridos seria un mes antes del inicio de la primavera para siembras tempranas y un mes antes del inicio del verano para siembras intermedias y si se esta en zonas de temporal un mes antes del inicio de las lluvias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización Geográfica del Sitio Experimental

Para complementar lo antes mencionado se presentan resultados del 2007 en un experimento en el cual se pretende tener una producción organica de maíz forrajero y grano, sin aplicación de agroquímicos en la región lagunera

Esta región se localiza en la parte central de la porción norte de los Estados Unidos Mexicanos. Se encuentra ubicada en los meridianos 102° 22' y 104° 47' longitud Oeste, y los paralelos 24° 22' y 26° 23' latitud Norte. El experimento de campo se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia. Cuyo suelo es arcilloso con 1.2 % de MOS

Los factores en estudio en experimentos de campo fueron cultivo y estiércol solarizado, tal y como se muestra en la TABLA 14, el cultivo fue maíz para grano y para forraje de la variedad San Lorenzo

TABLA 14. Factores en estudio en los trabajos de campo, CAE-FAZ-UJED

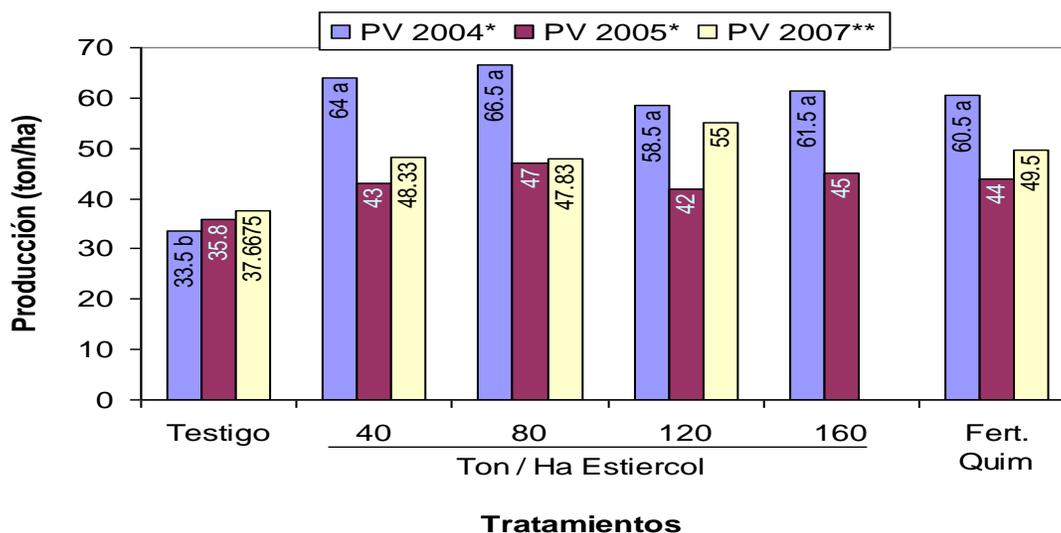
Factor A: Cultivo	Factor B: Estiércol de bovino
A1 = Maíz grano	B1 = 0 Megagramos (Mgr ha ⁻¹) de estiércol de bovino solarizado
A2 = Maíz forraje	B2 = 40 Megagramos (Mgr ha ⁻¹) de estiércol de bovino solarizado
	B3 = 80 Megagramos (Mgr ha ⁻¹) de estiércol de bovino solarizado
	B4 = 120 Megagramos (Mgr ha ⁻¹) de estiércol de bovino solarizado
	B6 = Recomendado (Fertilizante Químico) 100-150-00

La distribución de los tratamientos en campo, se realizó bajo un diseño de bloques al azar y un arreglo en franjas con cuatro repeticiones (Martínez, 1996), Las variables medidas en planta nos permiten determinar cuales son los mejores tratamientos en base a sus rendimiento de forraje verde

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sistema de riego por gravedad

Con respecto a la producción de maíz con agua de riego por gravedad y comparando la producción con estiércol solarizado y no solarizado, los rendimientos se muestran las figuras 3 y 4, siendo estas muy similares entre si, pero con respecto a la aplicación de estiércol y fertilizante químico estadísticamente diferentes con respecto al testigo lo que demuestra que la solarización no afecta la cantidad de nutrientes disponibles en la planta para un buen rendimiento. Por otro lado el sistema de riego si impacta en los rendimientos, siendo éstos más altos en los sistemas de riego presurizados (cintilla) que con gravedad.



* con aplicación de estiércol no solarizado, diferencias estadísticas

** con aplicación de estiércol solarizado, diferencias estadísticas

Figura 2. Producción de forraje de maíz en los diferentes tratamientos de estiércol no tratado y solarizado. CAE-FAZ-UJED, 2004-2007.

Concentración de materia orgánica (MO) en el suelo a diferentes profundidades en sistema de riego presurizado.

En todos los tratamientos de estiércol los porcentajes más altos se pueden observar en el estrato de 0 a 30 cm de profundidad (Figura 3). Teniendo los más altos valores en los tratamientos de 120 y 160 Mgr ha⁻¹ de estiércol a la profundidad de 7.5 cm con 5.65 y 5.52 % respectivamente, mientras que el testigo (0 aplicación de estiércol) apenas contiene el 2.07 % a 7.5 cm y 2.21 % a 15 cm de profundidad respectivamente. Esto refleja el efecto del estiércol sobre el incremento de materia orgánica en el suelo, debido principalmente a su alta concentración. Esto aplica el porque en los tratamiento de estiércol se observa un incremento de la materia orgánica después de 4 años de estar aplicando las mismas dosis en el mismo sitio, debido a la biodegradación del estiércol, ya que este contiene más del 5 % de Materia orgánica. Yagodín (1982) coincide en que el estiércol es una excelente fuente de MO y recomienda su uso para mejorar suelos muy pobres, también reporta concentraciones de MO en el estiércol de alrededor del 5 %. Por otra parte Castellanos (1982, 1986), menciona que el 50 % del estiércol es biodegradado en el primer año, lo que garantiza el contenido de MO en el suelo en los predios donde se ha aplicado estiércol Los beneficios de la MO en suelos agrícolas son físicos, químicos y biológicos, ya que mejoran la

estructura, evitan la compactación y la erosión, aumentan la retención de humedad, y mejora la capacidad de intercambio catiónico, como lo mencionan Castellanos *et al.* (1996). Fitzpatrick (1996) dice que la mayoría de los suelos contienen 1.6 % de MO; o menos pero en suelos muy áridos, el porcentaje baja a menos de uno y en suelos donde se ha aplicado estiércol consecutivamente en dosis de mas de 100 ton ha⁻¹ la concentración puede alcanzar niveles de 5% o mas (Salazar *et al.* 2002 y 2003).

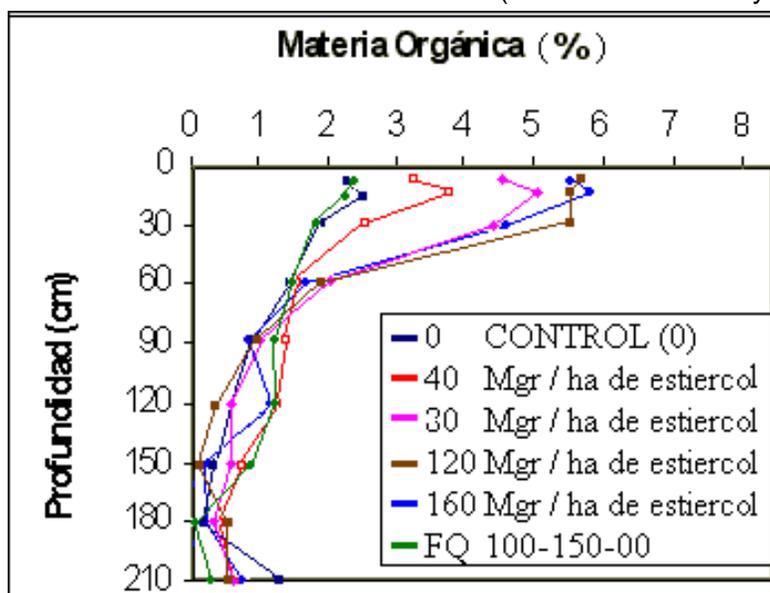
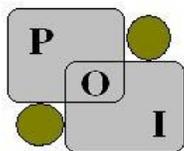


Figura 3. Distribución de la materia orgánica a través del perfil de un suelo abonado con estiércol durante cinco años consecutivos, CAE-FAZ-UJED, 2004.

CONCLUSIONES DEL CAPITULO

1. Previo análisis de suelo se puede iniciar con una dosis de 80 a 120 ton ha⁻¹,
 - Aplicando el estiércol al menos un mes antes, solarizado o no, dependiendo del objetivo del productor, si éste es producir orgánicamente, debe ser estiércol solarizado
 - Procurando una buena distribución en el terreno
2. La aplicación continua del estiércol deberá ser cuidadosamente seguida por el análisis de suelo
 - Con la finalidad de evitar salinización del suelo
 - Posible exceso de nitrato
 - Evitar la sodicidad del suelo



Capítulo IX

USO Y APROVECHAMIENTO DEL ESTIÉRCOL COMO ALTERNATIVA NUTRICIONAL EN INVERNADERO

La Comarca lagunera es la cuenca lechera más importante del país, con más de 2'000,000 de litros diarios de leche dado sus 200,000 cabezas de ganado bovino en producción aproximadamente. Sin embargo para tener ese número de cabezas de ganado bovino se requiere tener ganado de reemplazo y en desarrollo por lo que en total se tiene más de 400,000 cabezas con el principal objetivo de producir leche en la región. Lo anterior deriva en mas de 1'000,000 de kilogramos de estiércol base seca, producido por día, por lo que este tiene que ser tratado y dosificado adecuadamente para evitar posible contaminación del suelo y el agua del acuífero subterráneo (SAGARPA, 2000). Es actualmente ya común entre los productores aplicar más de 100 toneladas por hectárea (ton ha^{-1}) de estiércol en forma continua (por año) al suelo ocasionando problemas serios de salinidad y sodicidad principalmente, por lo que monitorear el suelo antes de la aplicación del estiércol deberá ser una practica útil y necesaria para decidir el cuanto aplicar de estiércol por año. Además el reciclaje apropiado de los nutrientes contenidos en los abonos orgánicos tales como estiércoles, a través de su incorporación en suelos agrícolas requiere del conocimiento del porcentaje de descomposición o también llamada “tasa de mineralización”. Este porcentaje debe ser estimado para diferentes condiciones edáficas y agro-ecológicas, de tal manera que puedan utilizarse de apoyo para el calculo de dosis del abono orgánico de interés. Una Sub-estimación de la dosis puede ocasionar deficiencias de nutrientes por el cultivo y una reducción en rendimiento y calidad del producto. Por el contrario, una sobre-estimación de la dosis conduce a exceso e nutrientes, toxicidad al cultivo y contaminación del suelo y el agua (Inversen, *et. al.* 1997).

Un manejo inadecuado de este importante residuo puede conducir a problemas ambientales, por ejemplo la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos declarará el estiércol como desecho tóxico debido a que se ha manejado en forma incorrecta con riesgos de contaminación por nitratos al acuífero (Florez-Margez, *et. al.* 2002).

La aplicación apropiada de abonos orgánicos en suelos agrícolas aumenta como medio de disposición, reciclaje de nutrientes y conservación del agua (Walker, 1999) en vista que la mayoría del N en los residuos orgánicos está en forma orgánica, trabajos de investigación son necesarios para determinar la tasa de mineralización y predecir la disponibilidad de nutrientes, particularmente N para un uso adecuado y eficiente en le producción agropecuaria (Sweeten, *et. al.* 1982).

La descomposición de materia orgánica depende de los microorganismos presentes y es un concepto general de una secuencia completa de procesos muy detallados en los cuales los organismos utilizan los compuestos orgánico como fuente de alimento (Ross, 1998).

De acuerdo con la fuente de energía principal, los organismos vivos se clasifican en fototróficos (utilizan la radiación) los quimotróficos (utilizan la energía liberada de oxidaciones químicas). Además, los organismos pueden ser subdivididos con base en su fuente de energía principal en autótrofos los cuales usan el carbono inorgánico (CO₂) y heterótrofos los cuales utilizan compuestos de carbono orgánico tales como carbohidratos. Los organismos responsables principalmente de la descomposición de materia orgánica son quimioheterótrofos (todos los animales vertebrados e invertebrados, principalmente bacterias y hongos) los cuales fraccionan las moléculas orgánicas complejas para obtener ambos energía y nutrientes simples que requieren para construir sus propios tejidos corporales (Horak, E. 1968). Por lo tanto conocer los microorganismos presentes en el estiércol es de vital importancia ya que algunos de ellos pueden ser patógenos para los humanos, proceso que en el estiércol de la Laguna no se ha llevado a cabo. Además, se desconoce que tipo de malezas son las que están presentes y que pasa cuando el estiércol es solarizado tanto con microorganismos como con malezas. Las principales especies de hongos detectados son las Mucorales, Discomycetes y Basidiomycetes. Esto debida a que el estiércol es un producto rico en carbono el cual es una fuente nutrimental básica para los hongos encontrados (Lincoff, 1981).

(Aguirre y Ulloa en 1983) encontraron resultados similares indicando que después que el carbono en estructuras bioquímicas fácilmente biodegradables los Mucorales mueren quedando estructuras más fácil de degradar por hongos de los Ascomycetes y Basidiomycetes, respectivamente.

Por otra parte Castro (2000) mediante recorridos durante los años 1988 y 1998 para identificar las principales especies de maleza que se encuentran en alfalfares de la Comarca Lagunera, se determinó que las especies con mayor frecuencia y grado de infestación durante el ciclo de otoño-invierno se presentaron: *Mostacilla Sisymbrium irio L.*; *Malva Malva parviflora L.*; *Borraja Sonchus oleraceus L.*; Bolsa de pastor, *Capsella bursa-pastoris L.*; Oreja de ratón, *Polygonum aviculare L.*; y durante el ciclo primavera-verano se presentaron: *Zacáte pegarropa, Setaria verticillata L.*; *Zacate chino, Cynodon dactylon.*; *Quelite, Amaranthus palmeri S.*; *Cuscuta, Cuscuta sp.*

MATERIALES Y METODOS

Localización del Sitio Experimental .

Los trabajos del presente estudio se realizaron en el laboratorio de microbiología, de suelos y el invernadero de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango, respectivamente. Localizada entre el Km 35 de la carretera Gómez Palacio –Tlahualilo, Durango.

Espacios de Exploración Estudiados.

Se evaluaron 8 muestras de estiércol de diferentes establos principalmente por la variación que existe entre estos en cuanto a características físicas y químicas (TABLA 15). Comparándose estos con muestras de estiércol solarizado a un mes y otra a seis meses del establo de la FAZ-UJED. En total se tuvieron un total de 10 muestras de estiércol y un testigo con tres repeticiones siendo estos los siguientes:

Cuadro 1. Establos Bovinos Muestreados para su Estudio

ESTABLO	CATEGORIA	No. DE MUESTRAS
FAZ-UJED	Pequeña Propiedad	3 (dos solarizados, 1 sin solarizar)
Fresno del Norte	Ejido	1
Ana	Ejido	1
DESLAC	Pequeña Propiedad	1
Porvenir	Pequeña Propiedad	1
Hormiguero	Pequeña Propiedad	1
Polca	Pequeña Propiedad	1
San Gabriel	Pequeña Propiedad	1
TOTAL	8	10

Establecimiento y Conducción de los Trabajos en Invernadero y Laboratorio.

Laboratorio.

Se selecciona una muestra de cada tipo de estiércol (aproximadamente 2 gramos) y se colocaron en una caja petri con papel filtro en su interior humedeciéndose y dejándose en una incubadora a 30° C para detectar la proliferación de hongos los cuales después del tercer día empezaron a desarrollarse. En lo que respecta a bacterias el método fue mas complicado tanto para la salmonelas como cóci

Invernadero.

En invernadero se trabajo en botes de plástico de 20 litros llenados con arena esterilizada hasta 15cm. del borde superior.

La alfalfa fue sembrada pero previamente se aplicaron las dosis de estiércol calculándose de acuerdo al área del bote en función de lo que se utiliza por hectárea, posteriormente se iniciaron los conteos del tipo y numero de malezas que se desarrollaron por tratamiento y repetición.

Variabes respuesta.

Las variables en respuesta fueron la presencia o No. de los microorganismos y el tipo presente en el caso del laboratorio.

Y con respecto a el invernadero se cuantifico con el numero y especie de maleza encontrados

RESULTADOS Y DISCUSION

Características físico-químicas del Estiércol.

Las tablas del 16 al 18 muestran las características físicas y químicas del estiércol de bovino para cuatro muestras tomadas a diferentes profundidades de una pila de 1 m de alto.

Como el estiércol en su composición no solo lleva la parte sólida que se desecha al animal, sino también otras sustancias como la orina, paja, etc. Es importante tener una referencia lo más completa posible de todos los elementos solubles e intercambiables y así estar en condiciones de explicar los posibles cambios físicos, químicos, y biológicos que ocurrirán en el suelo después de la aplicación de estiércol. Por ejemplo el porcentaje de Sodio intercambiable es extremadamente alto y rebasa los límites permisibles del suelo (15%). Otro factor es la conductividad eléctrica la cual está en un rango de 5.52 a 7.72 Dsm^{-1} , que rebasa también los límites permisibles del suelo, esto indica que la concentración salina del estiércol es alta debido a las dietas que se les da a los animales la cual es muy rica en sales. Esto justifica aún más el estudio porque dosificar y observar la biodegradación del estiércol es ya una necesidad en la laguna, ya que el productor de leche lo está aplicando en cantidades muy altas hasta más de 200 $ton\ ha^{-1}$ y esto saliniza al suelo pero lo más crítico es que lo sodifica, contaminando este recurso con efectos reversibles pero de recuperación costosa.

TABLA 16. Características físicas del estiércol bovino 2003.

Numero de Muestra	Profundidad Cm.	Temperatura °C	Densidad aparente Grs /cm ³	P. S % Humedad
1	0-15	32	0.44	50.3
2	15-30	44	0.46	28.7
3	30-45	45	0.49	28.5
4	45-60	44	0.46	22.4

TABLA 17. Características químicas (intercambiables) del estiércol bovino 2003

Numero Muestra	Prof. Cm	%N total	P X	K %	Ca %	Mg %	Na %	Mn Ppm	Fe Ppm	Zn Ppm	Cu Ppm	Bo Ppm
1	0-15	1.51	0.356	3.27	3.38	0.71	0.97	560	10960	200	49	390
2	15-30	1.39	0.388	3.32	3.47	0.76	1.02	620	12300	198	45	450
3	30-45	1.3	0.344	3.4	3.41	0.72	1.07	600	11250	206	53	410
4	45-60	1.27	0.358	3.3	3.31	0.71	0.98	590	11200	198	47	400

TABLA 18. Características químicas (solubles) del estiércol bovino 2003.

Numero Muestra	Profundidad cm	pH	Ca Meq /l	Mg Meq /l	Na Meq /l	RAS	PSI	C.E. Dsm^{-1}
1	0-15	8.09	4.04	0.74	31.52	20.4	22.4	6.87
2	15-30	8.2	4.11	0.68	32.17	20.8	22.7	7.72
3	30-45	8.27	4.1	0.61	31.35	20.4	22.4	7.76
4	45-60	8.04	3.96	0.67	32.87	21.6	23.4	5.52

Hongos

Las principales especies de hongos detectados son las Mucorales, Discomycetes y Basidiomycetes. Esto debida a que el estiércol es un producto rico en carbono el cual es una fuente nutrimental básica para los hongos encontrados. (Aguirre y Ulloa en 1983) encontraron resultados similares indicando que después que el carbono en estructuras bioquímicas fácilmente biodegradables los Mucorales mueren quedando estructuras más fácil de degradar por hongos de los Ascomycetes y Basidiomycetes, respectivamente.

Es importante mencionar que el estiércol solarizado en primavera-verano con temperaturas al ambiente mayores a 40 °C no presenta ninguno de los hongos mencionados ni otros encontrados en estiércol no solarizado de las especies del genero *Paneolus* las cuales son típicamente fimícolas cuyo crecimiento esta íntimamente ligado a altas condiciones de humedad, determinándose que estas eran *Paneolus antillarum*. (Guzmán y Pérez en 1972), encontraron especies del genero *Paneolus* en estiércol como *Paneolus semiovatus* y *Paneolus antillorum*.

Bacterias

Coliformes fecales

El procedimiento de filtros de membrana utilizados para determinar si *Escherichia coli* estaba presente en le estiércol solarizado y no solarizado fue todo un éxito y como este tipo de bacterias no son visibles a simple vista una lámpara black Light fue utilizada observándose claramente que estas bacterias si están presentes en el estiércol no solarizado no siendo así en el estiércol solarizado, lo que nos permite demostrar que la solarización si elimina este tipo de bacterias del estiércol bovino. El método completo utilizado en este proceso esta disponible para quien lo solicite al autor principal de este articulo.

La reacción en cadena polimeraza fué el método utilizado para determinar otras bacterias patógenas en humanos como salmonelas. El proceso se basa en la amplificación de regiones con altas temperaturas de DNA. El reactivo utilizado en el proceso es una termoestable enzima polimeraza de DNA extraída de bacterias *Thermus aquaticus*.

NORMAS DE APLICACIÓN DE ESTIÉRCOL DE BOVINO AL SUELO

Legislación sobre residuos ganaderos

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 (SCFI, 2000, y CODEES 1997). Las empresas extranjeras más importantes que operan en nuestro país 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 otros (FDA y CFSAN 1999 y IEM. R, 1956).

Muchos programas de certificación requieren medidas adicionales de protección del ambiente, 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 (UMFDA, 2002).

En nuestro país la producción de productos orgánicos se rige por la Norma Oficial Mexicana NOM-307 - Fito-1995 / 1997 (Cuadro 10), 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.

Tratamientos para reducir los riesgos asociados con el estiércol

Para transformar los desechos orgánicos en fertilizantes seguros (abono), es preciso seguir un método que reduzca la presencia de bacterias patógenas. La creación de abono es un proceso natural, biológico, mediante el cual el material orgánico se degrada y descompone. El proceso de transformación en abono es llevado a cabo por bacterias y hongos que fermentan el material orgánico y lo reducen a un humus estable. Debido a que el proceso de fermentación genera mucho calor, reduce o elimina los riesgos biológicos en la materia orgánica. (Lamkin, 1998 y Kéller Andreas, 2002). Los tratamientos de transformación en abono pueden ser divididos en dos grupos, tratamientos pasivos y tratamientos activos.

Tratamientos pasivos

Los tratamientos pasivos se basan en el mantenimiento de los desechos orgánicos bajo condiciones naturales. No se remueven las pilas de abono y el oxígeno libre presente en ellas es utilizado con rapidez, dando lugar a condiciones anaeróbicas, que retrasan el proceso de transformación en abono. Sin embargo, los factores ambientales tales como la temperatura, la humedad y la radiación ultravioleta, si actúan con un tiempo suficiente, inhiben el crecimiento de organismos patógenos y, eventualmente, los destruyen.

El mayor obstáculo con que se enfrenta este método es que toma demasiado tiempo para reducir de manera significativa el número de patógenos en la materia y resulta difícil determinar el tiempo necesario para que este proceso tenga lugar. La cantidad de tiempo que se necesita depende del clima, de la región y de la estación del año, así como del origen y el tipo de estiércol y de materia orgánica utilizada. Debido a estas incertidumbres, la transformación pasiva en abono no está recomendada.

Tratamientos activos

Los tratamientos activos son aquellos en los que las pilas de materia son tratadas en condiciones que aceleraron el proceso de transformación de los desechos en abono. El tratamiento activo para transformar materia orgánica en abono es el tratamiento más ampliamente utilizado por los agricultores.

Con los tratamientos activos, las pilas de materias son removidas con frecuencia o bien se les suministra otro tipo de aeración con miras a mantener condiciones adecuadas de oxígeno (aeróbicas) dentro de la pila. Se controlan los niveles de temperatura y humedad y se añaden suplementos si es necesario para obtener una humedad óptima y una tasa adecuada de carbono-nitrógeno que complete el proceso de transformación en abono. Dicho proceso está completo cuando la pila cesa de estar caliente. Bajo condiciones adecuadas, la elevada temperatura generada durante el proceso de fermentación destruye la mayor parte de los patógenos en un período de tiempo relativamente corto. .

Se puede entonces proceder al análisis microbiano del abono para determinar si el procedimiento fue eficaz y eliminó las bacterias patógenas. La presencia de *E. coli* y *Salmonella* suele ser utilizada como indicador, puesto que si están presentes en el abono, el fertilizante orgánico no deberá ser añadido al suelo y será necesario proceder a tratamientos adicionales del fertilizante.

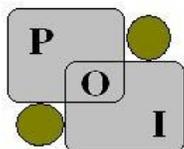
Es posible proceder a tratamientos adicionales, tales como la pasteurización, el secado con calor, la digestión anaeróbica, la estabilización con álcalis, la digestión aeróbica o una combinación de todos ellos, con miras a acelerar el proceso de formación de abono.

Estiércol animal no tratado

El uso de estiércol animal no tratado (sin proceso de formación de abono) en la producción de productos vegetales comestibles da lugar a un mayor riesgo de contaminación que el uso de estiércol tratado y, por lo tanto, NO se recomienda.

A pesar de que el estiércol no tratado nunca está recomendado para su uso como fertilizante, en algunas regiones se utiliza. En este caso, deberá ser añadido a la tierra durante la preparación del suelo y antes de la siembra. Los microorganismos en el suelo pueden reducir el número de organismos patógenos en el estiércol. No obstante, el tiempo transcurrido es un factor importante. El estiércol ha de ser incorporado al suelo y la tierra removida de manera periódica para facilitar la reducción de patógenos. Es necesario dejar pasar al máximo de tiempo entre la aplicación del estiércol y la siembra. La cantidad de tiempo que las bacterias patógenas pueden sobrevivir en el estiércol se desconoce, pero algunos investigadores estiman que dependiendo de las condiciones ambientales, el período de supervivencia puede llegar a un año o más.

No se recomienda añadir en los campos estiércol animal no tratado (sin proceso de transformación en abono) durante el periodo de cultivo.



Capítulo X

MICROORGANISMOS BENEFICOS EN EL SUELO

INTRODUCCION

En la década de 1950 se inicia en México la revolución verde, con el uso de semillas mejoradas, control de organismos dañinos y aplicación de fertilizante inorgánico logrando para la década de los 90's, un incremento en la producción de más del doble del promedio nacional de 1950 (Núñez, 2001). Sin embargo, la revolución verde ha traído consigo un incremento en el uso de herbicidas, pesticidas y fertilizantes, que se reflejan en las altas concentraciones de contaminantes en frutos y en el agua subterránea (Harlander, 1991). Además esta producción sólo se logra en los suelos de buena calidad y con disponibilidad de riego; pero en la actualidad el incremento en la producción de granos se torna cada vez más difícil.

La aplicación excesiva de pesticidas (Insecticidas, fungicidas, Bactericidas, etc), ha provocado cambios en las comunidades microbianas que interrelacionan en el suelo, estos cambios incrementaron la expresión de enfermedades, por lo que continuamente se tiene que generar nuevos ingredientes para su control, incrementando así la contaminación ambiental y de los alimentos (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000).

El uso indiscriminado de fertilizante inorgánico en la producción, específicamente en la superficie de riego, ha ocasionado la contaminación de los acuíferos subterráneos por lixiviación de nitratos con niveles promedio de 37 mg L⁻¹ de N-NO₃ para la región agrícola de la Comarca Lagunera (Castellanos y Peña-Cabriales, 1990), de 50 mg L⁻¹ para la región papera de Coahuila y Nuevo León (Covarrubias y Contreras, 1997) y de 14.4 mg L⁻¹, para el Estado de Guanajuato (Castellanos *et al.*, 2001); todos ellos niveles superiores a 10 mg L⁻¹, que es el límite máximo permisible en el agua de uso potable (EPA, 2005).

Otro efecto indirecto de la fertilización con nitrógeno (N), es que los compuestos nitrogenados pueden transformarse en contaminantes, como las nitrosaminas, que son precursoras del cáncer en los humanos (Olalde y Serratos, 2004).

La lixiviación no es la única forma de contaminación, sino también las pérdidas gaseosas como volatilización y desnitrificación que pueden llegar hasta el 60 % en los fertilizantes (Alcantar y Sandoval, 2001). Los suelos dedicados a la agricultura emiten de 2 a 3 Tg N año⁻¹ de NO_x (N₂O, NO, NO₂) a la atmósfera, esto representa del 20 al 30 % del total emitido a la atmósfera (Mosier, 1994). Por lo general, los reportes de contaminación sólo son enfocados a NO₃, pero el NH₃ al encontrarse en un pH alcalino del

agua de riego o del suelo, puede volatilizarse más del 50 % e incrementar las emisiones de NO y N₂O a la atmósfera (Alcantar y Sandoval, 2001).

La producción óptima de los cultivos en México requiere también de la aplicación de fertilizantes a base de fósforo (P). El P es el macroelemento que se aplica en mayor cantidad, además de ser el más limitante para el crecimiento de las plantas (Schachtman *et al.*, 1998). Esto se debe a la baja disponibilidad de P, que normalmente no excede de 10 µM en la solución del suelo (Raghothama, 1999), a su baja difusión en los suelos (10⁻¹² a 10⁻¹⁵ cm² s⁻¹), la más baja de los elementos esenciales en la nutrición de las plantas, y a un alto valor de pH en los suelos, generalmente desfavorable para la solubilidad del P (Havlin *et al.*, 1999).

Los suelos derivados de cenizas volcánicas (Andosoles) son ricos en alófono y están ubicados en la zona centro del país, están compuestos de materiales amorfos de hidróxido de aluminio entre las capas expandibles del silicato de aluminio, son ácidos, contienen compuestos de óxidos e hidróxidos de aluminio y silicio (Si), que provocan la fijación de P. En los suelos derivados de rocas sedimentarias calizas (Calcisoles), suelos alcalinos característicos de las zonas semiáridas de México, el P se encuentra como fosfato tricálcico, el cual es insoluble y cuya formación se incrementa durante el desarrollo del cultivo, lo que provoca deficiencias de este elemento en las plantas. Por lo anterior, más del 80 % del P llega a ser inmovilizado y no está disponible para ser absorbido por las plantas (Holford, 1997).

La anterior situación, en lugar de disminuir, tiende a incrementarse con el aumento en el uso de fertilizantes, ya que el consumo de fertilizante nitrogenado a nivel mundial se incrementó de 1960 a 2006, de 36 a 66 % (IFA, 2007). Esto debido a que la falta de alimentos, obliga a incrementar los rendimientos por unidad de superficie, ahora que se ha llegado al límite de la frontera agrícola en la superficie de riego, por la falta de agua y donde el temporal siempre ha mostrado inconsistencia en la producción (Contijoch, 2001), pero de 1992 a la fecha, el consumo mundial de N ha disminuido debido en parte a una mayor conciencia ecológica, pero en buena medida debido al incremento en el costo de los fertilizantes.

El impacto ecológico es importante en los sistemas de producción y el uso de productos sustentables con el ambiente es imprescindible para salvaguardar y mantener los recursos naturales, pero además son un factor clave para elevar la rentabilidad en la producción agrícola (Aguirre-Medina, 2006).

El incremento en el uso de fertilizantes se debe al aumento poblacional que se espera para el año 2020 llegue a 7,700 millones de habitantes en el mundo y que para alimentarlos se necesitarán 2,500 millones de toneladas de granos. Si en la actualidad se producen 23 toneladas de grano por tonelada de fertilizante, para el 2020 se necesitará 108 millones de toneladas de nitrógeno fertilizante. La fijación biológica de nitrógeno (FBN) manejada en forma adecuada, aportará 50 millones de toneladas (Galloway, 1999).

El éxito de los microorganismos benéfico a desarrollado un mercado de productos denominados biofertilizantes, cuyos beneficios no sólo se enfocan al crecimiento vegetal, sino que también pueden ser elementos importantes en la estabilidad de los agroecosistemas y del ambiente, ya que su aplicación influye directamente en la disminución de fertilizantes que participan como agentes de contaminación (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000).

A nivel nacional existen varias empresas que comercializan distintos biofertilizantes, entre las más importantes se encuentran NOCON S.A. de C.V., PLANT HEALTH CARE y BUCKMAN Laboratories. La primera, es una empresa pequeña y no cuenta con infraestructura para desarrollar un programa a gran escala y las otras dos si lo tienen, pero comercializan sus productos a precios muy elevados que van desde trescientos pesos a más por dosis. Lo anterior impide que estos productos sean accesibles para la mayoría de los agricultores mexicanos (Aguirre-Medina, 2006).

En la mayoría de los sistemas de producción, la disponibilidad de energía y de sustratos de carbono son los factores más limitantes de la fijación biológica de nitrógeno en gramíneas, pero en leguminosas, la simbiosis es un ejemplo de utilización de energía, en donde los requerimientos de energía para la fijación de nitrógeno son equivalentes a la energía requerida para la reducción a nitratos (Neyra y Dobereiner, 1977).

Al respecto Tilak, (1998), cita que los requerimientos de energía para elaborar 1 kg de fertilizante nitrogenado es de 80 MJ ó 11.2 KWH, de 12 MJ ó 1.6 KWH para fósforo y 8 MJ ó 1.12 KWH para potasio. Los microorganismos realizan el mismo proceso pero, el costo de la energía se le adeuda a la naturaleza.

BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO EN PLANTAS (PGPR)

Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal en plantas son un grupo de diferentes especies de bacterias que pueden incrementar el crecimiento y la productividad vegetal (Bashan *et al.*, 2007). Las PGPR pueden ser de vida libre o asociativas, aerobias, anaerobias o anaerobias facultativas (Rodríguez, 1995), se han aislado en suelos donde predomina la vegetación de gramíneas, como pastos tropicales, pastos de zonas templadas, pastos de suelos salinos y pastizales de zonas áridas, así como de gramíneas cultivadas (Loredo-Osti *et al.*, 2004).

Las PGPR pueden clasificarse en dos grupos:

1. Bacterias promotoras de crecimiento en plantas, donde la bacteria afecta a las plantas suprimiendo a otros microorganismos. Los mecanismos que utilizan estas bacterias pueden ser a través de su propio metabolismo (solubilizando fosfatos, produciendo hormonas o fijando nitrógeno), afectando directamente el metabolismo de la planta (incrementando la absorción de agua y de minerales), mejorando el desarrollo radicular, incrementando la actividad enzimática de la planta o potencializando a otros microorganismos benéficos para que actúen de mejor manera sobre las plantas (Bashan y Holguin, 1998).
2. Bacterias promotoras de crecimiento en plantas con capacidad de control biológico, las cuales promueven el crecimiento de la planta al suprimir los fitopatógenos.

Las rizobacterias promueven el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos a través de mecanismos como la fijación biológica de nitrógeno, síntesis de fitohormonas como el ácido acético, solubilización de minerales como los fosfatos di- y tricálcicos, síntesis de enzimas como la ACC (1-aminociclopropano-1-carboxilato) desaminasa y supresión de fitopatógenos mediante la participación de sideróforos y antibióticos (Fuentes-Ramírez y Caballero-Mellado, 2005).

Recientemente se ha enfatizado en la importancia que desempeñan las rizobacterias en procesos de biorremediación en la rizosfera, rizoremediación, llevando a cabo la degradación de pesticidas aplicados a

los cultivos o de otros compuestos xenobióticos o del tipo de hidrocarburos contaminantes del medio ambiente, como el benceno, tolueno y fenol (Caballero-Mellado *et al.*, 2007).

Los mecanismos de las PGPR para promover el crecimiento de las plantas son diversos. Los que se consideran con más frecuencia son: Fijación de Nitrógeno (Döbereiner *et al.*, 1995), producción de sustancias reguladoras del crecimiento (Ashad y Frankenberger, 1998), incremento en el desarrollo de las raíz (Bowen y Rovira, 1999), producción de sideróforos que incrementan la disponibilidad del Fe en la rizosfera, alteraciones en el potencial de la membrana de resistencia sistémica a patógenos, inhibición del crecimiento de organismos antagónicos (Utkhede *et al.*, 1999) e interacción sinérgica con otros microorganismo del suelo (Bashan *et al.*, 1995).

Algunas de las bacterias son versátiles y pueden presentar varios mecanismos para promover el crecimiento de las plantas, como alterar el funcionamiento de la membrana de la raíz de la planta por medio de moléculas de comunicación celular y se ha propuesto la hipótesis aditiva, que señala la intervención conjunta de todos estos mecanismos (Bashan *et al.*, 1995).

En la rizósfera se ejerce quimioatracción de determinados grupos microbianos, dándose lugar a una intensa actividad biológica como es la producción de sustancias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) tales como auxinas, giberelinas y citocininas (Bastian, *et al.*, 1998).

Cuando se reconoció el papel de las bacterias de la rizosfera en la promoción del crecimiento de las plantas, su efecto se atribuyó a su facultad para fijar nitrógeno, sin embargo, en las últimas décadas se ha destacado su importancia como promotoras del desarrollo, debido a su capacidad para sintetizar metabolitos o sustancias reguladoras del crecimiento. Estas sustancias son compuestos naturales que afectan procesos de las plantas a concentraciones más bajas de las que presentan nutrimentos o vitaminas (Loredo-Osti *et al.*, 2004).

Hay cinco clases de reguladores del crecimiento vegetal sintetizados por las plantas: auxinas, giberelinas, citocininas, etileno y ácido abscísico (Loredo-Osti *et al.*, 2004). Se ha determinado la presencia de genes relacionados con la biosíntesis de ácido indol acético (AIA) en plásmidos bacterianos (Caballero-Mellado *et al.*, 1999).

En cultivos con crecimiento de bacterias PGPR se han identificado el Acido Indol 3 Acético (AI₃A) (Lambrecht *et al.*, 2000), además de otros compuestos y metabolitos tales como: los ácido indol pirúvico (Costacurta *et al.*, 1994), indol láctico (Crozier *et al.*, 1988), indol acetamida (Costacurta *et al.*, 1994), indol acetaldehído, indol etanol e indol metanol, así como triptamina, antranilato y otros compuestos indólicos (Hartmann *et al.*, 2000), siendo las auxinas las más estudiadas.

Se sabe que se sintetizar AIA a través de tres vías: la vías del ácido indol pirúvico (Costacurta *et al.*, 1994). La vía del indol acetamida, que son dependientes del triptofano y la tercera que es una vía independiente de este aminoácido (Prinsen *et al.*, 1993), desconociéndose el precursor del AIA. Lambrech *et al.* (2000) mostraron que la indol piruvato descarboxilasa es una enzima común tanto en la vía del indol pirúvico como en la vía no dependiente de triptofano.

Una planta atacada por patógenos produce etileno, el etileno provoca senescencia y muerte prematura en la planta bajo simbiosis. El precursor del Etileno es el ACC y la enzima que activa su formación es la ACC sintasa, que se sintetiza a partir del AIA producido mediante la vía del triptófano (Abeles *et al.*, 1992).

Otro mecanismos para estimular el desarrollo de la raíz, es a través de la disminución del ACC, hormona que detiene el crecimiento de la raíz. Algunas bacterias promotoras del crecimiento pueden utilizar este substrato (ACC) como fuente de carbono y nitrógeno. Otro mecanismo, que puede incrementar la estimulación de la raíz es a través de pequeños péptidos que regulan en la planta la producción de fitohormonas (Olalde y Serratos, 2004).

Por otra parte, los PGPR pueden combatir enfermedades producidas por *Fusarium Rhizoctonia*, *Verticillium*, *Sclerotium* etc. estas bacterias producen enzimas como las quitinasas o glucanasas que degradan la pared celular de estos hongos. Otra manera de impedir el ataque de los patógenos es a través de la producción de sideróforos, compuestos que quelatan el Fe, elemento necesario para que los patógenos ataquen las plantas, porque se alimentan de él. Así mismo, algunas bacterias como *Bacillus subtilis* producen algunos péptidos con actividad antifúngica. Finalmente, otras bacterias pueden producir elicitores que estimulan los mecanismos de defensa de la planta, lo que se conoce como resistencia sistémica inducida. Estos efectos se pueden reflejar en incrementos en los rendimientos y acortar los tiempos de producción. (Olalde y Serratos, 2004).

Las principales especies bacterianas son: *Azospirillum* (Hernández *et al.*, 2002), *Herbaspirillum*, *Enterobacter*, *Bacillus*, *Alcaligenes*, *Klebsiella*, *Azotobacter*, *Pseudomona* (Loredo-Osti *et al.*, 2004), *Burkholderia* (Caballero-Mellado *et al.*, 2007) *Gluconacetobacter* (Molinari *et al.*, 2007).

En relación con el desarrollo de la raíz, el éxito de inocular con PGPR depende de su colonización y duración en simbiosis durante el periodo de crecimiento de la raíz, debido a que dentro de los exudados radiculares, los glucósidos como malato y citrato son el alimento en la colonización además de los flavonoides, al dejar de producir exudados la planta, la colonización se reduce. La persistencia es difícil cuando el periodo de crecimiento es prolongado, por la dificultad que representa distribuir las PGPR uniformemente a través del suelo.

HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES

La simbiosis micorrízica se refiere a la asociación mutualista que se establece entre plantas y específicos grupos de hongos que habitan en el suelo y en la rizosfera. La simbiosis (del griego, *sympion* 'vivir juntos'), es la interdependencia de dos organismos de especies diferentes (Ferrero-Cerrato y Alarcón, 2007).

Cuando los organismos son cooperantes, o simbioses, y obtienen un beneficio mutuo, se le denomina mutualismo. Un ejemplo de mutualismo de esta relación son las micorrizas; son hongos que crecen en las raíces de algunas plantas con semilla, las orquídeas y en diversas coníferas (Olalde y Serratos, 2004).

De este modo, se tienen identificados siete diferentes tipos de simbiosis micorrízicas, las cuales tienen repercusión en lo que respecta a la evolución, fisiología y adaptación ecológica de las plantas que habitan los ecosistemas terrestres (Smith y Read, 1997):

1. Simbiosis ectomicorrízica, la cual se forma específicamente entre miembros de familias botánicas como Cupresaceae, Pinaceae, Betulaceae, Fagaceae, entre otras, con cierto grupo de hongos que pertenece a las clases Basidiomycetes, y Ascomycetes, principalmente.
2. La micorriza orquídeoide, que forma entre orquídeas y hongos del género *Rhizoctoni*.
3. Micorriza monotropoide.
4. Micorriza arbutoide.
5. Micorriza ericoide,
6. Ectoendomicorriza.

No obstante, una de las simbiosis micorrízicas que tiene vasto avance científico y biotecnológico es aquella que se forma entre aproximadamente 150 especies de hongos de Glomeromycota con más del 80% del total de las plantas terrestres que se conocen hoy en día, la cual se denomina como micorriza vesículo arbuscular.

Estos hongos pertenecen al orden de los glomales que cuentan con dos subórdenes, cinco familias, ocho géneros y alrededor de 150 especies y continúa el proceso de aislamiento e identificación (Morton y Redecker, 2001).

En la actualidad, la simbiosis micorrízica arbuscular tiene enorme trascendencia ya que en diversos estudios se ha demostrado el efecto benéfico de los hongos micorrizicos arbusculares (HMA) en el mejoramiento de la nutrición, aprovechamiento de agua, crecimiento y adaptación de las plantas ante diversas condiciones de estrés inducido tanto por factores bióticos como por factores abióticos (Augé *et al.*, 1994; Augé, 2001; Jeffries *et al.*, 2003).

Las micorrizas son organismos que se establecen en asociaciones simbióticas en los tejidos de la raíz de más del 80% de las plantas terrestres (Ruiz-Lozano y Bonafonte, 1999). Esta asociación mutualista es la más antigua que se conoce, entre 350 a 460 millones de años de antigüedad y se considera la mas importante simbiosis en la colonización del ambiente terrestre por las plantas (Varela y Trejo, 2001).

La infección por HMA se realiza mediante propagulos infectivos, estos pueden estar formados por esporas, hifas, partes de raíces colonizadas y que presenten cantidades de esporas e hifas en más de un 50 % de colonización (González *et al.*, 1998).

Los propagulos pueden ser inóculos comerciales o que se encuentran en las condiciones naturales del suelo de un hábitat específico. Estos propagulos deben tener capacidad para sobrevivir cuando están disturbados, bajo presión de predadores y en condiciones adversas de humedad, temperatura, salinidad etc. (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2007).

Para que ocurra una infección natural los propagulos deben dispersarse a nuevas localidades, y permanecer en dormancia y quiescencia hasta el momento de su activación provocada por condiciones

ambientales, intervalos de tiempo donde los propagulos se activan por si solos o por la presencia de raíces (Brundrett *et al.*, 1996).

La forma de asociación de los HMA con la raíces de las plantas este regulada primero por factores ambientales y estado fenológica de la planta, siendo estos la humedad del suelo principalmente y la temperatura del suelo. Respecto a la fenología debe de ser la primeras etapas de desarrollo donde se tenga la mayor cantidad de raíces jóvenes que recién han completado su formación (Azcón, 2000).

Genes activan señales como exudados producidos por las raíces de las plantas en la rizosfera estimula la germinación de las esporas, aumentan la extensión y ramificación de los tubos germinativos además de la orientación de los mismos (Beard, 2001; Roussel *et al.*, 2001).

El genotipo y los hospedantes de HMA involucrados en la simbiosis, ha recibido especial atención ya que esta interacción determina la respuesta de la inoculación con los HMA. En este sentido, se han identificado variaciones en la respuesta de las plantas a la inoculación de HMA, ya sea nativos o exóticos y se ha llegado a establecer que no es apropiado generalizar que los HMA siempre estimulan el crecimiento de las plantas, debido a la gran variabilidad de ambientes naturales como controlados (Klironomos, 2003).

Los exudados radicales que influyen en la infección de HMA son los flavonoides, donde tenemos flavonoles, flavononas, flavonas, isoflavonas y glucósidos (Espinosa-Victoria, 2000). Aunque la evidencia de los flavonoides existe, no se concluye que estos sean los únicos que participan en estimular la infección de HMA (Nagahashi y Douds, 2000).

Estudios recientes indican que los HMA incrementan la absorción de N a partir de residuos orgánicos, tal es el caso de plantas de *Plantago lanceolata* que se inocularon con *Glomus hoi* y se colocaron en un sustrato con residuos de hojas de *Lolium perenne* con 1.7 mg de N en la biomasa, respecto a un testigo sin inoculación y se observo que las plantas inoculadas tuvieron una concentración de N total de 15% respecto a las no inoculadas con 0.7 % (Hodge *et al.*, 2001).

Se ha comprobado que la mayoría de las plantas se asocian con algunos hongos benéficos. Estos hongos se ha mencionado, le ayudaron a las plantas a invadir la tierra, lo que les permitió adaptarse y sobrevivir a la adversidad de las condiciones de esa época. Se ha demostrado que las plantas que se encuentran en condiciones de estrés se logran desarrollar mejor cuando tienen micorriza (Olalde y Serratos, 2004).

Condiciones similares se han encontrado con hongos ectomicorrizicos en sustratos con residuos orgánicos de nematodos y de polen, encontrado que la inoculación aumenta el contenido de N a partir de fuentes orgánicas (Pérez-Moreno y Read, 2000; Pérez-Moreno y Read, 2001).

Cabe hacer notar que el nitrógeno orgánico se absorbe por las plantas como aminoácidos ($\pm 50\%$), como examinas ($\pm 10\%$) y el resto en formas desconocidas (Barber, 1995), por lo que la absorción de N por HMA esta en un proceso de evaluación todavía (Azcón *et al.*, 2001).

El fósforo es el elemento más estudiado en la nutrición con HMA, debido al mayor espacio de exploración que tiene el micelio en el suelo respecto a la raíces del cultivo. El fósforo tiene un acceso a la planta mediante difusión (> 90%) y en menor proporción mediante la intercepción (2%), pero su difusión es la más lenta de todos los nutrientes (hasta $2.4 \times 10^{-11} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$), por lo que la exploración del micelio reduce la distancia de difusión y a la vez incrementa la intercepción (Barber, 1995).

No obstante, la distribución y presencia de estos simbiontes es afectada en aquellos suelos con diferente grado de fertilidad, con diferente manejo agronómico en la aplicación de insumos fertilizantes, herbicidas, insecticidas o fungicidas como captan, PCNB, thiram y benomyl, afectan a la micorriza, mientras que carboxin y metalaxyl, no tienen efectos sobre ésta, además por diversos agentes de perturbación tales como el pastoreo el cual produce compactación del suelo, o por impacto de procesos industriales como la minería, petroquímica, o deposición de desechos industriales (Abbott y Robson, 1991; Sieverding, 1991; Sylvia *et al.*, 1993; Nadian *et al.*, 1998; Trejo *et al.*, 1998; Díaz, 2003; Jeffries *et al.*, 2003).

No obstante, estas condiciones desfavorables inducen una selección de HMA más aptos para tolerar condiciones ambientales adversas. En este caso en particular, los HMA ecológicamente adaptados pueden ser genéticamente manipulados para la producción de inoculante con fines de restauración o remediación de áreas altamente perturbadas (Dommergues, 1978; Aguirre-Medina *et al.*, 2005).

La actividad de las HMA, a través de la extensa red de hifas que los hongos generan, incrementa la superficie de exploración radical y beneficia a la planta con una mayor absorción de P y de microelementos; aunque de manera indirecta y en menor proporción, también existe absorción de N. En la simbiosis se establecen diversos procesos fisiológicos y bioquímicos, de modo que la planta puede presentar cambios en la morfología de la raíz e incrementos de la actividad fotosintética; otros aspectos relacionados es la capacidad de los HMA de producir hormonas como ácido abscísico, giberelinas, auxinas y citoquininas (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 1999; Smith y Gianinazzi, 1988).

El manejo sustentable de agro ecosistemas contribuye en la regulación de la diversidad, composición e interacciones de la microflora y de la macro fauna que se establecen en el suelo y en la rizosfera de las plantas (Linderman, 1993; Harinikumar y Bajyaraj, 1994; Thimm y Larink, 1994; Ferrera-Cerrato, 1995; González-Chávez y Ferrera-Cerrato, 1996; Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2001; Rilling y Steinberg, 2002).

Otros factores que determinan no sólo la distribución sino también la funcionalidad o efectividad de los HMA es su relación con la vegetación predominante, la cual participa como reservorio de estos hongos (Smith y Read, 1997; Sanders y Fitter, 1992).

La selección de HMA debe tener el objetivo de mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas (por ejemplo, mejorar la tolerancia y adaptación a condiciones adversas, mejor aprovechamiento de fertilizantes, etc.). Para tal fin, se debe tener mayor estudio y entendimiento de los aspectos ecológicos que podrían influir en el establecimiento y efectividad de los HMA (Sanders y Fitter, 1992).

El beneficio de la simbiosis micorrízica arbuscular, tiene mayor énfasis en el impulso del crecimiento y nutrición de plantas, como hortícolas, frutícolas y forestales (Davies *et al.*, 2000).

Asimismo, se requiere de mayor vinculación entre la industria y los expertos de la simbiosis micorrízica, con el fin de colaborar en el mejoramiento de los sistemas de producción del inoculante, así como en la calidad de los mismos. De esta forma, se podrá ofrecer biofertilizantes que beneficien a las plantas inoculadas, ya sea en condiciones de invernadero, vivero o en condiciones de campo, donde sea factible realizar la inoculación de HMA, especialmente cuando se intenta fortalecer los programas de restauración y recuperación de suelos perturbados, degradados o contaminados (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2007).

RHIZOBIA

A partir de un nódulo de raíz de leguminosa en 1888, Beijerinck obtuvo por primera vez un cultivo bacteriano puro y llamó a la bacteria *Bacillus radicicol*; posteriormente, Frank propuso el nombre *Rhizobium* para estos aislados. Debido a que los aislados bacterianos eran diferentes según el huésped específico del que se obtenían, para 1929 ya se habían reconocido seis especies: *R. leguminosarum*, *R. trifolii*, *R. phaseoli*, *R. meliloti*, *R. japonicum* y *R. lupini*.

En esta clasificación, cada especie era un grupo que se componía de cepas que nodulaban a un conjunto de leguminosas huésped (Young *et al.*, 2001).

Trabajos posteriores desafiaron esta designación de especies que estaba basada en la especificidad del huésped. En 1944 Wilson reportó un gran número de nodulaciones que cruzaban las fronteras de las diferentes especies. En 1964 Graham y en 1968 Moffett y Colwell sugirieron modificar la taxonomía y basarse en resultados de la taxonomía numérica. Más tarde, en 1974, Jordan y Allen dividieron las seis especies en dos grupos (Young *et al.*, 2001).

Actualmente la taxonomía de los rizobios se desarrolla rápidamente y durante los últimos 20 años se han descrito muchas especies y géneros nuevos. La aplicación de los métodos de biología molecular en la taxonomía ha ayudado a definir los nuevos rizobios. La taxonomía actual de los rizobios se base en un enfoque polifásico, que incluye caracterizaciones de morfología, bioquímica, fisiología, genética y filogenia, entre otras. El uso del enfoque polifásico ha conferido a la taxonomía una base más natural y más confiable. Se estima que los rizobios no-conocidos en el mundo representan un recurso biológico porque las leguminosas son uno de los grupos de plantas más grande y diverso y éstas se encuentran distribuidas en distintos ecosistemas (Gillis *et al.*, 2001).

El grupo más estudiado como fijadores simbióticos de nitrógeno, es el grupo de los rhizobia, este término es utilizado para agrupar a aquellas bacterias capaces de nodular una o más especies de la familia Leguminosae y llevan a cabo la fijación biológica de nitrógeno durante la asociación simbiótica (Moulin *et al.*, 2001).

Actualmente, el grupo de los rhizobia incluye doce géneros que comprenden 62 especies (www.rhizobial-taxonomy). Este grupo bacteriano esta constituido por miembros de las subclases α y β de las proteobacterias y reviste de gran importancia por las ventajas tanto ecológicas como económicas que proporcionan su adecuada aplicación (Villegas y Munive, 2005).

Las bacterias que pertenecen al grupo de rhizobia son los géneros: *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Azorhizobium*, *Devosia*, *Bradyrhizobium*, *Methylobacterium*, *Burkholderia*, *Cupriavidus*, *Herbaspirillum*, *Ochrobactrum* y *Phyllobacterium*.

La clasificación de los rhizobia ha evolucionado debido a la utilización de datos polifásicos y filogenéticos. Con la introducción de la taxonomía numérica y de técnicas moleculares como: hibridación DNA/DNA, la electroforesis de proteínas totales, el análisis de los perfiles de restricción de los genes ribosomales (ARDRA) y el acceso generalizado a otros métodos genéticos, lo que ha permitido la identificación y descripción de nuevos géneros y nuevas especies (Villegas y Munive, 2005).

Estas bacterias están asociadas a las raíces de leguminosas, forman una estructura altamente especializada, el nódulo, donde ocurre la fijación biológica de N₂. En el interior de este, la bacteria encuentra las condiciones fisiológicas adecuadas para poder fijar nitrógeno, esto beneficia a la planta, aumentando su capacidad para desarrollarse en suelos pobres desde el punto de vista nutricional (Trinchant *et al.*, 2001; Aguirre, 2002).

El establecimiento de la simbiosis comprende varias etapas, entre ellas, la secreción de flavonoides por las plantas, la inducción y expresión de genes bacterianos de nodulación y la producción de oligosacáridos, lipopolisacáridos y exopolisacáridos bacterianos (Hungria y Stacy, 2001; Villegas y Munive, 2005).

Uno de los géneros más estudiados y utilizado como biofertilizante es *Rhizobium*, es una bacteria aeróbica, en estado libre tiene forma de bacilo, no produce esporas y no es capaz de fijar nitrógeno atmosférico. La colonización ocurre cuando la raíz secreta una señal química que sirve de estímulo para la multiplicación de la bacteria, a continuación la bacteria responde a la presencia de los factores *Nod* e inicia a curvar el pelo radical, ocurriendo la colonización, sólo en células tetraploides (Fisher y Long, 1992). La infectividad de estas células es transitoria y se pierde en pocas horas. La respuesta de la planta hospedera que conduce a la infección y nodulación, se inicia en menos de dos horas después de la inoculación (Bhuvanrswari *et al.*, 1980).

Si las condiciones son favorables para la fijación de nitrógeno, el primer nitrógeno fijado se localiza en la membrana celular infectada, luego en su protoplasma, y finalmente, en el bacteroide. Los nódulos activos para la fijación muestran un color rosado debido a la presencia de leghemoglobina, proteína responsable de conservar un microambiente microaerofílico favorable para la fijación del nitrógeno atmosférico (Felix *et al.*, 1996).

La asociación *Rhizobium*-leguminosa se establece como resultado de la expresión de características propias de la asociación de ambas, y son:

1. Disponibilidad de los nutrientes esenciales para las leguminosas, especialmente molibdeno, calcio y fósforo, cobalto requerido para la síntesis de la vitamina B₁₂, indispensable para la síntesis de la leghemoglobina, que a su vez es coadyuvante de la fijación de nitrógeno atmosférico por los rhizobia. De hecho, se ha observado un efecto sinérgico entre micorrizas y *Rhizobium* (Redente, 1981), ya que las micorrizas ayudan a la leguminosa a absorber fósforo, con ello mejora su eficiencia fotosintética y la fijación biológica de nitrógeno se ve favorecida.

Muchas de las bacterias que se desarrollan en la rizosfera de la leguminosa pueden tener un efecto inhibitorio de la actividad de *Rhizobium*; sin embargo, la misma planta leguminosa tiene una gran influencia sobre los rhizobia en la rizosfera y puede neutralizar el efecto de las bacterias inhibitorias de la actividad simbiótica (Smith y Miller, 1974).

2. Baja concentración de amonio o nitratos disponibles en el suelo, de otra manera la bacteria en lugar de fijar nitrógeno de la atmósfera lo toma del suelo.
3. Buena producción de carbohidratos por la planta. Bajo condiciones inadecuadas para una eficiente actividad fotosintética, la planta puede resultar en desventaja, actuando entonces *Rhizobium* como un parásito al consumir los carbohidratos de la fotosíntesis (Felix *et al.*, 1996).

Por su parte, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha desarrollado investigaciones sobre como incrementar la capacidad de fijar nitrógeno y de promotores del crecimiento en colaboración con la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) a través del Centro de Investigación Sobre Fijación de Nitrógeno (CIFN).

El PHB (PoliHidroxiButirato) es la fuente de carbono que utiliza el *Rhizobium* para sobrevivir en condiciones adversa, pero que en condiciones de biofertilizante reduce su potencial. Al suprimir el almacenamiento de PHB mediante manipulación genética para inhibir la síntesis de acetil coenzima A (Acetil coA) a partir del piruvato; se podrá utilizar esta fuente de carbono en incrementar la actividad de la nitrogenasa, enzima con la cual se realiza la fijación de N₂, introduciendo genes nifHDK al genoma de la bacteria, creando un organismo modificado con sobreexpresión de nitrogenasa y sin producción de PHB (Mora y Peralta, 2003).

BIOFERTIRRIGACION

El desarrollo sin el deterioro del medio ambiente involucra una agricultura sustentable que incremente la producción de los cultivos sin dañar los recursos naturales y la biofertilización es una tecnología que forma parte de la agricultura sustentable (Covarrubias *et al.*, 2002).

Tres áreas del conocimiento agrícola están involucradas en la generación de la tecnología conocida como biofertilización: la fertilidad del suelo, la microbiología del suelo y el riego. La microbiología del suelo estudia a los microorganismos benéficos que viven en simbiosis, asociados o en vida libre en el suelo y la planta (Vessey, 2003). La fertilidad natural de un suelo no aporta nutrientes suficientes para cumplir con las demandas de los cultivos y obtener su máximo rendimiento y producción, por lo que se requiere complementar con fertilizantes inorgánicos. El riego suministra el agua necesaria para el desarrollo de los cultivos cuando la lluvia no es suficiente para reponer el consumo del cultivo.

La asociación del riego, con la fertilidad del suelo y la nutrición vegetal, conceptúa la fertirrigación (FER) como la aplicación de nutrientes a través de un sistema de riego; sin embargo, los fertilizantes líquidos o solubles tienen un costo superior de cuatro a seis veces más respecto a los fertilizantes sólidos tradicionales.

La interacción de la microbiología y la fertilización, genera la biofertilización (BIO) evaluada con éxito por el INIFAP durante 1999 y 2000 (INIFAP, 2000); la sustitución de fertilizantes químicos por biofertilizantes permite reducir el costo de los insumos y el impacto ecológico de aplicar fertilizantes inorgánicos.

El uso de microorganismos promotores del crecimiento (PGPR) aplicados en solución a través del sistema de riego, a la semilla al momento de la siembra o al trasplante, pero sin fertilización, se define como bioirrigación (González, 1999); y con la aplicación de los fertilizantes en forma alterna a los microorganismos a través del riego se logra la biofertilización (BIOFER) (Hernández *et al.*, 2004).

RESULTADOS OBTENIDOS CON MICROORGANISMOS BENEFICOS

Las bacterias que colonizan a las plantas pueden ser categorizadas con base a efectos deletéreos, benéficos o neutros en lo que respecta a la nutrición y sanidad radical, sin embargo estos efectos varían en función de la planta y el ambiente, los cuales influirán en la expresión patogénica o benéfica (Schroth y Weinhold, 1986).

En la actualidad se han detectado géneros como: *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Klebsiella*, *Herbaspirillum*, *Beijerinckia*, y *Clostridium* entre otras (Bastian, *et al.*, 1998) que se han utilizado como biofertilizantes en la agricultura orgánica.

En México los biofertilizantes en la producción agrícola nacional han tenido su mayor relevancia en las leguminosas, como la soya y en otros casos el frijol, gramíneas como maíz, la aplicación de los biofertilizantes con microorganismos como *Azospirillum brasilense*, *Rhizobium etli*, *Bradyrhizobium japonicum* y el hongo micorrizico *Glomus intraradices*, representan una oportunidad para incrementar la producción y productividad de los cultivos a menos costo. Producir más por menos (Aguirre-Medina, 2006).

La interacción de Bacterias Fijadoras de Nitrógeno (BFN) con HMA en cultivos agrícolas se ha demostrado que en la mayoría de los casos es benéfica (Bianciotto *et al.*, 2001; Velasco *et al.*, 2001). La inoculación con cepas de *Azospirillum brasilense* de materiales criollos y asociadas con *Glomus intraradices* ha tenido mayor efecto en híbridos de maíz que en variedades; esto debido a que los híbridos están en un ambiente de suficiencia y cuando presentan déficit nutrimental, buscan reducir su estrés con estos microorganismos para mayor eficiencia en su nutrición (González, 1995).

La asociación de *Burkholderia* sp. con *Gigaspora margarita* un HMA se considera (Ruiz-Lozano y Bonafonte, 1999), que permite la captura de nutrimentos del suelo a la planta (Bianciotto *et al.*, 2000). *Burkholderia* se considera un endosimbionte del HMA *Gigaspora margarita* debido a que se han encontrado genes nifHDK de *Burkholderia* en el genoma del HMA (Minerdi *et al.*, 2001).

Se ha visto que plantas de jitomate y chile creciendo en 22 ppm de fósforo pero que presentan micorriza son del mismo vigor y contenido de fósforo que las plantas que crecen en 44 ppm de fósforo y que no tienen micorriza (Salas-Galván, 2000). Sin embargo, la fisiología de las plantas de jitomate parece ser diferente, ya que las plantas con micorriza presentaron más altas tasas fotosintéticas. También ajustan el

metabolismo fotosintético de tal suerte que las plantas con micorriza toleran más los incrementos de temperatura, y por lo tanto reducen la fotorespiración (Vargas, *et al*, 2003).

Las plantas con micorriza pueden alterar la apertura de los estomas. Por lo que, otro beneficio de las plantas con micorriza es su capacidad para mejorar sus relaciones hídricas, reduciendo un riego en el cultivo de trigo al disminuir el contenido de fósforo en el suelo y aumentar la actividad de las micorrizas (Olalde y Serratos, 2004).

Esta mejora, se debe a que las plantas con micorriza, ajustan la apertura de los estomas de tal suerte que la pérdida de agua se reduce, también se incrementa que la concentración de fitohormonas y de osmoreguladores. El resultado se refleja en el uso eficiente del agua, esto es un incremento de fotosíntesis con un menor gasto de agua (Olalde y Serratos, 2004).

Cuando se inoculan los dos tipos de microorganismos (hongos micorrícicos y bacterias promotoras de crecimiento) y los resultados son más espectaculares. En Chile se puede incrementar 40%, en un tiempo de cosecha menor. En pimiento morrón se incrementa la calidad de estos en un 30% más en categoría de primera. Es reconocido que las bacterias promotoras de crecimiento se desarrollan de manera significativa en la denominada micorrizósfera (Olalde y Serratos, 2004).

La utilización de *Glomus fasciculatum* con 20 esporas g^{-1} suelo, aplicando 30 g por tubérculo de papa var. Alfa y adicionando 11, 22 y 44 $\mu g P mL^{-1}$, muestra que el nivel de 44 $\mu g P mL^{-1}$ reduce la producción de materia seca, conductancia estomática, eficiencia en el uso del agua y rendimiento respecto al nivel de 22 $\mu g P mL^{-1}$ pero ambos superiores al nivel de 11 $\mu g P mL^{-1}$, lo que indica niveles superiores a 44 $\mu g P mL^{-1}$ reducen la actividad de las micorrizas, pero aún así son mayores respecto a 11 $\mu g P mL^{-1}$ (Valencia *et al.*, 2000).

Con la aplicación de *Azospirillum* con 1×10^5 UFC mL^{-1} , *Bacillus licheniformes* con 1×10^8 UFC mL^{-1} , *Pseudomonas aureofaciens*, *P. fluorescens* y *P. putida* con 1×10^9 UFC mL^{-1} , se logró en papa un incremento en el rendimiento comercial de 2.5% respecto a no utilizar esta tecnología, el cual no es significativo estadísticamente (Covarrubias *et al.*, 2002). En otra localidad utilizando el mismo tratamiento se tuvo un incremento en el rendimiento comercial de 15.2% respecto al testigo con 32.9 t ha^{-1} .

En el caso de papa, cuando se inocula un litro por hectárea con *Bacillus subtilis*, se aumentan los rendimientos entre 8 y 10 t ha^{-1} ; un 30 % en la producción de jitomate y chile. Adicionalmente, se ha observado que se incrementa la calidad de los frutos (Olalde y Serratos, 2004)

En papa, bajo condiciones de invernadero, con *Bacillus subtilis* (Bs) se aplicó 4 mL por maceta con 2.75 kg de suelo, de una suspensión con una concentración de 1×10^3 UFC mL⁻¹ sobre el tubérculo a la siembra como BIO más 16.5 mg P kg⁻¹ como superfosfato simple (Bs+SS), además de sólo SS, para conocer la respuesta del cultivo se analizó el rendimiento de P fertilizante y la eficiencia de P fertilizante en cuatro etapas de desarrollo del cultivo (Covarrubias *et al.*, 2005).

El rendimiento P-fertilizante en la planta se muestra en la TABLA 19, las formas de suministro de P dentro de las etapas fenológicas manifiestan que las etapas de inicio de tuberización (IT) y crecimiento de tubérculo (CT) el efecto de la bacteria todavía no es representativo, sólo se encuentra superioridad de SS+Bs sobre SS en las dos últimas etapas de desarrollo del cultivo y respecto a las etapas dentro de la formas de suministro de P, con SS+Bs a partir de IT se tiene efecto significativo por *Bacillus subtilis* y este efecto se incrementa en la etapa DT, lo que indica que las bacteria no tienen un efecto inmediato en la absorción de P, sino después que se realiza la simbiosis y esto se logra al avanzar las etapas de crecimiento del cultivo.

TABLA 19. Eficiencia de P-fertilizante por plantas de papa en invernadero.

Etapa fenológica	Rendimiento P-fertilizante			Eficiencia P-fertilizante		
	SS	SS+Bs ^φ	\bar{x}	SS	SS+Bs	\bar{x}
	-----mg P planta ⁻¹ -----			----- (%) -----		
Crecimiento vegetativo (CT)	1.36az	1.29az	1.33z	3.00az	2.85az	2.93z
Inicio de tuberización (IT)	2.67az	3.44ay	3.05y	5.89az	7.58ay	6.73y
Crecimiento de tubérculo (CT)	1.97bz	4.37ay	3.17y	4.34bz	9.62ay	6.98y
Desarrollo de tubérculo (DT)	5.48by	7.82ax	6.65x	12.08by	17.22ax	14.65x
\bar{x}	2.87b	4.23a		6.33b	9.32a	

^φ SS = Superfosfato de calcio simple; Bs = *Bacillus Subtilis*

a, b, = Valores con literales diferentes en una hilera son diferentes. Tukey ($p \leq 0.05$).

x, y, z = Valores con literales diferentes en una columna son diferentes. Tukey ($p \leq 0.05$).

El efecto benéfico de Bs permitió generar un mayor volumen de exploración de la raíz en el suelo a partir de la etapa IT y por consecuencia, una absorción constante durante el resto del ciclo del cultivo (Vessey, 2003), además la capacidad amortiguadora de P del suelo influye, al no mantener los niveles adecuados de concentración de los iones fosfato en el suelo y un efecto de dilución que disminuye el P a partir de la etapa CT, lo que permite observar la mayor de absorción de P (Covarrubias *et al.*, 2005).

La eficiencia de P-fertilizante presentó valores durante la etapa DT entre 2.85 y 17.22 % y estuvieron fuera del rango de 10 al 15 % de eficiencia en el uso de P en papa bajo condiciones de campo; pero dentro con respecto a estudios en condiciones controladas (invernaderos) que presentaron un contenido inicial de 7.8 a 12.4 mg P kg⁻¹ de suelo y diferentes dosis de P que variaron de 18 a 90 kg ha⁻¹, en cuyo caso la eficiencia de uso de P varió de 2.5 a 26 % (Alvarez-Sánchez *et al.*, 1997).

En invernadero con papa utilizando *A. brasilense* (A) las cepas LM1 y LM2 con 26.54 y 20.97 nmol h⁻¹ mL⁻¹ de Actividad Reductora de Acetileno (ARA) respectivamente, sin antibiosis entre ellas (Hernández y Covarrubias, 2007); se evaluó BIO, aplicando los PGPR utilizando macetas con 7 kg de suelo, se colocó el

tubérculo y se aplicó sobre este, las dosis de 0, 10^5 , 10^7 , 10^9 y 10^{11} UFC mL⁻¹, con jeringa de 10 mL, para después cubrirlo con 1 kg de suelo y se procedió a regar; y la solución nutritiva Steiner (S) como FER a 0.0, -0.02 (0.43), -0.04 (0.77), -0.06 (0.98), -0.08 (1.37) y -0.1 (1.71) MPa (g L⁻¹) de Presión Osmótica (concentración) de la solución nutritiva; se aplico a una planta por maceta, esto representa 120 macetas, el riego se aplicó por goteo con emisor tipo estaca de 1.0 L h⁻¹ por maceta, utilizando agua desionizada y regulando el pH de 6.3 a 6.5 con HCl, los riegos se realizaron durante el período de desarrollo del cultivo y el momento del riego fue cuando la tensión del agua en el suelo llegara a 33 kPa, medido con un tensiómetro, la variable de análisis fue el peso seco total de la planta.

En papa, con *A. brasilense* (A) y solución nutritiva Steiner (S), en la TABLA 20 se muestra el efecto de la interacción en la producción de peso seco total (PST), en la interacción de A dentro de S, en los niveles 0 y 10^5 UFC mL⁻¹, se reduce la producción de PST en forma significativa ($p \leq 0.05$), en relación a como disminuye la concentración Steiner; pero a partir del nivel de 10^7 UFC mL⁻¹, ya no se observa esta tendencia, porque el nivel de 10^7 UFC mL⁻¹ con -0.06 MPa tuvo una producción de 17.8 g planta⁻¹; éste es el nivel medio de la solución nutritiva que es superior los dos niveles inferiores y al nivel superior con 7.11 g planta⁻¹ de PST, pero similar estadísticamente al resto.

TABLA 20. Efecto de la biofertilización en la producción de peso seco total (g planta⁻¹) en el cultivo de papa.

Solución Steiner (MPa)	<i>Azospirillum brasilense</i> (UFC mL ⁻¹)					promedio
	0	10^5	10^7	10^9	10^{11}	
0	5.5 b z	3.4 d z	5.8 c z	13.6 y	18.4 ab y	9.38ab
-0.02	6.9 b	7.0 bcd	6.7 c	11.6	10.9 cd	8.66b
-0.04	9.1 b z	14.0 a xyz	9.7 abc yz	15.6 xy	16.5 abc x	13.03ab
-0.06	8.6 b xyz	5.7 bcd z	17.8 ab w	14.4 wx	13.8 bcd wxy	12.09ab
-0.08	10.8 b	10.3 abc	13.5 ab	14.9	9.0 d	11.74ab
-0.10	12.4 a yz	11.2 ab yz	7.11 c z	16.9 xy	21.6 a x	13.88a
promedio	8.9z	8.6z	10.1z	14.5y	15.0y	

a, b, c, d = Valores con literales diferentes en una columna son diferentes. Tukey ($p \leq 0.05$).

w, x, y, z = Valores con literales diferentes en una hilera son diferentes. Tukey ($p \leq 0.05$).

En el nivel de 10^9 UFC mL⁻¹, el mayor nivel de S tuvo la mayor producción con 16.9 g planta⁻¹, pero similar estadísticamente al resto. En el mayor nivel de A con 10^{11} UFC mL⁻¹, se observa que el mayor nivel de S (-0.10 MPa) tuvo la mayor producción con 21.6 g planta⁻¹, esta interacción es la biofertilización que es una tecnología factible (Rojas-Peña *et al.*, 2007).

En la interacción de S dentro de A, se incrementa el PST al aumentar la población de A, en los niveles de 0 y -0.10 MPa, esta tendencia indica que los niveles de -0.02 a -0.08 MPa no interactúan con BIO; sólo al nivel de -0.01 MPa, la interacción como biofertilización supera en 23% a BIO (Cuadro 2). La respuesta con la mayor población de *A. Brasilense* y la mayor concentración de la solución Steiner es un comportamiento de los microorganismos aislados del cultivo de papa sujeto a un manejo intensivo de agroquímicos, que tienen niveles de suficiencia de nutrimentos en el suelo (Vessey, 2003; Covarrubias *et al.*, 2005).

Estudios realizados en Tamaulipas con inoculación de semilla de sorgo, han determinado que *G. intraradices* (cepa INIFAP), destacó como un simbionte eficiente, no así cuando se combinó con otros simbiontes o con fitohormona (Díaz M., 2002; Magallanes y Díaz, 2002; Díaz, 2003; Garza *et al.*, 2003). También se ha demostrado su efectividad por el incremento en la producción de otros cultivos regionales como maíz (*Zea mays*) y okra (*Abelmoschus esculentus*) (Alvarado *et al.*, 2002; Díaz *et al.*, 2002). De igual forma, en otras regiones del país el mismo endófito fue promotor del crecimiento y de rendimiento, inclusive igual o superior a la fertilización química, en maíz, trigo (*Triticum aestivum*), tomate (*Lycopersicon esculentum*), soya (*Glycine max*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y naranjo (*Citrus sinensis*) (Durán *et al.*, 2001b; González *et al.*, 2002; Irizar *et al.*, 2003).

En manzano en una huerta de alta densidad con 1250 árboles ha⁻¹ ubicada en Los Lirios, Arteaga, Coah., se aplicó *A. brasilense* y *Glomus intraradices*, a razón de 1.5 x 10⁵ UFC g⁻¹ de turba de la bacteria en bolsa de 0.38 kg y el hongo con 20 % de inóculo en suelo en bolsa de 1 kg, ambas bolsas disueltas en 20 L de agua y aplicando 0.6 L por árbol a 0.3 m de profundidad antes de brotación como BIO; la fertilización utilizada en manzano fue 80-80-80-10Mg-14S como FER, aplicados a través del ciclo en forma semanal de acuerdo a Covarrubias y González (2001), para tener dos efectos BIOFER que es la asociación de BIO y FER, y sólo la FER, el análisis fue crecimiento del árbol, contenido nutrimental y rendimiento.

La fertilidad del suelo, el desarrollo del manzano y las poblaciones de PGPR encontradas se muestran en la TABLA 21; en diámetro de tronco tuvo un incremento del 2.7 % a favor de la BIOFER; en longitud de brote se tiene diferencia significativa a favor de la BIOFER con un aumento del 27 %. Los niveles de N muestran diferencia a favor de la FER en 66 %, esto se debe a una mayor relación C/N con BIOFER porque los PGPR consumen el N presente en el suelo y su efecto es mayor como promotor del crecimiento (Covarrubias *et al.*, 2003).

TABLA 21. Efecto de dos tecnologías de riego en el desarrollo del manzano y fertilidad del suelo. Los Lirios, Arteaga, Coah.

Variable	Fertirrigación	Biofertirrigación
Diámetro de tallo (m)	0.36	0.37
Longitud de brote (m)	0.33b	0.42a
N total (mg kg ⁻¹)	5000a	3000b
P (mg kg ⁻¹)	34.5b	59.6a
K (mg kg ⁻¹)	2100	2200
<i>A. Brasilense</i> (UFC g ⁻¹ suelo)	0	34250
<i>G. intraradices</i> (%)	0	25

a, b = Valores con literales diferentes en una hilera son diferentes. Tukey ($p \leq 0.05$).

En P hay más disponibilidad en el suelo con la BIOFER después de dos años de aplicación, que demuestra el efecto de *G. intraradices* de solubilizar P; con K no hay diferencia en las dos tecnologías lo que indica que los PGPR no tienen efecto en este elemento. Lo notable es la presencia de PGPR en BIOFER

respecto a FER, porque se encontró poblaciones aceptables para lograr efecto en el desarrollo manzano, aún cuando en las dos tecnologías se aplicó la misma cantidad de fertilizante inorgánico.

El rendimiento de fruta por árbol se muestra en la Figura 4, en dos años se presentó diferencia a favor de BIOFER respecto a FER, en 2001 con 8.4 % (86.3 vs.79.6 kg árbol⁻¹) y en 2002 con 11.8 % (97.7 vs. 87.4 kg árbol⁻¹), lo que indica la bondad de esta tecnología y corrobora lo encontrado en otros cultivos (Covarrubias *et al.*, 2003). Es importante utilizar PGPR que tengan efectos positivos como promotores de crecimiento, porque estas especies pueden ser encontradas en otros cultivos pero sin efecto benéfico (Carcaño-Montiel *et al.*, 2006).

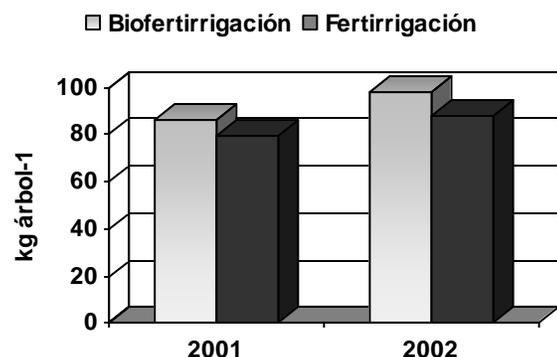


Figura 4. Rendimiento comercial en manzano bajo dos tecnologías de riego. Los Lirios, Arteaga, Coah.

En los últimos años se han obtenido resultados satisfactorios en México, con la aplicación de diversos microorganismos en campos de cultivos de gramíneas y leguminosas (Aguirre, 2001) y en algunos perennes tropicales en vivero (Mendoza y Aguirre, 2002).

La biofertilización es una forma viable, sostenible y económica de mejorar la fertilidad del suelo y elevar la producción, por lo que la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural a través del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), puso en marcha un Programa de Biofertilización, iniciando con 750,000 ha de maíz, trigo, cebada, sorgo, soya y frijol en 1999 (Aguirre-Medina, 2006).

En Nuevo León, en el 2000 dicho programa tuvo una cobertura de 1,000 hectáreas en la zona sur, a base de *Azospirillum* aplicado principalmente en tierras de temporal de productores de maíz de escasos recursos. En el resto de la entidad, el INIFAP estableció parcelas de validación principalmente en sorgo y maíz tanto en condiciones de riego como de temporal, usando como biofertilizante *Azospirillum* y Micorriza (*Glomus intraradices*); en menor escala se ha usado *Rhizobium* en el cultivo de frijol. Aunque los resultados han sido variables en términos de rendimiento, las respuestas en el crecimiento y desarrollo de plantas y raíces han sido más evidentes a favor de los biofertilizantes (Martínez, 2004).

La inoculación de cultivos con *Azospirillum* permite reducir en 40-50% el uso de fertilizante, sin que exista disminución en el rendimiento de la cosecha. Se han observado incrementos en la biomasa de pastizales naturales inoculados con *A. brasilense*, aún bajo condiciones de crecimiento subóptimas (Itzigsohn *et al.*, 2000).

Por otro lado, Caballero-Mellado *et al.* (1995), inocularon variedades de *Azospirillum* a trigo bajo condiciones de campo por dos años consecutivos (1986-1987), obteniendo incrementos significativos en grano, con respecto a los grupos control.

En un estudio realizado, por Okon y Labandera (1994), sobre plántulas de arroz en las que se examinó el efecto de un pesticida, sobre la actividad de dos variedades de *Azospirillum*, en condiciones de laboratorio y campo, se pudo observar que al inocular las semillas y plántulas de arroz, se incremento la producción de grano.

La expresión fisiológica y morfológica de los diversos cultivos estudiados se ha expresado en un mayor rendimiento por hectárea. La expresión final en grano tuvo efectos diferenciales entre los microorganismos evaluados y esta diferencia también estuvo influenciada por los niveles de fertilidad que se estudiaron (Aguirre, 2004).

En maíz, a partir de aislamientos en la zona centro del país de *Azospirillum brasilense* con capacidad de fijar nitrógeno y producir fitohormonas, a razón de $43.69 \text{ nmol h}^{-1} \text{ mL}^{-1}$ de Actividad de Reducción de Acetileno (ARA) y de $49.66 \text{ } \mu\text{g mL}^{-1}$ de índoles totales (Hernández, 2004); en Puerto México, el sistema de rotación papa-maíz, donde el cultivo de papa se fertilizó con 150-400-200 y el maíz no se fertilizó para aprovechar el efecto residual del fertilizante en la nutrición de la papa como irrigación (RIE); como BIOFER se aplicó *A. brasilense* a razón de 1×10^9 unidades formadoras de colonias (UFC) mL^{-1} en dosis de 1 L cada 7 días en 6 ocasiones mediante el riego a partir de la emergencia del cultivo más una fertilización con una dosis de 46-20-00 y como FER la dosis 200-120-00 a través del riego en forma semanal durante el desarrollo del cultivo, y para conocer el efecto se determinó el rendimiento de grano que fue con RIE de 8.3 t ha^{-1} , con BIOFER 1.2% más y con FER 4.8% más (Figura 5), sin encontrar diferencias significativas entre estas tecnologías (Covarrubias *et al.*, 2002).

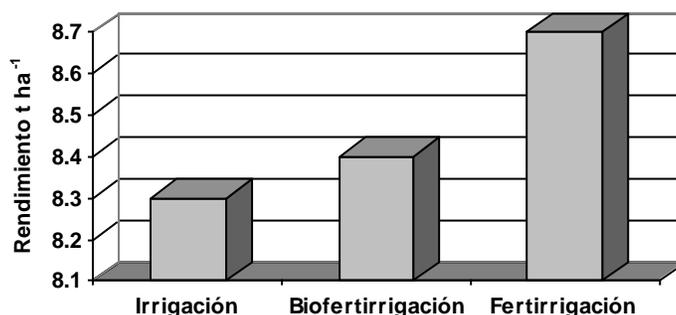


Figura 5. Efecto de tres tecnologías en el rendimiento de maíz en rotación con papa.

La FER con una dosis de fertilización de 200 unidades de nitrógeno (N) y una diferencia de 400 kg respecto a RIE sin N, obtuvo un incremento de 2 kg de grano por kg de N, si el precio del kg de grano es de \$ 2.5, para dos kg es \$ 5.0 y el costo de N con urea como una fuente con mayor aportación de N, es de \$12.7 kg^{-1} , con lo cual la FER no es rentable y la BIOFER tampoco, porque tuvo un incremento de 2.2 kg de grano por kg de N, por lo tanto RIE bajo esta rotación fue la tecnología más rentable.

En el Valle de México con el Maíz H-40 se encontró un mayor rendimiento de todos los tratamientos inoculados en comparación con el testigo sin inocular. Este hecho refleja la bondad de los microorganismos en el incremento de rendimiento del maíz, aún cuando, en este sitio se han aplicado nutrientes por muchos años y con frecuencia no se blanquean los suelos. Es importante consignar la bondad de los

microorganismos cuando se reduce a 1/3 el nivel de fertilidad químico. En el caso del sorgo BJ-89 en el Bajío, los mejores rendimientos se lograron con la inclusión de *Glomus intraradices*. Resultados sobresalientes con la simbiosis doble se encontraron en maíz H-311, que fueron muy semejantes al testigo fertilizado de la región (Aguirre, 2001).

En el caso del trigo F86 en Coahuila, el sistema radical se incrementó en la simbiosis doble más la aplicación de un nivel de 60 kg de nitrógeno. Un comportamiento semejante se consigna para la cebada var. Esperanza en el mismo sitio experimental (Covarrubias *et al.*, 2000).

Con relación al contenido de nitrógeno en el tejido vegetal de la cebada y el trigo en Coahuila, se encontró una relación importante en la simbiosis doble más un nivel de fertilidad de 60-30-00 en la cebada y en el trigo, los resultados más sobresalientes fueron con la misma simbiosis doble sola o con nivel alto de 120-60-00. En el caso del fósforo la simbiosis doble sin fertilización del trigo registró los valores más altos de este nutriente en el tejido vegetal (Aguirre y Velazco, 1994; Aguirre, 2000).

En el caso de Tabasco, se encontraron concentraciones más altas de nitrógeno en el tejido vegetal de las tres variedades de maíz establecidas en las tres localidades. Asimismo sucedió con el fósforo. Las mayores concentraciones de estos nutrimentos en los tejidos vegetales de las plantas inoculadas por los microorganismos han sido documentadas por diversos autores (Sanni, 1976; Mosse *et al.*, 1976; Khan, 1977; Barea y Azcón-Aguilar 1983; Aguirre, 1985; Jakobsen *et al.*, 1992).

Algunos microorganismos fijadores de nitrógeno, realizan un mejor trabajo cuando se asocian con otras bacterias (Jensen y Holm, 1975), como el caso de la simbiosis *Rhizobium-Azospirillum* en frijol, que ha inducido incremento en el número de los nódulos, mayor actividad de la fijación de nitrógeno y ganancia en la producción de la planta (Andreeva *et al.*, 1993; Andreeva *et al.*, 1992).

La inoculación en la leguminosa con *Rhizobium* y otras bacterias promotoras del crecimiento vegetal han tenido una interacción positiva en el desarrollo radical y del vástago del frijol (Aguirre *et al.*, 2005), favorecieron la nodulación y fijación de nitrógeno de las leguminosas (Burdman *et al.*, 2001).

En el 2001 se realizaron estudios en cultivos perennes, como es el caso del café, cacao, carambola y mango. De los resultados más importantes a la fecha tenemos el incremento en la asignación de algunos componentes del rendimiento en cacao, especialmente en el suelo estéril. Cabe hacer notar la importancia en la velocidad de germinación del cafeto cuando fue inoculado con *Azospirillum brasilense* (Aguirre, 2004).

La biofertilización de leguminosas con *Rhizobium* y otras bacterias promotoras del crecimiento vegetal, como *Azospirillum*, ha tenido una interacción positiva en el desarrollo de las plantas, debido a que favorece la nodulación y la fijación de nitrógeno (Burdman *et al.*, 1996).

En el caso de la simbiosis doble entre *Rhizobium* y micorriza-se sucede un sinergismo entre la planta (Aguirre y Velazco, 1994).

Caballero-Mellado (1991), ha demostrado el efecto benéfico de la simbiosis con diversas gramíneas especialmente maíz o bien en simbiosis doble, micorriza-*Rhizobium* en *Leucaena* (Aguirre y Velazco,

1994), y en *Centrosema*, *Stylosanthes* y *Trifolium* (Mosse *et al.*, 1976), y *Rhizobium-Azospirillum* en frijol (Andreeva *et al.*, 1993).

En la soya se ha demostrado su dependencia al *Bradyrhizobium* (Valdés *et al.*, 1984; Valdés *et al.*, 1985), la mayor persistencia de *Leucaena* en simbiosis doble bajo suelos ácidos (De la Garza *et al.*, 1987; Aguirre y Valdés, 1993), el incremento en biomasa en algunas leguminosas forrajeras tropicales (Aguirre *et al.*, 1988; Matus *et al.*, 1990).

De los componentes del rendimiento que más se afectaron cuando se incluyeron los microsimbiontes, solos o combinados, fue el sistema radical, la lámina foliar y el tallo. Una respuesta semejante reporta Nielsen *et al.*, (1998) y Aguirre, (2000) para la simbiosis micorrízica en frijol y Aguirre y Velazco (1994), para la simbiosis doble *Rhizobium*-micorriza en *Leucaena*. En el caso del frijol Flor de Mayo M35 el tallo, la lámina foliar y el número de vainas fueron los componentes del rendimiento más contrastantes entre tratamientos.

El rendimiento de diferentes variedades de frijol fue superior cuando se biofertilizó con un microorganismo o la combinación de dos de ellos, *Rhizobium etli* y *Glomus intraradices*, en comparación con el testigo sin biofertilizante. Las diferencias encontradas en porcentaje van del 16 al 70 % con algún microsimbionte solo (Aguirre *et al.*, 2005).

Resultados importantes sin la aplicación de fertilizante han sido obtenidas en diversas regiones de México, como en Chiapas (Camas, 2000), en Guerrero (Cruzaley, 2000), Veracruz (Durán *et al.*, 2001a), Coahuila (Covarrubias *et al.*, 2000).

La respuesta a *Rhizobium* ha sido variada en los resultados de investigación; sin embargo, en Querétaro la respuesta a la cepa *R. etli* fue superior en 31% al testigo sin biofertilizar. El incremento en la biomasa, el contenido de fósforo y el rendimiento del frijol ha sido consignado por Aguirre y Kohashi (2002) y también en condiciones de invernadero (Irizar *et al.*, 1999).

Con la bacteria *R. etli* con sobre expresión de nitrogenasa y sin producción de PHB, se evaluó el rendimiento en cuatro tipos de frijol en varias localidades de México (TABLA 22), el tipo flor de mayo presentó un rendimiento de 2.65 t ha⁻¹ con sólo la aplicación de la bacteria, cuando se fertilizó el rendimiento se incremento en un 4%, pero cuando se utilizó la bacteria con sobreexpresión este se redujo en 5%; para el frijol pinto, el rendimiento con fertilización se incremento en 8 % y con la bacteria con sobre expresión en 7 %; para el frijol negro, la bacteria con sobreexpresión aumentó en 6 % el rendimiento y la fertilización fue similar a la bacteria normal y el frijol azufrado con la fertilización se incrementó el rendimiento en 30 % y con la bacteria con sobreexpresión en 26 %, lo anterior indica que la respuesta de la bacteria con sobreexpresión en fijación de N y por ende en rendimiento es diferencial al tipo de frijol (Mora y Peralta, 2003).

TABLA 22. Efecto sobre el rendimiento (t ha⁻¹) en campo de cepas de *Rizhobium etli* modificadas.

Tipo	Localidad	Fertilizado	<i>R. etli</i>	<i>R. etli</i> Sobre expresión
Flor de mayo	Celaya	2.57	2.1	2.23
	Celaya	4.48	4.22	4.34
	Celaya	2.69	3.1	2.8
	Celaya	3.6	3.4	2.6
	Zacatepec	0.46	0.43	0.6
	Promedio	2.76	2.65	2.51
Pinto	Veracruz	2.34	2.33	2.4
	Texcoco	1.62	1.81	2.28
	Texcoco	3.51	2.75	2.67
	Promedio	2.49	2.30	2.45
Negro	Juchitepec	1.44	1.3	1.47
	Texcoco	2.83	3.45	3.13
	Veracruz	1.8	1.75	1.67
	Texcoco	1.77	1.65	2.29
	Texcoco	3.38	3.05	3.28
	Promedio	2.24	2.24	2.37
Azufrado	Zacatepec	2.07	1.43	2.18
	Zacatepec	1.81	1.55	1.56
	Promedio	1.94	1.49	1.87

En el Noreste de México y en el Pacífico Sur, donde se validó la biofertilización, los rendimientos más altos se lograron con los microorganismos *Rhizobium-Glomus*. El efecto benéfico de la simbiosis doble en frijol también ha sido señalado por otros investigadores en México (Camas, 2000; Uribe, 2000) o en otras plantas como *Leucaena* (Aguirre y Velazco, 1994).

Resultados obtenidos en el cultivo de soya con la variedad Huasteca-200, en Tamaulipas con se aprecian diferencias importantes al inocular a la semilla con *B. japonium* y *Glomus intraradices*, el promedio de biomasa fresca y seca, así como el numero de nódulos fue mayor al utilizar ambos simbiontes (Pérez-García *et al.*, 2004).

En Morelos, en la localidad de Yecapixtla, la diferencia en rendimiento entre el tratamiento con *Rhizobium* y *Rhizobium* más fertilizante, fue del 3 al 13 % en comparación al tratamiento testigo; en Tlayacapán y Zacatepec las diferencias fueron mayores con la combinación *Rhizobium*+fertilizante químico (Aguirre, 2004).

En Puebla, se aplicó la asociación *Rhizobium* y *Glomus* más fertilización y el rendimiento se redujo de 14 a 22%, respecto a la sola aplicación de biofertilización con *Rhizobium* y *Glomus*. Por lo que, Aguirre *et al.*

(2005) concluyen que con alta disponibilidad de nitrógeno en el suelo, las bacterias fijadoras de nitrógeno no cumplen con su función de fijar el nitrógeno atmosférico sino que, toman N el disponible en el suelo y el proceso simbiótico es menos probable que se establezca, convirtiendo la simbiosis patogénica (Wani *et al.*, 1997; Aguirre, 2004).

Olivares *et al.* (1983), muestran resultados significativos en el rendimiento de haba cuando se aplica fertilizante nitrogenado y azufre, conjuntamente con la inoculación de la semilla con *Rhizobium leguminosarum* en el campo. El peso de nódulos se reduce drásticamente a concentraciones de 5.0 mM de NO_3^- ; con suplementos de 2.5 mM de NO_3^- o menos, se incrementa el peso de los nódulos (Sandoval, 1997).

Gou *et al.* (1992), evaluó cuatro componentes de nitrógeno (N-nitrato, N-Urea, N-nitrato de amonio y N-cloruro de amonio) sobre la nodulación y fijación de nitrógeno, encontrando que los cuatro tienen efectos depresivos sobre la formación y crecimiento de nódulos y sobre la actividad de la nitrogenasa, lo que indica que no importa cual sea la fuente de N, todas afectan la FBN.

Cuando hay una buena disponibilidad de nutrimentos en el suelo, principalmente nitrógeno, la asociación *Rhizobium*-Leguminasa, disminuye debido a que la planta tiene el nitrógeno necesario para su desarrollo y no envía señales para efectuar el proceso de infección, de manera general hay una inhibición en este proceso (Sandoval, 1997).

CONCLUSIONES DEL CAPITULO

Los microorganismos promotores del crecimiento son la opción actual de sustentabilidad.

Existen un sinnúmero de organismos en la rizosfera del suelo, pero sólo aquellos que han sido evaluados como PGPR, pueden ser utilizados como biofertilizantes y en la biofertilización.

La productividad de manera sustentable puede ser una realidad con el tiempo, la respuestas de los PGPR no se logra en un ciclo sino en un cambio de tecnología de intensiva con agroquímicos a sustentable con organismos benéficos,

El estado actual del conocimiento de los organismos benéficos requiere de más esfuerzos al estudio de la flora microbiana y otros productos de origen natural.

LITERATURA CITADA

- Abbott, L.K. y A.D. Robson. 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular arbuscular mycorrhizas. *Agric. Ecosystems Environ.* 35:121-150.
- Abeles, F., P. Morgan and M. Saltveit. 1992. *Ethylene in plant biology*. Elsevier Press. 414 p.
- Aguirre Acosta, E. y M. Ulloa, 1982 a. Mohos que se desarrollan en el estiércol de algunos ratones silvestres de México. *Bol. Soc. Mex. Mic.* 17:55-66.
- Aguirre Acosta, E. y M. Ulloa, 1983. Primer registro en México sobre la sucesión de hongos en el estiércol de vaca. *Bol. Soc. Mex. Mic.* P.p. 76-88.
- Aguirre, J.F. 1985. Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en frijol al inocularse con micorriza-arbuscular y dinámica de las estructuras del hongo. Tesis de Maestría. Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados. 131 p.
- Aguirre, M. J. F. 2004. Biofertilizantes microbianos: Antecedentes del programa y resultados de validación en México. En: Simposio de Biofertilización realizado el 25 de noviembre 2004, Rio Bravo, Tam., México. Memorias.
- Aguirre, M. J.F. 2001. Programa Nacional de Biofertilizantes del INIFAP. Informe de labores. Dirección General de la División Agrícola. México, D.F. (Impreso).
- Aguirre, M. J.F. 2002. La inoculación de *Phaseolus vulgaris* L. con tres microorganismos y su efecto en la tolerancia ala sequía. *In: Memoria de la XXI Reunión de la Fijación de Nitrógeno*, realizado del 21-24 de octubre del 2002 en Cocoyoc, Morelos, Méx.
- Aguirre, M. J.F. y J. Kohashi-Shibata. 2002. Dinámica de la colonización micorrizica y su efecto sobre los componentes del rendimiento y el contenido de fosforo en frijol común. *Agricultura Técnica en México*. Vol 28(1):23-33.
- Aguirre, M. J.F., J. Kohashi-Shibata, Trejo-López, C., Acosta-Gallegos, J. A. y Cadena-Iñiguez, J. 2005. La inoculación de *Phaseolus vulgaris* L. con tres microorganismos y su efecto en la tolerancia a la sequía. *Agricultura Téc. Méx.* 31(2):125-137.
- Aguirre, M.J.F. y M. Valdés. 1993. Establecimiento y producción de *Leucaena leucocephala* inoculada con *Rhizobium* en un suelo ácido. *Pasturas Tropicales*. Vol. 15 (2): 29-31.
- Aguirre, M.J.F. 2000. Programa Nacional de Biofertilizantes del INIFAP. Informe de labores. Dirección General de la División Agrícola. México, D.F.
- Aguirre, M.J.F. y Velazco Z., M. E. 1994. Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento de *Leucaena leucocephala* al inocularse con micorriza VA y/o *Rhizobium loti*. *Agricultura Técnica en México*. Vol. 20(1): 43-54.
- Aguirre, M.J.F., M. Valdés y R.M. Silvester-Bradley. 1988. Simbiosis entre rizobios y cuatro leguminosas tropicales adaptadas en Chiapas, México. *Pasturas Tropicales*. Vol. 10 (3): 18-21.
- Aguirre-Medina, J. F. 2006. Biofertilizantes microbianos: experiencias agronómicas del programa nacional del INIFAP en México. Libro Técnico Núm. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 201 p.
- Alarcón, A. y R. Ferrera-Cerrato, 2000. Biofertilizantes: Importancia y utilización en la agricultura. *Agr. Téc. Méx.* 26(2):191-203.
- Alarcón, A. y R. Ferrera-Cerrato. 1999. Manejo de la micorriza arbuscular en sistemas de propagación de plantas frutícolas. *Terra* 17:171-191.

- Alcántar G., G. y Sandoval V., M. 2001. Funciones de los nutrimentos en las plantas. Curso postgrado. Colegio de Postgraduados - IRENAT - Edafología - Nutrición Vegetal. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 104 p.
- Alvarado C., M., A. Díaz F. y J. Morales B. 2002. Efecto de la aplicación de simbiontes en la producción de okra y maíz para elote. Memoria XXXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.
- Alvarez-Sánchez, E., J. D. Etchevers B., A. Martínez G., R. Núñez E., V. Volke H., J. Ortiz C., y L. Tijerina Ch. 1997. Recuperación del fertilizante fosfatado por el cultivo de papa. *Terra* 15:219-227.
- Andreeva, I.N., Mandkhan, K., Re'kina, T.V. Mishustin, E.N. and Izmailnov, S.F. 1992. Effect of *Azospirillum brasilense* on formation and nitrogen-fixing activity of bean and soybean nodules. *Soviet Plant Physiology*. 38(5): 646-651.
- Andreeva, I.N., Re'kina, T.V. and Izmailnov, S.F. 1993. The involvement of indoleacetic acid in the stimulation of *Rhizobium*-legume symbiosis by *Azospirillum brasilense*. *Russian Journal of Plant Physiology*: 40(6): 780-784.
- Ashad, M. and Frankenberger, W. T. 1998. Plant growth regulating substances in the rhizosphere: microbial production and functions. *Advances in Agronomy*. 62: 45-151.
- Augé R. M., X. Duan, R. C. Ebel and A. J. Stodola. 1994. Nonhydraulic signaling of soil drying in mycorrhizal maize. *Planta*. 193:74-82.
- Augé, R.M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11:3-42.
- Azcón R; Ruiz-Lozano J; Rodríguez R. 2001. Differential contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to plant nitrate uptake (^{15}N) under increasing N supply to the soil. *Canadian Jour. Bot.* 79(10):1175-1180.
- Azcón, R. 2000. Papel de la simbiosis micorrizica y su interacción con otros microorganismos rizosféricos en el crecimiento vegetal y sostenibilidad agrícola. En: Ecología, Fisiología y Biotecnología de la micorriza arbuscular A. Alarcón y R. Ferrera-Cerrato. Eds. IRENAT-Colegio de Postgraduados, Montecillos. Mundi Prensa, Médico, D.F. p. 1-15.
- Barber, S.A. 1995. Soil Nutrient bioavailability. 2nd ed. John Wiley & Son Eds. 398 p. Chapter 6 and 9.
- Barea, J.M. and Azcón-Aguilar, C. 1983. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. *Adv. Agron.* 36: 1-54.
- Bashan de, E. L., Holguin, G., Bernard, R. G. y Bashan Y. 2007. Bacterias promotoras de crecimiento en plantas para propósitos agrícolas y ambientales. En: Ferrero-Cerrato R. y A. Alarcón. Microbiología Agrícola: Hongos, bacterias, micro y macrofauna, control biológico y planta-microorganismo. México: Trillas. 568 p.
- Bashan, Y. and G. Holguin, 1998. A proposal for the division of plant growth-promoting rhizobacteria into two classifications: biocontrol-plant growth-promoting bacteria and plant growth-promoting bacteria. *Soil Biol. Biochem.* 30:1225-1228.
- Bashan, Y., M. E. Puente, M. N. Rodríguez-Mendoza, G. Toledo, G. Holguin, R. Ferrera-Cerrato, and S. Pedrin. 1995. Survival of *Azospirillum brasilense* in the bulk soil and rhizosphere of 23 soil types. *Appl. Environ. Microbiol.* 61:1938-1945.
- Bastian, F.; Cohen, A.; Piccoli, P.; Luna, V.; Baraldi, R. and Bottini, R. 1998. Production of indole-3-acetic acid and gibberellins A1 and A3 by *Acetobacter diazotrophicus* and *Herbaspirillum seropedicae* in chemically-defined culture media. *Plant Growth Research*. 24:7-11.
- Becard, G. 2001. *In vitro* techniques to study cellular and molecular aspects of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *In: Aspectos teóricos de técnicas moleculares aplicados a la investigación de la micorriza arbuscular. Memorias Curso. CNSM-UNAM.*

- Bhuvaneswari z T. V., Turgeon B. G. and Bauer W. D. 1980. Early events in the infection of soybean (*Glycine Max L. Merr*) by *Rhizobium japonicum*. 1. Localization of infectible root cells. *Plant Physiol.* 66(6):1027-1030.
- Bianciotto V; Andreotti S; Balestrini R; Bonfante P. & Perotto S. 2001. Extracellular polysaccharides are involved in the attachment of *Azospirillum brasilense* and *Rhizobium leguminosarum* to arbuscular mycorrhizal structures. *European Jour. Histochem.* 45(1):39-49.
- Bianciotto, V.; E. Lumini; L. Lanfranco; D. Minerdi; P. Montante and S. Perotto.2000. Detection and identification of bacterial endosymbionts in arbuscular mycorrhizal fungi belonging to the family *Gigasporaceae*. *Appl. Environ. Microbiol.* 66:4503-4509.
- Bohannon, J. 2007. *Science* 316: 8! 2-8 14.
- Bowen, G.D. and A.D. Rovira, 1999. The rhizosphere and its management to improve plant growth. *Advances in Agronomy.* 66:1-102.
- Broecker, W.S. 2007. *Science* 315: 371.
- Brundrett M., Bougher N., Dell B., Grove T. and N. Malajczuk. 1996. Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. *ACIAR Monograph* 332. 374 p.
- Burdman, S. H. Hamaoui and Y. Okon. 2001. Improvement of legume crop yield by co-inoculation with *Azospirillum* and *Rhizobium*. *Agronomie.* 21:1-4.
- Burdman, S. H. Volpin, J. Kigel, Y. Kapulnik and Y. Okon. 1996. Promotion of nod gene inducers and nodulation in common bean (*Phaseolus vulgaris*) roots inoculated with *Azospirillum brasilense* Cd. *Appl. Environ. Mcrobiol.* 62:30-33.
- Caballero R., Mendoza R. y Turrent, F. A. 1978. Informe Anual de Programas de Investigación del Plan de Puebla ciclo agrícola 1976. SARH colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- Caballero-Mellado J., Fuentes-Ramirez L. E., Reis M. V. and Martinez-Romero E. 1995. Genetic structure of *Acetobacter diazotrophicus* populations and identification of a New Genetically Distant Group. *Applied and Environmental Microbiology.* 61(8):3008-3013.
- Caballero-Mellado, J. 1991. Experiencias de inoculación de maíz y trigo con *Azospirillum* a nivel intensivo y de investigación. En: Memorias del III congreso Nacional de la Fijación Biológica del Nitrógeno, efectuada del 2 al 5 de diciembre de 1991. Centro de Fijación Biológica del Nitrógeno. UNAM. Cuernavaca Morelos, Méx. Pp. 20-24.
- Caballero-Mellado, J. Ornofre-Lemus, J. Castro-González, R. Estrada-de los Santos P. Womg-Villarreal, A. y Matínez-Aguilar, L. 2007. Diversidad de especies de *Burkholderia* diazotrofas y mecanismos involucrados en la promoción del crecimiento vegetal, control biológico y biorremediación. En:XXIII Reunion Latinoamericana de Rizobiología RELAR. Córdoba, Argentina. Memorias.
- Caballero-Mellado, J., L. López-Reyes, and R. Bustillos-Cristales. 1999. Presence of 16S rRNA genes in multiple replicons in *Azospirillum brasilense*. *FEMS Microbiol. Lett.* 178:283-288.
- Cabrera, G. A. y Uribe P. Z. 1973. Manejo de praderas artificiales en los suelos de ando de la Hacienda de Pasteje, estado de México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. U.N.A.M.
- Camas, G. R. 2000. Programa de validación de Biofertilizantes en Chiapas. En: informe anuak de labores PV 1999, OI 1999-2000. Campo Experimental en Chiapas. Centro de Chiapas. Centro de Investigación Regional del Pacífico Sur. (Impreso).
- Carcaño-Montiel, M. G., Ferrera-Cerrato, R., Pérez-Moreno, J., Molina-Galán, J. D., y Bashan, Y. 2006. Actividad nitrogenasa, producción de fitohormonas, sideróforos y antibiosis en cepas de *Azospirillum* y *Klebsiella* aisladas de maíz y teocintle. *Terra Latinoamericana* 24:493-502.

- Castellanos J. Z. 1982. La importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles. Seminarios técnicos vol. 7.
- Castellanos, J. Z. 1986. Evaluación de estiércol de bovino y gallinaza como fuente de fósforo en el cultivo de alfalfa. Agric. Tec. Mex. 12:247-258. CIAN-INIA-SARH.
- Castellanos, J. Z. y J. J. Peña-Cabriales. 1990. Los nitratos provenientes de la agricultura. Una fuente de contaminación de los acuíferos. Terra 8:113-126.
- Castellanos, J.Z, A. Ortega-Guerrero, O.A. Grajeda, A. Vázquez-Alarcón, S. Villalobos, J.J. Muñoz-Ramos, B. Zamudio, J.G. Martínez, B. Hurtado, P. Vargas, y S.A. Enríquez. 2001. Cambios en la calidad del agua subterránea para uso agrícola en Guanajuato. Terra. 20: 161-170.
- Castellanos, J.Z., J.J. Márquez O., J.D. Etchevers, A. Aguilar S. y J.R. Salinas. 1996 Efecto de largo plazo de la aplicación de estiércol de ganado lechero sobre el rendimiento de forrajes y las propiedades del suelo en una región árida irrigada del norte de México. Revista Terra 14-2 : pp. 151-158.
- Castro, E. M. 2000. Maleza de alfalfa in Producción y utilización de la alfalfa en la zona norte de México. Libro técnico No. 2. Ed. INIFAP-SAGARPA. México. 2000. Pp. 19.
- Comisión del CODEX Alimentarius 1997. Manual de procedimientos. Roma, Italia.
- Contijoch E., M. 2001. Programa en el uso del agua en México. Memorias. 6° Simposium Internacional de Fertirrigación. Morelia, Mich. CD-ROM.
- Costacurta, A., V. Keijers, and J. Vanderleyden. 1994. Molecular cloning and sequence analysis of an *Azospirillum brasilense* indole-3-pyruvate decarboxylase. Mol. Gen. Genet. 243:463-472.
- Covarrubias R., J. M. y Contreras R., F. J. 1997. Influencia de la calidad del agua en la fertirrigación. En: Informe de Investigación 1997. CESAL-INIFAP. Saltillo, Coah. p. 33-44.
- Covarrubias R., J. M., L. Hernández F. y R. Aveldaño S. 2003. Biofertirrigación del manzano en la Sierra de Arteaga, Coahuila. In: Memoria X Congreso Nal. Ciencias Hortícolas, Chapingo, Mex. 10: 297.
- Covarrubias R., J. M., S. Castillo A., J. A. Vera N., R. Núñez E., P. Sánchez G., R. Aveldaño S. y J.J. Peña C. 2005. Absorción y eficiencia de uso de fósforo en papa cultivar alpha con ³²P. Agrociencia 39: 127-136.
- Covarrubias, R. J. M., I. Sánchez, V. y E. Rodríguez, C. 2000. Biofertilizantes: Simbiosis doble *Azospirillum*-Micorriza arbuscular y *Rhizobium*-Micorriza en trigo, maíz y frijol en Coahuila. In: Informe anual de Labores del Campo Experimental Zaragoza, Coah. Centro de Investigación Regional del Noreste (Impreso).
- Covarrubias, R. J. M.; R. Nuñez E. y L. Hernández F. 2002. Biofertigation: A new sustainable technology. In: IV International symposium on cleaner bioprocesses and sustainable development. Veracruz, Ver. CD-ROM.
- Covarrubias-Ramírez, J. M. y V. González R. 2001. Fertirrigación del manzano en huertas de alta densidad en la Sierra de Arteaga, Coahuila. In: Memorias del IX Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. Oaxtepec, Mor. Horticultura Mexicana 8(3):379.
- Crozier, A. P., Arruda, J. M., Jasmim, A. M., Monteiro, A. K. and G. Sandberg. 1988. Analysis of indole-3-acetic acid and related indoles in culture medium from *Azospirillum lipoferum* and *Azospirillum brasilense*. Appl. Environ. Microbiol. 54:2833-2837.

- Cruz M.S.: 1977. Posibilidades de uso de compostas de basura en la fertilización de maíz en suelos derivados de tepetate. X Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. México, D.F.
- Cruz M. S. 1976. Construcción de estercoleros como alternativa para el manejo del estiércol con fines agrícolas, proyecto en Santa Catarina, Acolman, Méx. Tesis profesional. E. N. A. Chapingo, Méx.
- Cruz M. S. Fernández G. R. 1976. Estercoleros tipo, Planos especificaciones. IX Congreso nacional de la Sociedad Mexicana de las Ciencias del Suelo. Durango, Dgo.
- Cruz M. S. González G. F. y Fernández G. R. 1976. La construcción de estercoleros para la preparación de abonos orgánicos en Santa Catarina, Acolman, Méx. IX congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la ciencia del Suelo. Durango, Dgo.
- Cruz M. S. Sánchez J. R. y Esquivel Z. S. 1978. Procesamiento de estiércol de conejo por medio de la lombriz *Eisenia foetida* para uso agrícola. XI congreso nacional de la sociedad Mexicanas de la Ciencia del Suelo. Villahermosa, Tab.
- Cruz M. S. y Esquivel Z. S. 1978. Estudió de un abono orgánico mineral en comparación con la fertilización química sobre la productividad del frijol en el Estado de Tlaxcala. XI Congreso Nacional de la Sociedad mexicana de la Ciencia del suelo. Villahermosa, Tab.
- Cruz M. S. y Martínez H. N. 1975. Programa de utilización del estiércol en Santa Catarina, Acolman, Méx. VIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Saltillo, Coah.
- Cruzaley, S. R. 2000. Validación de Biofertilizantes en cultivos básicos en el Estado de Guerrero. *En*: Informe anual de labores de la Dirección de Vinculación del INIFAP en el estado de Guerrero. Centro de Investigación Regional del Pacífico Sur (Impreso).
- Davies, Jr. F.T.; A.A. Estrada-Luna, T.L. Finnerty, y V. Olalde-Portugal. 2000. Applications of mycorrhizal fungi in plant propagation systems. *In*. A. Alarcón y R. Ferrera-Cerrato (Eds.). Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular. Ed. MundiPrensa. Mexico. pp. 123-140.
- De la Garza, H., M. Valdés and J. F. Aguirre. 1987. Effect of Rhizobial strains, Phosphorus and soil type on nodulation and growth of *Leucaena leucocephala*. *Leucaena Research Reports*. Vol. 8: 42-43.
- Dennis, R. G. 1961. Fungi venezuelani, IV. *Kew Bull*. 15:57-156.
- Díaz F., A. 2003. Inoculación de sorgo con *Glomus intraradices* y *Azospirillum brasilense* en riego restringido y temporal. Memoria de Resúmenes VII Simposio Internacional y II Congreso Nacional de Agricultura Sostenible. P. 35.
- Díaz M., D. 2002. Influencia de la biofertilización en las características de planta, de grano e infección micorrízica del sorgo (*Sorghum bicolor*), en dos condiciones edáficas. Tesis Lic. UAMRA, UAT.
- Díaz F., A., E. Tavárez L. y J. Ramírez. 2002. Validación del efecto de simbiontes en la producción comercial de elote. *Biotam* 13(2): (en impresión).
- Döbereiner, J., S. Urquiaga, R. M. Boddey y N. Ahmad. 1995. Alternatives for nitrogen f crops in tropical agricultura. Nitrogen economy in tropical soil. *Fértil. Res*. 43:339-346.
- Dommergues, Y. R. 1978. The Plant-microorganism system. *In*; Interactions Between Non-Pathogenic Soil Microorganisms and Plants. Dommergues, Y and S. V. Krupa (Eds). Elsevier Scientific Publishing Company. The Netherlands. P. 1-37.
- Durán P., A., J. Aguirre M., G. González Cu., M. Peña R., y E. Schonhoven. 2001b. Producción *in vivo* de micorriza arbuscular *Glomus intraradix* con *Brachiaria bryzantha* como hospedero en camas reproductoras. INIFAP-Campo Experimental Cotaxtla. Folleto Técnico Num. 29. 28 p.

- Durán, P. A., J.F. Aguirre-Medina y V. López, G. 2001a. Modulo de Investigación en frijol ciclo otoño-invierno 2000-2001. En: Informe anual de labores del Campo Experimental Cotaxtla. Centro de Investigación Regional del Golfo. (Impreso).
- Elad, Y., and Shtienberg. 1994. Effect of compost water extracts on grey mould (*Botrytis cinerea*). *Crop Protection*. Vol. 13, No. 2. p. 109-114.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2005. Non point source pollution [En línea]. Disponible en <http://www.epa.gov/owow/nps/agrm/chapter2.pdf> (Revisado el 20 de enero de 2005).
- Espinosa-Victoria, D. 2000. Diálogo molecular: hongo micorrizico arbuscular-raíz. En: *Ecología, Fisiología y Biotecnología de la micorriza arbuscular*. A. Alarcón y R. Ferrera C. Eds. IRENAT-Colegio de Postgraduados, Montecillos. Mundi Prensa, Médico, D.F. pp. 93-116.
- Estrella CH., N. 1973. Relaciones empíricas entre el rendimiento del maíz de temporal y algunos factores ambientales en la región de Chalco-Amecameca, Estado de México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- FDA y CFSAN (Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition). 1999. Guía para reducir al mínimo el riesgo microbiano en los alimentos, en el caso de frutas y vegetales. Washington, D.C.
- Félix S. J. N., Gutiérrez C. T., Lemos P.A., Ortiz J. M.A., Pescador E. N. L. and Varela F. L. 1996. Manual de Laboratorio de Ecología Microbiana. Instituto Politécnico Nacional. P. 180.
- Fernández G. R, Rodríguez, Guerrero Q. J. y Niño de R. M. 1977. Transformación de la celulosa papelera. X Congreso nacional de la Sociedad Mexicana de la ciencia del Suelo. México, D. F.
- Fernández G. R. 1974. Prevención de la contaminación mediante el aprovechamiento de subproductos orgánicos VII Congreso de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Guanajuato, Gto.
- Fernández G. R. González G. F. y Martínez H. N. 1974. Uso relación del estiércol en la agricultura VII congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Guanajuato, Gto.
- Fernández P. y L. 1981 Evaluación de invernadero de la roca fosfórica de Baja California. Su mezclado con abonos orgánicos en suelos de ando de la meseta Tarasca. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Ferrera-Cerrato, R. 1995. Efecto de rizosfera. *In*: Ferrera-Cerrato, R. y Pérez-Moreno, J. (eds.). *Agromicrobiología. Elemento útil en la agricultura sostenible*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx., México. pp. 36-53.
- Ferrera-Cerrato, R. y A. Alarcón, 2007. *Microbiología Agrícola: Hongos, bacterias, micro y macrofauna, control biológico y planta-microorganismo*. México: Trillas. 568 p.
- Ferrera-Cerrato, R. y A. Alarcón. 2001. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Rev. Ciencia ErgoSum* 8:175-183.
- Fisher, R.F. and R.J. Long. 1992. *Rhizobium*-plant signal exchange. *Nature* 357:655-660.
- Fitzpatrick, E.A. 1996. *Introducción a la ciencia de los suelos*. Editorial Trillas. México D.F.
- Flores D. L. 1977. Fertilización fosfórica y abonamiento en praderas artificiales en ando-soles del Valle de Toluca, Edo. De Méx. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Flores R. D. 1981. Productividad de praderas artificiales con diferentes dosis de fertilización en Umbrandepts molico vertisol. Tesis de Doctor en Ciencias Biológicas. UNAM. México, D. F.
- Florez-margez J. P., R. P. Fynn, W. C. Lindemann and M. Remmenga. 2000. Total nitrogen content of dairy manures in New Mexico. *Agricultural experimental station, bulletin 785*, Colege of Agriculture and home Economics, NMSU.

- Fuentes-Ramírez. L. E. and J. Caballero-Mellado. 2005. Bacterial biofertilizers, *In*: Z. A. Siddiqui (ed), PGPR: biocontrol and biofertilization. Springer. Dordrecht, the Netherlands. p. 143-172.
- Galloway, J.N. 1999. The global nitrogen cycle: changes and consequences. *In*: 1st International Nitrogen conference. Vander Hoek *et al.* eds. Hoordwijkerhooft, The Netherlands. p. 15-24.
- Garza C., I, A. Díaz F., A. Ramírez L. e I. Machuca O. 2003. Validación de *Glomus intrardices* y brassinoesteroides en la productividad de sorgo. Memoria de Resúmenes VII Simposio Internacional y II Congreso Nacional de Agricultura Sostenible. P. 120.
- Gillis, M., Vandamme, P., De Vos, P., Swings, J. y Kersters K. 2001. Polyphasic Taxonomy. pp. 43-48. En Bergy's Manual of Systematic Bacteriology. 2nd edición. Volume I. Boone, D. R., Castenholz, R. W. y Garrity, G. M. (eds.).
- Gobierno del Estado Nayarit. 1994. Segundo congreso internacional de nuevas tecnologías agrícolas. Puerto Vallarta, Nayarit. Méx.
- González M., A. 1999. Biofertiliriego, un nuevo concepto en la agricultura. *In*: Memoria 4º Simposium internacional de fertirrigación. ICID, A.C. ed. Guadalajara, Jal. p 195.
- González C., M.C. 1995. Interacción de la simbiosis endomicorriza y la fijación biológica de nitrógeno. En: Agromicrobiología. R. Ferrera C. y J. Pérez M. (eds.). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. P. 166-183.
- González C., M.C. y R. Ferrera-Cerrato. 1996. Ecología de la endomicorriza vesículoarbuscular en un agroecosistema sostenible de maíz en el trópico húmedo de México. Micol. Neotrop. Apl. 9:53-66.
- González C., M.C.; R. Ferrera-Cerrato y J. Pérez M. 1998. Biotecnología de la micorriza arbuscular en fruticultura. UAT y CP-IRENAT-Edafología. 131 p.
- González G. F. Guerrero Q. J. y Martínez H. N. 1976. Evaluación de las posibilidades de distribución por Guanos y fertilizantes de México de la composta de basura producida en la planta de Monterrey, N. L. IX Congreso de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del suelo. Durango, Dgo.
- González S., D., G. Tsuzuki R. y R. Ramírez G. 2002. Efecto de la inoculación de *Azospirillum* y hongos micorrízico arbusculares en el crecimiento de *Lycopersicon esculentum*. En: Pérez M., J., J. Alvarado L. y R. Ferrara C. Producción y Control de Calidad de Inoculantes Agrícolas y Forestales. Comité Mexicano de Inoculantes Agrícolas y Forestales. Pp. 100-101.
- Gou, R., J. H. Silsbury y R. D. Graham. 1992. Effect of four bitrogen compounds on nodulation and nitrogen fixation in faba vean, White lupin and medic plants. Austrian Journal of Plant Phisiology. 19:501-508.
- Guerrero Q. J. 1976. Alternativas para la disposición final de residuos sólidos en el Puerto de Veracruz. Tesis profesional. Facultad de química. UNAM. México, D. F.
- Guerrero Q. J. Gonzáles G. F. y Martínez H. N. 1976. Posibilidades de reparación de compostas a partir de bagazo y cachaza de la caña de azúcar mediante la inoculación de Cofuna. IX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Durango, Dgo.
- Guerrero Q. J., Y Martínez H. N. 1975. Procesamiento de las basuras para la elaboración de las compostas en México. VII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Saltillo, Coah.
- Guzmán, G. y A. M. Pérez-Patracá, 1972. Las especies conocidas del genero *Paneolus* en México. Bol. Soc. Mex. Mic. 6: 17-53.
- Harinikumar, K.M. y D.J. Bagyaraj. 1994. Potential of earthworms, ants, millipedes, and termites for dissemination of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soil. Biol. Fertil. Soils 18:115-118.
- Harlander, S. K. 1991. Social, moral and ethical issues in food biotechnology. Food Technology 12 (5):153-158.

- Hartmann, A., M. Stoffels, B. Eckert, G. Kirchhof, and M. Schloter. 2000. Analysis of the presence and diversity of diazotrophic endophytes, p. 727-. In: E. W. Triplett (ed.), Prokaryotic nitrogen fixation: a model system for analysis of a biological process. Horizon Scientific Press, Wymondham, UK.
- Havlin J.L.; J.D. Beaton; S. L. Tisdale and W.L. Nelson. 1999. Soil fertility and fertilizers. 6th ed. Prentice Hall, Inc. New Jersey, U.S.A. 499 p.
- Hernández F., L. 2004. Diversidad genética de *Azospirillum* asociada a suelo cultivado con maíz en labranza convencional y de conservación. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 73 p.
- Hernández F., L., J. M. Covarrubias-Ramírez, R. Avelaño S. y J. J. Peña C. 2004. Biofertilización: tecnología sustentable del siglo XXI. In: Simposio de biofertilización. CINVESTAV-CERIB-INIFAP. Río Bravo, Tam. p 93.
- Hernández F., L., L. López R. y J. M. Covarrubias-Ramírez. 2002. Bacterias del genero *Azospirillum* asociadas a teocintle y su relación evolutiva con el maíz. Revista Latinoamericana de Microbiología. 44(1):317.
- Hernández Flores, L. y J. M. Covarrubias-Ramírez. 2007. Aislamiento y diversidad de *Azospirillum brasilense* en el cultivo de papa para la región de Coahuila y Nuevo León. In: Vásquez Alarcón, A. y I. Aaimers de A. (eds). Memoria del XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. León, Gto. 17:543-546.
- Hodge A.; C. D. Campbell & A.H. Fitter. 2001. An arbuscular mycorrhizal fungus accelerates decomposition and acquires nitrogen directly from organic material. Nature. 413:297-299.
- Hoffman A. R. R. 1975. Evaluación de alternativas para el manejo de estiércol en una cuenca lechera (Elección de la Mejor Opción). Tesis profesional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México, D. F
- Holford, I. C. R. 1997. Soil phosphorus: its measurement and its uptake by plants. Aust. J. Soil Res. 35:227-239.
- Horak, E., 1968. Sinopsis generum *Paneolus* agaricalium. Beitr. Zur kryptogamenflora der Schweizer 13.
- Hungria M. y Stacy G. 2001. Intercambio de señales moleculares entre planta huésped y *Rhizobio*: aspectos básicos y aplicación potencial en agricultura. Soil Biol. Biochem. 29:819-830.
- IEM. R., 1956. les champignons divinatoires utiles dans les rites des indes Mazateques, recueillis au cours de leur premier voyage au Mexique, en 1953, par Mme. Valentina pavlovna Wasson et M. R. Gordon Wasson. comp.. Rend. Acad. Sei. 242:965-967.
- Ingham, E.R. and H. Massicotte. 1994. Protozoan communities around conifer roots colonized by ectomycorrhizal fungi. Mycorrhiza. 5:53-61.
- Ingham, E.R. and H. Massicotte. 1994. Protozoan communities around conifer roots colonized by ectomycorrhizal fungi. Mycorrhiza. 5:53-61.
- Ingham, E.R. and R. Molina. 1991. Interactions between mycorrhizal fungi, rhizosphere organisms, and plants. Pages 169-197 in Microorganisms, Plants and Herbivores, P. Barbosa (ed). John Wiley and Sons, NY.
- Ingham, E.R. and W. Thies (1997). Changes in rhizosphere microflora and microfauna 10 years following Douglas-fir live tree injection with chloropicrin or methylisothiocyanate. Can. Jr. For Res. 27:724-731.
- Ingham, E.R. and W. Thies (1997). Changes in rhizosphere microflora and microfauna 10 years following Douglas-fir live tree injection with chloropicrin or methylisothiocyanate. Can. Jr. For Res. 27:724-731.

- Ingham, E.R. and W.G. Thies. 1996. Soil foodweb responses in the first year following clearcutting and chloropicrin application to a mature Douglas-fir forest to control laminated root rot. *Applied Soil Ecol.* 3:35-47.
- Ingham, E.R. and W.G. Thies. 1996. Soil foodweb responses in the first year following clearcutting and chloropicrin application to a mature Douglas-fir forest to control laminated root rot. *Applied Soil Ecol.* 3:35-47.
- Ingham, E.R., D.C. Coleman and J.C. Moore. 1989. Analysis of food-web structure and function in a shortgrass prairie, a mountain meadow and lodgepole pine forest. *Biol. Fertil. Soils* 8:29-37.
- Ingham, E.R., D.C. Coleman and J.C. Moore. 1989. Analysis of food-web structure and function in a shortgrass prairie, a mountain meadow and lodgepole pine forest. *Biol. Fertil. Soils* 8:29-37.
- Ingham, E.R., J.A. Trofymow, R.N. Ames H.W. Hurt. C.r: Morley, J.C. Moore and D.C. Coleman. 1986. Trophic interactions and nitrogen cycling in a semiarid grassland soil. Part I. Seasonal dynamics of the natural populations, their interactions and effects on nitrogen cycling. *J. Applied Ecology* 23:597-614.
- Ingham, E.R., J.A. Trofymow, R.N. Ames H.W. Hurt. C.r: Morley, J.C. Moore and D.C. Coleman. 1986. Trophic interactions and nitrogen cycling in a semiarid grassland soil. Part II. System responses to removal of different groups of soil microbes or fauna. *J. Applied Ecology* 23:615-630.
- Ingham, E.R., J.A. Trofymow, R.N. Ames H.W. Hurt. C.r: Morley, J.C. Moore and D.C. Coleman. 1986. Trophic interactions and nitrogen cycling in a semiarid grassland soil. Part I. Seasonal dynamics of the natural populations, their interactions and effects on nitrogen cycling. *J. Applied Ecology* 23:597-614.
- Ingham, E.R., J.A. Trofymow, R.N. Ames H.W. Hurt. C.r: Morley, J.C. Moore and D.C. Coleman. 1986. Trophic interactions and nitrogen cycling in a semiarid grassland soil. Part II. System responses to removal of different groups of soil microbes or fauna. *J. Applied Ecology* 23:615-630.
- Ingham, E.R., J.D. Doyle and C.W. Hendricks. 1995. Assessing interactions between soil foodweb and a strain of *Pseudomonas putida* genetically engineered to degrade 2,4-D. *Applied Soil Ecology.* 2:263-274.
- Ingham, E.R., J.D. Doyle and C.W. Hendricks. 1995. Assessing interactions between soil foodweb and a strain of *Pseudomonas putida* genetically engineered to degrade 2,4-D. *Applied Soil Ecology.* 2:263-274.
- Ingham, E.R., c. Cambardella and D.C. Coleman. 1986. Manipulation of bacteria, fungi and protozoa by biocides in lodgepole pine forest soil microcosms: Effects on organism interactions and nitrogen mineralization. *Can. J. Soil Sci.* 66:261-272
- Ingham, E.R., C. Cambardella and D.C. Coleman. 1986. Manipulation of bacteria, fungi and protozoa by biocides in lodgepole pine forest soil microcosms: Effects on organism interactions and nitrogen mineralization. *Can. J. Soil Sci.* 66:261-272.
- Ingham, E.R., c. Cambardella and D.C. Coleman. 1986. Manipulation of bacteria, fungi and protozoa by biocides in lodgepole pine forest soil microcosms: Effects on organism interactions and nitrogen mineralization. *Can. J. Soil Sci.* 66:261-272.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2000. Biofertilizantes. Desplegable técnica. México, D.F.
- International Fertilizer Industry Association (IFA). 2007. Fertilizer indicators. 1st ed. Paris, France. 17 p.
- IPCC 2007. Climate Change 2007. Working Group II. Fourth Assessment Report. Geneva, Switzerland.
- Irizar G., M., Vargas P., Garza D., Tut C., Rojas M., Trujillo A., García R., Aguirre D., Martínez J., Alvarado S., Grageda O., Valero J. y Aguirre J. 2003. Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la región central de México. *Agr. Téc. Méx.* 29(2): 213-225.

- Irizar, G.M., Albarrán, M.M., Aguirre, M.J.F., Velásquez, G. y Vargas, P. 1999. Uso de Biofertilizantes (*Azospirillum*, *Rhizobium*, Micorriza) en maíz, frijol, trigo y avena. En: Informe de Labores del Programa de Biofertilizantes en el Campo Experimental Valle de México. CIRCE. Chapingo México (Impreso).
- Itzigsohn, R., S. Burdman, Y. Okon, E. Zaady, R. Yonatan, and A. Perevolotsky. 2000. Plant-growth promotion in natural pastures by inoculation with *Azospirillum brasilense* under suboptimal growth conditions. *Arid Soil Res. Rehab.* 13:151-158.
- Iversen, K. V., J. G. Davis and M. F. Vigil, 1997. Variability of manure nutrient content and impact on manure sampling protocol. Colorado State University . p. 4.
- Jakobsen, Y.; L. K. Abbot, and A.D. Robson. 1992. External hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Trifolium subterraneum* L. Spread of hyphae and phosphorus inflow into roots. *New Phytol.* 120: 371-380.
- Jeffries, P., S. Gianinazzi, S. Perotto, K. Turnau, y J.M. Barea. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biol. Fertil. Soils* 37:1-16.
- Jensen, V. and Holm, E. 1975. Associative growth of nitrogen-fixing bacteria with other micro-organisms. *In*; Nitrogen Fixation by free-living microorganisms. W.D.P. Stewart (Ed). Cambridge University Press. Pp. 101-120.
- Kai, Hideaki, Tohru Ueda, and Masahiro Sakaguchi. 1990. Antimicrobial activity of bark-compost extracts. *Soil Biol. Biochem.* Vol. 22, No. 7 p. 983-986.
- Keller Andreas. 2002. Good Agricultural Practices (GAPs). Curso sobre inocuidad alimentaria. USA.
- Khan, A.G. 1977. Growth effects of VA mycorrhiza on crops in the field. *In*: Endomycorrhizas. F.S. Sanders, B. Mosse and P.B. Tinker (Eds). Academic Press. London. p. 419-435.
- Klironomos, J.N. 2003. Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. *Ecology* 84:2292-2301.
- Kuc, Joseph, and Norman E. Strobel. 1992. Induced resistance using pathogens and nonpathogens. p. 259-301. *In*: E.S. Tjamos, G.C Papavizas, and R.J. Cook (ed.) *Biological Control of Plant Diseases: Progress and Challenges for the Future*. NATO ASI Series No. 230. Plenum Press, New York, NY.
- Lal, R. 2007a. *Sol!* Tillage Res. 94:1-3.
- Lal, R. 2004b. *1 Sol!* Water Conserv. 59: 136-139.
- Lal, R. 2006a. *Land Degrad. & Development* 17: 197-209.
- Lal, R. 2006b. *3. Sci. Food Agric.* 86: 2273-2284.
- Lal, R. 2006c. *Intl.. SugarJ.* 108: 161-167.
- Lal, R. 2007c. Building bridges across nations. *CSA News* 52(3): 14-15.
- Lal, R., M. Griffin, J. Apt, L. Lave and M.G. Morgan 2004. *Science* 304, 393.
- Lambrecht, M., Y. Okon, A. Vande Broek, and J. Vanderleyden. 2000. Indole-3-acetic acid: a reciprocal signalling molecule in bacteria-plant interactions. *Trends Microbiol.* 8:298-300.
- Lampkin, N. 1998. *Agricultura ecológica*. Editorial Mundi-Prensa.
- Lincoff, G. H. 1981. *Field guide to North American mushrooms*. Knopf Inc. Nueva York, 926 p.
- Linderman, R.G. 1993. Effects of microbial interactions in the mycorrhizosphere of plant growth and health. *In*. R. Ferrera-Cerrato y R. Quintero L. (Eds.). *Agroecología. Sostenibilidad y Educación*. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. pp. 138-152.
- López C. J. 1979. Efecto de la fertilización orgánica sobre la población microbiana en un suelo de ando de la Sierra Tarasca. *Memorias del Seminario sobre suelos de ando y sus implicaciones en el desarrollo*

- agrícola de la Sierra Tarasca. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-Colegio de Postgraduados. Pátzcuaro, Mich.
- Loredo-Osti, López-Reyes, L., Espinosa-Victoria, D. 2004. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: una revisión. *Terra Latinoamericana*. Vol. 22(2):225-239.
- Magallanes E., A. y A. Díaz F. 2002. Eficiencia de micorriza arbuscular y hormona esteroideal en la producción de sorgo. Memoria XXXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.
- Martínez, M. J. 2004. Respuesta de la biofertilización en el crecimiento y Rendimiento de sorgo de grano en Linares, Nuevo Leon. En: Simposio de Biofertilización realizado el 25 de noviembre 2004, Rio Bravo, Tam., México. Memorias.
- Matus, J.M., M. Valdés y J.F. Aguirre-Medina. 1990. Capacidad competitiva de cepas de rizobio en la formación de nódulos en *Leucaena leucocephala*. *Pasturas Tropicales*. Vol. 12 (3): Pp.22-24.
- Mendoza, L. A. y Aguirre M. J. F. 2002. La biofertilización del cacao *Theobroma cacao* L. con *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices* en etapas de vivero. Avances de resultados. Primer Congreso Internacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria Chiapas realizado del 19 al 22 de febrero del 2002 en Tuxtla Guitierrez, Chiapas (Memorias).
- Minerdi, D., R. Fani, R. Gallo, A. Boarino and P. Bonfante. 2001. Nitrogen Fixation Genes in an Endosymbiotic *Burkholderia* Strain. *Appl. Environ. Microbiol.* 67(2): 725-732.
- Molinari, M. L., Mendizábal M. C., Aprea J., Luna M. F. 2007. Colonización endofítica de *Sorghum bicolor* y *Triticum aestivum* por *Gluconacetobacter diazotrophicus*, una bacteria promotora del crecimiento vegetal. En: XXIII Reunión Latinoamericana de Rizobiología RELAR. Córdoba, Argentina. Memorias.
- Mora, J. y H. Peralta. 2003. Biofertilizante para plantas basado en bacterias de *Rhizobium* con capacidad mejorada de fijación de nitrógeno. Comunicación personal.
- Morales R. D., Leal D. J. y Garza F. G. 1967. Influencia del estiércol de bovino y de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de trigo cultivado en el suelo calcáreo. I. T. E. S. M. III Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.
- Morton, J.B. & D. Redecker. 2001. Two new families of *glomales*, *Archaeosporaceae* and *Paraglomaceae*, with two genera *Archaeospora* and *Paraglomus*, based on concordant molecular and morphological characters. *Mycologia* 93: 181-195.
- Mosier, A. R. 1994. Nitrous oxide emissions from agricultural soils. *Fertilizer Research*. 37(3):191-200.
- Mosse, B., Powell, C.L. and Hayman, D.S. 1976. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. IX. Interactions between VA mycorrhiza, rock phosphate and symbiotic nitrogen fixation. *New Phytol.* 76: 331-342.
- Moulin, L., A. Munive, B. Dreyfus y C. Boivin, 2001. Nodulation of legumes by members of the β -subclass of Proteobacteria. *Nature*. 411: 948-950.
- Nadian, H.; S.E. Smith, A.M. Alston, R.S. Murray y D. Siebert. 1998. Effects of soil compaction on phosphorus uptake and growth of *Trifolium subterraneum* colonized by four species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol.* 139:155-165.
- Nagahashi G. & Douds D.D. 2000. Partial separation of root exudate components and their effects upon the growth of germinated spores of AM fungi. *Functional Ecology*. 104:1453-1464.
- Neyra, C.A. y Dobereiner, J. 1977. Nitrogen fixation in grasses. *Adv. Agron.* 29: 1-38.
- Nielsen K.L., Bouma, T.J., Lynch, J.P. and Eissenstat, D.M. 1998. Effect of phosphorus availability and vesicular-arbuscular mycorrhizas on the carbon budget of common bean *Phaseolus vulgaris*. *New phytol.* 139: 647-656.

- Núñez E., R. 2001. Tecnología y uso de fertilizantes. Area de Fertilidad de suelos. Especialidad de Edafología. IRENAT-CP. Montecillos, México. 120 p.
- Ocampo J., O., Jiménez D., R., Salas G., M.E., Mena V., H.G., Virgen C. G., Flores O., A. y Olalde P., V. 2001. Uso de Microorganismos Rizosféricos en Solanáceas. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN U. Irapuato Depto. Biotecnología y Bioquímica.
- OCIA. México (Asociación para el Mejoramiento de Cultivos Orgánicos). 1998. Normas de Certificación Internacional. En línea <http://www.ocia.org> (revisada 15/06/05).
- Okon, Y. and Labandera, C. A. G. 1994. Agronomic applications of *Azospirillum*: An evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biology and Biochemistry*. 26: 1591-1601.
- Olalde, P. V. y R. Serrato. 2004. Biofertilizantes: Micorrizas y bacterias promotoras de crecimiento. En: Simposio de Biofertilización realizado el 25 de noviembre 2004, Rio Bravo, Tam., México. Memorias.
- Olderman, L.R. 1994. The global extent of soil Degradation. In D.J. Greenland and I. Szabolcs (Ms) "The Global Extent of Soil Degradation". CAB international, Wallingford, 11K. : 99-118.
- Olivares, J., E. Martin and L. Recalde-Martinez. 1983. Effect of nitrogen and sulphur application and seed inoculation with *Rhizobium leguminosarum* on the yield of beans (*Vicia faba*) in field trials. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 100:149-152.
- Ortiz V. B. 1977. Fertilidad de Suelos. Ediciones Patena A. C. E. N. A., Chapingo, Méx.
- Penagos, G. M. 1976. Plantas Biológicas, solución práctica e inmediata a graves problemas Nacionales. CEMAT. Guatemala.
- Peña V. B., Turrent F. A. y Laird R. J. 1970. Efectos e interacciones de los factores N, P₂O₅, gallinaza, carbonato de calcio y silicato de calcio en suelos de la Sierra tarasca. Memorias del V Congreso de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Guadalajara, Jal.
- Pérez-García, P.; Díaz-Franco, A. y N. Maldonado-Moreno. 2004. Evaluación de la inoculación de simbiontes en soya (*Glycine max*) bajo condiciones de campo. En: Simposio de Biofertilización realizado el 25 de noviembre 2004, Rio Bravo, Tam., México. Memorias.
- Pérez-Moreno, J. & D. J. Read. 2000. Nutrient transport from soil nematodes to plants: a direct pathway provided by mycorrhizal mycelial network. *Plant, Cell and Environment* 24:1219–1226.
- Pérez-Moreno, J. & D. J. Read. 2001. Exploitation of pollen by mycorrhizal mycelial systems with special reference to nutrient recycling in boreal forests. *Proc. R. Soc. Lond. B*. 268: 1329-1335.
- Plan Puebla. 1977. Informe anual 1976-1977. SARH, colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Prinsen, E., A. Costacurta, K. Michiels, J. Vanderleyden and H. Van Onckelen. 1993. *Azospirillum brasilense* indole-3-acetic acid biosynthesis: evidence for a non-tryptophan dependent pathway. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 6:609-615.
- Raghothama, K. G. 1999. Phosphate acquisition. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 50:665-693.
- Redente E. F. 1981. Interactions between vesicular-arbuscular mycorrhiza *Rhizobium* and their effect on sweet vetch growth. *Soil Sci.* 132(6): 410-415.
- Rilling, M.C. y P.D. Steinberg. 2002. Glomalin production by an arbuscular mycorrhizal fungus: a mechanism of habitat modification. *Soil Biol. Biochem.* 34:1371-1374.
- Robledo de P. F. y L. M. V. 1981. Aplicación de los plásticos en la agricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España.
- Rodríguez M. N. 1995. Asociación *Rhizobium*-leguminosa. In: Manual de Agromicrobiología. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillos, Estado de México. Edit. Trillas. 11-52 p.
- Rodríguez P. M. 1967. Efecto de las adiciones de estiércol vacuno sobre algunas propiedades físicas del suelo en la cuenca del Valle de México.. tesis M. C., C. P. E. N. A, Chapingo, Méx.

- Rojas Peña, Lindolfo, Juan M. Covarrubias-Ramírez; Rosalinda Mendoza Villarreal, Lina Hernández Flores y Víctor M. Parga Torres. 2007. Biofertilización con solución nutritiva Steiner y *Azospirillum brasilense* en el cultivo de papa. In: Vásquez Alarcón, A. y I. Aaimers de A. (eds). Memoria del XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. León, Gto. 17:1071-1074.
- Romero, F. E. 1988. Invernaderos para producción de hortalizas y flores. Secretaria de Agricultura y Recurso Hidráulicos. Instituto nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación-Agua-Suelo-Planta-Atmósfera. Folleto técnico No. 2. Gómez, Palacio, Dgo. Méx.
- Rosegrant, M.W. and S.A. Cline 2003. Science 302: 1917-1919.
- Ross, S. 1989. Soil processes: a Systematic approach. Chapman and Hall inc New York, N.Y. p. 39-74
- Roussel H; van Tuinen D; Franken P; Gianinazzi S. & Gianinazzi-Pearson V. 2001. Signalling between arbuscular mycorrhizal fungi and plants: identification of a gene expressed during early interactions by differential RNA display analysis. Plant and soil 232(1-2):13-19.
- Ruiz-Lozano, J.M. & P. Bonafonte. 1999. Identification of a Putative P-Transporter Operon in the genome of a *Burkholderia* strain living inside the arbuscular mycorrhizal fungus *Gigaspora margarita*. Jour.of Bacteriology 181(13):4106-4109.
- Salas-Galván, Ma. E. 2000. Crecimiento, intercambio de gases y carbohidratos en plantas de tomate con micorriza y diferentes niveles de fósforo. Tesis doctorado, CINVESTAV.
- Sances, F.V. and E.R. Ingham. (1997). Conventional and organic alternatives to methyl bromide on California strawberries: Effect of Brassica residues and spent mushroom compost following successive chemical fumigation. Compost Science and Utilization. 5:34-47.
- Sances, F.V. and E.R. Ingham. (1997). Conventional and organic alternatives to methyl bromide on California strawberries: Effect of Brassica residues and spent mushroom compost following successive chemical fumigation. Compost Science and Utilization. 5:34-47.
- Sánchez G. C. 1979. Efecto residual de gallinaza sola o complementada con fertilizantes químicos en maíz de temporal en la región Sur-Oriental del Valle de México. Tesis Profesional. E. N. A., Chapingo, Méx.
- Sanders, I.R. y A.H. Fitter. 1992. The ecology and functioning of vesicular-arbuscular mycorrhizas in co-existing grassland species. New Phytol. 120:517-524.
- Sandoval C. E., 1997. Dinámica de crecimiento y nutricional del haba (*Vicia faba* L.) bajo diferentes tratamientos de nitrógeno y humedad. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 104 p.
- Sanni, S.O. 1976. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in some Nigerian soils. The effect of *Gigaspora gigantea* on the growth of rice. New Phytol. 77 (3): 673-674.
- Schachtman, D. P.; R. J. Reid and S. M. Ayling. 1998. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. Plant Physiol. 116:447-453.
- Schroth, M. N. and Weinhold, A. R.. 1986. Root-colonizing bacteria and plant health. HortScience. 21:1295-1298.
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2002. Anuario estadístico de la producción agropecuaria en la Comarca lagunera. Delegación regional de la SAGARPA, Lerdo Dgo.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 2000. Normas. México. D.F.
- Sieverding, E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Technical Cooperation, GTZ. Eschborn, Germany. 371 p.

- Smith R. S. and Miller R. H. 1974. Interactions between *Rhizobium japonicum* and Soybean Rhizosphere bacterial. *Agronomy Journal* 66(4):564-567.
- Smith, S.E. and Gianinazzi V. 1988. Physiological interactions between symbionts in Vesiculararbuscular mycorrhizal plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 39: 221-224.
- Smith, S.E. y D.J. Read. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. 2nd Edition. Academic Press. London. 605 p.
- Sweeten J. M. Jr., A. C. Maters and G. R. McEachern, 1982. Improving soil with manure application. Texas A&M University. P. 74.
- Sylvia, D.M.; D.O. Wilson, J.H. Graham, J.J. Maddox, P. Millner, J.B. Morton, H.D. Skipper, S.F. Wright y A.G. Jarstfer. 1993. Evaluation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in diverse plants and soils. *Soil Biol. Biochem.* 25:705-713.
- Thimm. T. y O. Larink. 1994. Grazing preference of some collembola for endomycorrhizal fungi. *Biol. Fertil. Soils* 18:1-3.
- Tilak, K.V.B.R. 1998. ICAR NEWS –A science and technology newsletter. 4(2): 19-20.
- Trankner, Anreas. 1992. Use of agricultural and municipal organic wastes to develop suppressiveness to plant pathogens. p. 35-42. In: E.C. Tjamos, G.C. Papavizas, and R.J. Cook (ed.) *Biological Control of Plant Diseases: Progress and Challenges for the Future*. NATO ASI Series No. 230. Plenum Press, New York, NY.
- Trejo, A.D.; E. Hernández A. y R. Ferrera-Cerrato 1998. Ecología y comportamiento de la endomicorriza arbuscular en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.). In: R. Zulueta R., M.A. Escalona A. y D. Trejo A. (Eds.). *Avances de la Investigación Micorrízica en México*. Universidad Veracruzana. México. pp. 41-52.
- Trinchant, J.C., J.J. Drevon y J. Rigaud, 2001. Symbiotic nitrogen fixation. In: *Nitrogen Assimilation by Plants*. J. F. MorotGaudry, May St, PO Box 699, Enfield, NH 03748, USA, pp. 121-134.
- University of Maryland and Food Safety (UMFDA). 2002. *Mejorando la seguridad y calidad de frutas y hortalizas frescas: manual de formación para instructores*. Symons Hall, Collage Park, MD 20742. USA.
- Uribe, V. G. 2000. Parcelas de Validación establecidas por Técnicos PEAT, ZINDER e Investigadores del INIFAP en Yucatán. En: *Informe anual de Labores del Campo Experimental Mocochoá*. Centro de Investigación Regional del Sureste. (Impreso).
- Utkhede, R. S., C. A. Koch y J. G. Mezies. 1999. Rhizobacterial growth and yield promotion of cucumber plants inoculated with *Pythium aphanidermatum*. *Can. J. Plant Pathol.* 21:265-271.
- Valdés, R. M., Aguirre, M.J.F. y Velázquez, M. 1985. Diferencias en nodulación y producción de grano de soya al inocular suelo o semilla. Turrialba. Vol.
- Valdés, R. M., Velázquez del V. M. y Aguirre M.J.F. 1984. Eficiencia de tres cepas de *Rhizobium japonicum* para fijar nitrógeno y formar nódulos en soya *Glycine max* (L) Merr. *Agricultura Técnica en México*. Vol. 10 (2): 99-110.
- Valencia F., S.; J. González. C.; J.T. Frías H.; M.E. Salas G, G.V. Calleros; V. Olalde-Portugal y F.T. Davis. 2000. Influencia de *Glomus fasciculatum* en el intercambio de gases y calidad del tubérculo de papa (*Solanum tuberosum* L.). En: *Ecología, Fisiología y Biotecnología de la micorriza arbuscular*. A. Alarcón y R. Ferrera C. Eds. IRENAT-Colegio de Postgraduados, Montecillos. Mundi Prensa, Médico, D.F. p. 162-169.
- Varela, L y D. Trejo. 2001. Los hongos micorrizógenos arbusculares como componentes de la biodiversidad del suelo en México. *Acta Zool. Mex.* Número especial 1:39-51.
- Vargas Luna, L. Madueño G. Gutierrez, JJ. Bernal Alvarado, M. Sosa, JL: Gonzalez, Solis., S.Sánchez Rocha. S., Olalde Portugal V., JJ Alvarado Gil. P.Campos. 2003. Photorespiration and temperature

- dependence of oxygen evolution in tomato plants monitored by open photoacoustic technique. *Review Scientific Instrument*. 74:707-708.
- Velasco, V. J.; R. Ferrera-Cerrato y J.J. Almaraz S. 2001. Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cáscara. *TERRA* 19(3): 241-248.
- Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil* 255:571-586.
- Villarreal A. J. 1979. Respuesta de maíz y frijol a la aplicación de gallinaza, estiércol vacuno, zinc, manganeso y hierro en suelos de Ciudad Serdán, Pue. Bajo condiciones de campo e invernadero. Tesis Maestría, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- Villegas, M. C. y A. Munive. 2005. Taxonomía y genética de la nodulación de los rhizobia, el grupo más importante de fijadores simbióticos de nitrógeno. *Biótica*. 2(1):55-106.
- Volke H. V. Mejía A. H., Morales P. A. y Turrent F. A. 1973. Resultados de la investigación agronómica en maíz desarrollado en la parte sur del estado de Tlaxcala (Plan Tlaxcala) durante 1971-1972. VI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la ciencia del Suelo. TOMO 111 :34-63.
- Walker, J. K. 1999. Suitability of composted dairy manure for plant production in New Mexico Master's Thesis. New México State University. Las Cruces Nm.
- Wani, S. P., O. P. Rupela and K. K. Lee. 1997. Soil mineral nitrogen concentration and its influence on biological nitrogen fixation of grain legumes. In: Extending nitrogen fixation research to farmer s fields. Procc. Of a International Workshop on Managing Legume Nitrogen Fixation in the Cropping systems of Asia, 20-24 Aug 1996. ICRISAT, Asia Center. Rupela, O. Johansen, C. and Herridge, D. F. (Eds) Andhra Pradesh. India. p. 183-198.
- Welztein, H.C. 1988. The effects of compost extracts on plant health. p. 551-552. In: Patricia Allen and Debra Van Dusen (ed.) *Global Perspectives on Agroecology and Sustainable Agricultural Systems* (Proceedings of the Sixth International Conference of IFOAM). Agroecology Program, University of California-Santa Cruz.
- Welztein, H.C. 1989. Some affects of composted materials on plant health. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol 27. p. 439-446.
- Welztein, H.C. 1990. The use of composted materials for leaf disease suppression in field crops. P. 115-120. In: *Crop Protection in Organic and Low-Input Agriculture*. BCPC Monographs No. 45, British Crop Protection Council, Farham, Surrey, England.
- Welztein, H.C. 1991. Biocontrol of foliar fungal diseases with compost extracts. P. 430-450. In: Jhon H. Anrews and Susan S. Hirano (ed.) *Microbial Ecology of Leaves*. Springer-Verlag, New York, NY.
- Welztein, H.C., et al. 1986. Control of Downy Mildew, *Plasmopara viticola* (de Bary) Berlese et de Toni, on grapevine leaves through water extracts from composted organic wastes. *Journal of Phytopathology*. Vol. 116. p. 186-188.
- Yagodín B. A. 1982. *Agroquímica II*. Editorial Mir. URSS pp 464.
- Young, J. M., Kuykendall, L. D., Martinez-Romero, E., Kerr, A. y Sawada, H. 2001. A revision of *Rhizobium* Frank 1889, with an emended description of the genus, and the inclusion of all species of *Agrobacterium* Conn 1942 and *Allorhizobium undicola* de Lajudie et al. 1998 as new combinations: *Rhizobium radiobacter*, *R. rhizogenes*, *R. rubi*, *R. undicola* and *R. vitis*. *Int J Syst Evol Microbiol* 51:89-103.
- Zavaleta P. M. 1976. Estudio para obtención de composta a partir de desechos sólidos de Santa Cruz Meyehualco. Tesis Prof.
- Zhang H and D. Halmilton, 1998. Sampling and analysis of animal manure. Clay.agr.okstate.edu/animal_waste/bindex.htm.

Este libro se termino de imprimir el día 14 de Septiembre 2007

en los talleres de **Impresos Selectos ARAC**

Carmen Salinas (C.28) No. 461 sur, Torreón Coahuila, México

El tiraje fue de 1000 ejemplares