

64
24



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

"CUAUTITLAN"

**EL USO DE LA COMPOSTA PARA LA FERTILIDAD
Y CONSERVACION DE SUELOS**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A**

GUSTAVO VILLAGOMEZ ZAVALA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	Pag.
OBJETIVOS	
I. INTRODUCCION	1
1. Contaminación	2
II. GENERALIDADES	8
2.1 Prácticas Agrícolas que afectan la fertilidad de los <u>sue</u> los.	9
2.2 Suelo Fertil	11
2.3 Cubierta Vegetal (Mulching)	14
2.4 Principios de Fertilización Agrícola con abonos verdes.	14
2.5 La necesidad de la Fertilización	16
2.6 Justificación de la Fertilización	17
III. FERTILIZANTES	19
3.1 Clasificación de los abonos	20
3.2 Fertilizantes	21
3.3 Características de los principales fertilizantes químicos	22
3.4 La materia orgánica y la asimilación de los abonos inor- gánicos.	25
IV. MATERIA ORGANICA	28
4.1 Materia orgánica del suelo	29
4.2 Contenido de humus en los suelos	30
4.3 Reposición de la materia orgánica del suelo	32
4.4 Efecto de la materia orgánica en la disponibilidad del- nitrógeno del suelo.	36
4.5 Abonos orgánicos	39
4.6 Abonos verdes	40
4.7 Concentrados orgánicos.	41
4.8 Estiércol y composta	41
4.9 Los abonos orgánicos muestran sobre los químicos las <u>si</u> guientes ventajas	45

	Pág
4.10 Limitaciones de los abonos verdes y estiércoles.	46
4.11 El Suelo y los Agroquímicos	47
4.12 Que es la Composta	49
V. PRODUCCION DE COMPOSTAS A PARTIR DE LOS DESECHOS SOLIDOS - URBANOS	51
5.1 Plantas industrializadoras de desechos sólidos urba- nos	52
5.2 Relación C/N para compostificación de basuras.	57
5.3 Composteo	66
5.4 Relación de Composta y grado de madurez	78
5.5 Beneficios de la utilización de la composta	81
5.6 Requisitos que debe tener una buena composta.	82
5.7 Etapas de madurez	83
5.8 Definición del Estado de Madurez	84
5.9 Determinación del Estado de Madurez	84
5.10 Posibilidades del uso de la composta	84
5.11 Conclusiones	86
VI. APROVECHAMIENTO DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA AGROINDUSTRIA AZU- CARERA EN LA ELABORACION DE COMPOSTA	88
6.1 La Agroindustria Azucarera.	89
6.2 Los Subproductos de la Agroindustria Azucarera	91
VII. COMENTARIOS	99
VIII. BIBLIOGRAFIA	103

OBJETIVOS

1. Reunir material bibliográfico sobre la utilización de Subproductos y Desechos Sólidos Urbanos que sirva de apoyo en la formación profesional del alumno de Ingeniería Agrícola.
2. Seleccionar información sobre el Aprovechamiento de Desechos Sólidos Urbanos y Subproductos de la Industria Azucarera. Con la finalidad de interesar y orientar al estudiante de Ingeniería Agrícola en la generación de investigación del Manejo y Conservación de Suelos mediante el Uso de Compostas.
3. Presentar la información existente en México sobre el Manejo de Subproductos como una alternativa para mantener y aumentar la fertilidad de los suelos y su conservación.
4. Señalar una de las alternativas en las que puede incidir el Ingeniero Agrícola para reducir la contaminación ambiental y favorecer el equilibrio ecológico.
5. Esbozar al sector agropecuario un cambio de las labores culturales del campo, con la finalidad de conservar la fertilidad de los suelos.
6. Describir las diferentes técnicas y factores que hay que controlar en el proceso de compostificación para mantener su valor como fertilizante.
7. Constrar la reducción de costos de fertilizantes inorgánicos con respecto a las compostas.
8. Distinguir el uso de la composta como fertilizante orgánico dado el contenido de materia orgánica y nutrientes.
9. Ejemplificar la compostificación con los desechos de la Industria Azucarera.

I N T R O D U C C I O N

El constante aumento demográfico de la población mundial en general y de México en particular, hace necesario que se obtengan incrementos sustanciales en la producción de alimentos para satisfacer su demanda. Los fertilizantes constituyen uno de los insumos que más eficazmente coadyuvan en el logro de tales fines. No obstante ésto, la crisis de los energéticos ha planteado diversos problemas al desarrollo de la producción de fertilizantes y las actuales tendencias inflacionarias en el costo de las materias primas requieren del óptimo aprovechamiento de los recursos, razón por la cual la aplicación de los fertilizantes debe optimizarse debiendo buscar nuevas fuentes de productos que tengan efectos similares en la producción de cultivos.

Los abonos orgánicos representan una de estas fuentes, ya que además de contener nutrimentos para las plantas, producen efectos benéficos al suelo, mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas, incrementando así los rendimientos de los cultivos.

El uso de estos subproductos data desde los inicios de la agricultura; sin embargo, su empleo ha venido a menos con la aparición de los fertilizantes químicos, provocando que en la actualidad su aplicación sea mínima además que su uso inadecuado cause severos problemas de contaminación.

1. CONTAMINACION

Actualmente la humanidad se enfrenta a diversos problemas, que por su magnitud debemos considerarlos como fundamentales, dentro de este contexto es necesario citar en forma especial el problema socio-económico, político y técnico de la contaminación ambiental que en los últimos tiempos ha alcanzado una dimensión inusitada.

Para comprender adecuadamente la problemática de la contaminación y de la influencia del hombre sobre el medio ambiente, es absolutamente indispensable examinar previamente las principales características que definen a ésta, tales como biosfera, ecología, ecosistema, etc.

La biosfera, es un sistema que engloba a todos los seres vivos de nuestro planeta; así como el aire, el agua y el suelo que constituyen su habitat o lugar donde se desarrolla normalmente el ciclo vital.

El funcionamiento de la biosfera puede resumirse de la siguiente manera: en el exterior una fuente de energía representada por la radiación solar: en el interior la biomasa donde se desarrollan los fenómenos del metabolismo, al término de los cuales unos organismos nacen, otros mueren, unos se alimentan de otros formando cadenas alimenticias en un gigantesco y permanente ciclo biológico, a cuyo término, materias y formas de energía, pasan de un estado biológico a otro.

Todos los mecanismos de la vida integral en la biosfera no pueden vivir como entidades aisladas, sino que dependen del medio ambiente, concretamente, ha de ingerir alimentos, agua, minerales, etc., eliminar desperdicios y mantener una determinada temperatura. El ambiente constituye la ciencia de la ecología, considerados justamente los organismos vivos y la materia inerte actuando en reciprocidad constituyen el ecosistema.

Nos hemos acostumbrado a la idea de que el hombre y la naturaleza han operado en una armonía relativa durante años, o sea el equilibrio natural. Para apreciar los efectos del hombre sobre el equilibrio de la naturaleza es indispensable comprender el comportamiento de los ecosistemas.

El medio ambiente o biosfera no resultaba alterado apreciablemente por la existencia del hombre primitivo. Las razones de esto eran dos: primero, la tecnología primitiva del hombre era muy limitada; en segundo lugar su presencia en la tierra era muy reducida, e inclusive si él hubiera sido técnicamente avanzado, su presencia sobre la tierra era demasiado esparcida para poder afectar el medio ambiente en algún grado significativo.

La revolución industrial rompió el equilibrio ecológico que el hombre mantenía con la naturaleza, podemos considerar que hasta el siglo pasado la influencia del hombre era relativamente pequeña. No es posible afirmar que antes de la primera mitad del siglo XIX no existiera la contaminación ambiental, en realidad la hay desde la aparición del hombre, puesto que toda actividad humana, especialmente cuando ha dado lugar a concentraciones importantes, trae consigo alguna forma de contaminación.

A partir de la explosión industrial y urbana del siglo XIX, se produce un aumento considerable de la contaminación y en unas condiciones tales que las relaciones entre el hombre y su medio ambiente se encuentran totalmente alteradas. En la actualidad el problema de la contaminación se ha agravado y ha adquirido proporciones dramáticas, tanto por su intensificación como por su extensión geográfica.

Anteriormente las zonas contaminadas eran muy reducidas y es posible que existieran zonas bastantes contaminadas por desechos industriales y urbanos, como son las desembocaduras de los ríos y áreas metropolitanas, pero en la actualidad tienden a cubrir todo el planeta-

y han sido encontradas sustancias contaminantes tales como el plomo y mercurio en los lugares más apartados como por ejemplo en el polo norte. En México, se limitan a menos del 10% del territorio nacional, - aunque afecta aproximadamente al 40% de la población.

En un lapso históricamente corto, de trescientos años, la ciencia y la tecnología han transformado la tierra, sus habitantes y en consecuencia su forma de vida. No obstante que los logros obtenidos mediante los progresos tecnológicos son importantes, y que han proporcionado al hombre un mejor medio de vida material e intelectual, el precio que ha tenido que pagar por ello es relativamente elevado; esto es, el deterioro paulatino de su medio ambiente mediante las diversas formas de contaminación: la del aire, agua, tierra, estética y psíquica.

Hemos vivido durante mucho tiempo con la idea de que la naturaleza era un bien inagotable, gratuito y eterno. Hoy observamos lo contrario, que la naturaleza no es un bien inagotable, sino un recurso en su mayor parte renovable pero difícil de preservar con un aprovechamiento irracional.

Motivado parcialmente por la industrialización durante los últimos años el alto índice de crecimiento de la población, la cual aumenta con un crecimiento exponencial o tasa geométrica principalmente en las regiones subdesarrolladas, dado que en las regiones más progresistas del mundo, este crecimiento tiende a ser lineal. La creciente emigración de la población rural hacia los centros urbanos han dado origen al incremento en la formación de grandes conglomerados, a un incremento incontrolable de la población mundial, y el aumento acelerado de las necesidades de dicha población; originando así un incremento en los diversos factores que afectan el equilibrio.

Así por ejemplo los productos necesarios para satisfacer las necesidades de alimentación de dicha población, donde la producción -

de este tipo de satisfactores solamente ha incrementado en una proporción casi aritmética, el proceso industrial agota los recursos naturales, materias primas y las fuentes de energía en su afán de cubrir el déficit resultante de una demanda de satisfactores que aumenta en proporción geométrica y una oferta que crece en proporción aritmética y sobre todo influenciado por las tendencias actuales que cada día nos conducen con mayor ímpetu hacia una sociedad de consumo.

Estos y otros factores, dentro de los cuales por su importancia cabe recalcar en forma especial los siguientes: la explosión demográfica, las tendencias multitudinarias de los asentamientos humanos en las grandes urbes, las características técnicas de nuestra industria y la multiplicación de los medios de transporte constituyeron a la proliferación de las diferentes formas de contaminación ambiental.

Al grado de que la naturaleza es incapaz de alcanzar por sí sola el equilibrio requerido, puesto que nada se salva, el aire, el agua y el suelo se encuentran en peligro de ser afectados considerablemente.

Los humos y polvos que cotidianamente depositan en la biosfera millones de automotores y chimeneas de las fábricas asfixian a sus habitantes, causándoles graves problemas principalmente en el aparato respiratorio. Deterioran la atmósfera, lo que hace temer por daños mayores originados por la alteración de la radiación solar que llega a la biomasa, sobre todo en los países en vías de desarrollo, estos problemas se presentan en un menor grado.

La contaminación del agua es originada por la gran cantidad de residuos provenientes de las actividades del hombre y de las diversas industrias. Consecuentemente los contaminantes que pueden llegar a las aguas son muy diversos y alteran sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Es cierto que existen algunos de efecto limitado y de poco alcance, como algunas partículas sedimentables y otros que tienen un efecto perjudicial transitorio aunque muy severo, tales como la temperatura y la materia orgánica putrescible. Esta última responsable de la disminución del contenido de oxígeno es evaluada por medio de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que ocasiona graves daños a la flora y a la fauna, pero bajo ciertas condiciones puede ser descompuesta desapareciendo de esta manera los daños causados al medio.

En cambio, hay otros que representan prácticamente la destrucción del ecosistema acuático y entrañan grandes peligros para quienes pudieran consumir esas aguas o sus productos, puesto que en ocasiones persisten en el medio por largo tiempo; tal es el caso de los metales pesados, algunos plaguicidas, los cianuros, el arsénico, los hidrocarburos y el fenol.

Los metales pesados, entre los que destacan: el plomo, el cadmio y el mercurio tienen como característica común la elevada toxicidad de sus sales solubles, que pueden ser acumuladas por los organismos que las han absorbido. Estos a su vez pueden entrar a la cadena alimenticia, que termina en el aparato digestivo del hombre con sus trágicas secuelas de saturnismo, ceguera, amnesia, raquitismo, miastenia o muerte.

La tierra que puede ser deteriorada por el asentamiento de los residuos sólidos y/o regada con agua contaminada envenenando a su vez las raíces de sus vegetales, extendiéndose a los animales y generando productos portadores de gérmenes negativos y diversos vectores que ponen en peligro la existencia del hombre.

Las tendencias actuales de la humanidad hacia una sociedad de consumo aunado al desarrollo del proceso de urbanización, así como las características técnicas de nuestra industria, la intensidad de la propaganda y publicidad originan un aumento incesante del peso y volumen de residuos urbanos, que por sus características físicas, químicas y

biológicas constituyen una de las fuentes que más contribuyen a la propagación de la contaminación ambiental.

En las basuras urbanas se encuentran desde residuos de comida proveniente de casa-habitación, restaurantes y mercados que son fácilmente putrescibles y por lo tanto potenciales criaderos de insectos. Así como envases desechables, artículos deshechos, rotos y maltratados, de los cuales gran parte no son degradables o difícilmente degradables, como en el caso de los materiales plásticos, y lo que es más grave aún, que en dichos residuos se encuentran sustancias tóxicas como el plomo, mercurio, cadmio, etc., además de la basura proveniente de los hospitales que son focos de infección, portadores de gérmenes patógenos que transmiten diversas enfermedades al hombre.

Así el problema de las basuras urbanas es ya agudo sobre todo en poblaciones mayores de cien mil habitantes y la magnitud de la producción de estos residuos, exige la máxima atención preventiva para evitar la contaminación ambiental con su consiguiente causa de enfermedades infecciosas y epidemias, la degradación social de los manipuladores de la basura y el alto costo de los servicios de recolección, transporte y disposición final de los residuos urbanos.

En estas circunstancias, la amenaza de la crisis del medio ambiente, génesis y efecto de la problemática moderna plantea un reto que la humanidad debe superar para poder subsistir. Los enemigos a vencer son la contaminación y el deterioro del medio ambiente y consecuentemente la apatía e indiferencia que la gente manifiesta al respecto. (20).

II GENERALIDADES

2.1 PRACTICA AGRICOLA QUE AFECTA LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS.

Alrededor del 85% de los suelos del país padece serias deficiencias de materia orgánica y son frecuentes los casos en que el contenido es del medio por ciento o menor. Como consecuencia, los índices - Winogradsky de flora microbiana están muy por abajo de lo normal.

De las zonas cañeras del país se puede decir, como común denominador, que adolecen principalmente de una deficiencia: pobre en materia orgánica. Esta condición tiene su origen en el mal manejo tradicional de nuestros suelos y en la práctica inveterada de quemar los residuos de las cosechas. Y junto con las deficiencias de la materia orgánica va aparejada otra dificultad pedológica muy general, que es la compactación de los suelos pesados y la formación de estructura poco adecuadas para el desarrollo y actividad de la flora microbiana, amén de los múltiples inconvenientes que resultan cuando se maneja un suelo en estas condiciones.

Una de las causas más frecuentes de los bajos rendimientos, es que el agricultor en su mayoría, se ha dedicado solamente a explotar el suelo sin tratar de conservar su fertilidad mediante sus reposiciones continuas de materia orgánica y prácticas preventivas contra la erosión. Suelos agotados o regulares que devinieron en estériles por errores de explotación, han impedido que el campesino, pero principalmente el ejidatario, pueda depender de sí mismo, condenándose a una vida precaria - al margen del desenvolvimiento económico del país.

Por otra parte, los problemas técnicos están íntimamente ligados con los económicos: para que el agricultor pueda efectuar mejoras en su parcela necesita cosechas abundantes y para obtener éstas, requiere suelos fértiles. (16).

El decaimiento de la fertilidad original de un suelo, después-

de abierto al cultivo, se debe fundamentalmente al rompimiento brusco del ciclo normal de formación de éste, al suspender la adición natural de materia orgánica derivada del bosque, a su exposición desmedida a los agentes del intemperismo y principalmente a la ausencia de prácticas de conservación.

La primera deficiencia se inicia al desmontar las áreas que van a dedicarse a la explotación agrícola, continúa con la extracción total de la cosecha y se consume cuando se queman los campos, antes o después de la recolección, en cuyo caso se destruyen los remanentes orgánicos del suelo y se daña la flora microbiana.

La segunda deficiencia es causada por la ausencia de coberturas y la roturación anticipada del suelo, que lo expone desmedida e innecesariamente a la acción de los elementos. La erosión hídrica, que consiste en la infiltración de los coloides orgánicos humificados y la eólica, en que al no encontrar barreras, los vientos arrastran la capa vegetal o la cubren con arena. Estos fenómenos causan la destrucción del suelo, lenta pero progresiva.

Lo último y más perjudicial, es que se ignore que la conservación exige el mantenimiento de las proporciones mineral y orgánica del suelo. Escatimar la reposición de la materia orgánica perdida en cada cosecha, es el camino más seguro para llegar a la realidad de lo que es un campo estéril. (16).

El uso de fertilizantes químicos a lo largo de muchos años sobre el mismo suelo, sin la aportación de materia orgánica perdida por medio del monocultivo, conduce al empobrecimiento de las condiciones físicas y biológicas del suelo y consecuentemente a la pérdida de productividad. (18).

2.2 SUELO FERTIL

Uno de los índices de fertilidad de los suelos es el porcentaje de la materia orgánica, si el suelo contiene en la capa arable un 5% o más, del peso de la tierra y asociada aquella a una abundante flora microbiana, la fertilidad del suelo aumenta considerablemente. La materia orgánica y la microflora son los elementos calificados como sustancias activas del suelo y constituyen la espina dorsal alrededor de la cual se desenvuelve toda la cualidad dinámica del mismo. Son en sí mismas, la propia fertilidad.

Waksman dice: "Entre los varios factores que contribuyen a la fertilidad del suelo, ninguno ocupa un lugar más prominente que la materia orgánica. Tiene un efecto cuádruple en el suelo: 1) sirve como almacenamiento de nutrientes para las plantas. La lenta pero gradual descomposición de la materia orgánica por los microorganismos, resulta en la liberación de una corriente continua de bióxido de carbono, de nitrógeno disponible en forma de amoníaco que pronto es transformado a nitrato, de fósforo y de otros elementos esenciales para el crecimiento. 2) Tiene importantes efectos físicos en el suelo: mejora su estructura, proporciona mejor aireación, tiene un efecto de agregación sobre las partículas del suelo, aumentan la capacidad de retención de agua, lo ayuda a absorber más calor y aumenta la capacidad amortiguadora del suelo evitando los cambios rápidos en acidez o alcalinidad. 3) Tiene ciertos efectos químicos sobre los constituyentes del suelo, tales como los de transformación del fósforo y otros elementos en forma más soluble y neutraliza sustancias que tienden a ser tóxicas para las plantas; también tiene un alto poder de retención de bases. 4) Tiene un efecto importante sobre el estado biológico del suelo, haciéndolo un medio más favorable para el desarrollo de los sistemas radiculares de las plantas y para el crecimiento de microorganismos esenciales para los procesos del suelo".

"... La circulación del aire en el suelo es esencial para un buen crecimiento, tanto de las raíces como de la planta. Los suelos que reciben abono orgánico están menos sujetos a variaciones estacionales que los que reciben únicamente fertilizantes químicos, de acuerdo con lo deducido en las investigaciones de la Escuela Experimental de Rothamstead, Inglaterra. Los venenos de las plantas se hacen menos tóxicos en un suelo con buen contenido de humus y las altas concentraciones salinas son menos dañinas, así como la solubilidad del aluminio. Las enfermedades de las plantas por deficiencias, normalmente son menos severas en suelos bien abastecidos en materia orgánica, no solo debido al vigor aumentado de las plantas, sino también por los efectos antagónicos de varios microorganismos del suelo que se hacen más activos de materia orgánica..."

J.I. Rodale : indica "El suelo no es, como lo suponen muchos, una sustancia muerta, inerte. Tiene mucha vida y dinamismo, rebosa de bacterias, actinomicetos, hongos, mohos, levaduras, protozoarios, algas y otros organismos diminutos. En conjunto, se hace referencia a esas plantas y animales inferiores como la vida biológica del suelo".

"Esta población microbiana del suelo se encuentra principalmente en las cuatro o cinco pulgadas superiores, donde se encuentra la mayor parte de la materia orgánica de la que se alimentan... Normalmente viven juntos en una relación delicada, bien equilibrada controlada por la naturaleza. Si las condiciones del suelo se desequilibran a causa de la intrusión de elementos extraños (ciertos productos químicos de gran potencia) o por falta de alimentos adecuados, o cambios climáticos la relación que modifica y en ese caso resulta más difícil cultivar las plantas en forma natural".

Estos microbios son los verdaderos elaboradores del alimento de las plantas en el suelo y no solo lo hacen, sino que en algunos casos (las micorrizas) lo suministran a la planta. Los hongos y las bacterias desempeñan la función importante de desintegrar o descomponer -

la materia orgánica modificando así el suelo y su estructura. Los investigadores del Departamento de Agricultura de E.U. han descubierto dos formas en que realizan esta función: las bacterias de descomposición segregan una mucosidad que une las partículas finas del suelo formando masas que resisten al efecto del lavado de las lluvias, que de lo contrario causarían erosión y hongos que se alimentan de planta que -- emiten filamentos ramificados o micelios, que une las partículas en masas de mayor tamaño. El hecho más conocido en la elaboración de nutrientes es el de las bacterias que fijan el nitrógeno, actúan en las raíces de las leguminosas para extraer el nitrógeno del aire.

Snell: Menciona "Experimentos llevados a cabo por especialistas en suelos indica que la presencia de materia orgánica es un requisito indispensable para que haya una actividad biológica adecuada en los suelos, cuya presencia estimula el crecimiento de las plantas, especialmente de las raíces. Se ha probado que las raíces crecen mucho más rápido cuando se ha aumentado el contenido de materia orgánica. Una buena actividad biológica es muy especial para que las plantas en crecimiento pueda absorber compuestos minerales que en otras condiciones serían insolubles tales como fosfatos..."

La adición de materia orgánica al suelo es una absoluta necesidad para todo agricultor consciente de que la buena agricultura consiste principalmente en la conservación de una tierra buena y fértil.(18).

Rodale: indica "El hecho de que la fertilización como "composta" estimula el crecimiento de micorrizas en el suelo, es una de las razones más poderosas para insistir en su uso, porque según lo destaca Lady Balfour en su análisis de las obras de la Dra. Rayner y de Sir Albert Howard, los cultivos sembrados en composta o en cantidades abundantes de estiércoles, siempre presentaron un desarrollo máximo de micorrizas, en notable contraste con aquellos cultivos abonados químicamente".(16).

2.3 CUBIERTA VEGETAL (MULCHING)

Bajo este nombre se entiende el manto de residuos vegetales, - paja, hierba, (papel), etc., con que se cubre la superficie del suelo el "mulch" se emplea principalmente en la explotación de frutales y arbustos así como en la de la piña, legumbres y otros cultivos más. Este manto posee las favorables características del cultivo de cobertura - protegiendo al suelo contra la acción directa de la luz solar y de los efectos mecánicos de la lluvia, previendo con ello la destrucción de - la estructura y la desecación edáfica, presentando las desventajas del mismo tales como competencia de la humedad y nutrientes con el cultivo principal. El manto de mulch incrementa también la penetración de las raíces en las capas superiores del suelo, cuya riqueza en nutrientes - es de consideración. Tal hecho suele conducir igualmente al mejor aprovechamiento de los nutrientes de los fertilizantes. Si el material orgánico que se emplee; por ejemplo, pasto guinea, pasto elefante, proviene de áreas separadas, se le suministrara al suelo una determinada cantidad adicional de elementos nutritivos. Con el fin de obtener abundantes cantidades de material orgánico, para la preparación del mulch habrá de recomendarse una generosa fertilización de las áreas de su cultivo con nitrógeno, fósforo y potasa. (27).

2.4 PRINCIPIOS DE FERTILIZACION AGRICOLA CON ABONOS ORGANICOS

El uso de abonos orgánicos en terrenos cultivados se remonta - casi al nacimiento mismo de la agricultura. El incremento en la producción y consumo de fertilizantes químicos en una agricultura intensiva - disminuyó la atención hacia los abonos orgánicos en la época 1940-70, - pero en la actualidad vuelven a cobrar importancia los estudios con abonos orgánicos, por las siguientes razones.

- A) Aún en épocas de máxima producción de abonos químicos, el consumo mundial de nitrógeno y fósforo en abonos orgánicos, ha superado al consumo de abonos químicos.
- B) La creciente escasez y alto costo de los energéticos en el mundo restringirá la producción de abonos químicos, por lo que debe buscarse el aprovechamiento máximo de los orgánicos.
- C) Los problemas de contaminación ambiental derivados de las plantas productoras de fertilizantes, así como el uso excesivo de abonos químicos u orgánicos, hacen más perentoria la necesidad de determinar las dosis óptimas económicas de nutrientes tanto de fuentes orgánicas como químicas. (30).

La importancia de la materia orgánica del suelo, es conocida desde tiempos muy remotos. Los antiguos griegos y romanos así como los chinos, ya usaban la materia orgánica para conservar y mejorar la fertilidad del suelo.

Es probable que en aquellas épocas, la simple observación de buenos rendimientos de cosechas, justificaban el uso de materia orgánica; pero en la actualidad, la bioquímica como ciencia ha venido a determinar que el uso de la materia orgánica en los suelos agrícolas es vital, pues de ello se deriva por lo menos el 50% de los resultados positivos en el rendimiento de las cosechas.

Ahora bien, siendo la materia orgánica del suelo un material en estado activo de descomposición y sujeto al ataque de los microorganismos, es un constituyente transitorio, que debe ser renovado constantemente a fin de asegurar la fuente de energía o alimento para la enorme cantidad de microorganismos que viven en el suelo y que realizan la transformación de los minerales a formas altamente asimilables.

La fuente original es la incorporación de residuos de raíces ,

hojas, tallos, frutos, etc., en diferentes estados de descomposición.

En las tierras de cultivo, la mayor parte del material orgánico proviene de la incorporación de residuos de cosechas. Sin embargo, estos medios tradicionales serán eficaces en medida que se puedan obtener en volumen y tiempo, por lo que en la vida moderna deben ser sustituidos por métodos o procesos bioquímicos ya conocidos. (15).

2.5 LA NECESIDAD DE LA FERTILIZACION

La Preparación Física del Terreno

Los terrenos de cultivo son sometidos periódicamente a labores que tienen por objeto modificar sus propiedades físicas. Estas labores en efecto, ablandan y dejan suelta la tierra para que la raíces puedan desarrollarse fácilmente; la hacen más porosa, permitiendo que una mayor cantidad de aire entre en el terreno y circule por él, y que el agua pueda penetrar mejor en su masa y lo mantenga fresco. Barbechando y rastreando el terreno, haciendo que experimente mejor la acción de los agentes externos, las labores dejan además la capa cultivable más homogénea, más apta para llevar una buena y uniforme vegetación. Efectivamente, los fragmentos rocosos se disgregan cada vez más, es decir, se ponen en condiciones de poder ser más fácilmente atacados y modificados o por lo menos inocuos, para las plantas, siendo nocivos para aquellos que están caracterizados por una oxidación incompleta; la sustancia orgánica se descompone; la formación de nitrógeno nítrico se efectúa con mayor regularidad; la vida de las bacterias aerobianas es asegurada con preferencia a la de las anaerobianas (por lo general perjudiciales). La preparación física de la tierra es por lo tanto muy importante, pero no basta. (33).

2.6 JUSTIFICACION DE LA FERTILIZACION

Una vegetación que creciese sobre un terreno y que no fuese utilizada por nadie, en lugar de empobrecer el terreno mismo lo enriquecería, porque le cedería la propia sustancia orgánica sin privarlo de los elementos útiles y necesarios. Pero un cultivo cuyos productos estén destinados a la alimentación del hombre o del ganado o a suministrar materias primas para la industria, no puede evitar el ir extrayendo del terreno los elementos que ha necesitado para su producción y con el tiempo podría poner en un verdadero aprieto al agricultor. No es que con el andar del tiempo se haga imposible toda vegetación, la esterilidad tiene otras causas, pero si se continuase por tiempo indefinido la restitución incompleta se llegaría poco a poco a obtener una producción tan pobre en calidad y cantidad que no saldría a cuenta seguir el cultivo. Para que este último resultado tan grave no fuera de temer, habría que suponer, por ejemplo, la sustituibilidad de los contenidos necesarios en el terreno: habría que suponer que, a falta de potasio, las plantas podrían valerse de otros elementos del mismo grupo, como el sodio o el litio; que siendo deficiente en fósforo las plantas pudieran con igual ventaja utilizar el arsénico o el antimonio y así sucesivamente. Pero esta sustituibilidad y las consecuencias benéficas derivables, no existen más que en un plano hipotético no avalado por la práctica.

Ocurre, en cambio, muy a menudo que se encuentran terrenos que contienen un elemento necesario en cantidad insuficiente. Esto depende de muchos factores y entre éstos, del origen del terreno y la diversa proporción con la cual las plantas sacan del mismo los elementos necesarios para su vida. No hay agricultor que ignore que ciertas plantas a diferencia de otras merecen ser calificadas de depauperantes: debemos llegar a un concepto más vasto y más racional y dar porque todas las plantas empobrecen el terreno y que cada una se muestre particularmente exigente con respecto a un elemento dado. Y entonces, puesto que sola-

mente alternándolas se puede mantener un equilibrio, las plantas están sujetas a vegetar en unas condiciones mínimas que regulan la vegetación de modo que el desarrollo de las plantas se produce en razón del elemento que se encuentra en cantidad relativa menor.

Para alcanzar un determinado desarrollo de las plantas, se necesita una cantidad dada de cada uno de los elementos y si uno de éstos es deficiente, la absorción de todos los demás disminuye proporcionalmente y por consiguiente se obtiene un desarrollo general menor.

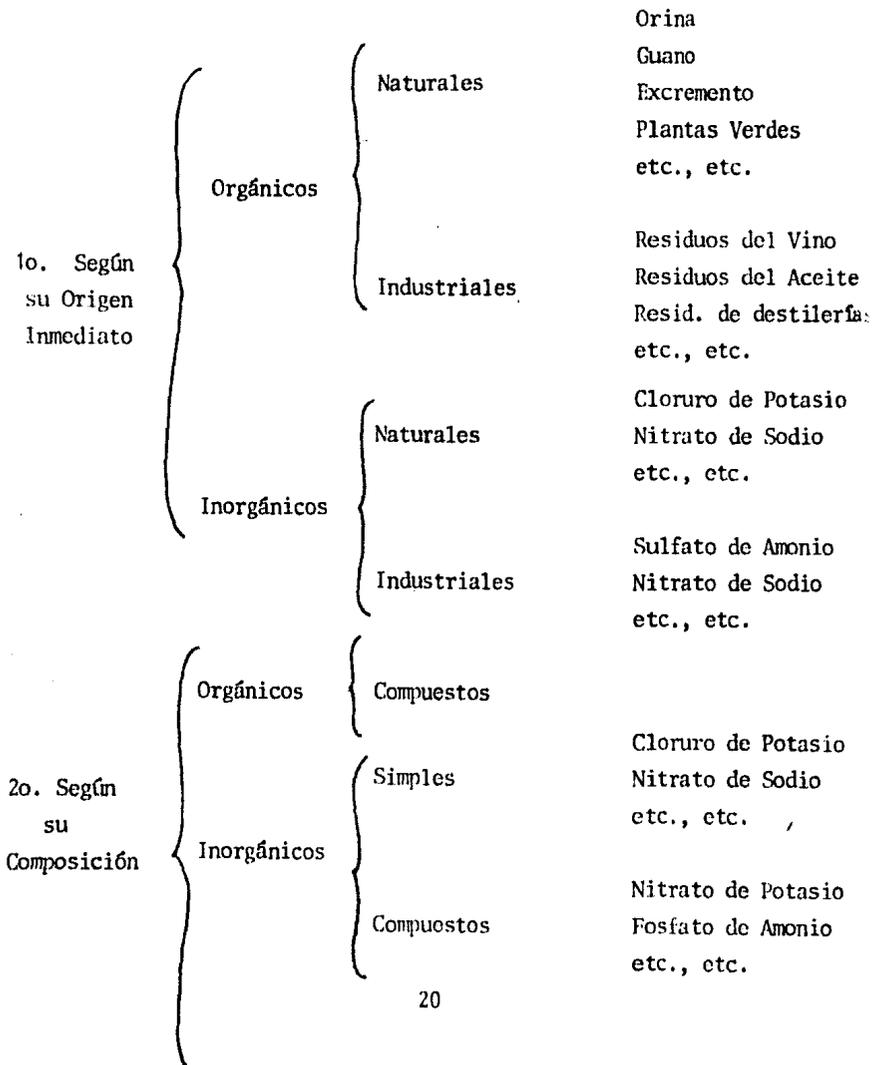
Hemos considerado hasta aquí aquellos terrenos que por sucesivos cultivos han quedado empobrecidos, e indirectamente aquellos que son pobres por constitución, a los cuales podemos extender las consideraciones hechas. Pero ¿cómo debemos comportarnos en el caso de un terreno rico? Cuando dispusiéramos de una capa cultivable que estuviese dotada de los elementos indispensables en cantidad notable, deberíamos pensar si por estar en un estado asimilable o menos, la vegetación es sin más compatible. En efecto, la riqueza de un terreno puede ser presente, activa, en potencia o potencial. En este segundo caso, aún cuando coinciden las buenas propiedades físicas, es provechoso llevar al terreno aquellos elementos que ya se encuentran en él, pero que por estar en forma de compuesto insolubles o no asimilables, es como si no existieran. En el primer caso, en cambio, siendo iguales todas las otras condiciones se tiene la fertilidad, es decir, la aptitud para dar abundantes productos y como resultado se ésta, si está bien trabajado y sujeto a un clima favorable, y aquí entendámonos. El agricultor puede, por razones económicas cultivar sin preocuparse de restituir enseguida los materiales que poco a poco se lleva con las cosechas; pero después de un período de tiempo que no puede ser demasiado largo, debe restituirse los elementos extraídos.

III FERTILIZANTES

3.1 CLASIFICACION DE LOS ABONOS

Las sustancias que pueden llamarse abonos son tan numerosas que se hace necesario ordenarlas, según determinados criterios, en grupos con objeto de facilitar el estudio comparativo.

Distinguiremos los abonos: (33)



Los abonos orgánicos se pueden distinguir también en animales, vegetales y mixtos. Entre los animales: orina, excrementos sólidos, - guano, palomina, gallinaza, majadeo, estiércol de caballo, de cerdo, de ganado vacuno, de ganado lanar, sangre, huesos, restos de pescado, etc. Entre los vegetales: hojas, paja, hierba, turba, residuos del vino, del aceite de destilerías, etc. A la categoría de los mixtos pertenecen - los estiércoles y basuras (desechos de la industria azucarera).

Los abonos inorgánicos pueden ser calcáreos, potásicos, nitrogenados, complejos. Entre los calcáreos: la cal, el yeso, la marga, los residuos de las demoliciones, etc. Entre los fosfatos: minerales, los - perfosfatos, los fosfatos precipitados, las escorias Thomas, el pirofos - fato, etc. A la categoría de los potásicos pertenecen: el carbonato de potasio, el sulfato de potasio, el cloruro de potasio, el cloruro de po - tasio-magnesio o carnalita, el sulfato de calcio, de potasio y magnesio o polialita, la calnita o sulfato de potasio-magnesio y cloruro de mag - nesio, la krusita o sulfato de potasio o magnesio con sulfato de calcio, la lencita o silicato de aluminio y potasio. Son abonos inorgánicos ni - trogenados, el sulfato de amonio, el nitrato de sódio, la calciocianami - da, el nitrato de calcio, la cal nitrogenada. La última categoría o -- abonos complejos están constituidos por la mezcla de dos o más abonos - inorgánicos y pueden llamarse abonos completos cuando reúnen los cuatro elementos indispensables (33).

3.2 FERTILIZANTES

Fuentes Comerciales:

De Nitrógeno:	% N
- El sulfato de amonio	- 20.5%
- El nitrato de amonio	- 33.5%
- La urea	- 46 %
- El amoníaco anhidro	- 82 %
- La cianamida cálcica	- 21.5%

- El nitrato de sodio - 16 %
- El agua amoniacal - 20 %

De Fósforo: % P

- El superfosfato de calcio simple 19.5%
- El superfosfato de calcio triple 46 %
- Amno - Phos - 11% N. y 48 % P_2O_5

De Potasio:

- El cloruro de potasio - 60 %
- El sulfato de potasio - 50 %

Fórmulas que se venden el mercado, ya preparadas por las Plantas Productoras de Fertilizantes:

- a) 10 - 10 - 10
- b) 18 - 46 - 0
- c) 17 - 17 - 17
- d) 15 - 30 - 15
- e) Otras

3.3 CARACTERISTICAS DE LOS PRINCIPALES FERTILIZANTES QUIMICOS

NITROGENADOS:

Amoníaco

Presentación.- Se comercializa en forma de gas, con una concentración del 82%. Se aplica antes de la siembra o en el agua de riego. Requiere tierra preparada y húmeda.

Ventajas.- Es barato, porque los fletes son bajos debido a su alta concentración.

Desventajas.- Requiere equipo aplicador y tierra nivelada - cuando se aplica en el riego.

Agua Amoniacal

Presentación.- En forma líquida 20%.

Aplicación.- Antes de la siembra o en el agua de riego.

Ventajas.- Es barato y fácil de aplicar.

Desventajas.- Cuando se aplica en el riego requiere tierras bien niveladas.

Sulfato de Amonio

Presentación.- En forma de sal

Concentración.- Al 20.5%

Aplicación.- Se realiza a mano o con maquinaria, la mitad en la siembra y la otra mitad en el primero o segundo cultivo, de acuerdo con el tiempo.

Desventajas.- Se hace piedra. Los fletes son caros por su baja concentración.

Nitrato de Amonio

Presentación.- En forma de sal.

Concentración.- Al 33%

Aplicación.- A mano o con máquina

Ventajas.- Es aprovechado inmediatamente por la planta.

Desventajas.- Se pierde pronto por ser arrastrado por el agua a las capas profundas.

Urea

Presentación.- Viene en forma granulada.

Concentración.- Al 46%

Aplicación.- A mano o con máquina

Ventajas.- Es barato por unidad de nitrógeno. Se puede aplicar toda la dosis en una sola vez y no se hace piedra.

POSFORICOS:

Superfosfato de Calcio Simple

Presentación.- En forma de polvo.

Concentración.- Al 20%

Aplicación.- A mano o con maquinaria toda la cantidad en la siembra, abajo y a un lado de la semilla.

Desventaja.- Se hace piedra. El flete es caro por su baja concentración.

Superfosfato de Calcio Triple

Presentación.- En forma granulada

Concentración.- Al 46 %

Aplicación.- A mano o con máquina. Todo en la siembra, abajo y a un lado de la semilla.

Ventajas.- Alta concentración. Es barato por unidad de fósforo. No se hace piedra.

POTASICOS:

Sulfato de Potasio

Presentación.- Sal.

Concentración.- 50%.

Aplicación.- Toda la cantidad al momento de la siembra, a mano o con maquinaria.

Ventajas.- No perjudica a las plantas y tiene alta concentración.

Cloruro de Potasio

Presentación.- Sal

Concentración.- Al 60%.

Aplicación.- Todo al momento de la siembra a mano o con maquinaria.

Ventaja.- Es barato por ser concentrado.

Desventajas.- El tomate y otras hortalizas son sensibles al cloruro (7).

3.4 LA MATERIA ORGANICA Y LA ASIMILACION DE LOS ABONOS INORGANICOS

En efecto, los nitratos, los fosfatos, los sulfatos y demás elementos son NUTRIENTES y como tales son insustituibles, aunque en algunos casos no se obtiene el provecho total de ellos debido a errores de aplicación y a las condiciones desfavorables del suelo; como lixiviación, evaporación y adsorción por falta de materia orgánica, que actúe como catalizadora. Prueban esta tesis los dos ejemplos siguientes:

1. La selva y los bosques mantienen su vegetación exuberante a pesar de que no reciben "fertilizantes" químicos, porque la naturaleza opera constantemente el ciclo normal de formación del suelo devolviéndole desperdicios orgánicos en forma de ramas, hojas y cortezas, que se enriquecen con los excrementos de la fauna, quedando sujetas todas estas materias a la actividad microbiana.
2. Existen investigaciones experimentales que han demostrado que la dosificación aplicada no ha dado resultados satisfactorios como en el caso de suelos del grupo rendzinas de formación calcimórfica, arcillas pesadas y sódicas.

Corroborando todo lo anterior, el hecho de que ante la comparación de resultados, ya se prescindiera de productos químicos en aquellas zonas en que los suelos han llegado a un grado crítico de pobreza de materia orgánica y flora microbiana.

Roy L. Donahue: "Cuando los fertilizantes fosfóricos se añaden

al suelo las plantas pueden recuperar únicamente de un 2 a un 85% del Fósforo, dependiendo del tipo de suelo. La mayor parte se fija en -- fosfatos relativamente insolubles de hierro, aluminio y tricálcicos. Si se aplica al suelo almidón, abonos verdes o cualquier otro material un mayor porcentaje del fósforo en forma orgánica pronto se torna asi milable..."

John R. Snell: menciona "...Cuando se abona un suelo con nitrógeno en un estado soluble, el nitrógeno es infiltrado por el agua".

Lonahue: indica " En las primeras teorías referentes a la nutrición de las plantas, que fueron aceptadas después de que la química llegó a ser una ciencia exacta, se consideraba que la planta tomaba su nitrógeno a partir del humus del suelo; así Caussure dice que - las plantas reciben su nitrógeno casi por completo por la absorción de sustancias orgánicas solubles".

Rodale: observa "El poder de digestibilidad de un suelo, guarda relación directa con la cantidad de microbios y otros seres vivos - que contiene. Los productos químicos que destruyen esta vida bacteriana benéfica disminuyen este poder de digestibilidad y hacen menos fértil el suelo".

Shell: reporta "... En presencia de materia orgánica y de actividad biológica, una parte del nitrógeno soluble se convierte en nitrógeno orgánico de los microorganismos. Cuando éstos mueren, las plantas pueden utilizar este nitrógeno. En el período intermedio el nitrógeno no se puede perder por infiltración, ni se va a la atmósfera en forma de amoníaco. El mismo fenómeno ocurre con el fósforo. Cerca del 95% del fósforo soluble se puede convertir en cuerpos orgánicos o protoplasma viviente, lo que ha sido probado en experimentos y se suministra lentamente a la planta en vez de ser perdido a causa de infiltración".

Hall y Robinson: concluyen "La fertilidad en ningún caso es puramente química que dependa de la cantidad de alimentos para las plantas que contenga el suelo; en muchos casos influyen más en la producción de un suelo fértil las condiciones físicas que regulan el abastecimiento de agua y aire a la planta y como consecuencia la vida bacteriana que - la mera cantidad de materiales alimenticios que contienen... En casi to dos los suelos pobres es imposible efectuar mejoras por el solo uso de abonos químicos. En efecto, el abonado no los transformará en tierras buenas si las condiciones que limitan la cantidad de cosecha son otros que el abastecimiento de alimento. (16)

Los fertilizantes químicos ejercen una importantísima función en el rendimiento del cultivo, pero necesitan la acción de la materia orgánica y la flora bacteriana para su degradación a compuestos fácilmente asimilables por las plantas. (18)

IV MATERIA ORGANICA

4.1 MATERIA ORGANICA DEL SUELO

El término 'materia orgánica del suelo', se emplea de una manera general para designar todos los compuestos orgánicos provenientes de la descomposición de los residuos de plantas que recibe el suelo, tales como pajas cereales, rastrojos de leguminosas y de hierbas de desarrollo natural, abonos verdes o de residuos animales (estiércoles), etc. El producto orgánico proveniente de la descomposición de la materia orgánica que recibe el suelo es el humus.

El humus es un producto de composición muy compleja, generalmente de color oscuro, que no existe en plantas. El mismo se encuentra en forma coloidal y como todos los coloides, tiene una gran capacidad de "intercambio de cationes".

El humus en su etapa final una vez que se ha incorporado al suelo, es un compuesto muy estable que se descompone por acción de los microorganismos del suelo lentamente, proceso al que se designa como "mineralización".

El humus al mineralizarse pone en libertad poco a poco los elementos nutritivos esenciales para el desarrollo de las plantas.

La materia orgánica que se determina en el laboratorio comprende en realidad dos categorías que son las correspondientes a los materiales orgánicos recientes, en proceso de descomposición a los que se denomina humus libre, reciente o joven, el cual no se ha incorporado al suelo, sino simplemente se encuentra mezclado con las partículas del mismo. Este humus joven está formado por partículas de materiales orgánicos con relación C/N alta, que utilizan los microorganismos para su nutrición, obteniendo de ellos la energía necesaria para su desarrollo y productos transitorios que tienen una gran influencia en la estabilidad de la estructura del suelo. El humus joven es el asiento de una ac

tividad microbiana extraordinaria y constituye de hecho un elemento fundamental en la fertilidad del suelo. El humus reciente sufre una evolución que dura varios años hasta transformarse en humus estable.

El "humus" está constituido por la materia orgánica ligada al suelo, sólidamente fijada a los agregados de color oscuro y el mismo está sometido a una acción microbiana lenta que provoca la mineralización a un ritmo anual de 1 a 2 por ciento.

El papel del humus en el suelo presenta un triple aspecto: Físico, Químico y Biológico. Es por este motivo que el mantenimiento del contenido de humus es esencial para la conservación de la fertilidad; - en los suelos bien cultivados el contenido de humus se encuentra comprendido generalmente entre 1.5 y 2 por ciento, aunque pueden encontrarse - proporciones mayores.

La acción benéfica del humus, se debe más a los productos transitorios formados durante la descomposición de la materia orgánica que al humus estable. El humus joven en curso de evolución tiene una acción más importante, desde el punto de vista del mejoramiento de la estructura y de la actividad microbiana del suelo, que el humus estabilizado. Resulta pues más interesante hacer aportaciones frecuentes de materia orgánica en dosis limitadas que aportaciones a intervalos más alejados.

4.2 CONTENIDO DE HUMUS EN LOS SUELOS

La rapidez con que la materia orgánica se descompone en el suelo depende de diversos factores que pueden agruparse de la siguiente - manera:

1. Temperatura media anual
2. Precipitación media anual
3. Actividad biológica del suelo
4. Calidad y cantidad de la materia orgánica.

La velocidad de la descomposición depende además, de la cantidad de Nitrógeno de que dispongan los microorganismos del suelo, ya sea que este nutriente provenga del suelo o de los residuos incorporados o se agregue por medio de fertilizantes.

De acuerdo con los estudios generales que se han realizado para cada clima, caracterizado por la temperatura media anual, se alcanza una condición de equilibrio entre la materia orgánica que bajo condiciones naturales recibe el suelo y la que es transformada en humus y el humus mineralizado.

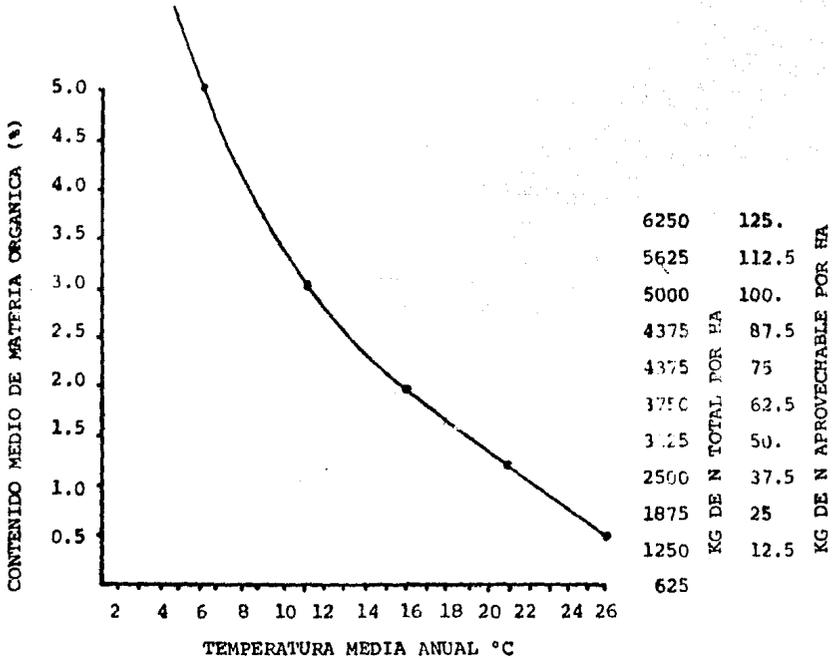
- A) La materia orgánica que contienen normalmente los suelos no cultivados para la temperatura media anual de la región. Por ejemplo : para temperaturas medias de 5 grado centígrado o menores el promedio de materia orgánica en el suelo es superior al 5%. Para zonas con temperaturas medias de 15°C la proporción de materia orgánica se aproxima a 2% y para temperaturas medias de 25°C o mayores, la acumulación de materia orgánica es de 0.5% o menos.
- B) En la gráfica N° 1 a la derecha se indica las cantidades aproximadas de nitrógeno total y aprovechables que contienen los suelos vírgenes de diversas regiones climáticas.

Los datos que pueden obtenerse en la gráfica anexa, son útiles porque permiten apreciar el estado actual del suelo por lo que respecta a la materia orgánica. Sin embargo, la importancia de esta información es relativa, pues la destrucción así como la acumulación de la materia orgánica en los suelos cultivados son procesos sumamente lentos, pues las pérdidas anuales son normalmente del orden de 500 a 1000 kg de humus por hectárea. En los casos en que estas pérdidas cuantificadas en el laboratorio sean mayores, ésto puede deberse a procesos destructivos del suelo, tales como la erosión.

Gráfica N° 1

KG. N TOTAL POR HA = 1250 X % M.O.

KG. N TOTAL POR HA = 25 X % M.O.



GRAFICA QUE MUESTRA LA RELACION APROXIMADA ENTRE LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C) EL CONTENIDO MEDIO DE MATERIA ORGANICA (%) KG DE NITROGENO TOTAL Y APROVECHABLE POR HA (2000 M³ O 2.5 MILLONES DE KG DE SUELO).

Debe considerarse asimismo, que la cantidad de Nitrógeno disponible, así como de los demás nutrientes que contiene la materia orgánica, depende fundamentalmente de los procesos de transformación de la materia orgánica reciente y de la mineralización del humus. Las cifras para Nitrógeno Aprovechable que se encuentran en la última escala indican la cantidad de este nutriente por hectárea que probablemente tendrán a su disposición las plantas durante su ciclo de cultivo, el cual deberá complementarse por medio de fertilizantes de acuerdo con las necesidades propias de las plantas cultivadas.

4.3 RESPOSICION DE LA MATERIA ORGANICA DEL SUELO

La materia orgánica juega un papel muy importante en la conservación de la fertilidad, pudiendo considerarse que promueve entre otras las siguientes características:

- A) Mejora la estructura y las condiciones de labranza en general.
- B) Proporciona alimento para los microorganismos del suelo.
- C) Conserva los nutrientes en forma aprovechable de manera que las plantas puedan usarlos posteriormente.
- D) Es un almacén de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y todos los demás nutrientes esenciales para la vida vegetal.
- E) Como cubierta protectora aumenta la absorción del agua, reduce las pérdidas de humedad y regula la temperatura del suelo.

Para promover estas características y conservar o mejorar las condiciones de fertilidad actuales deberá restituirse al suelo la materia orgánica que pierde año con año debido al proceso de mineralización.

Los suelos relacionados con este problema han permitido determinar los llamados "coeficientes de formación de humus" y "coeficiente

de degradación o mineralización del humus", los cuales permiten calcular las cantidades de materia orgánica que es necesario agregar para conservar el nivel actual del humus del suelo.

Si se toma como base para el cálculo la ecuación:

$$K_1 M = K_2 H \dots\dots\dots(1) \text{ en la que:}$$

M = % de materia orgánica que es necesario agregar

K_1 = Coeficiente de formación de humus o coeficiente isohúmico

H = % de humus que contiene el suelo

K_2 = Coeficiente de mineralización del humus o coeficiente exohúmico.

Coeficientes de Formación de Humus

RESIDUOS	VALOR DE K_1			OBSERVACIONES
	Mín	Máx	Prom	
Paja de cereales	0.1	0.2	0.15	Aumenta con la adición de Nitrógeno.
Residuos de pradera	0.2	0.3	0.25	Según contenido de nitrógeno.
Alfalfa	0.2	0.3	0.25	Según contenido de nitrógeno.
Abonos verdes	0.2	0.3	0.25	Según contenido de nitrógeno.
Estiércol	0.4	0.5	0.45	Según estado de descomposición.
Turba	1.0	1.0	1.00	Según su naturaleza.

Coefficiente de Degradación o Mineralización del Humus

	VALOR DE K_2		
	Min	Máx	Prom
Regiones Templadas Suelos de migajón	0.01	0.02	0.015
Arcilloso y arcilla Suelos de migajón	0.01	0.02	0.015
Limoso Suelos de migajón	0.015	0.025	0.020
Arenosos y arcilla Regiones cálidad y áridas con mayor o menor cubierta ve- getal.	0.020	0.030	0.025
	0.04	0.10	0.07

Ejemplo: Se tiene un suelo con las siguientes características:

$$\% H = 2.0$$

$$K_1 = 0.15 \text{ (paja de cereales)}$$

$$K_2 = 0.025 \text{ (clima templado, migajón arenoso)}$$

Despejando M de (1) =

$$M = \frac{K_2}{K_1} \cdot H$$

$$M = \frac{0.025}{0.15} \cdot H = 0.17 \quad H = 0.17 \times 2 = 0.34 \quad \% MO$$

Para una hectárea con un peso de 2 500 toneladas en la capa superficial de 20 cm ($d_a = 1.25$) se necesitan:

$$\text{Tons. M.O} = 2\,500 \times 0.0034 = 8.5$$

Lo anterior significa que para conservar el nivel del humus en 2% en este suelo se necesitan agregar año con año 8.5 ton por hectárea de paja de cereales.

Esta información es muy importante, pues de ella se deduce que no es práctico ni económico tratar de conservar la materia orgánica del suelo utilizando únicamente paja de cereales, pues los volúmenes que se requieren son grandes, su manejo e incorporación son muy costosos y el período de descomposición para su transformación en humus es considerable.

Si se desea acelerar la descomposición, será necesario reducir la relación C/N de la paja por lo menos de 60 a 30 es decir, deberán agregarse 10 kg de N por tonelada de paja (suponiendo que la paja tenga 1% N), u 85 kg N/ha.

Si en lugar de paja se utilizara otro material, por ejemplo estiércol, las cantidades necesarios serían, considerando que $K_1 = 0.45$.

$$M.O = \frac{0.0205}{0.450} \times 2 = 0.112\%$$

El tonelaje necesario de este material es:

$$M.O. \text{ ha} = 2\ 500 \times 0.00112 = 2.8 \text{ tons}$$

De acuerdo con esta información, el estiércol tiene una capacidad 3 veces mayor que la paja de cereales para conservar la materia orgánica del suelo.

4.4 EFECTO DE LA MATERIA ORGANICA EN LA DISPONIBILIDAD DEL NITROGENO DEL SUELO

El proceso de descomposición de la materia orgánica requiere -

de grandes cantidades de energía, proporcionadas por los hidratos de carbono de la materia orgánica y de cantidades abundantes de nitrógeno para los procesos metabólicos y de reproducción de los microorganismos que intervienen en el proceso.

Los materiales con relaciones C/N altas, como las pajas de los cereales, los rastrojos de maíz y sorgo, del orden 60:1, y pueden proporcionar grandes cantidades de energía pero no el nitrógeno necesario para la rápida reproducción de los microorganismos. En estas condiciones, los microorganismos obtienen el nitrógeno complementario del suelo, provocando una disminución temporal de este nutriente, lo cual puede ocasionar graves daños a las plantas que se cultivan inmediatamente después de la acción de este tipo de materiales orgánicos.

Los residuos de las plantas leguminosas contienen suficiente nitrógeno para su descomposición y dejan un residuo de este elemento en el suelo, que resulta altamente favorable para el cultivo siguiente. Los residuos de praderas formadas en un 50% de pastos y un 50% de leguminosas no dejan residuo de nitrógeno en el suelo, para su descomposición procede sin extracción de nitrógeno. Por otra parte, los residuos de maíz, pastos, pajas y las hierbas en general, efectúan sustracciones de nitrógeno que pueden llegar hasta 20 kg por hectárea, lo cual explica el efecto negativo de la adición de residuos orgánicos de este tipo sobre los cultivos siguientes: Cuando no se agregan cantidades adecuadas de nitrógeno para su descomposición.

Puesto que la conservación de la materia orgánica del suelo es una práctica agrónomica fundamental en el mantenimiento de la fertilidad del suelo por las razones que se han expuesto, para evitar los efec

tos indeseables provocados por los residuos con relaciones C/N altas, deberá considerarse la necesidad de añadir nitrógeno en cantidades adecuadas en los casos necesarios, teniendo en cuenta las relaciones C/N que se indican en la siguiente Tabla.(11).

TABLA I

RELACION C/N	EFEECTO	TRATAMIENTO
< 30	Inmovilización del nitrógeno.	Agregar un fertilizante nitrogenado suficiente para reducir la relación C/N a menos de 30.
30	Nitrógeno suficiente	No es necesario agregar nitrógeno.
15	Nitrógeno abundante	No es necesario agregar nitrógeno.

Con objeto de facilitar la aplicación de estos valores para fines prácticos, es conveniente tener en cuenta que la materia orgánica vegetal contiene de 58 a 62% de carbono, en promedio 60%.

De acuerdo con este dato promedio, cuando la materia orgánica que se incorpora tenga una relación C/N 30 es decir, menos de 2% de nitrógeno, es necesario agregar por medio de un fertilizante la cantidad necesaria de nitrógeno para hacer que la relación sea inferior a 30.

Se considera esencial el conocimiento de las características de la materia orgánica que se incorpora a los suelos con objeto de obtener mediante su uso un mejoramiento efectivo de la fertilidad del suelo y eliminar en lo posible los resultados contradictorios que con alguna frecuencia se han apreciado. (11)

4.5 ABONOS ORGANICOS

La mayoría de los abonos orgánicos (de origen animal o vegetal) contienen varios elementos nutritivos (particularmente Nitrógeno y Fósforo, así como pequeñas cantidades de Potasio y elementos menores), cuya concentración es, sin embargo, esencialmente más baja que la de fertilizantes minerales.

A pesar de ello, los abonos orgánicos no deberán valorarse únicamente por su contenido de nutrientes, sino también por su benéfico efecto en el suelo. La materia orgánica de éste, activa los procesos microbianos, fomentando simultáneamente su estructura, aereación y capacidad de retención de humedad. Junto con ello actúa como regulador de la temperatura edáfica, retarda la fijación del ácido fosfórico mineral y suministra productos de descomposición orgánica que incrementan el crecimiento de la planta. Así mismo representa una fuente de lento y uniforme suministro de nitrógeno, ejerciendo con ello una favorable influencia sobre el contenido proteico de las plantas.

En virtud de estas propiedades, los abonos orgánicos crean frecuentemente las condiciones necesarias para la eficacia de el empleo de fertilizantes minerales. La creación de condiciones locales ideales para los vegetales es sin embargo, solamente posible mediante la interacción de los abonos orgánicos y los fertilizantes minerales, dado que los primeros favorecen las propiedades edáficas y los últimos aportan los nutrientes vegetales.

Las sustancias orgánicas con muy bajo contenido de nitrógeno o en principio con elevada relación C/N (por ejemplo, la paja) suelen originar temporales deficiencias de nitrógeno en la planta, las cuales se traducen en una depresión del rendimiento. Dado que los microorganismos del suelo requieren una determinada cuantía de nitrógeno para la realización de la descomposición de la materia orgánica edáfica, es menester por ello, que ésta contenga dicho elemento, ya que en caso con

trario, será extraído del suelo. Tal nutriente es requerido por los microorganismos para la realización de la síntesis de sus propias substancias corporales, quedando liberado de su fijación temporal solo mediante la muerte de ellos. El empleo de materias orgánicas pobres en nitrógeno deberá ir siempre acompañado de una intensa fertilización mineral-nitrogenada a fin de evitar deficiencias en la planta (27).

4.6 ABONOS VERDES

La aplicación de abonos verdes representa hasta donde las condiciones de humedad lo permitan, una económica y eficaz contribución al mejoramiento de la fertilidad del suelo. En los casos en donde el agua - resulta ser un factor limitante, suele ser conveniente no realizar la - siembra de abonos verdes puesto que ello, umenta la escasez de humedad, ocasionando trastornos en el cultivo posterior. Si los abonos verdes a utilizar son leguminosas, aportan ellos mismos considerables cantidades de nitrógeno al suelo. La fijación de nitrógeno por las leguminosas se rá tanto mayor, cuanto mejor sea el abastecimiento de fósforo y potasio del suelo. Por tal razón resultará provechoso en general, fertilizar- los cultivos destinados a abonos verdes con Fósforo y Potasio, especialmente por reportar ello un beneficio para los cultivos posteriores. La importancia de las leguminosas como abonos verdes está basada en los puntos subsiguientes: (27).

- A) Son una lenta y duradera fuente de nitrógeno orgánico combinado.
- B) Liberan y movilizan las sustancias minerales del suelo.
- C) Fomentan la estructura y mejora la textura del mismo.
- D) Incrementan la actividad microbiana.
- E) Abastecen siempre al subsuelo de materia orgánica.
- F) Aflojan el mismo en forma natural.
- G) Son medio de defensa contra la erosión.

En la actualidad, su uso en México solo es factible en circunstancias específicas, como las siguientes:

- A) Cuando la humedad disponible no es un fuerte limitante de la producción, es decir, cuando se dispone de abundante agua de lluvia o de riego. En caso contrario, se prefiere dedicar el agua disponible a un cultivo de cosecha.
- B) Cuando el cultivo no mantiene ocupado el terreno durante un tiempo largo, permitiendo levantar una cosecha de valor económico inmediato.
- C) Cuando el terreno no puede usarse en un cultivo de cosecha económica inmediata.
- D) Cuando la leguminosa tiene un valor económico inmediato adicional a su acción de enriquecer el suelo. (5).

4.7 CONCENTRADOS ORGANICOS

Junto con los abonos orgánicos o mejoradores del suelo ya antes mencionados, que proceden de la misma explotación agrícola, existe toda una serie de abonos orgánicos de origen industrial, tales como residuos de plantas oleaginosas, de productos animales o bien de excrementos -guano. Dichas sustancias pueden contener hasta un 15% de nitrógeno (sangre seca) o 26% de ácido fosfórico (harina de hueso); su contenido potásico suele ser generalmente bajo. También aquí se presenta el nitrógeno en forma de compuesto orgánico de lenta acción. (27).

4.8 ESTIERCOL Y COMPOSTA

El estiércol y la composta resultan ser en muchas regiones, -

los abonos orgánicos más usuales. Su contenido de nutrientes suele fluctuar ampliamente, según el tipo de animal de procedencia, el forraje que recibe y el mantenimiento que se le brinde. En forma promedio puede contarse con un contenido de 0.3 - 0.6 % de N, 0.1 - 0.3 % P_2O_5 y 0.3 - 0.5 % de K_2O . La composta desempeña un papel muy importante en aquellas regiones donde no se cuenta con animales domésticos. De ahí, que todos los residuos orgánicos provenientes de la empresa agrícola deberán usarse de ser posible, en el enriquecimiento de las camas de composta. El valor de la composta podrá elevarse considerablemente si a cada tonelada de materia seca se le añade:

9.1 a 18 kg de sulfato de amonio
27.2 kg de superfosfato
13.6 kg de cloruro de potasio
27.2 a 40.8 kg de piedra caliza
(27).

La fabricación de composta a partir de la basura de las ciudades se está popularizando como una forma de reducir la contaminación y generar un producto de utilización agrícola.

Su uso no se ha popularizado en el medio campesino de México, principalmente porque los gastos de transporte lo hacen menos competitiva que el estiércol; sin embargo, si se partiera del principio de que se trata de un desecho urbano que el habitante de la ciudad debe pagar por deshacerse de él, podría en forma subsidiada aplicarse a los terrenos agrícolas circundantes a las ciudades, elevando su fertilidad (30).

Se ha denominado COMPOSTA al producto obtenido de la degradación aeróbica y termofílica de los materiales putrescibles de la basura, por acción de las bacterias.

Es un producto orgánico hecho con productos que han tenido su origen en el suelo y que al humificarse mediante un proceso acelerado-

de descomposición bacteriana dan como resultado un mejorador orgánico - de suelos, cuyo valor energético y nutritivo es muy superior a cualquier estiércol (como lo podemos ver en las siguientes tablas (II,III) comparativas entre los componentes de los estiércoles más comunes y la composta obtenida en la ciudad de Guadalajara). (18).

TABLA II

C O M P O S T A
MEJORADOR ORGANICO DE SUELOS

ANALISIS QUIMICO:

Materia orgánica	36.38 %
Carbono	19.8 %
Humus	6.3 %
Nitrógeno	1.2 %
Fósforo	0.7 %
Potasio	1.2 %
Calcio	8.1 %
Flora bacteriana, microorganismos, elementos menores, etc.	
pH	7.5 %

PLANTA MPAL. INDUSTRIALIZADORA DE LA BASURA

Anillo Periférico Km. 31

Guadalajara, Jal.

Tel: 23-44-00

III TABLA COMPARATIVA DE LOS CONSTITUYENTES DE DIFERENTES ABONOS

	vacuno	caballo	borrego	cerdo	pollos	composta
Nitrógeno	.53	.55	.89	.63	.89	1.2
Fósforo	.29	.27	.48	.46	.48	.70
Potasio	.48	.57	.83	.41	.83	1.2
Calcio	.40	.38	.53	.27	.53	8.1
Materia						
Orgánica	16.74	27.06	30.70	15.50	30.70	36.38

Como se puede observar en esta Tabla el contenido de macronutrientes es menor comparado con la composta.

TABLA IV VALORACION DE ELEMENTOS MAYORES EN UNA TONELADA DE COMPOSTA, COMPARATIVAMENTE CON EL FERTILIZANTE INORGANICO 1982.

	% N	COSTO TECNICO	Kg.
NITROGENO			
Sulfato de Amonio	(20.5%)	\$1,292.52	6.30
Nitrato de Amonio	(33.5%)	\$2,157.52	6.44
Urea	(45.0%)	\$2,243.04	4.98
FOSFORO			
Superfosfato de calcio triple	(46%)	\$3,115.36	6.77
Superfosfato de calcio.	(20%)	\$1,277.96	6.38
POTASIO			
Cloruro de potasio	(60%)	\$1,721.00	2.86
Sulfato de potasio	(50%)	\$2,450.00	4.90

VALOR PROMEDIO POR KG,

Nitrógeno (N) \$ 5.90 - Potasio \$ 3.88 - Fósforo \$ 6.57

Una tonelada de composta, contiene los siguientes elementos mayores:

12 kg Nitrógeno	Cuyo valor sería.....	\$ 70.80
7 kg Fósforo	Cuyo valor sería.....	\$ 47.00
12 kg Potasio	Cuyo valor sería.....	\$ 46.56
	Total	\$ 163.36

Esto sin valorar materia orgánica, humus - flora bacteriana y elementos menores como calcio, magnesio, zinc, fierro, boro, etc. (18).

4.9 LOS ABONOS ORGANICOS MUESTRAN SOBRE LOS QUIMICOS LAS SIGUIENTES VENTAJAS,

- A) Mayor efecto residual
- B) Aumento en la capacidad de retención de humedad y del suelo a través de su efecto sobre la estructura (granulación y estabilidad - de agregados), la porosidad y la densidad aparente.
- C) Formación de complejos orgánicos con los nutrientes manteniendo a éstos en forma aprovechable para las plantas.
- D) Reducción de la erosión de los suelos, al aumentar la resistencia de los agregados a la dispersión por el impacto de las gotas de lluvia y al reducir el escurrimiento superficial.
- E) Elevación de la capacidad de intercambio catiónico del suelo, protegiendo a los nutrientes de la lixiviación.
- F) Liberación de CO₂ que propicia la solubilización de nutrientes.
- G) Abastecimiento de carbono orgánico, como fuente de energía a la flora microbiana heterótrofa. (30).

4.10 LIMITACION DE ABONOS VERDES Y ESTIERCOLES

Normalmente consiste en un cultivo de leguminosas que se entierra antes de llegar a su madurez. La calidad de la planta que se selecciona para abono verde depende del suelo, del clima y de las prácticas agrícolas regionales.

Su limitación depende de la escasez de agua que algunas veces no alcanza para el cultivo principal y de que el agricultor no éstaeducado para cuidar un cultivo del que aparentemente no obtendrá beneficio.

De todos modos es conveniente hacer notar que estos abonos son útiles para la conservación; pero no para la recuperación de suelo y éste es precisamente nuestro problema.

Waksman opina: "Las plantas utilizadas para abonos verdes tienen constituyentes altamente solubles en agua, tienen nitrógeno y minerales, son comparativamente bajas en celulosa y lignina. Como resultado la descomposición de un abono verde se lleva a cabo rápidamente. Esto está acompañado por una rápida liberación del nitrógeno y de los minerales en forma asimilable, comparativamente producen un poco de humus. El humus que queda de la descomposición de los abonos verdes, no repone completamente el humus perdido del suelo como resultado de los cultivos. Mooers ha demostrado que cuando el chicharo de vaca se cultivó en un suelo y la cosecha entera se enterró, anualmente hubo una pérdida de 0.11% del humus original o sean 11.98 ton/ha durante un período de 20 años. Como resultado de enterrar 20 cosechas anuales de rastrojo equivalentes a 20 toneladas de material seco, únicamente quedaron en el suelo 5.7 ton de humus, que es un 6.5% del material total de las plantas..."

Los estiércoles se han usado desde tiempo inmemorial como fertilizantes y mejoradores de suelos. Por la mecanización de la agricultu

tura, el estiércol, que era un subproducto de la tracción animal ha dis-
minuido notablemente. En la república mexicana salvo las ciudades im-
portantes que cuentan en sus alrededores con ganado lechero estabulado,
no se dispone de volúmenes aceptables de estiércol para lograr una fer-
tilización del suelo. En las zonas ganaderas este material se encuen-
tra diseminado en enormes extensiones de terreno y se considera que ex-
clusivamente en esta forma se abona una mínima parte de los suelos de -
agostadero.

Normalmente los estiércoles se aplican en estado fresco y en se-
miputrefacción, lo que ocasiona que se tenga que acarrear este material
con un alto contenido de humedad. Por la descomposición no controlada,
puede servir de vehículo para la dispersión de semillas de malas hier-
bas, de hongos y otros microorganismos para la agricultura.

Waksman dice: "...Los estiércoles de ganado y de caballo contie-
nen las menores cantidades de nutrientes esenciales de todos los estiér-
coles animales. ... Una tonelada de estiércol fresco lleva aproximada-
mente de 180 a 270 kilos de material seco. ...Una gran parte de materia
orgánica en los estiércoles se descompone rápidamente y por lo tanto -
tiene un período relativamente corto de efectividad. El estiércol de -
pollo y de borrego en particular, con frecuencia se usan como fertilizan-
tes orgánicos y no como fuente de materia orgánica para el suelo..."

Gotaas, miembro de la Organización Mundial de la Salud, dice: "La
propagación de hierbas y esporas indeseables se aumenta cuando el estiér-
col, la basura y otros desperdicios son agregados a la tierra sin un --
adecuado proceso de transformación..." (16).

4,11 EL SUELO Y LOS AGROQUIMICOS

Desde el instante que un plaguicida se aplica al cultivo o al -
suelo, se pone en marcha una serie de procesos que terminan distribuyen

do el producto en el ambiente. Una parte se volatiliza en la atmósfera, otra llega a las aguas superficiales y subterráneas y otra es absorbida por las partículas del suelo.

El suelo es el principal sumidero ambiental para muchos plaguicidas. Es del suelo que las plantas absorben los productos químicos y del suelo pasa al agua y a la atmósfera.

Otros procesos físicos y biológicos, al mismo tiempo comienzan rápidamente a volver inactivo al producto químico. La luz del sol especialmente la ultravioleta, descompone el producto fotoquímicamente. El plaguicida también puede degradarse por reacción química en el suelo o por el metabolismo de los microorganismos del mismo.

Así, los suelos difieren mucho en su capacidad de descomponer y hacer inactivos a los plaguicidas. Las tasas de aplicación de los herbicidas, especialmente de preemergencia, se basan en el contenido de materia orgánica y la textura del suelo. Los suelos con mucha materia orgánica requieren cantidades relativamente altas de herbicidas de preemergencia, igualmente los que tienen mucha arcilla, debido a su gran capacidad de adsorción. Los residuos también persisten por más tiempo en estos suelos. Por otro lado, en suelos con bajo contenido de materia orgánica los plaguicidas son lixiviados más rápidamente y son efectivos por menos tiempo. De esta manera, la tasa de aplicación recomendada puede ser inefectiva en un suelo y dañar los cultivos en otro.

Incluso en un mismo tipo de suelo, la persistencia del plaguicida puede depender del encalado y del pH del suelo. Por ejemplo, la adsorción de la atrazina y su descomposición química en el suelo dependen mucho del pH; en cambio, la persistencia de la prometrina en el suelo es independiente del pH, pues este herbicida se degrada biológicamente en vez de ser por acción química.

Otras características del suelo también tiene efecto sobre la

longevidad de un plaguicida. Algunas son las especies de microorganismos de la rizosfera, la compactación que a su vez afecta la aireación, las prácticas culturales y la temperatura y humedad del suelo. No obstante, cada tipo de producto químico reacciona en forma diferente a las diversas combinaciones de esos factores.

Los herbicidas fenoxicos son degradados rápidamente por los microorganismos del suelo y pueden ser efectivos por menos de una semana o más comúnmente, por un período máximo de 60 días.

Determinar la tasa de aplicación correcta puede presentar problemas. El fabricante del producto químico puede recomendar una amplitud de tasas de aplicación en base a tipos específicos de suelos. La selección final es del agricultor, dependiendo del conocimiento que tenga de los suelos de sus campos. Si desconoce el tipo de suelo y su contenido de materia orgánica, aumentan mucho las posibilidades de error y de aplicaciones excesivas. (2).

4.12 QUE ES LA COMPOSTA (COMPOST)

Algunos autores ingleses y norteamericanos han designado con la palabra "compost" al producto humificado parcialmente, obtenido por acción microbiana controlada, utilizando como materia prima desechos orgánicos llevados hasta un grado de digestión tal, que su aplicación al suelo no provoque competencia entre los microorganismos del mismo y las plantas superiores, en cuanto a los nutrientes que ambos necesitan. La "composta" no es humus técnicamente hablando.

La "composta" es un integral viviente donde intervienen varios factores a su vez complejos, entre los cuales cuenta el humus mismo, residuos orgánicos en proceso, una gama muy variada de microorganismos y los productos finales de la actividad metabólica de éstos que constitu

yen las hormonas, las enzimas, las vitaminas y los compuestos catalizadores con funciones importantes en el suelo,

Hablar de "composta" apegados al concepto moderno de lo que es el suelo y su vida, es hablar de la vida misma del suelo en consideración a su actividad constante.

Todos los más destacados científicos del suelo, están de acuerdo en que la recuperación de la fertilidad es posible solamente cuando se imita lo hecho por la naturaleza y la forma más parecida de hacerlo es agregar residuos orgánicos en cantidades suficientes, propiciando su transformación a través de los agentes microbianos: eso es y hace la "composta".

Conforme al proceso industrial del Dr. Harp Thomas, la "composta" que emerge está digerida en un porcentaje dentro de los límites aconsejables. Durante el proceso han sido transformados los azúcares, almidones, proteínas y carbohidratos a formas más disponibles por los cultivos. La parte no digerida en forma parcial, la constituyen principalmente las ligninas y algo de celulosa. Las ligninas son de difícil reducción y vienen siendo las que dan a la "composta" las características especiales de nutrientes para los microorganismos del suelo, que permite una actividad bacteriana intensa y controlada, (16).

V PRODUCCION DE COMPOSTAS A PARTIR DE LOS DESECHOS SOLIDOS URBANOS.

5.1 PLANTAS INDUSTRIALIZADORAS DE DESECHOS SOLIDOS URBANOS

Los tratamientos o procesos conducentes a la producción de composta, se basan en la habilidad de preparar y acondicionar la basura y desechos, de tal manera que se induzca la actividad microbiológica, dirigida al metabolismo controlado de los materiales putrescibles presentes en la basura y los desechos, con el fin de producir un material inofensivo y útil.

El método más generalizado para la producción de composta, consiste en la acumulación de basuras, residuos vegetales, estiércoles y otros desechos en forma de pilas, ya sea directamente sobre el terreno o sobre plataformas especialmente diseñadas con este propósito o bien, en fosas especialmente construidas para contener el material depositado hasta que esté lista para su uso. Estos tipos de operaciones requieren mucho tiempo.

A partir de 1920, empezaron a ser usados procesos especialmente diseñados para el tratamiento biológico controlado de basuras en conjunto con otros desechos putrescibles. Estos procesos, entre los cuales algunos han sido patentados, promueven condiciones ambientales específicas que aceleran la actividad biológica dirigida hacia la estabilización rápida y eficiente de los materiales procesados.

Existen varios factores, algunos de ellos interrelacionados que son fundamentales al planear un proyecto en el análisis de operación de composteo. Algunos de los métodos de composteo, pueden ser utilizados de una manera más económica bajo condiciones diferentes. Un análisis de los factores fundamentales pueden aclarar:

a) La selección de los mejores procedimiento bajo ciertas circunstancias, b) La selección de varias técnicas para establecer diferentes procedimientos o, c) El desarrollo de otros métodos a presentar

mejores resultados económicos para cada situación en especial. Los factores más importantes es una operación de composteo, son:

- A) Separación de desechos y recuperación
- B) Molido de los desechos
- C) Relación carbón-nitrógeno
- D) Mezclado y proporcionamiento de materiales
- E) Contenido de humedad
- F) Colocación de materiales para composteo.
- G) Temperatura
- H) Aereación
- I) Acción microbiológica
- J) Destrucción de microorganismos patógenos
- K) Control de moscas
- L) Tiempo requerido para el composteo
- M) Acidez y alcalinidad

A continuación se dará un explicación breve de los factores anteriores:

- A) *Separación de desechos y recuperación.*- Como los desechos sólidos-urbanos, consisten en una mezcla heterogénea de materiales orgánicos e inorgánicos, la separación de desechos reusables y los materiales no composteables es necesaria.

Los métodos de separación pueden ser manuales o mecánicos; en México en las plantas existentes, el método usado es el manual en banda. Los materiales reusables recuperados en bando y en los separadores magnéticos son: papel, vidrio, trapo, plástico, cartón, chatarra (latas, fichas, clavos, etc.). Estos por lo general tienen un buen mercado, pero no se debe olvidar el costo de la transportación.

Los procesos de compostificación están supeditados a la disponibi-

lidad de suficiente material orgánico, así como la composición de los mismos.

- B) *Molida de los desechos.*- Los equipos más usado para la molienda de desechos en seco, se pueden clasificar en tres grupos principales:

Molinos de martillo (horizontal y vertical)

Desmenuzadores de cuchillas

Raspadores

Los molinos usados actualmente en México, son los de martillo con eje vertical. Los molinos reducen el tamaño de las partículas, facilita la subsecuente mezcla de desechos, asegura una buena distribución de los nutrientes. El material molido es más susceptible a la invasión de bacterias por la mayor área de exposición.

El grado de trituración y el tamaño del material, deben ser estudiados cuidadosamente y diseñados de acuerdo con el tipo de proceso usado, el equipo disponible y los costos asociados con este tipo de preparación de las basuras, el tamaño de las partículas para molienda gruesa, se recomienda un máximo de 10 cm, con un promedio de 5 cm, lo anterior para sistemas usando método de camellón y penetración de aire atmosférico por difusión o durante el volteado. Para molienda fina se recomienda con mezclado mecánico continuo o intermitente, y buen sistema de introducción de aire, se recomienda de 2 a 3 cm. Pero se deben tomar en cuenta las condiciones locales, la experiencia y otras variables serán las que dictarán la selección del tipo y grado de molienda, así como el equipo a ser usado.

- C) *Relación carbón-nitrógeno.*- El contenido relativo de carbón-nitrógeno (C/N) en las basuras, es función directa del carácter y origen de los desechos mismos. Las fuentes son los desperdicios domésticos provenientes de la preparación y servicio de los alimentos, artículos de consumo y materiales de vestido descartados. Si

la relación (C/N) encontrada en las basuras es muy alta o sea que la cantidad de carbón es mucho mayor que la del nitrógeno, la actividad biológica se limitará a la transformación del nitrógeno - en forma disponible y al uso únicamente de la cantidad necesaria de carbón para suplir la energía requerida en el metabolismo del nitrógeno incorporado al sistema biológico.

Por lo tanto la actividad biológica está limitada y se traducirá en un metabolismo lento del material procesado. Es decir, se necesitan un número mayor de ciclos biológicos para consumir el carbón disponible en los materiales putrescibles, primero y eventualmente para reducir la relación (C/N) en la masa a un nivel - conmesurado, con actividad biológica eficiente para la estabilización eventual de la masa de desechos. Lo anterior resulta del hecho de que dos terceras partes del carbón utilizado son convertidas en CO_2 y la tercera parte restante es combinada con nitrógeno o pasa a formar parte del material celular. A la muerte de los microorganismos, el nitrógeno y carbón almacenados en la célula, quedan disponibles para su utilización. En este punto, - la asimilación de este nitrógeno disponible, requiere de una cantidad adicional de carbón para complementar los requerimientos - energéticos de el metabolismo. De esta manera, la cantidad de - carbón disponible se va reduciendo a medida que cuando menos parte del nitrógeno es recirculado y usado repetidamente en ciclos- metabólicos sucesivos.

En cambio, si en la masa de basuras la relación (C/N) es muy baja, la descomposición biológica inicialmente es muy rápida hasta que los microorganismos utilizan gran parte del carbón disponible. En este caso, la falta de demanda de nitrógeno, junto con la deficiencia de carbón como fuente de energía causa que, parte del nitrógeno sea perdido en forma de amoníaco, lavado fuera de la - masa en forma de productos nitrogenados (productos parciales de descomposición) y el resto del nitrógeno permanezca en la masa en

su forma original o en forma de compuesto nitrogenados resultantes de actividad biológica incompleta.

Estas relaciones nutricionales y enérgicas, son sumamente importantes en el control de calidad del producto formado, ya que el uso de un compuesto que no esté suficientemente estabilizado y que presente una relación (C/N) alta, hará que una cantidad de nitrógeno-disponible en el suelo desaparezca para ser utilizada por el mismo, en su relación (C/N) muy alta, puede resultar en la reducción del-nitrógeno disponible originalmente. Esto, con perjuicio tanto para los microorganismos en los suelos, como para las plantas que de otra forma utilizarían este nitrógeno en sus procesos de crecimiento.

El efecto contrario se produce cuando la relación (C/N) se reduce, ya que entonces los microorganismos del suelo al tratar de utilizar al máximo el nitrógeno disponible, usan las fuentes de carbón disponible rápidamente y por lo tanto reducen la cantidad de carbón orgánico disponible y necesario como fuente de energía para los procesos biológicos deseables en los suelos y por lo tanto, directamente afecta la actividad vegetativa en general.

Dependiendo de la fuente de nitrógeno usada (orgánico o inorgánico), la relación (C/N) recomendable para la descomposición y estabilización acelerada de basuras orgánicas es de 25 a 40, y en algunos casos, dependiendo en la composición total de las basuras, esta relación puede ser inclusive más alta.

Como esta relación C/N, se va reduciendo a medida que el proceso avanza, una medida del grado de estabilización de las basuras en un momento dado, puede ser esta relación de carbón-nitrógeno. Así mismo, cuando el balance de carbón nitrógeno no es el requerido, esta relación puede ser incrementada con la introducción en la masa de papel, paja o inclusive tierra. Para reducir esta relación, se puede incrementar el contenido de nitrógeno introduciendo lodos crudos del

tratamiento de aguas negras, estiércoles animales, restos de pescado u otros desechos orgánicos con alto contenido de material proteínico.

En resumen, las relaciones de C/N pueden ser generalizadas en términos del proceso de compostificación de acuerdo con la tabla siguiente:

5.2 RELACION C/N PARA COMPOSTIFICACION DE BASURAS

	C/N (Recomendable)	C/N (Aceptable)	C/N (Deprimente)
Fase inicial	25 a 40	35 a 60	60 (1)
Fase final	10 a 20	20	20 (2), (3)

- (1) Se requiere añadir una fuente de nitrógeno
- (2) Se requiere añadir una fuente de carbón o incrementar el tiempo de retención.
- (3) Si el exceso de carbón es material celulósica, el producto es aceptable. (12).

D) *Mezclado y proporcionamiento de materiales.*- La relación (C/N) y el contenido de humedad son 2 factores que deben ser considerados en el mezclado. Esto no es necesario cuando la relación C/N es entre 25 y 50, aunque 30 a 40 es el mejor rango. Si los materiales contienen mucho papel, paja, aserrín u otras sustancias ricas en carbón y otros materiales como sangre, desechos líquidos, o lodo de aguas negras, son llevadas a la planta en cargas separadas, la alta o baja relación de C/N de los materiales, deberán ser proporcionadas para alcanzar una relación de C/N cercana al óptimo.

E) *Contenido de humedad.*- La cantidad de humedad disponible en la masa de basuras, es uno de los factores limitantes para la composti-

ficación de las mismas. Las experiencias obtenidas en operaciones que incluyen el tratamiento biológico de basuras, indican que para la compostificación eficiente de las basuras, es recomendable man tener el contenido de humedad de la masa, entre el 55 a 70% (peso-húmedo) para operaciones con agitación mecánica continua o semicon tinua y de 40 a 60% para operaciones de camellón o hilera. Esto, cuando se trata de desechos mixtos, ya que para basuras con un alto contenido de material orgánico putrescible, un contenido del 60% de humedad es excesivo.

El máximo contenido de humedad para formar a una composta aerobia, debe variar con los materiales usados y hay que tener presente que los líquidos presentes en la masa en compostificación, pueden llegar a reducir la porosidad, de la masa en proceso, y por lo tanto, interferir con la difusión de aire y reducir por ende la cantidad de oxígeno disuelto para la actividad biológica.

- F) *Colocación de materiales para composteo.*- La colocación del material para composteo, depende del lugar disponible y la relación para el manejo de equipo y de las condiciones climatológicas como son: temperatura, lluvia y viento.

La forma de colocación del material para composteo en México, es en forma de pilas o hileras a cielo abierto teniendo un ancho variable de 2.50 a 4.00 metros, con una altura de 1.20 a 2.00 mts por el largo conveniente según el sitio.

- G) *Temperatura.*- La temperatura es un factor importante particularmente en el proceso de composteo aerobio. La temperatura óptima para procesos aerobios en la fase media y final de la descomposición de los desechos, es la correspondiente a la necesaria, para la actividad de organismos termofílicos la cual oscila entre 60 y 65°C. Después de alcanzar estas temperaturas, la temperatura de la masa empieza a disminuir, indicando que la fase activa del proceso ha ter

minado o que existe alguna interferencia para la actividad biológica de los microorganismos (cambio drástico de pH, pérdida de calor a causa de aereación excesiva, etc.).

- H) *Aereación.*- La aereación de las basuras en procesos de compostificación tiene como principal objetivo el de proveer a los organismos aerobios el oxígeno que requieren para el metabolismo de los nutrientes y materiales orgánicos en descomposición.

Una gran aereación durante el almacenamiento inicial de descomposición, intensifica la actividad de los microorganismos, acortando el período de descomposición activa y consecuentemente, reduce el tiempo y el área necesaria para composta.

- 1) *Acción microbiológica.*- Los procesos naturales de descomposición del contenido orgánico en las basuras son el resultado de la actividad de microorganismos y consisten principalmente en la transformación o reducción de los complejos orgánicos originales a sustancias más simples.

Se puede decir, que todos los organismos requieren para subsistir, de una fuente de carbón en forma de CO_2 o en otra forma más compleja. En el caso de las basuras y específicamente en la reacción del proceso de compostificación de las mismas, las bacterias y hongos que utilizan material orgánico procedente de organismos y tejidos muertos como fuente de carbón, juegan un papel muy importante. A esta clase de bacterias y hongos heterotróficos se les conoce con el nombre de saprófitos.

Desde el punto de vista de tratamiento y estabilización biológica de desechos sólidos, la presencia o ausencia de oxígeno (O_2) libre es un factor selectivo en términos del tipo de organismos, de la actividad biológica, de el grado de avance del proceso de estabilización de las basuras y del producto final. Los procesos de compostificación de basuras pueden ser clasificados con relación a los

microorganismos utilizados y su respuesta a la presencia de oxígeno.

De esta manera los organismos son clasificados en:

Organismos Aeróbicos.- Requieren oxígeno libre (O_2);

Organismos Anaeróbicos Obligados.- Endebles en presencia de oxígeno libre.

Organismos Facultativos.- Se adaptan a la presencia de oxígeno y -- también a su ausencia.

Y los procesos de compostificación en:

Procesos Aeróbicos.- En los cuales se introduce aire (oxígeno) dentro de la masa;

Procesos Anaeróbicos.- En los cuales una vez que el oxígeno libre - contenido en las basuras ha sido utilizado, se restringe de oxígeno a la masa en descomposición.

Por todo lo anterior, se deduce que los organismos facultativos, por su versatilidad, son los que proveen una flexibilidad muy deseada - a los procesos de compostificación.

Asimismo la presencia de oxígeno, afecta la prevalencia de ciertos tipos de organismos, así como su actividad y los productos finales formados. En sistemas aeróbicos las reacciones metabólicas traen como resultado la producción de dióxido de carbono, agua y nuevas células. Pero en condiciones anaeróbicas esta situación cambia; - los hongos no pueden reproducirse y sólo ciertos tipos de bacterias no pueden completar el metabolismo de los materiales orgánicos dentro de estas condiciones. Por lo tanto, grupos especiales de bacterias son las que eventualmente metabolizan los diferentes componentes del material orgánico. Estos tipos específicos de bacteria, existen únicamente en condiciones ambientales muy limitadas, las - cuales pueden ser controladas por el ingeniero sanitario. Por lo

tanto, el conocimiento del efecto de las condiciones ambientales y los requerimientos nutritivos de los microorganismos dentro de condiciones específicas, pueden producir la información necesaria para el control adecuado de procesos biológicos tendientes a la estabilización de materia orgánica. (14).

El Nitrógeno de una forma u otra es requerido por todas las bacterias y hongos así como cualquier otro ente vivo. En particular, - las bacterias son sumamente versátiles en términos de las fuentes- que pueden utilizar para obtener nitrógeno; algunos tipos usan él atmosférico, otros lo utilizan eficientemente de compuestos orgánicos y algunos lo derivan del contenido en proteínas o casi de cual quier tipo de compuesto orgánico que contenga nitrógeno.

Las bacterias y hongos también necesitan varios elementos metálicos como sodio, potasio, magnesio, manganeso, cobalto, etc. Todos éstos en cantidades muy pequeñas.

Los nutrientes, para ser asimilados por las bacterias y hongos, ne cesitan estar en solución. Para este efecto, los organismos requie ren de agua. La disponibilidad de agua, es asimismo primordial pa ra el avance de los procesos metabólicos intermedios y otros reque rimientos fisiológicos de los organismos. Para todo lo anterior, - en los procesos de compostificación de basuras, uno de los factores limitantes, es la cantidad de humedad disponible en la masa.

En términos de las temperaturas dentro de las cuales los diversos- tipos de organismos se desenvuelven y su grado de actividad se li mita o mejora, pueden ser clasificados en tres grupos: los criofí- licos, que se encuentran donde las temperaturas son bajas, includi ve cercanas y un poco inferiores a cero grados centígrados. En ge neral muy pocos organismos se pueden desarrollar a muy bajas tempe raturas ya que el agua (80% de la materia celular) se congela, in terrumpiendo así las reacciones y actividades metabólicas; los mi- croorganismos mesofílicos constituyen la mayor parte de los organis

mos que se desenvuelven a temperaturas medias o ambientales. La temperatura para el desarrollo óptimo de este tipo de bacterias es cerca de 35°C y en general no resisten temperaturas arriba de 40 o 45°C. Los microorganismos que prevalecen y encuentran condiciones óptimas a temperaturas elevadas entre 55 a 65°C, son -- llamados microorganismos *termofilicos*, como es de esperarse el metabolismo de este tipo de bacterias a estas altas temperaturas es sumamente elevado.

A temperaturas por encima de 65°C, la mayor parte de los compuestos proteínicos en la célula son desnaturalizados y como consecuencia las bacterias mueren.

En función de las condiciones de acidez o alcalinidad los microorganismos pueden ser clasificados como *acidofilicos* y *alcalinofilicos*. Los primeros prefieren medios ácidos (pH bajo - menor de - 7.0), y los últimos prefieren un pH mayor de 7.0.

Las bacterias, así como todos los organismos, elaboran durante su ciclo ciertos complejos orgánicos, llamados *enzimas* las cuales son usadas como catalizadores en el proceso metabólico. En otras palabras, las enzimas permiten a los organismos, utilizar y asimilar sustancias que en condiciones normales están contenidas en materiales en formas complejas e inaccesibles para dichos organismos. Los residuos después de la extracción de las sustancias utilizadas como nutrientes o fuentes de energía, aparecen generalmente en formas simples que a su vez, en muchos casos sirven como fuente de energía y alimento para otros organismos. (12).

COMPOSICION DE ALGUNOS PRODUCTOS

CUADRO 1. PRINCIPALES CONSTITUYENTES

ALIMENTO	PROTEINA %	CARBOHIDRATO %	GRASA %	HUMEDAD Y OTROS MATERIALES %
Carne (vacuna)	18.0	0	11.0	71.0
Pescado	8-22	0	0.2-15	63 - 92
Legumbres (col)	1.2	5.6	0.3	92.9
(guisante)	7.0	16.0	0.5	76.5
(papa)	2.5	20.9	0.1	76.5
Grasas				
(mantequilla)	1.0	0	85.0	14.0

Agua, sales minerales y otros compuestos orgánicos no especificados están presentes en cantidades reducidas.

Materiales que contienen celulosa

Papel, trapo, cordel, cáscara de fruta, hierbas, hojarasca, podas-de jardinería, etc. (14).

Como puede verse en los ejemplos anteriores, los residuos de alimentos están constituidos principalmente de: proteínas, carbohidratos, grasas, sales minerales y gran porcentaje de agua. La celulosa es básicamente un carbohidrato. De estos constituyentes, las proteínas, los carbohidratos y las grasas son objeto de cambio bio-químico y sus elementos son utilizados como nutrientes o fuente de energía.

En la naturaleza, los microorganismos raramente aparecen aisladamente sino más bien, en mezclas de varios tipos de organismos. En estas condiciones las interacciones y dependencias son limitadas ya -

que la competencia y sobrevivencia ocurren en sistemas mixtos, creando condiciones ambientales prevalentes para la misma actividad biológica y aportando diferentes tipos de nutrientes. Los microorganismos requieren o prefieren ciertas condiciones ambientales, fuentes de nutrientes y energía. Pero en el caso de sistemas mixtos, las demandas serán variadas y relativamente consistentes con la dinámica de la población microbiológica prevaleciente.

Por lo tanto, en el diseño de sistemas biológicos, si se tiene en cuenta este tipo de interacciones, se puede propiciar el establecimiento del sistema simbiótico apropiado en términos del material procesado y del producto o productos. (14).

Por ejemplo, en términos del proceso de compostificación de basuras, condiciones o grados de acidez o alcalinidad pueden en sí ser selectivas del sistema simbiótico. En un pH de 6.5 a 8.5, las bacterias predominan sobre los hongos. Con un pH menor de 6.5 los hongos pueden competir con la bacteria en condiciones más favorables. Con un pH entre 4.0 y 5.0, los hongos predominan al grado de casi excluir completamente la población de bacterias.

Los microorganismos más citados con referencia a procesos de compostificación son:

- Bacterias mesofílicas, que inicialmente convierten los azúcares, almidón, proteína y carbohidratos en ácidos orgánicos más simples bacterias, hongos y actinomicetos termofílicos, que convierten los ácidos orgánicos en CO_2 y agua mediante reacciones bioquímicas exotérmicas- Bacterias, hongos y actinomicetos mesofílicos y termofílicos -- que atacan materiales difíciles de metabolizar como celulosa y ligninas.

Los actinomicetos comprenden un grupo muy numeroso de microorganismos afín a las bacterias, pero las células aparecen ramificadas, se ama

san en forma similar a los hongos, con la excepción de que las células son de mucho menor tamaño.

En términos generales, los microorganismos que afectarán las operaciones y procesos de compostificación de basuras, se encuentran en las basuras mismas y el medio ambiente en general. Sin embargo, estos organismos y sus poblaciones así como el medio ambiente no son necesariamente óptimas, para proseguir por sí mismos la estabilización de las basuras, en forma eficiente y sanitaria, además de obtener un producto deseable.

El buen manejo en una operación y proceso de compostificación de basuras y otros materiales con alto contenido orgánico, en función de la acción microbiológica se resume básicamente en:

- a) El conocimiento, *acondicionamiento* y selección de los materiales a ser procesados, así como sus respectivas cantidades, tipos, composición, etc;
 - b) El conocimiento y atención de los requerimientos que resultan de la *estabilización* de los materiales procesados;
 - c) El *control* adecuado de los sistemas simbióticos y los sistemas ambientales, durante las fases del *proceso*;
 - d) El conocimiento de los *requerimientos* y usos que se darán a los productos resultantes de las diferentes fases de proceso de --compostificación.
- J) *Destrucción de organismos patógenos.*- Los organismos patógenos son destruidos por la temperatura alcanzada en la fase de estabilización de material y por lo antibióticos producidos por los microorganismos que efectúan la estabilización del material.
- K) *El Control de moscas.*- Es uno de los problemas más importantes en la

operación de composta. Los desechos urbanos son un medio excelente para el desarrollo de grandes poblaciones de moscas. El control de éstas se efectúa fumigando las áreas de operación a la planta. La mosca predominante de estas plantas es la "mosca doméstica" presentan condiciones favorables.

- L) *El tiempo requerido para obtención de composta.*- Depende del proceso usado, en las plantas existentes en México, el proceso usado es el de pilas a cielo abierto, tratándose un tiempo de 3 meses en la obtención de composta, existen sin embargo, procesos acelerados en los que es posible obtener composta en días solamente.
- M) En procesos aeróbicos la *acidez o alcalinidad* (pH) además de ser medida de factores limitantes para el proceso de compostificación puede ser usado como índice del avance del proceso mismo. En general, las basuras al recibirse tienen un pH ligeramente ácido o neutral (pH = 5.5 a 7.0). Durante los primeros días el pH baja a un nivel de pH = 4.55, indicativo la fase de liquefacción (ácida) está en proceso. Después de 4 o 5 días, al mismo tiempo que la temperatura de la masa empieza a mantenerse a niveles elevados, el pH sube y llega a su máximo de pH = 8 a 9 cuando se alcanzan las temperaturas más elevadas. A medida que la temperatura empieza a bajar o sea que la descomposición se va complementando, el pH se acerca al neutral - pH = 7. En otras palabras la composta acabada deberá tener un pH cercano al neutro. (12).

5.3 COMPOSTEO

El proceso consiste en tratar técnicamente los residuos sólidos, separando de las basuras los subproductos que tienen cierto valor comercial y aquellos materiales considerados de rechazo como son los provenientes de la industria de la construcción.

Una vez realizada esta operación el resto de la basura es molida y sometida a un proceso de fermentación controlada, con el fin de lograr que la materia se estabilice y obtener como producto final una sustancia cuya apariencia física es semejante a la tierra de hoja, que por su alto contenido de materia orgánica se emplea como abono.

El inicio de esta técnica se atribuye a Howard, quien por los años de 1920 a 1925 realizó en la India importantes trabajos al respecto, dicho proceso se conoce con el nombre de "indore". Surgió con la utilización de estiércoles a los que posteriormente se agregaron lodos de aguas negras, excrementos humanos, paja y hojarascas.

Estos materiales se acumulan en pilas de 1.5 m de altura aproximadamente, 2 m de ancho y una longitud variable. La masa se volteaba un par de veces y el proceso se efectuaba en un mínimo de seis meses.

Desde hace muchos años en Holanda se ha utilizado un sistema de transformación por medio de fosas escalonadas intercomunicadas entre sí con tuberías. Este proceso consiste en llenar todas las fosas con basuras, verter agua en la primera hasta el punto de derrame, después de varios días circula el agua a la segunda fosa y así sucesivamente hasta completar el ciclo de cerrado. El sistema es lento y anaérobico persistiendo condiciones no sanitarias porque las temperaturas no son satisfactorias.

Diversos investigadores pretendiendo acelerar el sistema Indore introdujeron a este proceso la molienda y la aplicación controlada de agua para regular la temperatura y la humedad, posteriormente la mecanización y el tratamiento sanitario de los materiales.

Posiblemente uno de los procesos más conocidos, sea el desarrollado por el Dr. Giovanni Beccari, en Florencia, Italia a partir de 1922 conocido como proceso "Beccari" y que consiste en una celda de

concreto o mampostería que se carga por la parte superior y se cierra herméticamente. La etapa inicial es anaérobica, posteriormente mediante unas ventanillas se permite la entrada de aire lográndose una segunda etapa parcialmente aerobia.

En el año de 1931, Bordas introdujo al proceso Beccari aire forzado a través de un tubo central a lo largo de las paredes del silo de fermentación para eliminar la etapa anaérobica reduciendo el tiempo requerido para el proceso, la producción de malos olores y mejorando la calidad del producto obtenido. Otra característica es una mampara que divide el silo en dos pisos.

Alrededor del año 1952 surgió el proceso "Dano" cuya parte modular consiste en un bioestabilizador que es un gran cilindro que gira lentamente y se encuentra un poco inclinado respecto de la horizontal. La aereación se realiza por sifones a lo largo del cilindro.

El proceso Dano fue modificado por el Base, introduciendo parcialmente el cilindro en un depósito de agua de precalentamiento.

Posteriormente se multiplicaron los procesos y las innovaciones se sucedieron frecuentemente, no obstante éstos los procesos pueden agruparse en tres tipos que son:

- a) El que se define como proceso de pilas
- b) El que adopta distintos tipos de digestores
- c) El grupo mixto.

Dentro de este contexto pueden citarse los siguientes procesos que son: Door Oliver, John Thompson, Naturizer, Lansign, Crane, - Hardy, Vickers, Triga, Jersey, Bio Tank, Donfix, Simon, Lawden, Calaix, Prat, Fermancreem, Ewenson, Carel, Fouche, Boggiano, Rotereo, etc.

Como ya se mencionó anteriormente, todos son variantes de los grandes grupos, ya sea que en el tratamiento de los materiales para -

su trituración, cernidos previos en el interior o al final del proceso, aplicación natural o forzada de aire. Es conveniente hacer notar que ninguno utiliza microorganismos específicos para la transformación rápida, dejando a las razas nativas de las basuras la labor microbiológica.

Además, es indispensable hacer referencia en forma especial al proceso patentado por el Dr. George H. Earp Thomas, el cual lleva su nombre. Es un proceso de bioconversión rápida de los residuos sólidos en un digestor de flujo continuo, empleando para ello un lapso de 24 horas.

Los resultados de las fábricas existentes indican que: la alta mecanización del proceso, el desarrollo integral de todas las operaciones, el estricto cumplimiento de todas las exigencias de orden higiénico, la rapidez del ciclo de trabajo que ofrece un producto perfectamente acabado, el rendimiento operativo del conjunto, la posibilidad de guiar y controlar la fermentación del material para garantizar la obtención constante de un producto de óptima calidad, son las principales cualidades del proceso Earp Thomas.

Las tres fases más importantes del proceso pueden resumirse en la forma siguiente:

- A) La transformación de los residuos sólidos en composta en términos de 24 horas mediante el uso de un digestor y la inoculación de bacterias como medio de aceleración; como ejemplo pueden citarse las siguientes: proteolíticas, aminolíticas, termofílicas, celulíticas, etc.
- B) La adición de productos químicos a la composta en las cantidades requeridas para elevar los valores nutricionales del mismo y satisfacer las fórmulas deseadas con el objeto de que estas sustancias vayan incorporadas al medio orgánico y se evite su pérdida por lixiviación o combinación en formas insolubles con el complejo del suelo.

C) Una segunda inoculación de microorganismos útiles al suelo que proliferan en medio de la composta e intervienen en la transformación de los nutrientes a formas asimilables por las plantas, en esta operación se incluyen entre otras las siguientes bacterias: Azotobacter, Beijerinck, Chorococcum, Vinlandi, Kegume, Algas, Indicum, etc.

De esta manera, entre los años 1920 a 1976, muchas plantas de compostificación de basuras fueron instaladas alrededor del mundo cubriendo prácticamente todos los continentes.

La disponibilidad de muchas de estas plantas han venido operando con provecho y en forma continua por muchos años, mientras que otras (casi todas en EE.UU.) han fracasado. El éxito o el fracaso de las plantas, se ha debido a diversos factores. Entre otros pueden citarse los siguientes:

La disponibilidad y el costo de la mano de obra, el control de calidad en la elaboración de la composta, el uso dado a la composta, su discutible valor como fertilizante, su precio, la disponibilidad y el costo de los fertilizantes inorgánicos y sobre todo la variabilidad del mercado para los productos y subproductos obtenidos.

Actualmente los proyectos de compostificación vienen siendo en focados hacia los aspectos de transformación de materiales, más que al objetivo de producir un material con propiedades de mejorador de suelos.

Más importante en este cambio de actitud es el convencimiento de que el fracaso de muchas empresas procesadoras de basura, se debió al concepto erróneo inicial que presuponia que estas plantas serían una fuente de lucro (con base a la venta de la composta) para los municipios o contratistas.

Por lo anterior, es pertinente señalar que la compostificación de basuras, comprende muchos procesos y conceptos sujetos a discusión y muchos problemas de índole social, político y técnico. Como sería imposible discutir todos los problemas, operaciones y alternativas, solamente recalcaremos que estas instalaciones deberán plantearse como empresas de servicio y no de beneficio.

En el país existen actualmente varias plantas procesadoras de residuos sólidos, las cuales operan en forma muy similar bajo los siguientes lineamientos:

Consideraciones Técnicas:

Los procesos unitarios de operación de una planta de composta son:

- A) Recepción, pesaje y almacenamiento de las basuras
- B) Clasificación y preparación del material recuperado para su venta
- C) Preparación del material composteable (reducción de tamaño)
- D) Descomposición o fermentación (regulación de la relación carbono-nitrógeno, humedad, aireación, temperatura, destrucción de gérmenes patógenos y control de la creación de insectos y roedores.
- E) Preparación del producto para el mercado, molienda fina y empaque.

Descripción del proceso:

Recepción (Pesaje):

El procesamiento de los residuos sólido se inicia con la entrada de los camiones recolectores, a las instalaciones de la planta, donde deben ser pesados para llevar un control del tonelaje de basuras que reciben para lo cual se requieren de una(s) báscula(s) de 30 a 50 tons.

Almacenamiento:

Una vez realizada la operación de pesaje, los residuos son descargados en fosas de recepción, las cuales deben ser diseñadas para que almacenen las basuras tan rápido como se descargan los camiones recolectores, permitiendo un tiempo mínimo de descarga y una capacidad que admita los períodos de fluctuación en la cantidad del material.

Generalmente en la parte superior de la estructura que se encuentra sobre la(s) fosa(s) de recepción se desplaza longitudinalmente sobre rieles metálicos un carro puente formado por un carro de carga con movimiento lateral y una grúa de almeja con movimiento vertical. Este carro puente es operado a control remoto en la propia zona de producción.

Tolvas de Alimentación:

Están situadas en la parte central de la estructura de las fosas de recepción. Constan de un fondo metálico móvil denominado transportador de tablillas en el cual se depositan los desechos sólidos para ser conducidos a las bandas de clasificación.

Bandas de Selección:

En ambos lados de las bandas ahuladas de clasificación, se sitúa el personal que recupera y separa los subproductos (cartón, papel, trapo, vidrio, etc.), los cuales son depositados en tolvas para ser transportados por medio de bandas a recipientes apropiados para su concentración y empaque. La recuperación de subproductos varía en el país de un 10 a 20% según la calidad de las basuras. Además, la separación de los subproductos puede efectuarse con dispositivos mecánicos, por ejemplo la separación balística.

Molinos:

Al final de las bandas de clasificación, los residuos que no fueron retirados y que constituyen casi en su totalidad materia orgánica, son descargados por medio de tolvas a molinos de martillos, con el objeto de homogeneizar su tamaño.

La separación del material antes de llegar a la trituration tiene de eliminar los residuos que en alguna forma puedan dañar el equipo de trituration y remover aquellos que sean indeseables. Generalmente esta operación se realiza mediante cribas que tamizan el material a un determinado diámetro de partícula.

Transportador de Cadena (BKT)

Una vez triturados los residuos, son transportados a la sección de cribado grueso mediante un transportador de cadena en el cual mediante un vibrador se desmenuzan y se extienden los residuos.

Electroimán

La materia desmenuzada pasa por un separador magnético en donde se separa el material ferroso, el cual cae a una tolva para su posterior disposición.

Criba vibratoria

La materia orgánica que pasó por el tambor magnético cae a una criba vibratoria con mallas de cien mm, donde es separado el material denominado de rechazo, que considerando promedio total corresponde de un 10 a 15 % del material alimentado y es el único no reciclable, que debe eliminarse por medio de algunos de los otros métodos, generalmente incineración o relleno sanitario.

Banda de material orgánico.

El material que pasó a través de la malla cae sobre esta banda, la cual desemboca en una tolva donde se conduce el material por medio de un transportador de cadenas hasta una banda aérea en cuyo extremo (cualquiera de los dos) se sitúa un puente móvil que lo distribuye -- formando pilas con forma de camellones en el campo de prefermentación.

Banda de rechazo.

El material de rechazo proveniente de la criba vibratoria cae a través, de una tolva en esta banda que lo transporta a la parte exterior del área de operación.

Campo de prefermentación

Aquí se inicia el proceso de fermentación aeróbica, generándose temperaturas de aproximadamente 70°C en las pilas de materia orgánica. Estas temperaturas aceleran la biodegradación y prácticamente eliminan el peligro que representan los microorganismos patógenos. Además de la temperatura, es muy importante controlar la relación carbono-nitrógeno, la humedad, el oxígeno y el pH para un resultado óptimo del proceso. El tiempo promedio de permanencia de los residuos en este campo es de seis días.

Campo de fermentación

Con el objeto de proporcionar el oxígeno necesario para efectuar la oxidación de la materia orgánica, la masa es volteada al tiempo que se pasa del campo de prefermentación al de fermentación, esta operación puede realizarse en forma manual o mediante un trascabo.

En esta etapa, es de suma importancia el control de la humedad, para ello se le reincorporan los lixivados o incluso se le agrega agua

controlando además la temperatura. El tiempo que permanece el material en este campo es de veinte días.

Campo de maduración

Después de que la basura completa las etapas antes citadas, se le traslada por medio de un trascabo a los campos de maduración, donde al transcurso de dos meses completa su ciclo de degradación. Durante este tiempo es necesario controlar regularmente, la humedad, pH, oxígeno y la relación carbono-nitrógeno en cada una de las pilas. Una vez concluido el proceso de transformación el material recibe el nombre de composta.

Molienda fina y empaque

Como operación final se somete la composta a una molienda fina, el tamaño de partícula será de acuerdo a la aplicación que se le quiera dar al producto, para ello se pasa el material a través de un molino - birrotor y luego se criba con una malla de 3 m.m. de diámetro. Cerrándose el ciclo operativo con el empaque del producto cuando la demanda - así lo requiera (13).

DETERMINACION A TRES MUESTRAS DE COMPOSTA, EN DIFERENTES ETAPAS DE MADUREZ, EN LA PLANTA INDUSTRIALIZADORA DE BASURA (COMPOMEX DE GUADALAJARA, S.A.) 3 ABRIL, 1975.

CUADRO N° 2.

N° MUESTRA	MADUREZ APROXIMADA
1	6 a 8 meses
2	12 a 18 meses
3	24 a 28 meses

Muestra	pH	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Mn ⁺⁺
		p.p.m.	p.p.m.	kg/ha			
1	7.50	25	150 ⁺	3300	56	670	56
2	7.10	3	150 ⁺	3300	110	670	56
3	7.45	25	80 ⁺	2200	56	670	56

Muestra	M.O. %	mmhos		meq/lit		
		C.E.	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻
1	27.94	17.40	107	50	7.0	10.0
2	24.84	20.70	102	52	8.0	45.0
3	24.84	21.00	151	37	9.0	13.0

Análisis practicado por la residencia de Agrología dependiente de - la SARH, Delegación Guadalajara.

Las tres muestras analizadas presentaron características diferentes en algunos elementos, como uniformidad en otras, como se puede observar en el Cuadro anterior.

Tenemos que el pH en las muestras fue neutro, aunque en las muestras 1 y 3 tuvo una tendencia ligeramente alcalina, pudiéndose en los tres casos utilizar la composta en grandes cantidades, no causando con esto ningún problema y tal vez se alcancen a mejorar las condiciones de los suelos con un pH ácido, aplicando en forma adecuada la composta.

En cuanto al contenido de nitrógeno en forma de nitrato, aunque reducido y más notable éste en la muestra 2, posiblemente debido a la cantidad de la basura con que se procesó y de la cual se obtuvo la composta. Su incorporación ayudaría a abastecer el N cuando éste se haya descompuesto y usándolo en una proporción adecuada con fertilizantes químicos teniendo en cuenta los requerimientos necesarios por lo cultivos.

El contenido de calcio en la muestra 1 y 2 fue uniforme y en la muestra 3 bajó, pudiendo ser porque la composta estaba demasiado madura.

La materia orgánica en las muestra, presentó las siguientes características:

El contenido de las muestras 2 y 3 fue menor que la muestra 1- posiblemente a que al estar almacenado más tiempo, poco a poco se fueron destruyendo las sustancias orgánicas del material, debido a efectos del intemperismo aún así la variabilidad no es mucha y se tiene buena cantidad de ella, que la incorporarse al suelo se tiene un buen abastecimiento de sustancias para la formación de humus que es factor esencial en la fertilidad de los suelos.

Al lado de los elementos descritos anteriormente, se encuentran en las muestras en forma de indicios algunos oligoelementos como Manganeso y Magnesio y sales como el Sodio que tienen consecuencias muy breves en el suelo debido a su mínima presencia en la composta.

La adición de nutrientes químicos a la composta, en las cantidades requeridas para elevar los valores nutritivos y satisfacer las fórmulas deseadas, es aconsejable con el objeto de que estas sustancias vayan incorporadas al medio orgánico y se evite su pérdida por lixiviación o combinación en forma insoluble para las plantas con el complejo del suelo.

La respuesta a las condiciones de agotamiento medio de los suelos y la necesidad de obtener económicamente el máximo rendimiento en las cosechas*, es la aplicación de 6 a 20 toneladas de composta, enriqueciendo con materiales minerales de productos químicos que a la vez proveen al agricultor de los nutrientes básicos para el desarrollo de las plantas, le proporcionan al suelo siquiera una mínima parte de sustancias activas para mejorar la fertilidad.

Es cierto que solamente con la aplicación de grandes cantidades de composta se logre un cambio razonable en las condiciones físicas del suelo, pero también es cierto que la aplicación continua de cantidades adecuadas, pueden llevar al mismo resultado.

Otra ventaja importante de la mezcla, es la fijación de los elementos básicos en la materia orgánica y su liberación paulatina con lo cual se logra aprovechamiento máximo de los nutrientes. (35).

5.4 RELACIONES DE COMPOSTA Y GRADO DE MADUREZ

Al aplicar composta, aumenta la estructura física del terreno

* Dosis aplicada en la zona de Zapopan, Jalisco.

se introducen sustancias húmicas que benefician la aereación del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua, aumenta el crecimiento de las plantas ya que las sustancias producidas por el humus la absorbe la raíz, se activan los procesos fisiológicos de la misma; y se estimula la microflora del terreno.

Cuando se usa composta no madurada, el contenido de sustancias orgánicas que se introduce al suelo, son mínimas; si la aplicación se hace durante el período de desarrollo vegetativo de las plantas, las compostas disminuyen en su producción, debido al desequilibrio ocasionado en el abasto de nitrógeno, porque al aplicar una composta con madurez insuficiente, puede continuar su fermentación en el suelo, esta reanuda la fermentación, puede estar acompañada de una liberación de gas carbónico, producido por la respiración bacteriana y el cual es dañino a las raíces jóvenes de las plantas (en mayor o menor grado a las plantas de ornato y las leguminosas), además de la presencia de gérmenes patógenos resistentes a los fungicidas.

Lo más importante al usar composta, es aumentar los volúmenes del humus, contenido en el suelo y éste se aumenta considerablemente cuando se usa composta madura e inmadura. Así como tampoco es conveniente, usar composta que se ha excedido en su madurez ya que en éste, la mayor parte de las sustancias valiosas del humus se han perdido. (35).

Las deficiencias en la fertilidad de los suelos y sus consecuencias lógicas que son el agotamiento y la baja productividad, se deben principalmente a que una vez abiertas al cultivo, se rompe con el ciclo normal de formación, es decir, se suspende la adición natural de materias orgánicas, derivadas de los bosques dejando actuar libremente a los agentes del intemperismo y al no existir prácticas de conservación para combatir la erosión causada en la explotación de los mismos.

Esto aunado a la mala orientación existente en el uso de los llamados fertilizantes químico, pero que no contribuyen a la conservación de la fertilidad del suelo. Sino que su cualidad estriba en ser -

nutrientes que por lo mismo son insustituibles,

Teniendo en cuenta las limitaciones por escases de agua en el uso de los abonos verdes y de los estiércoles es necesario buscar nuevas técnicas en la renovabilidad de la fertilidad de los suelos, adoptando nuevos métodos para obtener materiales orgánicos encaminados a este fin. Pilar importante en este propósito en la utilización de la llamada composta. Que es el producto resultante de la industrialización de las basuras de los centros urbanos y el cual es obtenido por diversos procedimientos.

Además de contribuir en la reducción de la contaminación ambiental, se crea debido al desarrollo de toda clase de microbios, microorganismos patógenos que son una seria amenaza para la salud pública, coopera a la disminución y mejor aprovechamiento en el uso de los fertilizantes químicos en el abonado de los cultivos.

La mayoría de los abonos orgánicos sean de origen animal (estiércoles), vegetal (abonos verdes) o productos resultantes de tratamientos de basuras (composta), contienen como se observó, varios elementos nutritivos particularmente Nitrógeno y Fósforo, así como pequeñas cantidades de Potasio y elementos menores, cuya concentración es sin embargo esencialmente más baja que la de los fertilizantes minerales.

A pesar de ello, los abonos orgánicos no deben ser únicamente valorados por su contenido de nutrientes, sino también por su efecto benéfico en el suelo.

Los materiales orgánicos crean frecuentemente las condiciones ideales, necesarias para lograr la mayor eficacia cuando se hace uso de los fertilizantes minerales (químicos).

La creación de condiciones ideales, en un momento dado por los vegetales, sólo es logrado mediante una acción coordinada de los mate-

riales orgánicos y los fertilizantes minerales.

Dado que los primeros favorecen las propiedades edáficas (receptivas y de intercambio) y los segundos proporcionan nutrientes en concentración, para los vegetales.

En virtud de que los microorganismos del suelo requieren una determinada cantidad de nitrógeno para la realización de la descomposición de materia orgánica, necesario que ésta contenga dicho elemento, ya que en caso contrario será extraído del suelo. Tal nutriente es requerido por los microorganismos para la realización de la síntesis de sus propias sustancias corporales, quedando liberado de su fijación temporal, sólo mediante la muerte de los mismos.

Considerando lo anterior, podemos decir que el empleo de materiales orgánicos, deberá ser estrechamente acompañado de una fertilización mineral apropiada, para el mejor desarrollo y producción de los cultivos.

5.5 BENEFICIOS DE LA UTILIZACION DE LA COMPOSTA

La fertilidad del suelo depende no sólo de las sustancias minerales nutritivas sino también de las características físicas y biológicas del mismo. La producción continua y creciente de las tierras de cultivo, hacen absolutamente necesario que adoptemos abonos artificiales para mantener o conservar la fertilidad química del suelo. Además éste debe contener suficientes cantidades de sustancias orgánicas y humus para asegurar su estructura física y vida saludable. En nuestro período de mecanización la producción de estiércol está continuamente disminuyendo lo cual no es suficiente para reponer el humus contenido en el suelo.

En muchos lugares esta necesidad de humus es evidente pero puede reponerse con gran éxito con la composta obtenida del desperdicio. Esta composta ni sustituye ni compite con el abono mineral sino solamente lo complementa.

La composta provoca que el suelo pueda desmoronarse y aumentar así su capacidad para retener el agua. Por otra parte, el suelo que es demasiado duro se afloja por la composta y el suelo ligero y arenoso se aprieta.

A causa de las propiedades de poder conservar el agua, el peligro de que el terreno se seque es menor ya que un terreno con composta puede retener mucha agua y después perderla gradualmente, previniendo a su vez del factor erosión.

Además se sabe que la composta acumula en general la reserva de material nutritivo del terreno. Algunos investigadores han demostrado recientemente que los compuestos de nitrógeno, hierro y fósforo son más y más utilizados por las plantas, si el terreno en cuestión ha sido tratado al mismo tiempo con composta.

También se da por sentado que las plantas tratadas con composta son inmunes a enfermedades o plagas que se originan en el suelo.

5.6 REQUISITOS QUE DEBE TENER UNA BUENA COMPOSTA

Si va a utilizarse composta, es necesario que a los que van a utilizarla, se les de una visión de los que es exactamente y explicar en qué casos puede utilizarse con éxito. Muchas fallas hacen que la composta sea tratada con suspicacia. Estas fallas se deben al uso inadecuado, demasiada aplicación, suelos y plantas indebidas, y mala calidad del producto.

Primer requisito: Condición higiénica perfecta. Debe estar libre de gérmenes patógenos, huevecillos de gusano y semillas que pueden germinar.

Segundo requisito: Libre de vidrios rotos y vasijas.

Tercer requisito: Estar bien maduro para varias aplicaciones o usos particulares.

5.7 ETAPAS DE MADUREZ

Material fresco: desperdicio reducido muy fresco, más ceno ex tremadamente activo. Se usa como materia prima para composta o abonar más allá la tierra del consumidor.

Material a medio podrir: Una mezcla de basura más ceno saliendo del biostabilizador perfectamente higiénico. Se usa como fuente de calor, menos activo que el anterior. Se puede aplicar todo el año, en cualquier estación para cosechas particularmente insensibles al desperdicio.

Composta madura: Perfectamente higiénico, para usarse todo el año como mejorador de suelos.

El grado de madurez es un aspecto de los más importantes, pues de ahí se deriva que sirva para el crecimiento de plantas y mejoramiento del suelo. Puede aplicarse en grandes cantidades durante el período vegetativo sin o con abono mineral y sin peligro de dañar la planta.

5.8 DEFINICION DEL ESTADO DE MADUREZ

En el curso de la fermentación, las fuentes del carbón o están completamente descompuestas o convertidas en humus, las que los microorganismos atacan con dificultad. La reserva de energía es por lo tanto pequeña, y la actividad de los microorganismos disminuye grandemente. Así se estabiliza la composta. La composta en esta condición es madura.

5.9 DETERMINACION DEL ESTADO DE MADUREZ

Medir la temperatura en el montón de composta durante la fermentación. Si la temperatura después que se ha mezclado no se eleva más que la del ambiente, entonces la composta está madura.

Determinar producción de carbono o consumo de oxígeno.

5.10 POSIBILIDADES DEL USO DE LA COMPOSTA

Otra posibilidad de uso, según informes de expertos holandeses es el colocarlo como cubierta en el piso de gallineros y corrales en vez de la paja común y corriente que se tenía que cambiar cada dos semanas. Este nuevo método ya se ha hecho común en todo el país holandés.

Según este método, el suelo de los gallineros se cubre con una caja de 20 a 50 cm de grueso, se mezcla con la paja, aserrín y otra materia orgánica. En este piso se renueva cada 3 o 4 años, las gallinas pasan toda su vida. Y debido al proceso de putrefacción del material pajoso, el calor que produce continuamente es de gran valor en invierno, ya que los pollos y las gallinas no necesitan juntarse para estar calientes.

Los peligros de enfermedades infecciosas y muestras de sofocación, se eliminan a mayor nivel desapareciendo casi totalmente enfermedades tales como: coccidiosis que diezmaba las granjas. Si llega a presentarse, ya no lo hace con tantos estragos, prácticamente no causa muertes lo que es muestra evidente de inmunización de la granja. Posiblemente las substancias antibióticas que existen en el desperdicio de la paja -- tienen algo que ver con ello. No puede decirse cuales con exactitud.

También el canibalismo de estas aves ha disminuido. Los pollos crecen 10% más aprisa. No se sabe si la vitamina B12 que se ha encontrado existente en la composta tiene que ver con ello.

Las condiciones de los jardines, hortalizas son diferentes a las de agricultura. En estos casos, el problema de reponer humus continuamente es mucho más urgente y por lo tanto, merece la pena de gastar más tiempo y dinero por el tratamiento del suelo. Además existe el peligro de una deficiencia de dióxido de carbono con la consecuente sofocación de las raíces de las plantas.

A causa del trabajo continuo del suelo especialmente en lugares muy escarpados y expuestos a la acción directa del sol, hay una descomposición rápida del humus lo que no se compensa con la putrefacción de las raíces del suelo.

Los suelos que son pobres en humus, fácilmente se encuentran disminuyendo su habilidad de retener agua y con ésto es bien sabido, causa gran daño las lluvias torrenciales. En general, las plantas tratadas con composta mejoran y maduran pronto. Las cosechas además de ser abundantes aumentaron la calidad donde se aplicó composta.

Hasta ahora solamente se han mencionado ventajas de la utilización de la composta de basura. Sin embargo debe decirse algo sobre las negativas con acción sobre las plantas y los suelos.

A causa de las sustancias alcalinas, particularmente cuando tienen muchos residuos de ceniza no se puede adoptar con igual éxito en todos los terrenos y en todas las plantas. En suelos muy alcalinos su uso puede, a consecuencia de su contenido adicional de limo, dañar los elementos germinales de las plantas.

La disposición y utilización de las basuras y de las aguas negras son una de las tareas más urgentes que deben ser emprendidas cuanto antes para proteger lagos, ríos, suelos y el paisaje.

Es tarea de las autoridades y cada uno de los ciudadanos el escoger el más ventajoso y adaptable método y conservarlo.

5.11 CONCLUSIONES

Es recomendable generalizar el uso de la composta obtenida de los desechos sólidos urbanos ya que;

- Fija más fácilmente el nitrógeno en la planta.
- Posee mayor cantidad de materia orgánica que el mejor fertilizante.
- Proporciona elementos mayores como nitrógeno, fósforo y potasio y elementos menores; calcio, zinc, boro, magnesio, manganeso, hierro, etc., en mayor proporción que cualquier abono.
- Es muy rico en microorganismos vivos (10,000 millones por gramo), que actúan mejorando la estructura física y biológica del suelo.
- Por las temperaturas alcanzadas en el proceso de fermentación se logra está, esterilizar semillas de malas hierbas, nemátodos y gérmenes patógenos.
- Favorece la estructura del suelo, en suelos arenosos aumenta la cohesión y en los suelos arcillosos la disminuye, lo que permite:
 - A. Mayor aereación
 - B. Aumento en la capacidad de retención de humedad
 - C. Mayor penetración de las raíces

- Contribuye en forma importante a disminuir la erosión de los suelos.
- Reduce las variaciones de alcalinidad y acidez por el contenido de humus.
- Permite fijar más fácilmente los nutrientes en los suelos contribuyendo para que los fertilizantes inorgánicos tengan una mejor acción.
- Disminuye la contaminación ambiental.
- Recircula materiales considerados como desechos.
- Mejora la estética de las ciudades.

**VI APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS DE LA
AGROINDUSTRIA AZUCARERA EN LA
ELABORACION DE COMPOSTA**

6.1 LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA

En la actualidad las industrias (agroindustrias) transformadoras de los productos provenientes del campo, provocan grandes volúmenes de residuos, desechos o en su defecto subproductos que son la fuente más importante, para la obtención de compostas a partir de éstos.

La agroindustria de mayor importancia en nuestro país, podemos considerar la transformadora de la caña de azúcar.

Las características actuales que prevalecen en la industria azucarera presentan una serie de situaciones que deben considerarse fundamentales, entre ellos se puede citar el incremento en la producción de caña de azúcar, el óptimo aprovechamiento de los recursos, el mejoramiento y/o conservación de los suelos cañeros, y la prevención de la contaminación de los ingenios entre otros.

Para lograr tales fines, es necesario utilizar estrategias que permitan atacar los problemas en forma integral, una de ellas constituye el aprovechamiento de los subproductos de la industria azucarera como Bagazo, Cachaza, Ceniza y Vinaza. Estos subproductos no cuentan con una tecnología adecuada (a excepción del Bagazo) que permita su total aprovechamiento, y en cambio son causa de una gran contaminación para la flora y fauna de los ríos donde se desalojan como el caso de la cachaza y vinaza. Ahora bien, estos subproductos tienen una gran cantidad de elementos como son: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, Calcio, etc., por lo que pueden ser aprovechables.

La aplicación directa al campo cañero de estos subproductos trae como consecuencia bajos rendimientos en las cosechas (Guerrero, González y Martínez 1980) es por eso que es conveniente someterlos a un proceso de humificación relativamente rápida. (22).

Un medio de llevar estos subproductos a un estado de mineralización tal que sea más fácilmente aprovechados por los cultivos lo constituye la elaboración de compostas. Las compostas no es tal vez la mejor alternativa para el mejora aprovechamiento de estos subproductos - pero constituye la de más bajo costo y más fácil de realizar, y es la que nos interesa por su uso como abonos orgánicos. El proceso de composteo en nuestro caso consiste primordialmente en una fermentación aeróbica por medio de microorganismos celulolíticos, ligninolíticos, pectinolíticos, etc. que degradan la materia orgánica y liberan los nutrientes, durante el proceso son digeridos los azúcares, almidones, proteínas y carbohidratos y transformados a una forma más utilizable para las plantas, el producto de composteo se digiere parcialmente. La parte no digerida en forma parcial la constituyen principalmente las ligninas y algo de celulosa. Las ligninas son de difícil reducción y viene siendo las que dan a la composta las características especiales de nutrientes-para los microorganismos del suelo, que permiten una actividad bacteriana intensa y controlada.

El producto generado no solo es más barato que los fertilizantes químicos y aún de los obtenidos por desechos urbanos, que presenta otras mejores características sobre éstos como son:

- A) Mayor efecto residual
- B) Aumento en la capacidad de retención de humedad del suelo a través de su efecto sobre la estructura (granulación y estabilidad de agregados), la porosidad y la densidad aparente.
- C) Formación de complejos orgánicos con los nutrientes manteniendo a éstos en forma aprovechable para las plantas.
- D) Reducción de la erosión de los suelos.
- E) Elevación de la capacidad de intercambio catiónico del suelo protegiendo los nutrientes de la lixiviación.
- F) Liberación de CO_2 que propicia la solubilización de nutrientes.
- G) Abastecimiento de carbono orgánico, como fuente de energía a la flora microbiana heterótrofa.

6.2 LOS SUBPRODUCTOS DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA

La industria azucarera cuenta con una serie de subproductos de fábrica que son una importante fuente de materia orgánica que no ha sido debidamente utilizada.

Dentro de los principales componentes del ambiente en que se cultiva la caña de azúcar, el suelo constituye el reservario natural de nutriente y humedad, y el sostén físico de la planta.

La fertilidad y la productividad del suelo, son factores que hacen que la producción se incremente y/o mantenga, obteniendo con ello estabilidad económica para el productor, pero sucede que la práctica del monocultivo acompañada de una alta extracción de nutrientes provoca un empobrecimiento de la fertilidad, misma que hay que restaurar mediante la aplicación de abonos químicos y/u orgánicos. (5).

Los fertilizantes químicos actualmente tienen un precio tal, - que para ser costeable su utilización, debe darse un manejo y uso adecuado de ellos, siendo necesario aplicarlo año con año. Respecto a los abonos orgánicos, además de proveer nutrientes, su efecto es de varios años, mejorando propiedades físicas y químicas de los suelos, haciendo más deseable su utilización. Es importante aprovechar subproductos orgánicos en la preparación de materiales fertilizantes, que aplicados a los terrenos agrícolas aporten a la planta nutrientes de disponibilidad continua e incrementen la eficiencia de los fertilizantes químicos.

Guerrero, González y Martínez mencionan que cuando el bagazo y la cachaza, se aplican directamente al suelo, sin ningún proceso, disminuye su eficiencia y en ocasiones provoca un efecto negativo debido a la desnitrificación que se origina en el suelo durante su descomposición; por lo tanto es necesario someterlo a un proceso de humificación relativamente rápido para transformar la celulosa, hemicelulosa, ligninas y pectinas en compuestos más sencillos y más fácilmente aprovecha-

bles por las plantas. (22).

Prieto y Nieto. Señalan que el proceso Indore consiste en acumular desperdicios (lodos, basura, rastrojo) formando pilas y voltéandolas dos veces, alcanzándose la transformación en seis meses; así mismo, señala que el proceso Boccari consiste en una celda de concreto donde depositan los residuos y se cierra herméticamente siendo el proceso prácticamente anaeróbico y concluye que en México no se han obtenido resultados satisfactorios.

Earp Thomas. Menciona que es necesario para producir una buena composta, un digestor e inoculantes seleccionados de bacterias aeróbicas y no patógenas.

Para formar composta de los residuos de la Industria Azucarera el proceso consiste en mezclar el bagazo y la cachaza previamente inoculada e introducir la mezcla al digestor el cual tiene entradas de aire que favorecen el desarrollo de las bacterias aerobias e inhiben las anaerobias. Al llegar la mezcla a la parte final de digestor recibe una segunda inoculación con microorganismos no simbióticos fijadores de nitrógeno. El producto final se logra en 24 horas Guerrero enumera y describe los métodos de composteo más utilizados como son el de pilas, el de camellones, el Prat, el Dano y el Earp Thomas.

Fernández menciona que la producción total de bagazo se utiliza alrededor del 50% como combustible y como materia prima en la fabricación de papel y considera la posibilidad de utilizar éste y otros subproductos orgánicos como abono en forma rentable, previendo la contaminación ambiental, lo que repercutirá en un beneficio social prioritario que no puede cuantificarse.

Cruz y Rodríguez menciona que para la utilización de subproductos orgánicos en la agricultura, se requieren diversas alternativas tecnológicas adaptables a las condiciones de cada país, para la obtención de -

abonos de buena calidad producidos al menor costo posible que coadyuven con o en combinación con los fertilizantes químicos en la nutrición vegetal, aporten o activen la actividad microbiana del suelo y el mejoramiento paulatino de sus propiedades físicas. (8).

Es necesario utilizar el bagazo de la caña de azúcar disponible para preparar compostas, en tanto no se encuentre otro uso más rentable para cada ingenio, ya que en esta forma se reintegra al suelo paulatinamente, la materia orgánica extraída por el cultivo de la caña año con año por su condición de monocultivo.

De los subproductos obtenidos en la industria azucarera, el bagazo y la cachaza son los que se obtienen en mayor abundancia, Cruz y Fernández (1980), reportan que actualmente en el país se producen aproximadamente 10 millones de toneladas de bagazo y 1 millón de toneladas de cachaza, aunque en algunos ingenios se cuenta con un material denominado "basura", el cual se recoge de las bandas de desempiedre compuestas de hojas, restos de tallos y tierra.

Respecto a la composición de estos materiales se han practicado varios análisis que muestran el contenido promedio en cuanto a nutrientes y otros materiales.

Bagazo: El bagazo es un residuo fibro-celulósico que queda después de que el tallo ha sido triturado y despojado del jugo, sale del último molino en los ingenios con un contenido de humedad alrededor del 50% y 3- a 6% de azúcar y otros materiales solubles; sus propiedades físicas varían según las variedades de caña cultivada, la longitud del período de desarrollo, el método de cosecha y el desfibrado de cada Ingenio. (6).

Químicamente, el bagazo está compuesto principalmente de celulosa, hemicelulosa, pentosanas y ligninas; así como de N, P₂O₅, K₂O. Las proporciones relativas de estos componentes se muestran en el cuadro 3.

CUADRO 3. COMPOSICION QUIMICA PROMEDIO DEL BAGAZO EN BASE SECA.

COMPONENTE	%
N	0.46 - 0.76
P ₂ O ₅	0.14 - 0.24
Celulosa	0.18 - 0.20
Hemicelulosa	29 - 43
Pentosanas	17 - 23
Ligninas	13 - 22

Fuente: Simposium Latinoamericano sobre Fertilización de Caña de Azúcar.
 Sto. Domingo, República Dominicana, No. 1980.
 ADIFAL, GEPLACEA, INAZUCAR, ATERADO.

La célula forma la estructura fundamental de la pared de la célula y es un polímero de alrededor de 2,000 a 3,000 unidades de glucosa. Al envejecer la planta va siendo incrustada con otros materiales - tales como la lignina. Las hemicelulosas y "pentosanas" son polisacaras complejas que se encuentran en las paredes de la célula, especialmente cuando están lignificadas. Están hechas de residuos de azúcar, incluyendo cadenas largas de polisacarosa, pero también contienen otros residuos que a veces pueden ser derivados del azúcar, tales como ácido urónico. La lignina es un compuesto complejo hecho de anillos de benceno - con algunos grupos fenolicos libres y mucho más metilicos, pero su estructura no se ha dilucidado plenamente, está estrechamente asociada con la celulosa y la hemicelulosa en la planta, formando las paredes duras y gruesas de las células de la fibra y protegiendo la celulosa contra la desintegración. (37).

Cachaza: En el proceso de clarificación del jugo de la caña en la producción de azúcar, los iones de calcio de la lechada de cal agregada, unen las impurezas coloidales y el contenido de P₂O₅ en el jugo. Esta masa coloidal Ca-P se precipita en el jugo y es removida en la esta--

ción de filtros rotativos en el Ingenio en forma de CACHAZA. Los principales constituyentes de la cachaza incluyen fibra de caña, cal, saca rosa, cera, albuminoides y partículas del suelo. Sin embargo la proporción relativa de estos constituyentes depende de la variedad de caña, el tipo de suelo donde la caña crece, la cantidad y tipo de fertilizante usado, el clima y el funcionamiento de la fábrica.

Una gran cantidad de nutrientes acompañados de materia orgánica (60%) presente en la cachaza lo convierte en un buen fertilizante y mejorador de suelos, ya que como se muestra en el cuadro siguiente. Contiene un considerable porcentaje de macronutrientes.

CUADRO 4. COMPOSICION QUIMICA PROMEDIO DE LA CACHAZA EN BASE SECA.

COMPONENTES	%
N	2.19
P ₂ O ₅	2.77
K ₂ O	0.44
Ca	2.2
Mg	0.78

Fuente: Simposium Latinoamericano sobre Fertilización de Caña de Azúcar. Sto. Domingo, República Dominicana, Nov. 1980.

ADIFAL, GEPLACEA, INAZUDAR, ATAREDO.

Estos nutrientes mayores, según análisis realizados en Puerto Rico, por Samuels y Landrau, se encuentran en la siguiente forma en la cachaza:

El nitrógeno se presenta principalmente como proteínas o formas amoniacales más simples, también en forma nítrica, teniendo una conversión rápida tan pronto como es descompuesto. El fósforo se presenta en forma de combinaciones orgánicas complejas tales como fosfolípidos y nu

de proteínas, presentándose algunas en forma de fosfato de calcio, procedentes del proceso de clarificación, el cual se descompone rápidamente suministrando una cantidad considerable de fósforo asimilable para ser utilizado por la planta.

Finalmente, el potasio es muy bajo, soluble y fácilmente lixiviado, aunque puede retenerse por la gran capacidad de intercambio de la materia orgánica de la cachaza.

Es importante hacer notar que la incorporación directa al suelo de los materiales orgánicos, prácticamente no tiene efectos notables sobre la fertilidad del suelo, debido a que la relación carbono-nitrógeno del material no se ajusta para su descomposición o por contener un alto contenido de compuesto fibrocelulósico que retardan la liberación de los nutrientes.

Sobre el sitio en donde se elabora la composta, se menciona que resulta conveniente realizarla en lugares techados, ya que la radiación directa, la lluvia y el viento, pueden disminuir la efectividad de los elementos nutritivos de la composta.

Estudios realizados por Tsiang (1971) en el Instituto de Investigación Agrícola de Taiwan muestran que la composta realizada bajo techo contuvo dos veces más nutrientes que las compostas a la interperie. Si no se cuenta con un lugar protegido debe escogerse un sitio sombreado por árboles, donde se amortigue el efecto de los factores climáticos anteriormente citados. (37).

Respecto al apilamiento, si se manejan volúmenes mayores de 1000 ton. de bagazo, deberán formarse camellones; en caso contrario formarán pilas de 5 m de diámetro y 2 m de altura. (37).

Las condiciones necesarias para la obtención de compostas son básicamente cinco (Braun 1962). (3).

- A. Un sustrato favorable de fermentación,
- B. Relación carbono-nitrógeno adecuado,
- C. Contenido óptimo de agua,
- D. Buena aireación,
- E. Microorganismos suficientes.

Sustrato. Durante el proceso de composteo, los compuestos orgánicos son sustancias oxidadas para el aprovechamiento de los microorganismos, el carbón de estas sustancias constituye su menor fuente de energía; se indica que los microorganismos requieren para la construcción de sus organismos sustancias nitrogenadas, fósforo, potasio y otro elemento traza, que juegan un papel importante en su nutrición.

Las condiciones ácidas o alcalinas deben evitarse, siendo conveniente una condición de neutralidad.

Relación C/N Popel (1957). En diversos estudios que realizó, encontró que por cada parte de carbón usado en la formación de la célula, dos partes son quemadas y liberadas otra vez en forma de CO_2 . La relación óptima que los organismos necesitan es de 30/1.

Óptimo Contenido de Agua.- Como cualquier organismo vivo, los microorganismos requieren de cierta cantidad de agua para su subsistencia. Consecuentemente, la superficie de las sustancias orgánicas que serán descompuestas deben estar húmedas. Un contenido de 40 a 60% es el adecuado.

Buena Aireación.- Un proceso aeróbico de descomposición es deseado, debido a las elevadas temperaturas y a la subsecuente destrucción de gérmenes patógenos, los cuales posiblemente estén presentes en el agua aplicada. Los microorganismos entonces requieren de una cantidad suficiente de oxígeno. Para abastecer la óptima cantidad, de materia empleada debe ser suelta y de estructura porosa, de tal modo que las partículas estén en contacto con el aire.

Microorganismos Suficientes.- Mientras que hay billones de gérmenes por gramo en los desperdicios caseros, en los industriales frecuentemente se carece de ellos. Si se cumplen los pasos anteriores la descomposición de la composta toma más tiempo por la carencia de microorganismos.

VII COMENTARIOS

COMENTARIOS

El manejo de los desechos orgánicos sean éstos provenientes de las grandes ciudades o de las agroindustrias es una alternativa para subsanar las deficiencias existentes en nuestra agricultura.

La obtención de Compostas a partir de subproductos es la forma más viable para proporcionar materia orgánica a las zonas agrícolas, ya que la materia orgánica es la esencia de la fertilidad y conservación de un suelo.

El adicionar compostas no importando su origen, se obtendrán bondades en el suelo como son:

- El aumento de la materia orgánica
- Mayor efecto residual
- Aumento de la capacidad de retención de la humedad
- Aumento de la disponibilidad de los nutrientes
- Reducción de la erosión hídrica heolica
- Mayor capacidad de intercambio cationico
- Mejor estructura y textura
- Aumento de la flora microbiana
- Mayor amortiguamiento térmico
- La fijación más fácil del nitrógeno en la planta
- Reducción en la variación de pH.
- Proporcionamiento de elementos nutritivos para la planta, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, etc.

Estas características favorables son las más relevantes al utilizar compostas en los terrenos agrícolas.

Las compostas pueden ser utilizadas como mejoradores del suelo por las características antes mencionadas o como un complemento de los fertilizantes químicos ya que de éstos cada vez su precio es más elevado

y las compostas también aportan cantidades considerables de elementos mayores y menores o secundarios y ocasionan que los fertilizantes químicos trabajen mejor.

Por otro lado el problema de la contaminación se vería reducida al ser utilizados los subproductos y desechos sólidos urbanos mediante el uso de técnicas, buscando las más apropiadas a las zonas donde se procesen o elaboren las compostas, así como el nivel socioeconómico que prevalezca en los agricultores.

Las zonas cañeras en su mayoría se encuentran inmersas en zonas tropicales y subtropicales, con altas precipitaciones y topografía accidentada con pendiente muy pronunciadas. El cultivo sufre un manejo que deteriora las características físico-químicas y flora microbiana que con el paso de los años los va haciendo improductivos.

Los suelos cañeros son sometidos; al monocultivo, al paso de maquinaria y camiones con alto tonelaje, así mismo la cosecha y eliminación de residuos se realiza mediante el uso del fuego alcanzando temperaturas muy elevadas, ocasionando la reducción de la materia orgánica y flora microbiana.

Estas son las características más relevantes del cultivo de la caña de azúcar, que ocasionan que la textura, estructura, flora microbiana, contenido de materia orgánica se vean alterados de manera negativa para el cultivo, así como otros que van relacionados con éstos por consecuencia.

La Agroindustria Azucarera es una fuente muy importante de subproductos que son factibles para ser utilizados previo tratamiento, lo cual sería la alternativa para solucionar o aminorar los aspectos antes mencionados, así como las demandas tan grandes de fertilizantes químicos que podrían ser destinados a otros cultivos.

El presente trabajo tiene el objeto de presentar la importancia de la utilización de las compostas aclarando que debe buscarse la creación de técnicas o metodologías más baratas y sencillas que puedan ser asimiladas por los Agricultores y lo más importante adaptadas para cada condición agrícola o región.

Esto puede ser una alternativa para el problema que enfrenta la humanidad entera y en especial México, el poder satisfacer la demanda de alimentos y materia prima para la industria.

VIII BIBLIOGRAFIA

B I B L I O G R A F I A

- 1 ALEXANDER M. 1980, *Introducción a la Microbiología del Suelo* Trad. J. José Peña Cabriales, Ed. AGT Editor S.A. México, D.F.
- 2 BOWEN, E.J. KRATKY V.A. 1984, *Plaguicidas, Cuidado con los Residuos*. Agricultura de las Américas Marzo 1984.
- 3 BRAUN R. 1962, *Utilization of Organic Industrial Wastes by Composting*, *Composts Science*, Vol 17, No. 3
- 4 BRIEGER F. 1977, *Observacoes sobre a Distribuicao de Vinhaca or Caldo de Destileria no Estado de Sao Paulo, Brasil* *Acucareiro*, Año XIV, Vo. XC, No. 5.
- 5 BUCKMAN O. HARRY, BRADY C. NYLE. 1979. *Naturaleza y Propiedades de los Suelos*, Trad. R. Salord Barceló, Ed. Montaner y Simpon S.A. Barcelona España.
- 6 CHI CHIEN TU, 1979, *Utilization of Bagasse*, *Taiwan Sugar*, Marzo-Abril Vol. XX, No. 2.
- 7 COVARRUBIAS G.J. 1981. *Función de los Elementos Fertilizantes en las Plantas de Cultivo*. CODAGEM SAIMEX. SARH. Metepec. Edo. - Méx.
- 8 CRUZ M.S., FERNANDEZ G.R. 1980, *Elaboración de Compostas a Partir de los Subproductos de la Caña de Azúcar y su Utilización en la Producción del Cultivo*, Asociación de Técnicos Azucareños de México, A.C., Memorias X Convención Nacional.
- 9 FERNANDEZ G.R. GUERRERO Q. J. Y FORBESA. 1977, *Preparación de Compostas de Bagazo y Cachaza de la Caña de Azúcar*. X Congreso - Nal. de la Soc. Mex. de la C. del Suelo. México, D.F.

- 10 FERNANDEZ G.R., MEDRANO C.S. 1980, *Elaboración de Compostas de Bagazo y Cachaza en México*. Simposium Latinoamericano Sobre Fertilización de Caña de Azúcar. Santo Domingo República Dominicana. ADIFAL GEPLACEA INAZUCAR ATAREDO.
- 11 FERTIMEX. *Materia Orgánica Tomo I. Fertilizantes Mexicanos*.
- 12 FERTIMEX. *Plantas Industrializadoras de Desechos Sólidos Urbanos*. Informe Técnico Fertimex. México, D.F.
- 13 FERTIMEX. *Proceso de Composteo*. Planta Tratadora de Basura. Fertimex. México D.F.
- 14 FERTIMEX. *Residuos de Alimentos su Preparación y Consumo*. Informe Técnico Fertimex. Abonos Orgánicos México D.F.
- 15 F.O.M.S.A. *El Composteo de Materiales Orgánicos con Fines Agrícolas*. Proceso EARP-THOMAS, Fertilizantes Orgánicos de México, S.A.
- 16 F.O.M.S.A. *El Composteo de Desperdicios Orgánicos, el Camino más eficaz para la Recuperación y Mejoramiento del Suelo y la Fertilización Orgánica*. (Sistema EARP-THOMAS) Fertilizantes Orgánicos de México, S.A. F.O.M.S.A.
- 17 GLORIA N.A., 1975. *Utilizacao Agrícola Da Vinhaca*, Brasil Acucareiro, Año XLIV, Vol. LXXXVI, No. 4.
- 18 GONZALEZ R.R., 1982. *Breves Comentarios del Compost*. Compomex de Guadalajara S.A. de C.V., Planta Tratadora de Basuras Guadalajara, Jal.

- 19 GUERRERO Q.J. Y MARTINEZ H.N. 1975. *Procesamiento de las Basuras para la Elaboración de Compostas en México*. VIII Congreso Nac. de la Soc. Mex. de la C. del Suelo, Saltillo, Coah.
- 20 GUERRERO Q.J. 1976. *Alternativas para la Disposición Final de Residuos Sólidos en el Puerto de Veracruz*. Tesis Profesional. Facultad de Química. UNAM.
- 21 GUERRERO A.J. 1975. *Programa de Preparación de Composta*, Gerencia de Campo, Fertilizantes Mexicanos, S.A.
- 22 GUERRERO Q.J., GONZALEZ G.F. MARTINEZ H. N. 1976, *Posibilidad de Preparación de Compostas a partir de Bagazo y Cachaza de la Caña de Azúcar mediante la Inoculación de Cofuna*, 9º Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la -- Ciencia del Suelo, Durango, Dgo.
- 23 -----I. *Síposium Latinoamericano sobre Fertilización de Caña*. 1975. Oaxtepec, Morelos México, Agosto 1975.
- 24 IMPA 1982, *Informe Técnico*, Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar, México 1982.
- 25 IMPA 1983, *Informe Técnico*, Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar, México 1983.
- 26 IMPA 1984, *Informe Técnico*, Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar, México 1984.
- 27 JACOB A. VEXKYLL. 1964. *Nutrición y Abonado de los Cultivos Tropicales y Subtropicales*. Fertilización. Traducido por L. López Martínez de Alva. Países Bajos 1964.

- 28 LANCEY J. 1980. *La Microbiología del Bagazo de la Caña de Azúcar*, Tecnología GEPLACEA, Boletín No. 15.
- 29 LENIARD G. 1963, *Methods for the Evaluation of Compost*, Compost - Science Vo. 18, No. 4.
- 30 MONROY H.O., VINIFRA G.G., COPIADORES, 1980. *Biotecnología para el Aprovechamiento de los Desperdicios Orgánicos* AGT. - Editor S.A. México D.F.
- 31 ORTIZ V.B. 1977. *Fertilidad de Suelos*. Ediciones Patena A.C. E.N.A. Chapingo, Mex.
- 32 ORTIZ V.B., ORTIZ S.C. 1980. *Edafología U.A.CH.* 3a. Edición Chapingo, Méx.
- 33 RIAUS, *Guía Práctica del Agricultor. Abonos Orgánicos*
- 34 SAMUELS F. G., LANDRAU S.R. 1970. *Utilización de la Cachaza como Fertilizante en el Cultivo de la Caña de Azúcar*, Serie - Ciencias Académicas de Puerto Rico, No. 18, Puerto Rico.
- 35 S.A.R.H. *Análisis de Compost*. Práctico por el Departamento de - Agrológica dependiente de la SARH. Delegación Guadalajara Jal.
- 36 SUBBA RAO, 1981, *La Cachaza* Tecnología GEPLACFA, Boletín No. 17.
- 37 TSIANG, Y.S. 1971, *How to make Compost*, Compost Science, Vo. 17 No. 1.