



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DETERMINACIÓN DE MATERIALES EMPLEADOS COMO ABONO ORGÁNICO E IDENTIFICACIÓN DE LOS MÁS PROMISORIOS PARA EL AGRO SALVADOREÑO

SEMINARIO

*Prutín.*

PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

POR

MANUEL DE JESUS HERNANDEZ JUAREZ

SAN SALVADOR

AGOSTO DE 1978

Tesis  
H5576

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

ASESOR

ING. RAFAEL GRANADOS VASQUEZ

JURADOS

ING. GLADYS HAYDEE AGUIRRE VIGIL

ING. JOSE HIGINIO SARAVIA G.

d/ Dr. Hernandez Juez. 11-Sept/58

DEDICATORIA

A mis padres:

José Félix Hernández  
Francisca Juárez de Hernández

Que se esforzaron mucho por brindarme-  
mis estudios. A ellos con especial  
cariño y agradecimiento.

A mis hermanos:

Pedro Gonzalo  
Amadeo  
Juan José  
Luis Alonso  
Concepción  
Emelina

Con mucho aprecio.

A mi tío:

Miguel Angel Corvera

Que siempre me ha dado su apoyo en forma  
desinteresada.

A mis demás familiares:

Con cariño.

A mis profesores, compañeros  
y amigos:

Con gratitud.

## AGRADECIMIENTO

Mis más expresivos agradecimientos al ingeniero Rafael Granados Vásquez, quien en todo momento estuvo dispuesto a orientarme con sus conocimientos para realizar en la mejor forma este trabajo. Así mismo hago extensivo este agradecimiento a los ingenieros: José Higinio Saravia G. y Gladys Haydeé Aguirre Vigil, quienes formaron parte del Jurado Calificador e hicieron la revisión de este trabajo, a la vez que incluyeron importantes observaciones relacionadas con el contenido del mismo.

A las personas encargadas de la Biblioteca de esta Facultad, que siempre me facilitaron su ayuda incondicional, proporcionándome el tipo de información referente a lo que se trata en este estudio.

A mis amigos, compañeros y demás personas, que en una u otra forma colaboraron conmigo hasta llegar a la finalización de este trabajo.

## INDICE

	Pág.
I.- INTRODUCCION	1
II.- FUENTES DE ABONO ORGANICO	3
1.- Características de desperdicios de animales	4
A- Orina y excreta del ganado ✓	4
B- Excreta de aves de corral ✓	9
C- Otros desperdicios:	11
a) Harina de sangre	
b) Harina de carne y huesos y Harina de Huesos.	
c) Harina de pescado	
d) Desechos de cuero	
2.- Características de desperdicios vegetales ✓	14
A) Abonos verdes ✓	14
B) (Subproductos de la cosecha y de la industria.	18
C) Plantas acuáticas.	21
D) Otros desperdicios: cenizas y turba ✓	23
3.- Características de los desperdicios humanos: heces y orina ✓	24
4.- Características de los desperdicios urbanos	27
A) Desperdicios urbanos líquidos	27
B) Desperdicios urbanos sólidos	28
III.- FABRICACION DE ABONOS ORGANICOS	30
1.- Compuestos o compostes	30
A) Sistemas de compostación	31
2.- Abonos líquidos	33
A) Diseño y manejo de una laguna anaeróbica	34

	Pág.
IV.- EFECTO DE LOS ABONOS ORGANICOS SOBRE LOS CULTIVOS Y SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO	35
1.- Efecto de los estiércoles	35
2.- Aplicación de abonos verdes y otros residuos agrícolas e industriales	36
3.- Uso de compuestos y fango de alcantarilla	37
V.- MATERIA PRIMA NO TRADICIONAL DE MAYOR PROMESA EN EL SALVADOR QUE PODRIA UTILIZARSE COMO ABONO	38
VI.- DISCUSION	43
VII.- CONCLUSIONES	45
VIII.- RECOMENDACIONES	47
IX.- RESUMEN	48
X.- LITERATURA CITADA	50

## I- INTRODUCCION

En los últimos años se ha venido registrando una crisis alimenticia en todo el mundo, alcanzando mayores proporciones en aquellos países menos desarrollados. Una de las causas que está acrecentando este fenómeno es el escaso suministro de fertilizantes químicos a los cultivos, como consecuencia de la crisis mundial de aquéllos y al alto costo de los mismos. Frente a esta situación se plantea ante nosotros la alternativa de buscar otras fuentes de nutrimentos para las plantas, que puedan obtenerse a un costo bajo y que sean abundantes. En algunos países ya se están haciendo ensayos de invernadero y de campo con diversos materiales orgánicos aplicados a los cultivos y los resultados que se están obteniendo son muy prometedores.

En nuestro país se pierde gran cantidad de residuos orgánicos, los cuales podrían aprovecharse por su valor fertilizante si se tuviera un conocimiento adecuado de su manejo, y ésto consecuentemente disminuiría la fuga de divisas por la compra de fertilizantes minerales. En vista de ello se hizo el presente estudio que comprende la segunda parte de un trabajo general titulado Aspectos Económicos y Técnicos en el Uso de Abonos Orgánicos. En estudios separados se tratan las otras tres partes que son: I) Revisión bibliográfica y análisis crítico de los trabajos publicados en El Salvador acerca de los fertili

zantes orgánicos; III) Determinación de costos para la elaboración de abonos orgánicos, y IV) Cantidad de material orgánico que debe añadirse para obtener ganancias económicas.

Los objetivos de este estudio son: a) determinación general de los materiales orgánicos que se están empleando como abono en los diferentes países, y b) identificación y selección de los materiales orgánicos más promisorios en nuestro medio. Para lograr esto se siguió la metodología de revisión bibliográfica, en diferentes bibliotecas de San Salvador, de trabajos que tratan sobre el uso de abonos orgánicos. Así mismo se ha tomado en consideración el aporte de personas que tienen conocimientos sobre abonos orgánicos.

## II- FUENTES DE ABONO ORGANICO

Todos los materiales de desperdicio provenientes de vegetales, animales y humanos, constituyen las fuentes de abonos orgánicos, que debidamente manejados mejoran las características físicas, biológicas y químicas del suelo y suministran nutrimentos para las plantas.

Obviamente los desperdicios orgánicos no son igualmente abundantes en todos los países, así como también la clase de desperdicios varía según sea el tipo de actividad (agrícola o pecuaria) ejercido por un país. Por ejemplo, en partes donde no se explota el ganado no es factible el uso de estiércol, tal es el caso de gran parte de África (16).

Antes de entrar en detalle se ha considerado conveniente dar el concepto de ciertos términos utilizados en este estudio:

**Estiércol:** Está formado por paja parcialmente en descomposición y que contiene excrementos y orina de animales domésticos (17).

**Composte o compuesto:** es una mezcla de materia orgánica, producto de la descomposición de residuos de plantas, animales o humanos o mezclas de tales residuos con suelo. El suelo en la fabricación de compuestos no es imprescindible.

**Compostación:** es el proceso de descomposición que sufren los residuos orgánicos bajo la acción de organismos aeróbicos, resultando un material húmifero estable y valioso llamado compuesto. Todos los materiales sometidos a este proceso se dice que han sido compostados.

**Humus:** se refiere a las sustancias orgánicas variadas, de color pardo y negro, que resultan de la descomposición extensiva de materiales orgánicos por la acción de los microorganismos del suelo. Estas sustancias son bastante resistentes a cualquier alteración posterior.

**Materia orgánica:** está formada por restos de vegetales o de animales y puede encontrarse en diferentes grados de descomposición.

**Turba:** es el producto que resulta de la lenta fermentación de plantas de diversas especies en ambiente saturado de agua (58).

**Desperdicio orgánico:** aquí se ha usado como sinónimo de residuos, restos, materiales o recursos, provenientes de plantas, animales y humanos, que son desechados después de haber prestado alguna utilidad.

#### 1.- Características de desperdicios de animales

##### A) Orina y excreta del ganado.

El valor de estos desperdicios usados como abono varía según la clase y función de los animales de donde provengan, el tipo de alimento consumido, naturaleza de la cama utilizada y el cuidado que se haya tenido para su recolección y preservación (6, 21, 54).

Así tenemos que las excretas de caballo y de ovejas son más secas y su orina es más concentrada que las excretas y orina de cerdos y bovinos; es decir, tienen en proporciones más concentradas el nitrógeno, el óxido fosfórico y la potasa (5, 21, 54), como puede observarse en el cuadro 1. Sin embargo, los desperdicios de los primeros son producidos en pocas cantidades y además se descomponen rápido. Tamaro (54) sugiere que al usar estos residuos deben estar aún frescos y se hacen mantillos sobre el terreno para no correr el riesgo de dañar las raíces de las plantas.

En el mismo cuadro 1, en donde se presentan datos relativos a la producción diaria de excretas sólidas y líquidas de varias especies de animales y la composición de las mismas, puede apreciarse que la orina de cerdos es notablemente baja en nitrógeno y alta en potasa; y las excretas de vacunos contienen menos elementos fertilizantes que las de otros animales (5, 24).

Cuadro 1: Producción media diaria de estiércol de varias especies de animales de granja y composición de la parte sólida y líquida de ~~los excrementos~~ (5).

Especie animal	Produc. Kg/día	Materia seca %	Nitrógeno (N) %	Anhídrido Fósforico (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) %	Potasa (K <sub>2</sub> O) %	Calcio (CaO) %
Ganado equino						
Parte sólida	16.0	24.3	0.50	0.30	0.24	0.15
Parte líquida	3.6	9.9	1.20	Trazas	1.50	0.45
Ganado vacuno						
Parte sólida	23.4	16.2	0.32	0.21	0.16	0.34
Parte líquida	9.0	6.2	0.95	0.03	0.95	0.01
Ganado ovino						
Parte sólida	1.1	34.5	0.65	0.46	0.23	0.46
Parte líquida	0.7	12.8	1.68	0.03	2.10	0.16
Ganado porcino						
Parte sólida	2.7	18.0	0.60	0.46	0.44	0.09
Parte líquida	1.6	3.3	0.30	0.12	1.00	0.00
Aves de corral						
Parte sólida	0.05	35.0	1.00	0.80	0.40	--
Parte líquida	--	--	--	--	--	--

Para conseguir efectos satisfactorios con la aplicación de estos desperdicios sobre el suelo, es necesario que se tengan ciertos cuidados desde su producción y recolección para evitar la menor pérdida posible de elementos, principalmente de nitrógeno que se lixivía o volatiliza fácilmente. Las pérdidas de este elemento pueden ocurrir durante el almacenamiento de los estiércoles, siendo mayores en los de ganado que en los de aves, debido a la mayor cantidad de nitrógeno libre que aquéllos poseen y a la menor cantidad de nitrógeno fijado (Cuadro 2).

*Cuadro 2*

Cuadro 2: Formas en que el nitrógeno está presente en el estiércol de ganado y de aves (38).

Formas de N	Vacas %	Cerdos %	Aves %
NH <sub>3</sub> libre	36.0	44.0	23.0
NH <sub>3</sub> fijado	11.0	24.0	58.0
Nitrato	0.0	0.0	0.0
Orgánico	53.0	32.0	19.0
T O T A L	100.0	100.0	100.0

Para obtener un buen estiércol es conveniente mantener el ganado en estabulación, usando una cama adecuada que sea capaz de absorber y retener la orina y que su recolección sea fácil. Entre los materiales más comúnmente usados para cama están: la paja de arroz (que es necesario picarla antes de extenderla en el suelo), el aserrín, la cascarilla

de arroz y la viruta de madera. No obstante el uso corriente de los desperdicios de madera, su disponibilidad de nutrimentos y capacidad de absorción son pobres (4).

El estiércol de establo posee la característica de contener los macronutrimentos para las plantas en cantidades equilibradas (Cuadro 3), y además contiene algunos micronutrientes. En promedio el abono fresco de establo responde a la fórmula 0.50 - 0.25 - 0.50 o lo que es lo mismo 0.50%N, 0.25%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 0.50%K<sub>2</sub>O (5). Si el estiércol es guardado en recipientes adecuados, su riqueza en nitrógeno aumenta como resultado de la descomposición de las materias orgánicas (11).

Cuadro 3

Cuadro 3: Análisis de deyecciones animales (54)

	Un quintal de los siguientes abonos contiene					
	Nitrógeno	Anhídrido	Potasa	Cal	Sustancia	Agua
	kg.	Fosfórico	kg.	kg.	Orgánica	kg.
		kg.			kg.	
Estiércol fresco (comprendida la cama) de:						
a) Buey	0.34	0.16	0.40	0.31	20.3	77.5
b) Caballo	0.58	0.28	0.53	0.21	25.4	71.3
c) Oveja	0.83	0.23	0.67	0.33	31.8	64.6
d) Cerdo	0.45	0.19	0.60	0.08	25.0	72.4
Gallinaza o estiércol de gallinaceae	1.63	1.54	0.85	2.40	22.5	56.0
Excrementos humanos frescos	1.00	1.10	0.25	0.62	19.8	77.2
Orina humana fresca	0.60	0.17	0.20	0.02	2.4	96.3

(11)

En los países con grandes explotaciones de ganado, el estiércol es el abono del que se dispone más fácilmente, tal es el caso del Brasil, Argentina y Holanda. Hasta 1974 la producción de estiércol de ganado vacuno en el Brasil era de 24 millones de toneladas por año, tomando en cuenta solamente la población productora efectiva de estiércol, es decir, la que se abriga en establos y estimando una producción aproximada de 8 toneladas por animal y por año (11).

El cuadro 4, que nos presenta la producción efectiva de estiércol (o sea el producido por ganado en estabulación) de varias clases de animales domésticos en el Brasil, nos puede servir de base para calcular la producción bastante aproximada de este abono en cualquier país. Conociendo la población pecuaria en establo, simplemente se multiplica dicha cantidad por la producción de cada animal por año.

Cuadro 4: Producción de estiércol de varias clases de animales en el Brasil (11).

Animales	Número Total	Porcentaje en establo.	Estiércol por animal y por año.
Ganado vacuno	100 Millones	3	8 toneladas
Cerdos	45 "	20	"
Caballos	14.25 "	10	"
Ovejas y cabras	36 "	10	300 Kilogramos
Aves de corral	281 "	30	12 "

B) Excretas de aves de corral.

Las excretas de aves de corral, comúnmente conocidas como gallinaza o estiércol de gallinaceae, son utilizados como abono y como alimento para ganado. Su riqueza en nutrimentos depende del cuidado y manejo que se le haga desde su recolección hasta su distribución sobre el terreno. Así tenemos que cuando se deja almacenado en montones, debe procurarse que no se caliente para evitar pérdidas de nitrógeno y materia orgánica. Sin embargo, aún teniendo los cuidados necesarios, puede estimarse una pérdida del 40% de nitrógeno en los gallineros (39) y hasta de 60% en los establos, cuando se trata de estiércol de ganado (24). Esto es debido, como se vio en el cuadro 2, a las formas en que está presente el nitrógeno en el estiércol. Las pérdidas de elementos volátiles pueden evitarse llevando el estiércol al terreno y enterrándolo inmediatamente con el arado (39).

El contenido de nutrimentos del estiércol de aves corresponde a la fórmula 10-8-4; es decir, una tonelada de deyecciones frescas contiene alrededor de 10 kg. de nitrógeno, 8 kg. de fósforo, 4 kg. de potasio y aproximadamente 80% de agua (39). Guinard (25) estima que una tonelada de estiércol suministra las mismas cantidades de N, P y K que 20 kg. de sulfato de amonio, 15 kg. de superfosfato y 10 kg. de cloruro de potasio.

Del cuadro 1 se observa que el estiércol de aves de corral es rico en nitrógeno, mediano en fósforo y bajo en potasa; siendo por lo

tanto muy apropiado para cultivos que requieren grandes cantidades de nitrógeno, sobre todo para pastizales y otras gramíneas, jardines y hortalizas, pero indudablemente que reforzado con fertilizantes químicos podría empleársele para cultivar de manera intensiva cereales y tubérculos (11, 39). Este estiércol y el de ovejas, tomando como base un quintal, contiene cantidades mucho mayores de nutrimentos para las plantas que cualquier otro de los estiércoles (cuadro 3), aunque estos dos tipos de estiércoles contienen mucho menos agua (21).

En los años 1973-74 se hizo un ensayo en el Brasil utilizando estiércol de gallina y de ganado en dos épocas diferentes. Del análisis previo de las muestras se encontró que el estiércol de gallina es más rico en elementos nutricionales y más seco que el de ganado (cuadro 5). Además, el contenido de nutrimentos de ambos varió según la época en que se utilizaron, siendo más bajo en época lluviosa (3).

Cuadro 5: Resultados del análisis de estiércoles de ganado y de gallina utilizados en los ensayos del período lluvioso y seco 1973/74, expresados en porcentajes (3).

Elementos	Estiércol de ganado expresado en porcentaje (%)		Estiércol de gallina expresado en porcentaje	
	Período lluvioso	Período seco.	Período lluvioso.	Período seco.
N total	1.26	1.89	3.95	3.07
P total	0.47	1.37	1.47	3.66
K total	0.60	1.42	1.64	2.74
Ca total	1.18	3.55	2.32	4.60
Mg total	0.23	0.53	0.31	0.61
Contenido de agua	50.28	49.73	27.23	13.40

Existe otro tipo de excretas de aves muy conocido en ciertas regiones del mundo y particularmente abundante en Sur América, el guano, que además de contener N, P, K, contiene algunos elementos menores como: Mn, Cu, Ti, Pb, Zn, F, B, I (32). Los contenidos de nitrógeno y anhídrido fosfórico expresados en porcentaje son: 10-14% y 9-11% respectivamente, variando esta composición de acuerdo al régimen de lluvias del lugar donde se produzcan (42).

La descomposición del guano es rápida, siendo su velocidad de nitrificación comparable a la del sulfato amónico, y tiene la ventaja de que esta transformación se efectúa progresivamente a medida que la planta lo necesita. Conviene aplicarlo pulverizado al suelo y a 10 cm. de profundidad cuando menos, para evitar pérdidas de nitrógeno (18).

### C) Otros desperdicios.

Además de las excretas del ganado y de las aves de corral, hay una diversidad de desperdicios que solamente en unos pocos países se les ha dado la importancia de utilizarlos como abono. Sucede que en algunos lugares son producidos en menor escala y generalmente hay que procesarlos para que sean considerados como abono.

Singh (50) hace una clasificación de residuos orgánicos que pueden conservarse y transformarse en abonos en la India. Dentro de esta clasificación se mencionan los desperdicios de mataderos (sangre, cascos, cuernos, huesos, etc.), desperdicios de reses muertas, desperdicios de pescado, estiércoles y otros que serán descritos después.

a) Harina de sangre:

La sangre es un residuo que se obtiene en los mataderos y tiene un alto valor fertilizante. Su acción es bastante rápida, habiéndose encontrado en ensayos de invernadero que la nitrificación se inicia en menos de 7 días y que una gran proporción de su nitrógeno se encuentra en forma asimilable al cabo de unas pocas semanas (42).

Para utilizar la sangre como abono, primero hay que someterla a un proceso de desecado. Molina Abela (37) describe el siguiente método de obtención de harina de sangre: se deseca la sangre con energico agitado mediante vapor o aire caliente obteniéndose harina roja o negra. Se obtiene harina roja si el desecado se hace en calderas de doble pared con circulación de vapor y harina negra si el desecado se hace con calor seco. Si la temperatura es demasiado alta, la sangre se carboniza en parte y pierde nitrógeno.

La composición de la sangre desecada, es la siguiente: 8 a 14% de N, 0.3 a 1.5% de  $P_2O_5$  y 0.5 a 0.8% de  $K_2O$ . De lo que se puede afirmar que la sangre desecada o harina de sangre con 13% al menos de nitrógeno, puede sustituir al sulfato amónico empleándola en proporción un 50% mayor que éste. Por ejemplo, 450 Kg. de sangre equivalen a 300 de sulfato amónico de 20-21% de N, ó 600 Kg. de ella equivalen a 400 de sulfato, etc. (37).

b) Harina de carne y hueso y harina de huesos:

La harina de carne y huesos y la harina de huesos, que son dos abonos diferentes, contienen un porcentaje bajo de nitrógeno. (Cuadro 6).

La primera clase de residuo orgánico se obtiene de desechos de carne, vísceras y reses muertas procedentes de los mataderos. Se eliminan las grasas por evaporación a baja presión, luego los residuos se secan a alta temperatura y finalmente se muelen (42). La harina de huesos procede de la pulverización de grandes cantidades de huesos duros y del gados y de cartílagos (42).

c) Harina de pescado:

Es un abono con un contenido de nitrógeno de 7-10% y se obtiene mediante secado y molienda de pescados no aptos para el consumo o de desechos de pescado (42).

d) Desechos de cuero:

También estos desperdicios, que proceden de recortes y trozos sacados de las fábricas de zapatos y curtidos, constituyen una buena fuente de nitrógeno (42). Estos y otros residuos, como los listados en el cuadro 6, pueden aplicarse a cultivos hortícolas y a árboles frutales, siempre que sean debidamente procesados.

Guadalupe

Cuadro 6: Composición de desperdicios animales empleados en fruticultura y horticultura (37, 42, 54).

Nombre de la sustancia fertilizante	Nitrógeno %	Anhídrido Fosfórico %	Potasa %	Cal %	Sustancia Orgánica %	Agua %
1.- Carne seca	7-14	0.3-1.0	0.3-0.8	---	---	---
2.- Pieles	8.0	---	---	---	---	---
3.- Crisálidas de gusa no de seda.	6.8	0.8-1.2	1.4-1.6	---	---	---
4.- Harina de pescado	7-10	4-10	---	---	---	---
5.- Polvo y desperdicio de cuernos.	5.2	1.3	0.3	1.4	56.0	10.0
6.- Polvo y raspadura de cuerno y uñas.	10.2	5.5	---	6.6	68.5	8.5
7.- Harina de sangre	8-14	0.3-1.5	0.5-0.8	---	---	---
8.- Harina de carne y hueso.	7.0	16.0	---	---	---	---
9.- Harina de huesos	2-5.5	20-25	---	---	---	---
10.- Desechos de cuero	5-12	---	---	---	---	---
11.- Pedazos de lana	8.0	---	---	---	---	---

2.- Características de los desperdicios vegetales

A) Abonos verdes:

Los abonos verdes fueron mayormente usados hasta principios de 1960 en los programas de fertilidad de suelo en los países en desarrollo (15). Su acción es análoga a la del estiércol de granja; sin embargo es menos eficiente, ya que una gran cantidad de la materia orgánica que contienen se destruye inmediatamente después de la incorporación por la actividad de los microorganismos del suelo. Es necesario incorporar de 20 a 30 toneladas de abono verde para igualar la acción de 8 a 10 toneladas de estiércol (25).

La práctica del uso de abonos verdes, que consiste en enterrar con el arado un cultivo con el propósito de mejorar el suelo, aparentemente es antieconómica; ya que solamente beneficia al cultivo siguiente, y el área ocupada por un cultivo para abono verde no puede ser aprovechada durante 1 ciclo por una cosecha para el mercado. No obstante esta práctica puede ser muy ventajosa en los casos en que el agricultor, por alguna razón, se viera imposibilitado de sembrar un cultivo para cosecha o de introducir otro tipo de abonado (44). El éxito que se tenga con el empleo de estos abonos dependerá de ciertos factores, tales como condiciones locales (clima, suelo) y métodos culturales aplicados (25).

Para abono verde pueden usarse gramíneas o leguminosas, prefiriéndose estas últimas por la gran cantidad de nitrógeno atmosférico que pueden fijar a través de las bacterias del género Rhizobium (50). En muchos países se están utilizando exitosamente las siguientes especies de leguminosas:

- 1.- Cajanus cajan (gandul)
- 2.- Canavalia ensiformis (Canavalia)
- 3.- Crotalaria juncea (Crotalaria)
- 4.- Dolichus lablab (Frijol jacinto)
- 5.- Glycine max (soya)
- 6.- Medicago sativa (alfalfa)
- 7.- Melilotus indica (Senji)
- 8.- Oxalis trifolium (Trébol dulce)
- 9.- Phaseolus lunatus (Chilipuca)
- 10.- Psophocarpus tetragonolobus (Frijol alado)
- 11.- Pisum sativum (guisantes)
- 12.- Stizolobium deeringianum (Frijol terciopelo)

Durante 1963 y 1964 se condujo un ensayo en el Campo Experimental de Gonzalito (Aragua, Venezuela), utilizando tres especies de leguminosas (Canavalia, frijol terciopelo y crotalaria), con el objeto de averiguar a que edad fisiológica de las plantas es más adecuado enterrarlas. Estas se enterraron en cuatro edades diferentes en un campo en donde inmediatamente se sembró maíz: 1) al empezar la formación de los botones florales; 2) floración total; 3) al madurar las vainas; 4) al secar las plantas (44).

Pudo observarse que la crotalaria produjo los rendimientos más altos en materia seca cuando las vainas estaban maduras, o sea 7.61 toneladas/Há. El porcentaje de nitrógeno alcanzó el máximo en las tres leguminosas durante el período de formación de los botones florales para luego ir declinando a medida que avanzaba el ciclo vegetativo.

En cuanto a la cantidad de nitrógeno total incorporado, la canavalia fue la que tuvo mejor comportamiento; alcanzando hasta un máximo de 190 Kg/Há. en la época de maduración de las vainas para luego decrecer a 83 Kg/Há. al final del ciclo. Esto nos indica que la canavalia tiene una nodulación muy efectiva si están presentes las bacterias del género Rhizobium y por lo tanto tiene gran capacidad para fijar el nitrógeno atmosférico (Figura 1).

Es necesario realizar más experimentos prácticos a diferentes edades de las plantas a enterrar y en diferentes tipos de suelos, para determinar el mejor período de incorporación de los residuos. En todo caso, es aconsejable que los abonos verdes se incorporen antes de que lleguen a

madurez o sea entre el período de prefloración y floración, que es cuando el porcentaje de nitrógeno aumenta con relación al de sustancias carbonosas.

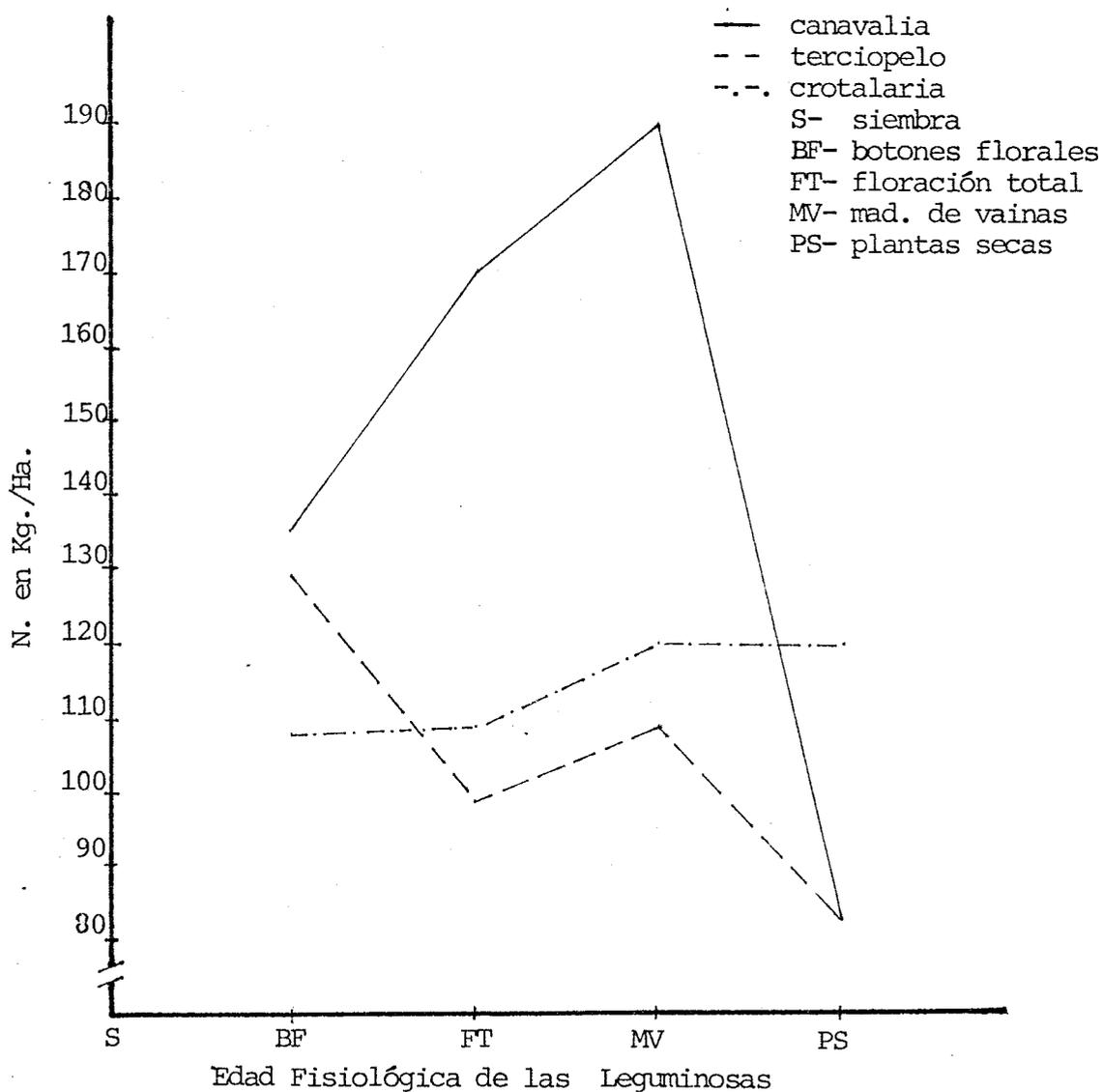


Fig. 1. Nitrógeno total en Kg/Ha. incorporado al suelo por tres leguminosas en tres diferentes edades fisiológicas (44).

B) Subproductos de la cosecha y de la industria:

Casi todo el material vegetativo que queda después de una cosecha, particularmente de cultivos anuales, puede ser aprovechado como abono, ya sea incorporándolo directamente sobre el terreno o elaborando compuestos para posterior aplicación. Los rastrojos, la hojarasca, las ramas y brotes provenientes de la poda, paja de arroz, cañas de maíz, cáscaras de los frutos y en general, todo detrito de procedencia vegetal puede emplearse como abono. Algunos rastrojos suministran mayor cantidad de materia orgánica que otros; para el caso de los rastrojos del algodón, cada tonelada de material incorporado en condiciones favorables produciría de 150 a 200 Kg. de humus, lo que corresponde de 1 a 2 toneladas de estiércol (25). ✓

En los años 1962-63 se condujo un experimento en Argentina con sarmientos provenientes de la poda de viñedos, y los resultados mostraron la superioridad de estos productos comparados con el estiércol caprino en cuanto al contenido orgánico y nitrogenado; no así en lo que respecta al fósforo que aparece ligeramente disminuido, y en especial al potasio, contenido en mayor concentración en el abono animal (60). Se conocen como sarmientos las ramas maduras o sazonas de la planta de vid.

En el Brasil se están empleando el bagazo de caña de azúcar, torta de filtro (bagacillo), cáscara de arroz mezclada con desperdicios de mataderos, y los desperdicios de la industria maderera también mezclados con residuos animales (11). El bagazo y la torta de filtro son de

manejo muy tedioso, siendo utilizados en grandes cantidades, de 50 a 100 Ton/Há., por lo que representa un gran costo. En vista de ello, en el Brasil se está usando una preparación bacteriana especial llamada Cofuna, que descompone la celulosa y las pectinas y reduce el volumen (28).

Del mismo modo en Barbados, el bagazo es procesado y transformado en abono mediante el uso de una formulación de cultivo que contiene un alto número de bacterias fijadoras de nitrógeno, y que descomponen la celulosa en condiciones aeróbicas y anaeróbicas (36).

Además del bagazo y el bagacillo, en la industria de la caña de azúcar se obtiene la "vinasse" que es un residuo líquido resultante al final de la producción del alcohol. Estudios realizados en 1971 en Brasil revelan que este residuo es muy rico en potasa, por lo que actualmente se utiliza para abonar los campos cultivados de caña de azúcar, haciendo un riego a razón de 50,000 litros/Há. (11, 23).

También las tortas de filtro que quedan después de extraído el aceite de semillas de algodón y risino (higuerillo), son excelentes como abono. Cuando el contenido en aceite no pasa del 4%, la composición química de las tortas es de 7 a 9% de N, 3 a 5% de  $P_2O_5$  y 2% de  $K_2O$  en forma fácilmente asimilable (35).

En la industria cervecera se obtienen dos subproductos, el lúpulo agotado y el bagazo, que contienen como nutrimento principal el nitrógeno. El lúpulo agotado húmedo contiene aproximadamente un 25% de materia orgánica, 0.6% de nitrógeno y 0.25% de  $P_2O_5$ . Puede usarse

húmedo o se somete primero a un compostado; en cualquier caso siempre es necesario agregarle potasio inorgánico (42). El bagazo obtenido en la industria cervecera resulta cuando la malta se tuesta. Las raicillas y brotes que germinan durante el proceso del malteado contienen aproximadamente 90% de materia orgánica y 3.5% de nitrógeno (42).

En el beneficiado del café se obtiene otro subproducto valioso, la pulpa de café, que en algunos países es producida en grandes cantidades. Por ejemplo, en Colombia se producen aproximadamente 577,000 Ton/año de pulpa fresca y solo una parte es utilizada como abono en las plantaciones de café (49). Según el Censo Agropecuario de 1971, la producción de café en uva en El Salvador en el año agrícola 1970/71 fue de 689,833 Ton. y sabiendo que de 100 Kg. de frutos maduros se extraen 39 Kgs. de pulpa fresca, la cantidad anterior produjo aproximadamente 269,000 Ton. de pulpa fresca. La riqueza nutricional de este residuo es un poco mayor que la del estiércol, siendo por lo tanto uno de los abonos orgánicos de primera calidad (1).

En un estudio realizado en Colombia, con el propósito de evaluar una fábrica de 15,000 Ton/año de pulpa de café seca y sedimentada, para ser usada como material crudo en la nutrición animal, se encontraron los siguientes promedios de composición (49):

Humedad	20.00%	Fósforo	0.22%
Materia seca	80.00%	Calcio	0.30%
Grasa	3.13%	Magnesio	0.24%
Fibra	12.31%	Potasio	2.25%
Humedad residual	8.10%	Manganeso	11.00 ppm.
Cenizas	7.64%	Zinc	68.00 ppm.
Carbohidratos	58.20%	Cobre	4.00 ppm.
Proteínas	10.90%	Hierro	75.00 ppm.
Cafeína	0.50%		

Estos valores pueden variar dependiendo del lugar; así vemos que análisis hechos en pulpa de café producida en El Salvador muestran la siguiente composición (12):

Materia orgánica	91.20%
Nitrógeno	1.94%
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.28%
Potasio (K <sub>2</sub> O)	3.61%

La pulpa produce mejores efectos si se aplica en forma descompuesta. La descomposición se lleva a cabo en depósitos adecuados o pilas y el proceso puede durar varios meses. Pero entre más tiempo permanezca en la pila, la calidad se mejora. Así por ejemplo, si la pulpa se mantiene en descomposición durante un año, se obtiene un abono de excelente calidad. En los cafetales, la pulpa puede aplicarse a razón de 5 a 10 Kgs. por cafeto regándola alrededor de cada planta sin que haga contacto con el tronco e incorporándola inmediatamente con un rastrillo de dientes (1).

#### C) Plantas acuáticas:

En algunos países europeos y en los Estados Unidos de NortAmérica se aprecian las algas marinas por su valor fertilizante, principalmente por la gran cantidad de materia orgánica que aportan. En el cuadro 7 se da la composición de algas marinas (42,54). Para utilizarlas como abono es necesario lavarles primero la sal, para lo cual simplemente se amontonan a la intemperie y el agua de lluvia se encargará de lavarlas (54).

Como acondicionadoras del suelo, las algas se utilizan en estado fresco a razón de unas 100 Tm/Há.; troceadas o compostadas a razón de 62 Tm/Há., y en estado seco unas 37 Tm/Há. (42). En estado seco pueden usarse también como lechos o camas. Los compostes elaborados con algas marinas tienen una riqueza en nitrógeno casi comparable a la del estiér col, no obstante la descomposición es más lenta que la de éste (24).

Cuadro 7: Contenido nutricional de algas marinas y plantas de laguna (42, 54).

	Materia Orgánica (%)	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	Sal co mún (%)	Agua (%)
Algas marinas	18.0	0.3-1.7	0.2-1.0	0.1-0.8	1.3	16.33
Plantas de laguna	--	0.893	0.279	0.856	---	---

Una planta de importancia es el jacinto acuático (Eichhornia crassipes), que causa problemas de navegación en muchos lagos y ríos. En Florida (EE.UU) ha proliferado tanto que los costos para su control se han estimado entre 10 y 15 millones de dólares (34). Es tan rápida la proliferación que diez plantas pueden producir potencialmente 655,360 plantas (0.4 Há. de plantas en 8 meses); además la cantidad de elementos que remueven del agua es grande. En regiones subtropicales, 1 Há. de estas plantas puede remover aproximadamente 6000 Kg. de nitrógeno y 600 Kg. de fósforo (10).

En un estudio realizado en Alabama en 1973 con jacinto acuático durante un período de 1 año, se encontró una producción de 39 a 142 Ton. métricas/Há. de materia seca; 0.8 a 1.8 Ton. métrica de nitrógeno y 0.1 a 0.3 Ton. métricas de fósforo (10). Buckman, citado por Mara, sugiere usar el jacinto acuático como alimento de ganado o de aves, mulch o compostes y medio de cultivo. En 1973 había en Florida una firma que fabricaba composte de jacinto mezclado con turba (34).

D) Otros desperdicios: cenizas y turba

En el Brasil existen grandes cantidades de turba en las llanuras de la costa, en los bordes de los ríos y en los bosques ciliares, pero no se usa mucho como fertilizante. Las fábricas de fertilizantes en los estados de Río Grande do Sul y Paraná la utilizan para sustentar a las bacterias que fijan el nitrógeno (11). La turba de origen de musgo o de junco es utilizada en algunos países. El contenido de nutrimentos es muy bajo, sin embargo, al adicionarla a suelos arenosos aumenta la capacidad de retención de agua de los mismos y también puede usarse como mulch (42).

La composición de la turba es la siguiente (54):

Nitrógeno	0.33	-	2.64%
Anhídrido fosfórico	0.173	-	0.75%
Potasa	0.07	-	1.88%

Según opinión de Burnett (11), será posible utilizar la turba enriquecida con fertilizantes concentrados tales como urea, fosfato amónico, superfosfato concentrado y clorato de potasio. Pueden obtenerse efectos benéficos utilizando la turba como lecho, pues tiene un gran poder de absorción (24).

Otros residuos que pueden emplearse como abono son las cenizas. Estas son ricas en anhídrido fosfórico, potasa y cal pero son muy pobres en nitrógeno (cuadro 8). Las cenizas mejores son las ordinarias que se recogen en los fogones, porque las de hornos y estufas tienen compuestos menos asimilables (56).

Cuadro 8: Contenido de nutrimentos en cenizas de varias fuentes (54).

C E N I Z A S	Nitrógeno (%)	Anhídrido Fosfórico (%)	Potasa (%)	Cal (%)
Cenizas de plantas frondosas	---	3.5	10	---
" " hulla	----	0.05	0.15	30.1
" " lignito	----	0.10	0.37	31.0
" " turba	----	0.97	0.20	35.0
" " lejía	----	1.5-2.5	1.4-1.6	28-30
" " leña mezclada	----	3.4	6.0-10	28-32
" " Plantas ahiladas	----	2.6	6	----

### 3.- Características de los desperdicios humanos

Los desperdicios de origen humano (heces y orina) son más ricos en nutrimentos en comparación con otras fuentes de abono orgánico, por lo que con un tratamiento adecuado pueden ser aprovechados eficazmente

como fuente de nutrimentos para los cultivos. Por cuestiones de higiene en su manipulación, no es factible usar estos residuos en estado bruto sino después de haber sufrido un proceso de fermentación. El Instituto Central de Salud Pública y de Investigación Industrial (CPHERI), Nagpur, India, ha realizado estudios sobre instalaciones experimentales de fermentadores y han revelado que el excremento humano (heces y orina) puede ser sometido a fermentación, sin ninguna molestia causada por moscas o por el olor, en un recipiente abierto y no calentado, y mediante movimiento manual (50).

El excremento humano fermentado puede secarse sobre simples lechos de arena en forma mucho más fácil que la materia prima en bruto (50). Las características del excremento humano son diferentes a las del estiércol, siendo este último pobre en nitrógeno y fósforo en comparación con el primero. Sin embargo, su composición varía según la edad y la dieta de los humanos (17, 50). En el cuadro 9 se presenta la composición de estos residuos.

Cuadro 9

Cuadro 9: Composición química del excremento humano (17).

Humedad	Materia Orgánica	Ceniza	N	$P_2O_5$	$K_2O$	NaCl
95%	3.4%	1.6%	0.57%	0.13%	0.27%	1.02%

En Ernakulam, en el Estado de Kerala, India, funciona un fermentador de excremento humano en gran escala que puede atender a unas 20,000 personas. Así mismo en el Estado de Maharashtra, India, se construyeron letrinas en tal forma que el excremento podía ser dirigido directamente a un fermentador situado en un punto central (50).

En China, el excremento humano constituye una valiosa fuente de nutrimentos para las plantas. En la provincia de Chekiang, pueden observarse a lo largo de los caminos rurales, retretes colocados para que los viajeros depositen allí sus excrementos, los cuales son considerados como un valioso fertilizante (16). En el Japón, antes de la guerra, los excrementos humanos se utilizaban comúnmente como uno de los fertilizantes más importantes disponibles localmente y se estimaba que la orina era especialmente útil para las hortalizas debido a su efecto instantáneo (17).

No existe ningún trabajo en donde se analicen los costos y beneficios sociales que entrañan los distintos métodos posibles de recolección, elaboración y distribución del excremento humano; por lo que es necesario emprender investigaciones sobre el uso de técnicas apropiadas para su manejo, ya que es un recurso potencialmente abundante principalmente en los países con grandes densidades de población.

#### 4.- Características de los desperdicios urbanos:

##### A) Desperdicios urbanos líquidos:

Dentro de esta clase de residuos se consideran las aguas negras o cloacales de origen doméstico, las aguas de escorrentía de las calles y las aguas procedentes de las industrias (20, 56). Los desperdicios líquidos destinados a servir de abono y riego, exigen un tratamiento previo para eliminar los elementos que son tóxicos a los cultivos o que constituyen un peligro para el hombre y los animales (56). Solamente en el caso que se tenga conocimiento de que estos residuos no contienen desperdicios industriales tóxicos, pueden asperjarsse directamente sin tratamiento sobre el terreno.

Después de un tratamiento primario, secundario o terciario, los desperdicios líquidos se transforman en dos nuevas sustancias: líquidos y fango. El líquido es fácilmente eliminable en un terreno de cultivo por medio de aspersión. El fango es el residuo sólido del proceso de purificación del agua de cloaca y no es tan fácil eliminarlo como el residuo líquido. El fango contiene cantidades considerables de nutrimentos de plantas y se utiliza en las tierras de cultivo en forma líquida, espesa o grumosa; siendo la primera la más utilizada (56).

El abonado con fango de alcantarilla produce buenos efectos, pero diferentes a los producidos por el estiércol fermentado de origen animal; ya que en este último existe un buen equilibrio de nutrientes y en el fango generalmente existe una deficiencia de potasio. Además, una proporción mayor del contenido total del nitrógeno se libera inmediatamente en el fango (56).

La composición del agua ordinaria de cloaca de origen doméstico es la siguiente (20):

Nitrógeno	15	a	30	ppm.
Anhídrido fosfórico	4	a	6	"
Potasio	10	a	20	"
Materia orgánica	400			" en promedio

Si se considera un promedio de 25, 5 y 15 ppm. para N, P y K respectivamente, los nutrimentos fertilizantes de 800 millones de galones de agua de cloaca por día serían como se indica a continuación (20).

N	91.0	toneladas por día	ó	33,125	toneladas por año			
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	12.2	"	"	6,943	"	"	"	"
K <sub>2</sub> O	54.6	"	"	531,440	"	"	"	"

La descarga de 800 millones de galones de agua de cloaca por día puede servir para regar una superficie de 100,000 Há. o si se aplica una rotación bienal, el riego puede extenderse al doble de esta superficie (20). Las aguas cloacales pueden asperjarse sobre el terreno, ya sea con tratamiento previo o sin él.

B) Desperdicios urbanos sólidos:

Estos desperdicios comprenden la basura y los desechos materiales derivados de actividades industriales, comerciales y agrícolas. Son desperdicios formados por materiales orgánicos e inorgánicos o por elementos biodegradables y no biodegradables (56). Para utilizar estos residuos como abono orgánico es necesario transformarlos a compuestos y antes de proceder a la transformación conviene eliminar los elementos no biodegradables que pueden resultar perjudiciales para los cultivos.

El compuesto preparado con desperdicios urbanos tiene un valor fertilizante bajo comparado con el estiércol. Por lo tanto, para lograr buenos rendimientos agrícolas, debe complementarse con fertilizantes químicos, como por ejemplo: cal, fosfatos naturales y cloruro de potasio (11, 56). Según Hick, citado por Tietjen (56), el contenido de oligoelementos en el compuesto urbano (por ejemplo: Cu, Zn, Mn, Mo, B) es diez a cien veces superior que en el estiércol de establo, por lo que grandes cantidades de este compuesto aplicado a los cultivos podría dañar las raíces.

La fabricación de compuestos a base de desperdicios urbanos se puede hacer en forma manual, sin embargo este método resulta bastante difícil y costoso; de ahí que en los países europeos y Estados Unidos se están haciendo grandes esfuerzos por mecanizar el proceso de compostación. Israel ha construido la fábrica de compuestos más grande del mundo y en Bangkok se encuentra la fábrica que ocupa el segundo lugar (20). En América Latina, Africa y Asia (Japón y Filipinas), se han construido algunas fábricas, pero han sido poco eficaces como para poder ser imitadas. En Moscú y Roma hay fábricas con capacidad de 200,000 y 170,000 toneladas de desperdicios urbanos respectivamente (53).

En Sao Paulo, Brasil, se recogen unas 4,000 toneladas de desperdicios por día y sólo se procesan 700 toneladas diariamente; lo que rinde 53% de compuestos orgánicos o sea 371 toneladas. Estos compuestos pueden aplicarse entre 10 y 20 Ton/Há. dependiendo de la fertilidad del suelo (11).

Hace 10 años funcionaban en Guatemala 23 plantas biológicas aprovechando los desechos agrícolas, industriales y cloacales, mediante el proceso de digestión, para producir abono orgánico y gas metano (29).

### III- FABRICACION DE ABONOS ORGANICOS

#### 1.- Compuestos o compostes

En la elaboración de compuestos se utiliza toda clase de residuos de origen animal, vegetal y humano, que sean capaces de descomponerse por la actividad de los microorganismos. No vamos a referirnos a los compuestos urbanos porque éstos ya fueron mencionados anteriormente.

× El composte es un abono rico en humus y su composición es muy variable. Generalmente el contenido de nitrógeno de la materia seca es de 1.5 a 3.5%; el de fósforo es de 0.5 a 1.0% y el de potasio probablemente sea el doble (45). Su riqueza depende de la clase de materiales utilizados. El contenido de humedad, la temperatura, aireación y la actividad biológica, determinan la duración del período de compostación. El contenido óptimo de humedad de las pilas de composte está entre 50 y 70%; si es menor, la descomposición es lenta. Dentro de esos valores el peso húmedo sería 1 a 2.5 veces que el del material orgánico seco y la compostación estaría completa en 3 meses (6, 45).

Cuando se utilizan residuos de leguminosas, se obtiene un compuesto más rico en nitrógeno que otro en el cual se usen desperdicios de plantas no leguminosas. En este último caso pueden añadirse 15 libras.

de nitrógeno por tonelada de material seco para enriquecer el composte. Las leguminosas pueden contener de 1.5 a 3.5% de N, y no necesitan nitrógeno inorgánico adicional (45). De ahí que para obtener un composte rico en nitrógeno puede hacerse suministrando un fertilizante químico o por medio de materiales que contengan dicho elemento; como por ejemplo: frijol soya, sangre desecada, semillas de algodón y maní, excretas líquidas y sólidas de animales, fango de alcantarillas, etc. Si se quiere suplir N, P, K al composte puede agregarse un fertilizante completo, tal como 10-6-4 (45).

#### A) Sistemas de compostación

La fabricación de compostos puede hacerse por medios simples o con maquinaria perfeccionada, empleándose más este último para desperdicios urbanos. La calidad del composte no dependerá del sistema o método empleado, sino de la clase de materiales que se utilicen para su elaboración (46). Una instalación sencilla para preparar un compuesto se puede hacer de la siguiente manera: se abren zanjas en el suelo con una profundidad de 60 cms., una anchura conveniente y una longitud hasta donde lo permita el espacio. El fondo tiene un declive hacia el centro y un canal de ventilación de 15 cms. de ancho y altura conveniente. Este canal está situado en el centro del fondo y además sirve para sacar las aguas lluvias (27).

Un método valioso para la preparación de un composte ha sido desarrollado en Holanda en la forma siguiente: 1000 kg. de paja picada de trigo, 1000 kgs. de estiércol de pollo, 60 kg. de yeso y 5000 litros de agua

son necesarios para hacer 3300 kgs. de composte. El tiempo de procesamiento dura 15 días, y el composte obtenido tiene una proporción C/N de 18 (22).

Viscovich Prem (59) describe una forma sencilla de fabricar un buen compuesto, consistiendo simplemente en formar montones sobre la superficie del suelo con los materiales orgánicos que servirán para la mezcla. Los montones se hacen con un ancho de 2 ó 2.5 metros, una altura de 1.5 mts. y una longitud variable. Cada montón se forma con capas sucesivas de desperdicios vegetales (hojas, zacates, ramas delgadas, etc.), desperdicios animales (estiércol, plumas, etc.) con un espesor de 15 a 20 cms. y de 5 a 7.5 cms. respectivamente y luego una capa delgada de tierra negra mezclada con cal apagada o ceniza. Después de estas tres capas se colocan otras tres en el mismo orden, no olvidando rociar con agua cada capa. Cuando el montón esté terminado debe tener una forma como la mostrada en la figura 2. La cara superior debe ser cóncava para que pueda retener el agua en futuras aspersiones.

A los 21 días de terminado el montón se le da la primera vuelta, procurando que cada una de sus partes quede en sentido inverso a su posición anterior. A las 5 semanas después de la primera vuelta se le da otra para acelerar el proceso y éste queda terminado a los 3 ó 4 meses.

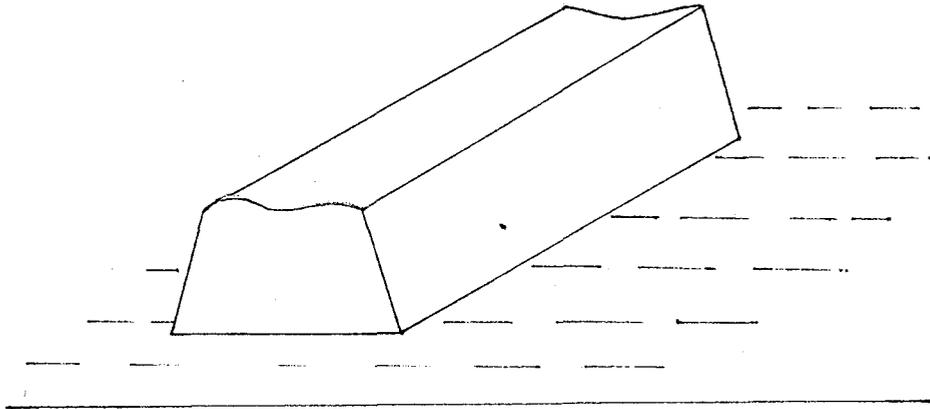


Fig. 2: Forma adecuada de un apilamiento de materiales orgánicos para la fabricación de un compuesto.

## 2.- Abonos líquidos

Un abono líquido de naturaleza orgánica, no es más que una dilución de estiércol en agua. La preparación de estos abonos se hace en charcos o lagunas en condiciones anaeróbicas y el estiércol de ganado es el desperdicio preferentemente utilizado en este sistema (2). Su riqueza depende de la clase de animales, alimentación, dilución por agua u otro aditivo, colección y facilidades de almacenamiento (55). Sin embargo, contienen mucho más sustancias orgánicas de bajo peso molecular y mucho menos sustancias húmicas que el composte; por lo que mientras éste actúa más eficientemente en suelos ricos mejorando sus propiedades físicas, los abonos líquidos actúan mejor en suelos pobres aumentando la producción de los cultivos (41).

En varios países con grandes producciones de ganado han sido explorados varios métodos relacionados con el manejo eficiente del estiércol producido. Desde 1959 en los Estados Unidos han operado ventajosamente varias instalaciones de lagunas anaeróbicas, siendo este procedimiento más preferido que el de compostación y aspersion directa del abono fresco en el campo (13).

Los holandeses han adoptado este sistema como una medida para resolver el problema del estiércol de ganado. Una organización creada sin fines de lucro, con el apoyo de representantes de los agricultores y haciendas y financiada en gran parte por subsidios del gobierno, estimula el transporte del estiércol líquido de las granjas porcinocultoras a los campos arables (33). El abono líquido puede ser transportado por medio de tanques o bombeado a través de cañerías (8, 55).

#### A) Diseño y manejo de una laguna anaeróbica

Se construye una pila de cemento cerca del establo, en un nivel inferior a la superficie de éste. Se vierte agua dentro de la pila y el estiércol es transportado a través de un canal revestido de cemento que desemboca en la superficie del agua en el centro de la pila. Cuando en el pozo se reciben solamente las deyecciones sólidas y líquidas sin la cama, el bombeo del abono es eficiente. Sin embargo, a medida que se bombea, van quedando en el fondo las partículas sólidas más pesadas, por lo que es necesario adicionar más cantidades de agua (55). Si en el pozo se recibe el estiércol juntamente con la cama, habrá una suspensión de sólidos resistentes a la degradación, los cuales deberán removerse para lograr una mejor eficiencia del proceso (26).

IV- EFECTO DE LOS ABONOS ORGANICOS SOBRE LOS CULTIVOS  
Y SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO.

{ 1.- Efectos de los estiércoles

Los estiércoles pueden suministrarse frescos o fermentados, siendo más provechosos los primeros para suelos arcillosos y pesados, puesto que los hace más friables y los segundos para suelos arenosos, haciéndolos más compactos (6). También los abonos fermentados son más recomendados para árboles frutales, aplicándolos a una razón de 50 a 70 Ton/Há. Los estiércoles aumentan la acumulación de humus en el suelo y mezclados con fertilizantes minerales se consigue un aumento en la efectividad de estos (48).

Dos ensayos realizados en Brasil en 1973-74 con estiércol fresco de pollo y estiércol de ganado en un cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris) mostraron que ambos abonos, pero principalmente el estiércol de gallina ceae (gallinaza), aumentan el contenido de fósforo del suelo, pero no el contenido de N, K, Ca, Mg y materia orgánica (3).

En Nigeria del Norte se han obtenido buenos resultados aplicando estiércol al momento de la siembra en cultivos de maicillo, papa, ñame, arroz y algodón; resultando más efectivo en papa el estiércol que el fertilizante inorgánico. En algunos países el arroz responde muy bien con 25 Ton/Há. de estiércol y el algodón con 14 a 22 Ton/Há. (14). En Bulgaria se realizó un experimento para aumentar el valor nutritivo en tomate usando estiércol y  $K_2O$ , y se encontró que los aumentos más significativos de índices bioquímicos se obtienen con dosis de 700 kgs. de  $K_2O$ /Há.+200 toneladas de estiércol/Há. (43).

2.- Aplicación de abonos verdes y otros residuos agrícolas e industriales.

Como vimos anteriormente, el uso de leguminosas como abono verde es preferible a otras clases de plantas, y dentro de las leguminosas hay ciertas especies que producen mejores efectos en la producción de los cultivos; así como también la edad fisiológica de las plantas a enterrar es determinante para lograr buenos rendimientos.

Comparaciones hechas en suelos egipcios, de abonos orgánicos y fertilizantes químicos en cultivos de arroz, maíz, trigo y algodón, han demostrado que en suelos arenosos, los abonos orgánicos y especialmente los abonos verdes, son mejores que el sulfato de amonio. En suelos arcillosos, la torta de semilla de algodón, la sangre desecada y una mezcla de estiércol más sulfato de amonio, se comportaron estrechamente igual que el sulfato de amonio (48). En arcilla arenosa, la Crotalaria juncea a 45 kgs. de N/Há. produce buenos efectos sobre el suelo y sobre la producción de un cultivo de arroz, y ésta se puede mejorar aplicando de 4.7 a 9.4 qq. de sulfato de amonio, equivalentes a 45-90 Kgs. de N/Há. (9).

En Java se comparó el efecto de abonos verdes (Crotalaria usaramensis, plantas jóvenes de maíz y plantas maduras de maíz) a 30 Ton/Há., con el efecto de abono de establo a 25 Ton/Há., sobre un cultivo de papa. Los rendimientos de la papa fueron mayores con el abono de establo (31).

La paja de maíz aplicada como cobertura en proporciones de 1, 2, 4, 6 y 8 Ton/Há. en un cultivo de maíz, en Ibadán, Nigeria, ha dado muy buenos resultados (7). Sin embargo, la paja de arroz incorporada al momento de la siembra sobre un cultivo de arroz, ha retardado el crecimiento del

cultivo (40). También, grandes proporciones de paja de trigo y cascarilla de arroz produjeron efectos adversos en el crecimiento de un cultivo de trigo en la India. Aunque se mejoran las propiedades físicas del suelo, la producción es baja a causa de la inmovilización del N, P y S (52).

### 3.- Uso de compuestos y fango de alcantarilla

Hemos visto que la calidad de los compuestos (compostes) depende en mayor grado, de la clase de materiales o desperdicios que se hayan empleado para su elaboración, y del grado de descomposición que el abono tenga. Entre más riqueza de nutrimentos tenga el compuesto y su descomposición sea más rápida, el agricultor obtendrá mayores ventajas económicas, ya que podrá aplicar menos cantidad del abono.

Así vemos que en Hawaii, un composte hecho con bagazo de caña y torta de filtro, fue necesario aplicarlo en dosis de 30 a 75 Ton/Há. para conseguir una mejoría del suelo. Sin embargo, después se descubrió que las bacterias Cofuna descomponían el bagazo y la torta de filtro en poco tiempo, convirtiéndolos en humus y dando una buena producción con menor cantidad de compuesto (Cuadro 10) (28). En la misma forma, en Barbados se usa el composte de bagazo de caña en dosis de 7.5 Ton/Há., incorporado al suelo a profundidades de 10 a 15 cms. en cultivos de caña de azúcar y hortalizas, aumentando las producciones de 20 a 40% y de 25 a 50% respectivamente (36).

Cuadro 10: Resultados de la cosecha de caña de azúcar con el composte hecho con Cofuna/bagazo/torta de filtro (28).

Tratamiento	Producción de caña en Ton/Há.
Areas de control	78
1 Ton/Há. composte	104
3 " " " "	101

Respecto al uso de fango de alcantarilla, se ha observado en invernadero que los valores de pH en suelos arcillosos aumentan levemente al aumentar las proporciones de fango. En suelos arenosos, adiciones de fango disminuyeron el pH de 5.9 a 5.4. En ambos suelos se observa un aumento significativo de elementos al aumentar las proporciones de fango (57).

V- MATERIA PRIMA NO TRADICIONAL DE MAYOR PROMESA COMO ABONO ORGANICO EN EL SALVADOR.

Al hablar de materia prima no tradicional, nos vamos a referir a aquellos materiales orgánicos que aunque existen potencialmente en el país, no son debidamente aprovechados como mejoradores del suelo y fuentes de nutrimentos para las plantas.

Algunos desperdicios como los estiércoles (de aves de corral y ganado de establo) y la pulpa de café, se han estado usando en varios

lugares del país, pero su producción no es lo suficientemente grande como para cubrir una demanda a nivel nacional. A esto debemos agregar que cierta cantidad de estiércol de aves y de pulpa de café se está empleando en la preparación de alimentos para animales. Como vimos anteriormente, la producción de pulpa fresca de café en el país es aproximadamente de 269,000 Ton/año y no toda es eficazmente aprovechada. Situación similar sucede con la producción de estiércol. Tomando en cuenta que un ave adulta produce de 40 a 50 lbs. de abono seco/año (5, 6), las 3.4 millones de aves existentes en las granjas avícolas del país (19) producen de 67,000 a 84,000 Ton. de estiércol/año.

El estiércol es preferible utilizarlo fermentado para incorporarlo al momento de la siembra o unos pocos días antes en cultivos intensivos. También en plantaciones frutales es ventajoso el estiércol fermentado, ya que se ha observado que cuando se aplica gallinaza fresca en cafetales, las plantas sufren quemaduras. Si se aplica estiércol fresco al hoyo de siembra, debe esperarse cierto tiempo (de 6 meses a 1 año) hasta que el abono se descomponga y entonces se procede a plantar.

Los rastrojos, la hojarasca, los brotes, las ramas de la poda, los sarmientos, etc. son excelentes fuentes de materia orgánica que incorporados al suelo mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas de éste. Es aconsejable que los rastrojos y la hojarasca se incorporen inmediatamente después de la cosecha, porque siendo materiales muy lignificados, su descomposición es lenta. Sin embargo, la descomposición puede acelerarse agregando sulfato de amonio al momento de la incorporación. En un ensayo realizado en la Estación Experimental de San Andrés, incorporando

rastrojos en un cultivo de maíz, se obtuvieron los mejores rendimientos en dicho cultivo cuando al momento de la incorporación se añadieron 170 lbs. de nitrógeno/Mz\*

Muchos agricultores, creyendo facilitar las labores de cultivo queman los rastrojos después de la cosecha quedando en las cenizas solamente los elementos no volátiles. Esta práctica se observa comúnmente en los cañaverales debido a la gran cantidad de bajera que producen. Lo correcto es dejar la bajera sobre el terreno y de ser posible se le agrega sulfato de amonio para acelerar su descomposición. Así mismo el follaje de la caña de azúcar, que también se obtiene en grandes cantidades, conviene dejarlo en camellones y cuando ya está descompuesto se esparce y se incorpora al terreno.

Las ramas provenientes de la poda deben ser partidas en trozos de unos 10 cms. de largo para lograr una distribución más uniforme y para acelerar su descomposición. Si estos residuos son macerados y luego se someten a fermentación, se obtiene un material más valioso. Aquí en el país existe la inquietud de incrementar el cultivo de la vid, y por cuestiones propias de su manejo, se obtienen grandes cantidades de material vegetativo durante las continuas podas (2 a 3 Ton/Há.); por lo que ofrece una buena promesa como fuente de abono orgánico.

---

\*Salazar R., Jefe Depto. de Suelos. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria, Santa Tecla, 1978. Comunicación personal.

La paja de arroz, las virutas y el aserrín, son residuos producidos en pocas cantidades y además poseen un bajo contenido de nutrimentos. Por esta razón es aconsejable adicionar sulfato de amonio (unos 100 kgs/Ton. de paja seca) antes de su incorporación. Es ventajoso usar estos materiales como cama por ser absorbentes de las deyecciones líquidas y de esta forma se mejora su valor fertilizante.

Otro desecho que se obtiene aquí en el país es el bagazo de la caña de azúcar, que podría ser transformado en un valioso abono siguiendo un procedimiento de compostación con bacterias, al igual como se ha hecho en otros países. Sin embargo, este subproducto es utilizado en parte en los mismos ingenios como fuente de energía calórica. Un estudio hecho en 1961 por una firma comercial a solicitud del INSAFI, reportó que la producción de bagazo para ese año fue de 65,000 Ton. (de bagazo totalmente seco), correspondiendo a 50,000 Ton. de azúcar. En base a esta proporción si la producción de azúcar para 1976-77 fue de 31,000 Ton. (19), tenemos una producción de 41,000 Ton/año de bagazo totalmente seco.

Es importante observar que el jugo extraído de la caña contiene impurezas, las que se eliminan al pasar el jugo por los clarificadores. Dentro de estas impurezas se obtiene un residuo conocido como "lodo", el cual lo venden en los ingenios para ser utilizado directamente como abono. También en lugares donde se utiliza como fuente de energía calórica, se obtienen cenizas, que son ricas en anhídrido fosfórico, potasa y cal. Conviene que éstas sean incorporadas con el arado al suelo para evitar pérdidas por efecto de los vientos.

Una de las prácticas que convendría en ciertos lugares del país, es el uso de abonos verdes. Agricultores de otros países aducen que esta práctica es antieconómica por cuanto no siembran cultivo comercial durante un ciclo. Sin embargo, se ha comprobado que suministran gran cantidad de materia orgánica y una proporción de nitrógeno similar a la del estiércol. En tal sentido, es aconsejable el uso de abonos verdes, especialmente leguminosas adaptadas a nuestro medio, principalmente en aquéllos suelos pobres en nitrógeno y materia orgánica.

Un recurso orgánico que existe en nuestro medio es el jacinto acuático (Eichhornia crassipes), especialmente abundante en lagunas y represas. Hasta hoy no se le ha sacado ningún provecho a esta planta a pesar de haberse comprobado su riqueza en nutrimentos en otros países. Habría que investigar los medios más factibles para su recolección y posteriormente darle el uso más adecuado.

Todos los residuos orgánicos antes mencionados existen en alguna proporción aquí en el país, pero debemos observar que entre los desechos más abundantes tenemos los excrementos humanos (heces y orina), que a pesar de que poseen una riqueza en nitrógeno y fósforo mayor que la del estiércol, no se ha intentado aprovecharlos como abono. Estos desechos son evacuados juntamente con los desperdicios domésticos e industriales, por medio de un mismo sistema de alcantarillado, hacia un río y luego al mar, aumentando los riesgos de contaminación. En este caso, para aprovechar esos desperdicios sería necesario efectuar un tratamiento de las aguas de alcantarilla, para separar los materiales que puedan ser tóxicos para las plantas.

Los desperdicios urbanos sólidos (como restos de comidas, de frutas, papeles finos, virutas, basuras, et.) provenientes de las ciudades, principalmente de San Salvador y sus alrededores, también son recursos abundantes que hasta hoy no se les ha dado mucha utilidad. Para utilizar estos desperdicios es necesario transformarlos en compuestos, para lo cual primeramente deben separarse los materiales biodegradables, de los que no se pueden transformar o que puedan resultar tóxicos. Debido a ésto, los costos para la producción de abonos a base de estos residuos, resultan elevados. Sin embargo, si la separación de esos materiales no se hace mecánicamente, sino que con una colaboración del pueblo, cada persona que vota residuos ella misma los clasifica (tal como se hace en varios países europeos y Japón), disminuyen los costos de recolección y elaboración de compuestos.

## VI- DISCUSION

Podemos observar a través de los ensayos realizados en diferentes países, que cualquier residuo orgánico ya sea de origen animal, vegetal o humano, puede ser ventajosamente aprovechado como fuente de abono or gánico, siempre y cuando se proceda a hacerlo en la forma más adecuada. Aunque se ha observado que los abonos orgánicos no actúan en un 100% igual que los minerales, sí puede afirmarse que ambos son complementarios; o sea que la efectividad de los segundos es mejor si están presentes los primeros.

Se ha comprobado que las diferentes fuentes actúan <sup>de</sup> diversas maneras dependiendo de varios factores, entre ellos el tipo de suelo, época de aplicación (seca o lluviosa), contenido de nutrimentos y forma en que se apliquen (en bruto, fermentados o procesados). Así tenemos que los estiércoles han dado mejores resultados al aplicarlos fermentados, tanto en cultivos perennes como en cultivos anuales. Los estiércoles son de los abonos mejor balanceados en cuanto a su contenido de nutrimentos, siendo los de aves un poco superiores a los de otros animales.

Algunos residuos como la pulpa de café, la sangre desecada, la torta de semilla de algodón y los abonos verdes (siempre que se usen leguminosas) contienen mucho nitrógeno; por lo tanto su empleo es muy importante en aquellos cultivos que exigen altas proporciones de dicho elemento.

La mayoría de residuos orgánicos identificados en varios países, pueden encontrarse en nuestro medio en alguna medida. No obstante, es muy reducida la cantidad de desperdicios que utilizan adecuadamente unos pocos agricultores. Por desconocimiento de su valor fertilizante, se pierden recursos valiosos como por ejemplo: desperdicios de mataderos, plantas acuáticas, excrementos de humanos, desperdicios urbanos, etc. Conociendo el valor nutricional de estos materiales, puede surgir el interés en buscar la forma de convertirlos en abono y de esta manera podría hacerse frente a la escasez mundial de fertilizantes minerales.

## VII- CONCLUSIONES

- 1.- Existe una gran diversidad de residuos orgánicos que pueden aprovecharse como abono, siendo los más promisorios en nuestro medio los de origen animal (estiércoles y desperdicios de mataderos); de origen vegetal (pulpa de café, rastrojos, hojarasca, bagazo de caña de azúcar, abonos verdes, jacinto acuático); de origen humano (heces y orina) y los desperdicios urbanos sólidos y líquidos.
- 2.- Con un manejo adecuado de estos residuos se puede mejorar la fertilidad de los suelos, aumentando consecuentemente los rendimientos de los cultivos.
- 3.- Puede asegurarse que el aprovechamiento de los residuos orgánicos como fuente de abono, conlleva beneficios económicos y sociales para los países, principalmente aquellos en vías de desarrollo.
- 4.- En la mayoría de los países no se ha sabido aprovechar el valor fertilizante de los desperdicios humanos (heces y orina), siendo éstos muchas veces desembocados en ríos en los cuales crean problemas de contaminación.

- 5.- Nuestros agricultores tradicionalmente queman los rastrojos o residuos de la cosecha, en vez de incorporarlos o dejarlos como cobertura; consecuentemente ésto ha venido generando el empobrecimiento de los suelos.
- 6.- La mayoría de nuestros suelos son deficientes en nitrógeno, por lo que conviene emplear adecuadamente todo material orgánico que contenga dicho elemento.
- 7.- Hasta ahora no existe en el país ningún proyecto que contemple un programa integrado para utilizar al máximo los recursos orgánicos de las zonas rurales y urbanas.
- 8.- No hay en el país ninguna instalación o planta para elaborar compuestos a base de desperdicios urbanos o de excrementos de origen humano.
- 9.- Análisis de varios tipos de compostes han demostrado que los fabricados con desperdicios urbanos sólidos (basuras, papeles, cartones, etc.), poseen un contenido de nutrimentos más bajo que otros compuestos.

- 10.- En el país no se ha hecho ningún estudio sobre producción y consumo de abonos orgánicos, por lo tanto, es difícil establecer una comparación entre el uso de éstos y el de fertilizantes químicos.
- 11.- En nuestro país se ha hecho muy poco en investigación sobre abonos orgánicos, siendo ésta una de las causas de que nuestros agricultores desconozcan el manejo adecuado que deba dárseles a los residuos orgánicos.

#### VIII- RECOMENDACIONES

- 1.- Dada la importancia de los abonos orgánicos, se recomienda que las instituciones de investigación agrícola de El Salvador amplíen sus estudios sobre este tema, tratando de determinar entre otras cosas, nuevas fuentes para la elaboración de abonos orgánicos.
- 2.- Es necesario realizar suficientes ensayos con diferentes fuentes de abono orgánico, para dar una recomendación al agricultor sobre la cantidad de abono que debe emplear, tratando de que con la máxima economía de materiales se obtengan los mejores rendimientos de los cultivos.

## IX- RESUMEN

Ante la escasés mundial de fertilizantes minerales, varios países están tratando de aprovechar los recursos orgánicos localmente disponibles, para lo cual se han hecho análisis sobre la composición química de varias clases de materiales orgánicos. Así mismo se han realizado ensayos para observar el comportamiento de los mismos cuando se aplican a los cultivos. Considerando lo anterior se hizo este estudio con el propósito de identificar los residuos orgánicos producidos en el mundo y la forma en que están siendo utilizados. Después de indagar los resultados obtenidos en otros países, se han determinado los materiales orgánicos más promisorios existentes en nuestro medio.

La mayoría de desperdicios producidos en otros países, los tenemos en nuestro medio, siendo algunos más abundantes que otros. Entre los más abundantes tenemos los estiércoles y la pulpa de café, que se han estado usando principalmente cerca de los sitios de producción. Comúnmente la pulpa de café se aplica en cafetales a razón de 5 a 10 kgs. por planta. El estiércol en algunos países lo usan en dosis de 10 a 25 Ton/Há., dependiendo de la fertilidad del suelo. Residuos menos abundantes como los rastrojos, la hojarasca, la paja de arroz, brotes de la poda, bagazo de caña de azúcar, jacinto acuático, desperdicios de mataderos y desperdicios urbanos, no están siendo debidamente aprovechados como fuentes de abono orgánico. Aparte de estos residuos también tenemos los provenientes de los humanos (heces y orina), que solamente en unos pocos países, entre ellos la India y China, se están buscando medios adecuados para recolectarlos y transformarlos en un valioso abono.

En resumen, podemos asegurar que aquí en el país contamos con recursos orgánicos que pueden obtenerse en alguna proporción y con un manejo adecuado podrían transformarse en abonos ricos en nutrimentos. Lo importante sería que hubieran instituciones encargadas de incrementar la investigación referente a la mejor forma de usar los desperdicios orgánicos.

X- LITERATURA CITADA

- 1.- ABONE CON pulpa de café. Boletín Informativo del Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café, Santa Tecla, El Salvador. N° 11:61-62. 1960.
- 2.- AGNEW, R. W. and LOEHR, R.C. Cattle-manure treatment techniques. Proceedings, National Symposium on Animal Waste Management, East Lansing, Michigan, 1966. p.81.
- 3.- AIDAR, H. et al. Efeitos da adubacao orgânica sobre a cultura do feijao (Phaseolus vulgaris L.). Revista Ceres (Brasil) 23 (125):44-55. 1976.
- \* 4.- ANDERSON, M.S. Farm manure. In U.S. Department of Agriculture. Soil. Washington, Government Printing office, 1957. pp.229-236. (Yearbook of Agriculture, 1957).
- 5.- \_\_\_\_\_ . Utilización del abono de establo. Hacienda (Estados Unidos). 1962:33-35, 40-41. Octubre 1962.
- 6.- ATKINSON, H, J. and MACLEAN, A.J. Manures and composts. Canada Department of Agriculture, 1962. 15p.
- 7.- AYANABA, A. y OKIGBO, B.N. Cubierta de protección para mejorar la fertilidad del suelo y la producción agrícola. In Documentos Seleccionados del Informe de la Consulta de Expertos FAO/SIDA, Roma, 2-6 dic. 1974. Materias orgánicas fertilizantes. Roma, FAO, 1976. pp.32-44. (Boletín sobre Suelos N° 27).
- 8.- BERRIOS, A.T. Los desperdicios agrícolas; un recurso natural aprovechable. Revista Agricultura de Puerto Rico 57(1-2): 39-47. 1973.
- 9.- BISWAS, T.D., ROY, M.R. and SAHU, B.N. Effect of different sources of organic manures on the physical properties of the soil growing rice. (Sumario). Soils and Fertilizers. 35:71. 1972.
- 10.- BOYD, C.E. Accumulation of dry matter, nitrogen and phosphorus cultivated water hyacinths. Economic Botany 30:51-56. 1976.
- \* 11.- BURNETT, C.A. Empleo de materia orgánica en la agricultura del Brasil. In Documentos Seleccionados del Informe de la Consulta de Expertos FAO/SIDA, Roma, 2-6 dic. 1974. Materias orgánicas Fertilizantes. Roma, FAO, 1976. pp 141-167. (Boletín sobre suelos N° 27).

- 12.- COMO SE compara la pulpa de café con otros abonos orgánicos. Boletín Informativo del Instituto Salvadoreño del Café, Santa Tecla, El Salvador. N° 12:66-67. 1960.
- 13.- CURTIS, D.R. Design criteria for anaerobic lagoons for swine manure disposal. Proceedings, National Symposium on Animal Waste Management, East Lansing, Michigan, 1966. pp. 75-80.
- 14.- DENNISON, E.B. The value of farmyard manure in maintaining fertility in Northern Nigeria. Empire Journ. of Exper. Agric. 29(116). 1961.
- 15.- DOYLE, J.J. Organic fertilizers, their resources, processing and effects. In National Training Seminar of Fertilizer Use Development, Maseru, Lesotho, 1975. Reports. Roma, FAO, 1976. pp.55-57.
- 16.- DUNCAN, A. Aspectos económicos de la utilización de materias orgánicas como fertilizantes. In Documentos Seleccionados del Informe de la Consulta de Expertos FAO/SIDA, Roma, 2-6 dic. 1974. Materias Orgánicas Fertilizantes. Roma, FAO. 1976. pp.168-183. (Boletín Sobre Suelos N° 27).
- 17.- EGAWA, T. Utilización de materias orgánicas fertilizantes en el Japón. In Documentos Seleccionados del Informe de la Consulta de Expertos FAO/SIDA, Roma, 2-6 dic. 1974. Materias Orgánicas Fertilizantes. Roma, FAO, 1976. pp.93-113. (Boletín sobre Suelos N° 27).
- 18.- EL ABONAMIENTO en el Perú. Boletín de la Compañía del Guano 28(7):119-122, 140-143. 1952.
- \*19.- EL SALVADOR. DIRECCION GENERAL DE ECONOMIA AGROPECUARIA. Anuario de Estadísticas Agropecuarias. San Salvador, Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1976/1977. pp.21,38.
- 20.- EMPLEO DE fertilizantes orgánicos en la India. In Documentos Seleccionados del Informe de la Consulta de Expertos FAO/SIDA, Roma, 2-6 dic. 1974. Materias Orgánicas Fertilizantes. Roma FAO, 1976. pp.114-140. (Boletín Sobre Suelos N° 27).
- \*21.- FOTH, H.D. y TURK, L.M. Fundamentos de la ciencia del suelo. Trad. de la 5 ed. por Juan Nava Díaz. México, 1957. pp. 397-401.

631 . 4  
115731

- 22.- GERRITS, J.P.G. Development of a synthetic compost for mushroom growing based on wheat straw and chicken manure (Sumario). Abstracts on Tropical Agriculture 1(4):60. 1975.
- 23.- GLORIA, N.A. DA. Agricultural use of molasses vinasse. Brasil Acucareiro (Brasil) 86(5):11-17. 1975.
- 681.3  
5-31-78  
24.- GROS, A. Abonos; Guía práctica de la fertilización. Trad. del francés por Alonso Domínguez Vivanco. 6 ed. Madrid, España, 1976. pp.142-143,157-158.
- 10 25.- GUINARD, A. Conserve el humus del suelo. In Agricultura Salvado reña, San Salvador, El Salvador, C.A. Nº 12:39-42. Junio 1973.
- 26.- HARPER, J.P., NGODDY, P.O. and GERRISH, J.B. Enhanced treatment of livestock wastewater. II. Enhancement of treatment by solids removal. Journal of Agricultural Engineering Research 19(4):353. 1974.
- 27.- HOWARD, A. Aprovechamiento de basuras urbanas para fabricar abonos. In El Café de El Salvador. Revista de la Asociación Cafetalera de El Salvador 9(102):406-426. 1939.
- 28.- HUMBERT, R.P. Novo processo de compostagen de bagaco e torta de filtro para aumentar a producao de cana. Brasil Acucareiro 86(2):45-48. 1975.
- 29.- JORDAN CARCAMO, F. Aprovechamiento de residuos urbanos para la fabricación de abono orgánicos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, 1968. 20p.
- 30.- KESLER, R.P. Economic evaluation of liquid-manure disposal from confinement finishing of hogs. Proceedings, National Symposium on Animal Waste Management, East Lansing, Michigan, 1966. pp.122-125.
- 31.- KUSUMO, S. and MARPAUNG, L. The effect of organic manures on the yield of potato (Sumario). Abstracts on Tropical Agriculture 3(3):110. 1977.
- 32.- LA EXPLOTACION del guano de islas en el Perú. Boletín de la Compañía del Guano 38(5):13-27. 1962.

- 33.- LOS HOLANDESES resuelven el problema del estiércol. Pig International 6(2):22. 1976.
- 34.- MARA, M.J. Estimated values for selected water hyacinth by products. Economic Botany 30(4):383-384.
- 35.- MAYANS, J.J. Posibilidad de la obtención de abonos nacionales a bajo costo con productos de desecho que hoy se pierden sin utilidad alguna. In El Café de El Salvador. Revista de la Asociación Cafetalera de El Salvador 10(120):824-827. 1940.
- 36.- MILLER, L.G. Turning bagasse to organic matter (Sumario). Abstracts on Tropical Agriculture 3(1):61. 1977.
- 37.- MOLINA ABELA, M. La sangre desecada, fertilizante nitrogenado. Agricultura. Madrid (España) N<sup>o</sup> 502:116-117. 1974.
- \* 38.- MORRIS, W.H.M. Economic of liquid-manure disposal from confined livestock. Proceedings, National Symposium on Animal Waste Management, East Lansing, Michigan, 1966. pp.126-131.
- 39.- MOSHER, P.N. Estiércol de aves: fertilizante excelente. In Agricultura Salvadoreña, San Salvador, El Salvador, C.A. N<sup>o</sup> 24: 25-26,30. Junio 1974.
- 40.- NIRANJAN RAO, D. and MIKKELSEN, D.S. Effect of rice straw incorporation on rice plant growth and nutrition. Agronomy Journal 68(5):752-755.. 1976.
- 41.- NOVAK, B. and LOBL, F. The complex effect of manures and fertilizers on the yields of crops. s.n.t. pp.161-168.
- 42.- PATERSON, J.B.E. y EDE, R. Suelos y abonado en horticultura. Trad. por Luis Heras Cobo. Acribia. Saragoza, España, 1970. pp.23-36.
- 43.- RAIKOWA, L.L. La composición bioquímica de tomates de invernadero y sus cambios bajo los efectos del abonado potásico y de estiércol (Resumen). Revista de la Potasa (Suiza). (Sec.8) N<sup>o</sup> 3:1. 1975.
- 44.- RAMIREZ, R. Comportamiento de tres abonos verdes y su efecto en el rendimiento de maíz. Agronomía Tropical (Venezuela) 22(1):3-17. 1972.

- 45.- REUSZER, H.W. Composts, peat and sewage sludge. In U.S. Department of Agriculture. Soil. Washington, Government Printing Office, 1957. pp.237-244. (Yearbook of Agriculture, 1975).
- 46.- SEN, S. Comparative value of farm-yard manure prepared by different methods. Journal of the Indian Society of Soil Science 9:180-185. 1961.
- 47.- SHAIMUKHMETOV, M.Sh. Stabilization of organic matter in derno podzolic soils as a method for their cultivation. (Sumario) Soils and Fertilizers 35:129. 1972.
- 100 \* 48.- SHAWARBI, M.Y. and HAMISSA, R. The fertilizing value of some organic manures. J. Soil Sci. U.A.R. N° 2:141-150. 1964.
- 49.- SILVA, R.L. and LIZARAZO, S. Coffe pulp utilization in animal food preparation. VI Colloque International Sur La Chimie des Cafés, Bogotá N° 4-9. 1973.
- 50.- SINGH, A. Utilización de materias orgánicas y abonos verdes como fertilizantes en los países en desarrollo. In Documentos Seleccionados del Informe de la Consulta de Expertos FAO/SIDA, Roma, 2-6 dic. 1974. Materias Orgánicas Fertilizantes, Roma, FAO, 1976. pp.19-31. (Boletín Sobre Suelos N° 27).
- 51.- SOBEL, A.T. Physical properties of animal manures associated with handling. Proceedings, National Symposium on Animal Waste Management, East Lansing, Michigan. 1966. pp.27-32.
- 52.- SOMANI, L.L. and SAXENA, S.N. Effect of some organic matter sources on nutrient availability, humus buildup, soil physical properties and wheat yield under field conditions (Sumario). Abstracts on Tropical Agriculture 2(9):59. 1976.
- 53.- STICKELBERGER, D. Estudio sobre la fabricación de compuestos con desperdicios urbanos. In Documentos Seleccionados del informe de la Consulta de Expertos FAO/SIDA, Roma, 2-6 dic. 1974. Materias Orgánicas Fertilizantes. Roma, FAO, 1976. pp.53-75. (Boletín sobre Suelos N° 27).
- 100 \* 54.- TAMARO, D. Tratado de Fruticultura. Trad. de la 4 ed. italiana por Arturo Caballero. Barcelona, Gustavo Gili, S.A. 1974. pp.222-223, 262-266.

- 55.- TIETJEN, C. Plant response to manure nutrients and processing of organic wastes. Proceedings National Symposium on Animal Waste Management, East Lansing, Michigan. 1966. pp.136-40.
- 56.- \_\_\_\_\_. Principales problemas que plantea la utilización de los desperdicios urbanos para la producción agrícola y la conservación de suelos. In Documentos Seleccionados del Informe de la Consulta de Expertos FAO/SIDA, Roma, 2-6 dic. 1974. Materias Orgánicas Fertilizantes. Roma, FAO, 1976. pp.76-92. (Boletín sobre Suelos N° 27).
- 57.- TOUCHION, J.T. and BOSWELL, F.C. Use of sewage sludge as a green house soil amendment. II Influence on plant growth and constituents. Agriculture and Environment, Amsterdam (Netherlands) 2(3):243-244. 1975.
- 58.- TRAVES SOLER, G. Abonos. 3 ed. Barcelona, Sintés, 1962. pp.111-136. (Enciclopedia práctica del Agricultor, Vol. 2).
- 59.- VISCOVICH PREM, A. No bote las basuras de su finca; conviértalas en abono valioso. Hacienda (Estados Unidos) 61(10):41-46. 1966.
- 60.- WAINSTEIN, P. Preparación de abono orgánico a partir de samientos de vid. IDIA (Argentina) N° 245:55-59. 1968.