



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**“EVALUACION DE UN PROCESO ACELERADO DE
COMPOSTEO A PARTIR DE DESECHOS
SOLIDOS URBANOS”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

Q U I M I C O

P R E S E N T A

FERNANDO GONZALEZ AMAYA

CIUDAD UNIVERSITARIA 1978



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

Mit. 196

Mt 196



JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE

| | |
|---------------|------------------------|
| PRESIDENTE | JOSE ANTONIO NOGUEZ A. |
| VOCAL | HUMBERTO LARIOS V. |
| SECRETARIO | ISABEL CARRILLO. |
| 1er. SUPLENTE | CARLOS ROMO M. |
| 2o. SUPLENTE | SARA OBREGON R. |

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: PLANTA INDUSTRIALIZADORA DE DESECHOS SOLIDOS.

NOMBRE DEL SUSTENTANTE FERNANDO GONZALEZ AMAYA

NOMBRE DEL ASESOR HUMBERTO LARIOS V.

" SI ALGUIEN CONSIDERA QUE

ES UTIL LO QUE HE

ESCRITO ...

ME DARE POR SATISFECHO ... "

Tucfdides

DEDICATORIA

A MIS PADRES ... por una infancia feliz
base de un presente equilibrado .

A MIS HERMANOS ... por su paciencia .

A MI SOCIO ... por su ternura y calor de mujer.

AL BIOLOGO LUIS GARCIA LEZAMA ...

por permitirme aprovechar su amplia
y extensa experiencia en el campo de
los desechos sólidos . Mil gracias .

FE DE ERRATAS

| <u>PAG.</u> | <u>REGLON</u> | <u>DICE</u> | <u>DEBE DECIR</u> |
|-------------|---------------|------------------|----------------------------|
| 1 | 30 | consecuencias | consecuentes |
| 7 | 8 | son debido a | son debidos a |
| 8 | 15 | Nitrosocietis | Nitrosocystis |
| | 17 | Nitrocistis | Nitrocystis |
| | 25 | nitritos | nitratos |
| | 28 | ..bacterias y el | .. bacterias/g de suelo... |
| 11 | 3 | áltamente | altamente |
| | 28 | utiliza | utilizan |
| 13 | 22 | pultimo | último |
| 14 | 25 | lograrse | obtenerse |
| 16 | 19 | utilise | utilice |
| 23 | 26 | orgpaico | orgánico |

I N D I C E

| | PAG. |
|---|------|
| CAPITULO # 1 INTRODUCCION | 1 |
| CAPITULO # 2 REVISION DE LITERATURA | 3 |
| CAPITULO # 3 MATERIALES Y METODOS | 25 |
| CAPITULO # 4 RESULTADOS EXPERIMENTALES | 29 |
| CAPITULO # 5 DISCUSION DE RESULTADOS | 49 |
| CAPITULO # 6 BIBLIOGRAFTA | 56 |

CAPITULO # 1

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

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

La explosión demográfica y un cambio en general de comunidades rurales hacia las ciudades y áreas sub-urbanas, contribuyen a intensificar el problema de disposición final de desechos sólidos. Ninguna de las grandes ciudades está exenta de este problema y la mejor solución debe ser una que satisfaga todos los requerimientos sanitarios, realice el trabajo económicamente y proporcione un producto final útil.

Es también uno de los grandes problemas de la ciudad de México D. F., la cantidad de basura generada día con día por sus habitantes el cual se agudiza más por la carencia de sitios adecuados para la disposición final. Por todos los ámbitos de la Gran Ciudad pueden observarse basureros particulares de los vecinos de cualquier zona, y pueden estar localizados en cualquier lote baldío, banquetta o calle sin importar de que zona en particular se trate: Todos generamos basura y no siempre la ponemos en su lugar.

Las autoridades han desplegado sus mejores esfuerzos, incrementando el presupuesto necesario para una eficaz solución al problema de disposición final de los desechos sólidos. Campañas intensivas de recolección se han emprendido en fechas recientes y se ha logrado que el aspecto en general de la ciudad se haya mejorado en forma efectiva.

Pero en la medida en que estas campañas aumentan en intensidad y frecuencia, aunadas a los programas normales de recolección, aumentan también la cantidad y el volumen de los desechos captados, quedando el gran problema de la disposición final.

Para este fin, se cuenta con dos tiraderos en operación y una planta industrializadora para la obtención de composta y la recuperación de subproductos. El problema que un tiradero al aire libre representa, es la contaminación del mismo, generación de moscas y roedores, y las consecuencias molestias a los vecinos, que les --

originan problemas de salud pública. Esto sin contar que en un momento dado no se produzca un incendio por la concentración de gas metano, producto natural de la descomposición de la basura. (Como sucedió en el año de 1976, incendio que pasados 40 días no era posible extinguir por el alto porcentaje de material inflamable acumulado en el lugar). Debe tomarse en cuenta también, la potencial contaminación de los mantos freáticos cercanos producida por la --lixiviación. Otro problema es el derivado de la creación de centros de población, consecuencia de la explosión demográfica, cercanos a estos tiraderos; como el de Santa Cruz Meyehualco con más de 20 años en operación teniendo agotada su capacidad receptiva motivos todos que fortalecen la idea de desaparición de los mencionados tiraderos.

Queda como solución la instalación de plantas industrializadas de desechos sólidos similares a la ya existente en San Juan de Aragón para la obtención de COMPOSTA, que es un abono orgánico mejorador de suelos, teniéndose además los beneficios económicos que aporta la venta de los sub-productos recuperables.

Tomando en consideración la posible desaparición de los tiraderos al aire libre y el proyecto de instalar nuevas plantas para la obtención de composta a partir de desechos sólidos domiciliarios, el presente trabajo está relacionado al estudio de un proceso acelerado de composteo (45 días) buscando demostrar que esta composta posee, como abono orgánico, las mismas características al obtenido en un proceso normal (90-110 días). Nos permitirá además, el conocer las técnicas de composteo consideradas desde el muestreo y análisis porcentual de la basura cruda, cuidados del material en proceso, análisis físicos y químicos de las muestras y la formación de un criterio para la interpretación de resultados.

CAPITULO # 2

REVISION DE LITERATURA

ASPECTOS BASICOS DE COMPOSTA

El término composta se deriva del vocablo latino COMPOSITUM, COMPONERE que significa compuesto de varias partes, combinación, - composición. "Es una mezcla para fertilizar o renovar la tierra - donde crecen plantas; en la actualidad, especialmente una mezcla - fertilizante compuesta de sustancias tales como turba (35), hongos estiercol, etc., perfectamente mezclada y descompuesta usualmente - en una pila denominada PILA DE COMPOSTEO" (13) (34).

Existen dos cosas básicas acerca de una pila de composteo: - debe tener material orgánico y las condiciones necesarias para -- descomponerlo. El grado de descomposición se da en terminos tales - como composta madura o composta no terminada. "Composta es una mez - cla fertilizante de materiales orgánicos parcialmente descompues - tos, de origen animal y/o vegetal, pudiendo incluir cenizas, si - son de carbón de piedra y se evita la adición de fertilizantes -- químicos". En resumen se puede decir que la materia orgánica es - la materia prima para el proceso de composteo, mismo que conduce - a la formación de composta con una fracción húmica.

Esta discusión sobre composta estará incompleta sin diferen - ciar los términos materia orgánica y humus (15). Materia orgánica - es un término aplicado a material animal o vegetal, vivo o muerto. Pero sin tomar en cuenta esto último, la materia orgánica es la - vida del suelo, en donde está formada por restos de animales y ve - getales en distintos estadios de descomposición (29), material que incluye bacterias, hongos, levaduras, protozoarios, etc. (1)(9)(13)(31) Pero la expresión tal cual puede ser una designación inaplicable - por incluir sustancias orgánicas o inorgánicas. Por ejemplo: la - mazorca del maíz se considera como orgánico, pero en sus cenizas - encontraremos una significativa cantidad de minerales (12)(29) -- (34).

La materia orgánica está en diferentes etapas de descomposición, siendo la más avanzada la referida como humus (21)(31)(33)-(34).

En las etapas iniciales de nuestro planeta, no existía la materia orgánica sobre su superficie o en su atmósfera. Probablemente la primera fue elaborada por ciertas bacterias especiales capaces de utilizar minerales como azufre y obtener su carbón del CO_2 del aire. Después de estas, otras bacterias con actividad más general pudieron obtener energía de esta fuente. Entonces aparecieron plantas simples, verdes, capaces de usar la energía del sol, carbón del aire y oxígeno e hidrógeno del aire y agua para formar materia orgánica. De estas plantas verdes dependemos hoy en día para formarlas y el Hombre y los animales no pueden elaborar este material básico. No se podría vivir un año sin las plantas. Nada crecería en un suelo sin materia orgánica porque el suelo mismo sería estéril y sin vida (34).

¿Qué es lo que hace tan valiosa a la materia orgánica en el suelo? En primer lugar promueve una estructura granular que permite retener más aire y agua. Incrementa tremendamente la cantidad de superficie activa en el suelo en cada centímetro cuadrado. Toda la actividad física y química tiene lugar sobre la superficie de cada partícula del suelo. Este cambio provocado por más materia orgánica adicionada al suelo, puede significar (1)(9)(12)(15)(17)(31):

- 1.- Un sistema radicular más extenso.
- 2.- Mayor poder retentivo de agua.
- 3.- Mayor aireación.
- 4.- Menor cantidad de erosión eólica, debido a una mayor superficie húmeda.
- 5.- Mejora la estructura y textura del suelo.

En segundo lugar, un incremento de la materia orgánica del suelo, lo mantiene a una temperatura más uniforme.

En tercer lugar, suelos con un alto contenido en materia orgánica, pierden menos agua por evapo-transpiración a la atmósfera.

En cuarto lugar, los nutrimentos solubles que de otra manera -- se lixiviarían fuera del alcance del sistema radicular, se conservan en el lugar por la acción del humus, estando así disponibles a la -- planta en su crecimiento.

En quinto lugar, materia orgánica para las plantas en crecimiento es lo que los comederos son a la ganadería. Las plantas necesitan un suministro continuo de nutrimentos disponibles en tiempo de crecimiento, además deben estar en la proporción correcta uno al otro.

En sexto lugar, la materia orgánica actúa como elaboradora de -- ciertas sustancias promotoras del crecimiento (15). Estas pueden ser vitaminas o minerales cuyas funciones no están aún bien entendidas -- por los científicos. Ciertos eliminadores de gérmenes (antibióticos) -- como estreptomycina, penicilina y aureomicina, se derivan de suelos -- productivos. Estos antibióticos son producidos por ciertos organismos del suelo, que a su vez obtienen energía de la materia orgánica -- del suelo (7)(9)(34)(35).

¿ Es la materia orgánica en sí importante o es su degradación -- en el suelo lo importante? "Aún cuando la materia orgánica es importante por sí misma, es su degradación en el suelo lo que produce los primeros beneficios tan pronto es aplicada al suelo o sobre su superficie, es inmediatamente atacada por microorganismos de todas clases, que son causantes de su degradación"(21)(34).

Debido a que los microorganismos atacan rápidamente a la materia orgánica convirtiéndola en humus y otros productos de degradación, se cuestiona sobre si es deseable tener materia orgánica sin descomponer en el suelo. Y efectivamente, esta materia orgánica sin descomponer continúa proporcionando alimento a los microorganismos. También -- actúan como un áspero condicionador para abrir y airear el suelo. Un beneficio es la liberación de los nutrimentos de la planta por la --

acción microbiana Es de particular interés e importancia, la liberación de nitrógeno y fósforo durante la descomposición de materia orgánica, así como también la acción de CO₂ y ácidos orgánicos. Ayudan a disolver en el suelo minerales como P, K, Mg y otros nutrimentos esenciales (15)--(21)(35). Debido a que los microorganismos son más activos en el período de crecimiento por las temperaturas más templadas, los nutrimentos esenciales se presentan en forma más disponible. En resumen, los beneficios de la materia orgánica son debido a la actividad de los microorganismos que la descomponen y los productos que forma

Es importante hacer notar que la vida en miniatura del suelo existe en muchas clases y formas, y que cada una juega un papel importante en la descomposición de residuos animales y vegetales, liberación de nutrimentos o en el desarrollo de la estructura del suelo. Muchos grupos dependen uno del otro y consecuentemente una clase tiende a seguir a la otra. Se llega a una serie de reacciones en el suelo que llevan una secuencia ordenada, organizada (1).

Los organismos varían en su tamaño, desde formas visibles sólo con un microscópio electrónico, hasta las visibles a simple vista. Tienen la capacidad de digerir los materiales del suelo debido a que producen enzimas, las cuales en diferentes grupos microbianos forman un complejo enzimático gigantesco que se extiende por todo el suelo. Claro que también existen materiales como pelo y cuernos que escapan a la digestión (9)(34)

FORMAS DE MICRO-VIDA PRESENTES EN EL PROCESO (1)(7)(9)(34) .

Fagos y virus son las formas más pequeñas de la materia viviente en el suelo. Causan enfermedades en bacterias y plantas, respectivamente.

Las bacterias son las de mayor número y se han diferenciado ecológicamente dividiéndolas en dos grupos: las autóctonas y las zimógenas o microorganismos productores de la fermentación. Este último grupo es el más activo en las transformaciones químicas de los componentes de las

basuras. La función más importante de las bacterias es la degradación de la materia orgánica. Cuando una planta ha dejado de crecer, las bacterias empiezan su trabajo en las raíces viejas dejadas en el suelo, descomponiéndolas completamente y transformándolas en alimento para las próximas generaciones de plantas.

Uno de los elementos más ampliamente requeridos para el crecimiento de las plantas es el nitrógeno, por ser parte estructural de proteínas y aminoácidos que al ser metabolizados dan como producto amoníaco o nitratos que pueden ser reabsorvidos por las plantas, dando lugar así al ciclo del nitrógeno: los componentes proteícos son atacados en primer lugar por un grupo de microorganismos que forman amonio a partir de proteínas de restos de vegetales y animales; posteriormente se efectúa la nitrificación que se divide en dos etapas: la nitrosación y la nitratación. En la primera, microorganismos tales como Nitrosocistis sp., Nitrosomonas sp., Nitrosobacter sp. y otros, transforman el amonio en nitritos; en la segunda etapa Nitrobacter sp., Nitrocistis sp., Azotobacter sp. y otros, transforman los nitritos en nitratos que son utilizados por los vegetales que se desarrollan en el lugar, para la formación de fitoproteína (22).

La conversión de nitrógeno orgánico a inorgánico se denomina mineralización del nitrógeno (1) (22)(35).

Las bacterias señaladas y otras, transforman las sustancias poco asimilables por las plantas (amoníaco y nitrito) en material más directamente asimilable como son los nitritos.

Estrechamente ligados a las bacterias están los actinomicetos, que son más complicados en su estructura. Un suelo puede contener de 100 a 1000 millones de bacterias y el 5% son actinomicetos. Son unicelulares y como ejemplo podemos citar a Streptomyces y Microspora. Degradan la celulosa, pero en una forma lenta y pueden ser mesofílicos y termofílicos.

Los hongos son una parte importante en la flora microbiana del suelo.

Son termofílicos (40-60° C). Estos organismos forman una masa de pequeños filamentos llamado micelio que pueden agrupar partículas del suelo a granulos (19). Los hongos crecen mejor en un suelo aireado.

Las algas son plantas microscópicas que forman clorofila en presencia de luz solar. Se encuentran en capas superficiales de suelo que esté húmedo y donde existe luz crecen como plantas verdes, cambiando el CO₂ del aire a materia orgánica por acción fotosintética. Pueden existir 100,000 algas/g. de suelo en condiciones óptimas.

Los protozoarios son la forma más simple de organismo animal. Aún cuando son unicelulares y microscópicos en tamaño, son más grandes que la mayoría de las bacterias y aún más complejos en sus actividades. El suelo contiene un millón/g.

FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA ACTIVIDAD DE LOS MICROORGANISMOS.

Los factores de considerable importancia son: temperatura, humedad, aireación y acidez (1)(10)(11)(12)(31)(34)(36).

La temperatura es importante porque el suelo debe estar caliente para que los microorganismos tengan una etapa altamente activa de crecimiento, aún cuando se ha demostrado que temperaturas muy elevadas durante la descomposición reducen la actividad microbiana, haciéndola más lenta.

Al inicio del proceso, el material está a temperatura ambiente con pH ácido y como consecuencia de la actividad de población mesofílica, se genera energía que se traduce en elevación de temperatura presentándose condiciones adecuadas para la población termofílica que inicia su actividad en un rango de 40° C y el pH se torna alcalino. La temperatura en esta etapa puede elevarse a un valor de 75° C, y en la medida que las fracciones degradables se ven disminuidas por efecto de la acción microbiana, la temperatura del material

tiende a disminuir por el abatimiento de la generación de calor hasta alcanzar la temperatura ambiental .

La humedad tiene gran influencia sobre la descomposición de los residuos vegetales y animales, puesto que los microorganismos requieren de cierta cantidad de agua para su metabolismo, utilizandola como medio de transporte para materiales alimenticios solubles y productos de desecho provenientes de las reacciones metabólicas. En un suelo seco existe poca o nada de actividad microbiana. Con humedad óptima los grupos benéficos de microorganismos están más activos; con demasiada humedad pueden activarse grupos no favorables, como pueden ser los de tipo anaeróbico .

La aireación es el tercer factor más importante, puesto que un suelo bien ventilado mantiene mejores condiciones de crecimiento de microorganismos benéficos que convierten los nutrimentos a formas más disponibles para las plantas y el suelo mismo, teniendose como resultado cosechas de mayor producción .

La acidez es importante debido a que ciertos organismos se inactivan en suelos ácidos, como Azotobacter . En general, los hongos son más activos en suelos ácidos que las bacterias. Y en suelos alcalinos los actinomicetos se vuelven más activos .

VENTAJAS DEL COMPOSTEO SOBRE OTROS METODOS DE DISPOSICION FINAL DE DESECHOS SOLIDOS.

Los métodos clásicos de disposición final de basura son : incineración, relleno sanitario y tiraderos al aire libre, siendo sus desventajas (34) :

Rellenos sanitarios: transporte a grandes distancias a lugares que sean apropiados y escasez de estos en áreas urbanas; condiciones climatológicas, como nieve y viento pueden hacer imposible esta operación.

Tiraderos al aire libre : problemas obvios de peligros para la salud pública y riesgos de incendios . .

Incineración : contaminación del aire, dificultad de recuperar material reciclable, desperdicio de materia orgánica potencial, alto costo de operación y mantenimiento, requiriendose además habilidad o práctica para

lograr una operación exitosa (28) .

Las ventajas del composteo son :

- a) conversión a producto final altamente utilizable.
- b) planta localizada en la ciudad, reduciendo tiempo de transporte.
- c) obtención de ganancias por venta de sub-productos .
- d) potencial empleo de aguas residuales si lo permite el diseño de la planta .
- e) los principios de composteo usados para desechos sólidos pueden ser aplicados a desechos industriales ; y por supuesto que una ventaja básica en composteo, es que la composta se puede usar en parques y jardines y campos de siembra, incrementando la producción y conservación del suelo, y lo más importante : incorporando terrenos, improductivos actualmente, a la agricultura .

Algunas desventajas del composteo son :

- a) sin tomar en cuenta la venta del producto final, el capital y costo de operación de la planta son altos .
- b) dificultad en introducir el producto al mercado .
- c) necesidad de un personal propiamente entrenado .
- d) experiencia de operación en plantas modernas .
- e) aún cuando se supone que el proceso aeróbico no provoca olores apreciables, no es posible el descomponer material heterogéneo de esta naturaleza con una ausencia total de generación de sulfuros, amonio , indol, mercaptanos y sustancias similares asociadas a procesos anaeróbicos (4)(6)(27) .

Los beneficios que una planta de composteo implica, es que puede estar situada en la ciudad en una área pequeña, evitando transporte y búsqueda de lugares adecuados donde depositar los desechos captados. Si se utiliza aguas negras se logra un ahorro sustancial al municipio (11) .

PRINCIPIOS BASICOS DE COMPOSTEO.

Composteo es un proceso biológico para convertir desechos sólidos orgánicos en un producto estable, parecido a humus, cuya principal función es la de acondicionador de suelos. El composteo moderno es aeróbico, combinando temperaturas mesofílicas y termofílicas, donde se presenta una descomposición biológica de los constituyentes orgánicos de las basuras bajo condiciones controladas. Se puede efectuar en pilas (13), digestores mecánicos, tambores o recipientes similares (3)(9)(13)(14)-(19). El resultado neto del composteo es la estabilización de la materia orgánica en las basuras (10). La utilidad práctica posterior de la materia orgánica depende de su rompimiento en el suelo (29).

En este proceso la degradación de compuestos existe por una actividad combinada de una amplia sucesión de poblaciones de microorganismos (bacterias, actinomicetos, hongos, etc.), cada una con acción y duración limitada y de mayor actividad en la descomposición de algún tipo - en particular de materia orgánica, completándose sus actividades entre sí. Esta actividad está manifestada en cambios continuos de temperatura y sustrato, motivado por rompimientos progresivos de complejos en los alimentos para incrementar compuestos simples (9).

SUSTRATOS:

proteína---péptidos--- amino ácidos---compuestos de amoniaco--- -
protoplasma bacteriano, N_2 y NH_3 .
carbohidratos---azúcares simples---ácidos orgánicos--- CO_2 y - -
protoplasma bacteriano.

Algunos estudios (13)(34) señalan que existe una variedad de microorganismos con diferentes y específicas funciones y que uno solo de estos microorganismos, no importa qué tan activo sea, no puede ser comparado con la actividad de una mezcla de poblaciones para producir una rápida y satisfactoria descomposición. Al parecer existe una mayor cantidad-

de especies de bacterias en un proceso aeróbico en comparación con uno anaeróbico desarrollándose algunas especies rápidamente al principio, pero disminuyendo a medida que las condiciones ambientales cambian, en tanto que otras especies se desarrollan.

El promedio y eficiencia del proceso son funciones del promedio y eficiencia de la actividad microbiana, sujeto a limitaciones impuestas por población microbiana presente y formas genéticas y por factores ambientales (1) (35).

En un proceso aeróbico, actinomicetos y hongos son los más activos (19).

Las bacterias mesofílicas predominan al principio del proceso, dando paso pronto a las bacterias termofílicas que habitarán todas las partes de la pila donde la temperatura sea satisfactoria, que es eventualmente en toda la pila. Los hongos termofílicos aparecen en 5-10 días y los actinomicetos se hacen visibles posteriormente al practicar composteo rápido, de corta duración (14) (27).

A menos que no se tengan volteos frecuentes, de tal manera que no se den las condiciones de tiempo y crecimiento, las poblaciones de hongos y actinomicetos son lo suficientemente grandes para dar apariencia blancogrisosa a la zona externa de la pila. Entre los actinomicetos más comunes se tiene Streptomyces sp. y Micromonospora sp., prevaleciendo este último. Los hongos incluyen Thermonmyces sp., Penicillium dupontii y Aspergillus fumigatus (1) (35).

Los microorganismos requieren de un suministro continuo de oxígeno para su metabolismo. Es necesario que llegue a todas las partículas del material en descomposición, y en la medida que esto sea, la descomposición se efectúa rápidamente estableciéndose condiciones aeróbicas, la temperatura generada por la actividad microbiana se eleva y no hay producción de malos olores (31).

Al ser restringido el suministro de oxígeno, se establecen condiciones anaeróbicas dando como resultado olores fétidos como consecuencia de formación de productos por reducción tales como H_2S y CH_4 a partir de SO_4 y CO_2 respectivamente (1).

Tanto en pilas como en digestores de composteo, el oxígeno del aire se difunde a través del material húmedo y triturado, disolviéndose en la película de agua que rodea cada partícula, de donde la bacteria aeróbica obtiene el necesario para su crecimiento, permitiéndole multiplicarse al utilizar el desecho como alimento (37). La descomposición en cada partícula corre de afuera hacia adentro debido a la profundidad de oxidación, que es lenta; de ahí que cualquier desperdicio orgánico puede ser composteado si se mantienen un adecuado suministro de oxígeno y condiciones ambientales adecuadas para el crecimiento bacteriano (34).

Entre los aspectos fundamentales en composteo, aparte del adecuado suministro de oxígeno, se tiene la molienda y el conservar el nivel de humedad apropiado en el material por compostear.

El beneficio obtenido de la molienda del material es una serie de factores que aceleran la descomposición (5) (13). La característica principal es el aumentar la superficie de contacto, que con humedad apropiada, resulta en un flujo de aire a toda la pila, además de proporcionar un tamaño de partícula uniforme (18)(31)(37). Se tiene también que durante el metabolismo biológico aeróbico se produce energía en forma de calor, el cual destruye microorganismos patógenos al lograrse etapas termofílicas durante el proceso (17)(25), lo que se logra rápidamente en los primeros cuatro días, alcanzando temperaturas de 55-75°C, seguidos por una lenta declinación a medida que la materia orgánica se estabiliza.

La formación de pilas debe llenar algunos requisitos, puesto que pueden ser de cualquier longitud, pero la altura es algo crítico, ---

recomendandose (13) un máximo de 1.5 a 2.0 m., con un mínimo de 1.2 m., supuesto que si la pila es muy alta será comprimida por su propio peso, reduciendo así el espacio entre huecos resultando un incremento en el -- costo o un período más extenso de composteo si se desarrollan condiciones anaeróbicas. Pilas grandes en climas calientes, presentan elevación de -- temperatura en exceso para la vida bacteriana. Si las pilas son muy bajas, se calientan rápidamente no obteniéndose las temperaturas óptimas -- para la destrucción de patógenos ni descomposición por bacterias termo -- filicas, perdiéndose además humedad, dando como resultado un retraso en el proceso .

Otros estudios indican que el pH inicial del material composteable, está usualmente entre 5.0 y 7.0, a menos que el desecho contenga cenizas o algún otro material áltamente alcalino. Cuando el pH inicial está entre 6.0-7.0, se tendrá una baja de estos valores en los siguientes tres días de composteo aeróbico debido a la formación de algún producto ácido. Después de cuatro días se empieza a elevar hasta llegar a un valor de 8.0 - 9.0 al final del proceso si el material se mantiene aeróbico; pero se producen gran cantidad de ácidos orgánicos durante la descomposición anaeróbica debido a que las cenizas, carbonatos, cal u otras sustancias alcalinas actúan como un sistema amortiguador, y mantienen el pH bajo; sin embargo no es necesario añadir material alcalino en un proceso aeróbico, puesto -- que el mal causado es mayor al beneficio producido, por la pérdida de nitrógeno al desarrollarse el gas amonio, pérdida que será mayor a pH mayor. (9)(34) .

Algunas conclusiones (34) señalan que la "relación C/N para propósitos de composteo debe ser alrededor de 30/1 para lograr óptimos resultados. Una relación alta implica deficiencia de nitrógeno y una relación -- baja, exceso. Para el primer caso se necesita más tiempo para una operación exitosa, mientras que para el segundo caso, es más rápida y completa, pero se pierde nitrógeno en forma de amonio (9), lo que se debe tratar de evitar ya que el nitrógeno es un nutrimento mayor importante en el creci-

miento celular, y tener así una composta de mayor valor como acondicionador de suelos " (34) .

Gottas (13) indica " que de los nutrimentos mayores (N,P,K) la conservación de nitrógeno es la más importante, puesto que su escasez limita la cantidad de alimento producido, siendo también el más difícil de conservar porque se pierde en forma de amonio y otros gases de nitrógeno que son volátiles, aparte de las mermas por lixiviación (9)(22) . La pérdida como amonio está afectada por la relación C/N, pH, % de humedad, aireación, temperatura, formas de compuestos de nitrógeno al empezar la pila y la capacidad retentiva de nitrógeno de los materiales composteables . La relación C/N de 30/1 es también satisfactoria para fijar el nitrógeno en el material biológico de la célula y así prevenir su escape " . Varios investigadores (34) reportan relaciones óptimas para evitar pérdidas de N_2 a diferentes condiciones, desde 26 a 38 .

El tiempo requerido para una estabilización satisfactoria del desecho depende (9)(13) de tamaño de partícula, relación C/N inicial, % de humedad y la conservación de condiciones aeróbicas. Actualmente el tiempo puede variar de 48 horas a varios meses de operación, dependiendo del método que se utilice y el grado de correcta aplicación de la ciencia del composteo (14) .

En cuanto a los volteos, la fórmula se puede aplicar como sigue(9)(13):

- a) con 40-60 % de humedad, volteos cada tres días, cuatro en total .
- b) con 60-70 % de humedad, volteos cada tres días, cinco en total .

A mayor cantidad de volteos, menor tiempo de composteo (3)(27). Un hecho que debe mencionarse, es que el volteo no reduce el calor generado por la pila; puede observarse un leve abatimiento de 5-6°C , pero se eleva en las próximas tres horas .

Una composta obtenida de desechos sólidos domiciliarios se puede considerar formada cuando puede acumularse en pilas grandes indefinidamente sin calentamiento. En esta etapa existe aún actividad microbiana, pero en forma menos drástica. La composta final tiene un olor a tierra húmeda , - color gris-negro, aún cuando no puede decirse que está lista por la simple observación del color, pues el tono se logra mucho antes de la parte final

del proceso (9) .

Se ha determinado que el número de bacterias es rara vez una límite en el composteo y que no hay ganancia en inocular colonias (9)(13)(31) . Para reducir el tiempo de procesamiento se podría poner material en su etapa final, un 5 % aproximadamente, a material nuevo recién molido y así se tendría un crecimiento de bacterias efectuando la digestión del material en un tiempo menor .

El contenido de humedad puede influenciar en forma significativa el tiempo necesario en composteo . El rango apropiado es de 40-60 % y un exceso puede inhibir el flujo de aire en la pila y obstaculizar la labor de las bacterias aerófilas, mientras que una deficiencia puede impedir el crecimiento (metabolismo) .

EFFECTOS DE ALTAS TEMPERATURAS SOBRE ORGANISMOS PATOGENOS .

Puntos térmicos mortales para algunos parásitos y patógenos comunes (9)(13)(17)(25)(34) .

Salmonella typhosa : sin crecimiento arriba de 46°C, muere en 30 minutos a 60° C .

Salmonella sp. : muere en una hora a 60° C .

Shigella sp. : muere en una hora a 60° C .

Escherichia coli : muere en una hora a 55° C y en 20 min. a 60° C .

Entamoeba hist. cyst. : muere a 68° C .

Taenia saginata : muere en 15 minutos a 71° C .

Trichinella spiralis lar. : muere a 72° C .

Necatur americanus : muere en minutos a 45° C .

Brucella abortus o suis : muere en tres minutos a 61° C .

Micrococcus pyogenes var. aureus : muere en 10 minutos a 54° C .

Streptococcus pyogenes : muere en 10 minutos a 50° C .

Mycobacterium tuberculosis var. hominis : muere en 20 min. a 66° C .

Corynebacterium diphtheriae : muere en 45 minutos a 55° C .

El proceso de composteo acarrea una drástica merma en el contenido de carbohidratos y contempla varios grados de descomposición de otros constituyentes orgánicos con desprendimiento de CO_2 y pérdida de nitrógeno. Grandes cantidades de nitrógeno son transformadas dentro de las células de las bacterias, habiéndose comprobado que contienen de 7-11 % de nitrógeno en base seca. Los tejidos de los hongos contienen de 4-6 % de N_2 . Tales células microbianas constituyen una parte sustancial de la composta madura. Algunos investigadores (34) estiman que un 30 % de N_2 debe estar presente en esta forma :

Se cuenta con algunos datos sobre composiciones químicas de basuras, tal como usualmente se presentan en base seca (%), lo cual no implica que sean necesariamente valores promedio o determinantes (13)(34) .

| <u>Elemento</u> | <u>%</u> |
|--------------------------|------------|
| C | 45 |
| O | 43 |
| H | 6 |
| N | 1-3 |
| P | 0.05-1.5 |
| S | 0.05-1.5 |
| K | 0.3 -6.0 |
| Ca | 0.0 -3.5 |
| Mg | 0.05-0.7 |
| <u>Elementos menores</u> | <u>ppm</u> |
| Fe | 10-1500 |
| Mn | 5-1500 |
| Zn | 3-150 |
| B | 2-75 |
| Mo | trazas |

La composición química de la basura varía ampliamente debido a la heterogeneidad de los materiales que la constituyen, su cantidad y composición. En base seca, la basura cruda contiene :

| | |
|-------------------------------|-----|
| N | 2 % |
| P ₂ O ₅ | 2 % |
| K ₂ O | 1 % |

Para composta de basura doméstica se tiene :

| | |
|-------------------------------|--------------|
| N | 0.44-4.11 % |
| P ₂ O ₅ | 0.42-2.98 % |
| K ₂ O | 0.22-2.50 % |
| cenizas | 13.00-80.5 % |
| pH | 6.3 a 8.1 |

Las variaciones tan grandes mostradas en la composición, probablemente son debidas a variaciones inherentes a la basura cruda utilizada, método de composteo, duración de descomposición y condiciones de almacenamiento después de preparado .

El contenido de cenizas puede verse afectado por algo de suelo añadido al practicar volteos y otras razones, mucho después de que la materia orgánica se ha descompuesto. Un material con 65 % de cenizas será difícil de vender puesto que la fracción orgánica es reducida .

Los elementos secundarios Ca, Mg, S y los elementos menores B, Cu, Zn, Mn y Mo , están presentes en el material orgánico en cantidades variables , suponiéndose que pueden ser de algún valor al adicionarlos a suelos con deficiencia de nutrimentos .

HUMUS - EL PRODUCTO FINAL .

El humus es materia orgánica en un estado de descomposición más avanzado. En un proceso de composteo, donde una porción de la materia orgánica se ha degradado, es una mezcla de sustancias oscuras, amorfas, de los tejidos originales que ha sido modificada por la acción microbiana, completando su ciclo o proceso de descomposición al ser colocada en el suelo. Este es un proceso de humificación (21) .

Una diferencia entre materia orgánica y humus, es que la primera es un material de apariencia áspera, mientras que el segundo presenta apariencia más uniforme. Presenta propiedades coloidales, y se dice que las partí -

culas coloidales probablemente originan un fenómeno electroquímico -- a través del cual los nutrimentos presentes en formas insolubles en el suelo son solubilizados y puestos a disposición de las plantas (34).

El humus es un agregado o complejo heterogéneo que representa una mezcla de un gran número de diferentes compuestos, provenientes de residuos de material vegetal o animal, cuya proporción varía, afectando el -- grado de humificación. Durante este proceso tienen lugar reacciones complejas secundarias de condensación y polimerización dando como producto final al humus (8) .

Esto incluye descomposición y conversión de tejidos por microorganismos a compuestos químicos más simples y productos de completa mineralización como CO_2 , NH_3 , NO_3^- , CH_4 y H_2O , etc., además de síntesis de compuestos orgánicos con la formación de sustancias húmicas de alto peso molecular y de naturaleza específica. En general, se ha observado el siguiente orden de la microflora durante un proceso general de humificación (21) :

hongos y bacterias no esporuladas \rightarrow bacterias esporuladas \rightarrow myxobacterias celulolíticas \rightarrow actinomicetos

El primer grupo ataca las sustancias orgánicas fácilmente disponibles, como azúcares, aminoácidos, proteínas simples, etc. Posteriormente las bacterias celulolíticas que requieren nitrógeno en compuestos simples y que no pueden desarrollarse hasta que esta forma es acumulada por el -- grupo anterior, comienzan a predominar y finalmente los actinomicetos -- pasan a ser el grupo dominante .

Algunos compuestos identificados como componentes del humus, son : ácidos como el acrílico, acrotónico, α -mono-hidroxiesteárico, benzóico, agrocérico, oxálico, succínico, acrotónico, sacárico, humocérico y m-tolúico . Algunos aldehídos como vainillina, tri-tiobenzaldehído, salicílico, etc. Aún cuando no se sabe con exactitud cómo, están relacionados con minerales como fósforo y azufre , y el humus nunca está disociado de ellos . El -- siguiente análisis lo explica :

| | |
|---------|----------|
| C | 44.12 % |
| H | 6.00 % |
| O | 35.00 % |
| N | 8.12 % |
| cenizas | 66.00 % |
| | <hr/> |
| | 100.00 % |

Las cenizas consisten de minerales como Ca, P, B, Zn, Mg, Mn, etc. El análisis tiende a demostrar que el humus contiene minerales, que está formado por compuestos orgánicos e inorgánicos y que como se mencionó antes, el término materia orgánica es una designación inaplicable (en un sentido estricto) porque no se puede esperar al final del proceso el tener una clara línea de demarcación entre lo considerado orgánico y lo considerado inorgánico .

ORIGEN DEL HUMUS

El humus consiste de compuestos de origen vegetal, animal o microbiano. En otras palabras, su origen es de materia orgánica en cuyo proceso de degradación se tiene acción microbiana y química, la primera -- referida como biológica , incluyendo acción de bacterias, hongos, etc., y la segunda comprende hidrólisis, oxidación y reducción, dando como resultado formación de compuestos simples que funcionan directa o indirectamente como nutrimentos (21)(23) .

El humus representa energía almacenada , y para que sea de algún valor debe ser liberada, y esto es una cualidad dinámica que existe por la degradación microbiana de algún tipo o grupo de materiales orgánicos. Además, el humus ejerce una acción estimulante sobre estos microorganismos, ya que en la descomposición de materia orgánica se producen ciertos compuestos ácidos que ejercen una acción solvente sobre -- los minerales, presentándolos en formas disponibles a las plantas. Uno de los principales es el ácido carbónico el cual satura el agua del suelo formando una solución ácida que funciona como solvente de materiales (1) (15) .

En cierto punto de la descomposición, el proceso se hace más -- lento. Una parte del material se hace resistente a las actividades -- de los microorganismos, permaneciendo en un estado en el cual no se -- descompone por cierto tiempo. Si anualmente se ha ido adicionando ma -- teria orgánica al suelo, después de un tiempo contendrá humus que ca -- recerá de la cualidad dinámica .

VARIABLES ESTUDIADAS Y ALGUNAS QUE REQUIEREN MAS ESTUDIO .

Las personas con alguna experiencia en investigación sobre compos -- teo, sabrán de las dificultades al estudiar unas 12 o más variables -- cuando las partes esenciales de todo el proceso no están completamente -- entendidas. Se estima necesario 20 años o más antes de tener suficien -- te trabajo que permita entender las muchas variables y sus relaciones -- entre sí (34) .

De las doce variables enlistadas, dos han sido estudiadas en forma -- intensiva : efecto del % de humedad y efecto de la temperatura sobre -- el promedio de composteo. Algunas otras son :

a) pH : la basura cruda es generalmente ácida (5.0 - 6.0), y a medida -- que procede la digestión del material, se eleva a un valor de 8.0 - 9.0. -- Con valores altos de pH y % de nitrógeno, resulta una pérdida sustan -- cial de este último . Se previene controlando el pH y asegurando un -- amplio suministro de oxígeno (9) .

b) suministro de oxígeno : sólo parte del O_2 requerido para la diges -- tión proviene de la atmósfera, y el resto es obtenido del rompimiento -- de los compuestos orgánicos , aún cuando se ha demostrado que se re -- tarda el proceso por falta de O_2 gas en el tiempo del proceso ; esto -- puede evitarse con movimientos continuos del material en digestión , -- aire forzado o ambas cosas (5)(18)(36) .

c) formación de CO_2 : la importancia de un alto contenido de este gas -- en contacto con el material en digestión ha sido señalada por Eweson -- (34) , porque se supone que ayuda de alguna manera a la no prolifera -- ción de moscas (3) .

d) relación C/N : la importancia estriba en la necesidad de los microorganismos, de nitrógeno para formar su población y de carbón para su energía. Una relación 30/1 es la ideal y a medida que procede la digestión, el carbón pasa a CO_2 liberándose, mientras el nitrógeno es almacenado en el protoplasma de los seres vivos (34) .

e) deficiencia en nutrimentos esenciales, fineza de molienda y uniformidad de mezcla : son puntos obviamente importantes para aquellos que entiendan de descomposición biológica, comentando solamente que el efecto de la molienda es acelerar el proceso de tal forma que se proporcione a los microorganismos más área de superficie en la cual crecer. Sin embargo, como se vera más adelante, una molienda muy fina reduce la porosidad y de esta manera el suministro de O_2 a través del material.

f) otros aspectos son las siembras, procesos de flujos continuos o por carga, y con agitación o estacionario: con los limitados datos disponibles, se puede establecer la siguiente discusión respecto a estas variables del proceso : aún cuando investigadores en las universidades de California y Michigan, han demostrado que se puede lograr el composteo sin emplear siembras especiales, no se ha demostrado si esos cultivos tienen o no mérito alguno . Se ha demostrado que la marcada rapidez de un proceso en flujo continuo, con agitación continua o intermitente tiene un efecto acelerador sobre el proceso (5)(10)(14)(34)(36) .

PATRONES PARA MEDIR GRADO Y PROMEDIO DE COMPOSTEO.

Se ha dependido de la apariencia, olor y tacto del producto final para determinar si está o no debidamente composteado. Pero es necesario contar con patrones más formales para determinar cuándo se tiene un material estable, con material orgánico disponible para el enriquecimiento del suelo, que pueda apilarse y re-humedecerse sin sobrecalentamiento que origine pérdidas de nitrógeno . Debido a el carácter y variación tan amplia de los materiales composteables, no es posible que un criterio simple o un sólo patrón pueda ser usado en todos los desperdicios urbanos. Por ejemplo, el cambio de pH de 5 a 9 ha probado ser un buen patrón .

Las cenizas se consideran como patrón primario práctico. Otras pruebas más comunes son apariencia, olor y generación de calor .

Durante el proceso el material cambia de color café a negro y de fibroso a una apariencia desmenuzable . El olor de la basura cruda puede variar de rancio a pútrido, mientras que un material bien compostado tiene un ligero olor a tierra. La generación de calor depende del grado de oxígeno disponible, pH, siembras, % de humedad, temperatura ambiente, etc. (34) .

Si el material esta demasiado seco, la humedad es insuficiente para el metabolismo de los microorganismos ; y si esta demasiado húmedo, los espacios porosos estan llenos, el área de contacto reducida y se presenta una anaerobiósis (10)(36) .

Una parte sustancial de los resultados anotados hasta este punto , fueron tomados de trabajos efectuados por la Univ. de Michigan , los que demuestran que el % de humedad óptimo está en un pequeño rango de 52-58 % (34) . Incluye también una serie de 10 estudios diseñados para medir el efecto de la temperatura sobre el promedio y grado de digestión , anotando sus limitaciones. Un resultado es que se obtiene una buena digestión en rango de 35° C a 60° C (34) .

También es necesario contar con mayor investigación relacionada a la pérdida parcial de nitrógeno durante el proceso y la forma de evitarlo . De 300 análisis de nitrógeno total, se registraron valores desde 3.0 % hasta 8.0 % , con un promedio de 6.3 % (7)(22) . Con una aireación inadecuada durante el composteo, el contenido de nitrógeno total no puede sostenerse arriba de 1.0 a 1.5 (12) .

CAPITULO # 3

MATERIALES Y METODOS

M A T E R I A L E S Y M E T O D O S

Para la elaboración del presente trabajo se procedió a la formación de una PILA EXPERIMENTAL DE COMPOSTEO EN PROCESO ACELERADO , y posteriormente se realizaron los análisis físicos y químicos que se mencionan, desarrollándose un programa que a continuación se anota :

- 1.- Análisis físico de basura destinada a proceso (composición en %).
- 2.- Análisis físico-químico de la basura cruda .
- 3.- Formación de pila para composteo de las siguientes dimensiones:

| | |
|----------|---------|
| altura | 1.9 m. |
| base | 2.6 m. |
| longitud | 10.0 m. |
- 4.- Practicar volteos lunes, miércoles y viernes .
- 5.- Mantener humedad constante de 55% (por medio de riegos) .
- 6.- Registro de temperatura antes y después del volteo (anotando la temperatura ambiente) .
- 7.- Registro diario del % de humedad antes del volteo, procurando -- hacerlo a la misma hora .
- 8.- Tomar muestra de 10 kg. para el análisis físico-químico y cuartear para obtener muestra representativa de 1.5 kg. (los días lunes , miércoles y viernes antes del volteo) .
- 9.- Preparar muestras para el análisis .
- 10.- El análisis físico-químico comprenderá :
 - a) Densidad aparente .
 - b) Nitrógeno total .
 - c) Materia orgánica oxidable .
 - d) Materia orgánica total .
 - e) Relación C/N .
 - f) Amonio canjeable .
 - g) Cenizas .

- h) Humus .
- i) pH .
- j) Capacidad de Intercambio catiónico total .
- k) Cationes asimilables (Na, Ca, K, Mg, Fe, Cd, Hg, Pb) .
- l) Conductividad eléctrica .
- m) Carbono .
- n) Azufre .
- o) Poder calorífico .
- p) Fósforo .

Las muestras se tomaron de cuatro sitios distintos en la pila -- para tratar de lograr una mayor representatividad. Los riegos se hicieron con ayuda de mangueras. La temperatura fue medida con un termómetro de vástago de 1.1 m. Una vez obtenidas las muestras antes del volteo (hecho con un trascabo), se procedió a la determinación de su contenido de humedad .

A continuación se hacían los cuarteos procurando una mayor representatividad, extendiéndose la muestra sobre un plástico para secarla a temperatura ambiente . Una vez seca la muestra se pasaba a un molino de cuchillas para fragmentar el material y tenerlo en condiciones que representaran un mínimo de problemas para su manejo posterior en los diferentes análisis, guardándose en bolsas de plástico . Los aparatos utilizados en los diferentes análisis son : calorímetro adiabático automático con bomba calorimétrica Parr , aparato Kjeldahl para nitrógeno -- total y destilación en determinación de amonio canjeable y CICT . Un -- espectrofotómetro de absorción atómica para cationes asimilables. Una -- balanza para determinación de humedad. Colorímetro Bausch-Lomb para el fósforo, potenciómetro Corning para el pH y el equipo usual en laboratorio como mufla, balanzas, vasos de precipitado, etc.

A todas las muestras obtenidas de la pila se les practicaron los siguientes métodos de laboratorio :

- a) Densidad aparente: método de la probeta, basada en la determinación del peso de un volumen dado.
- b) Humedad: en la balanza para la determinación de humedad .
- c) pH : en el potenciómetro, utilizando relación 1:10 .
- d) Nitrógeno total: por el método Keldahl (modificación con ácido salicílico) .
- e) Materia orgánica oxidable : método Walkely-Black .
- f) Cenizas: en mufla a 800° C durante 2 horas .
- g) C I C T : por extracción con acetato de amonio y destilación en Keldahl .
- h) Humus: por hidrólisis con ácido nítrico y extracción con hidróxido de amonio .
- i) Conductividad eléctrica: aparato llamado puente de resistencia eléctrica .
- j) Amonio canjeable: tratamiento con solución ácida de NaCl y destilación en Keldahl .
- k) Poder calorífico: en calorímetro adiabático .
- l) Azufre: precipitación con BaCl₂ .
- m) Cationes intercambiables: en espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer modelo 403 .
- n) Fósforo: método Olsen .

Algunos análisis se hicieron por duplicado, excepto la materia orgánica, efectuándolo hasta diez veces por el problema que representa el manejo de un material tan heterogéneo como es la basura .

CAPITULO # 4

RESULTADOS EXPERIMENTALES

RESULTADOS EXPERIMENTALES

El proceso en la pila experimental de composteo duró 43 días -- contados desde su formación hasta la última toma de muestra, obteniéndose 18 muestras en total . El olor de la pila fue variando desde -- algo desagradable al principio, agri dulce después y tierra húmeda al final . Se observó gran cantidad de moscas al principio, desapareciendo al establecerse las condiciones termofílicas . A los 28 días de -- proceso apareció sobre la pila y hasta 30 cm. de profundidad la presencia de actinomicetos, caracterizada por un color blanco .

Se efectuaron solamente tres riegos, y aún cuando teóricamente el agua de lluvia humedece sólo la capa 0-20 , el % de humedad no disminuyó drásticamente debido primero a la forma especial de la pila y -- segundo, a la continuidad de los volteos que hizo posible se aprovechara una parte de esta agua de lluvia, pero aún insuficiente para -- mantener el % de humedad que se planeó como óptimo para el proceso .

El propósito de secar las muestras a temperatura ambiental, es el de evitar pérdidas de nitrógeno en forma de amonio, ya que es uno de -- los compuestos que presenta la característica de ser inestable . Por esta razón la determinación de amonio canjeable debe hacerse lo antes posible .

El % de carbono se calcula con el factor de Jackson (0.58) multiplicándolo por el valor obtenido en la determinación de % de materia orgánica oxidable.

El análisis porcentual de la basura cruda nos proporciona una amplia información, como puede ser el nivel socio-económico de un sector de la población o su densidad misma ; esto basado en estudios previos de generación de basura per capite .

Aún cuando inicialmente en el programa por desarrollar se señala la determinación de densidad parente, los resultados obtenidos no se -- anotan en el cuadro # 3 , debido a que hubo una interpretación errónea en el procedimiento y manejo de muestra .

Los resultados obtenidos en el experimento se muestran en los -- siguientes cuadros y gráficas :

La gráfica # 1 muestra el registro de temperatura ambiental durante el proceso de fermentación .

La gráfica # 2 nos da el termograma , el % de humedad y el pH -- del proceso , anotándose los volteos y riegos efectuados .

El cuadro # 1 nos muestra el registro diario de la pila experimental , anotándose fecha de muestreo , días de proceso y temperatura de la pila antes y después del volteo y fecha de éste, riegos y -- si se efectuó la toma de muestra .

El cuadro # 2 nos da la composición porcentual de la basura cruda utilizada para la formación de la pila .

El cuadro # 3 señala algunas propiedades físico-químicas del proceso de fermentación en proceso acelerado .

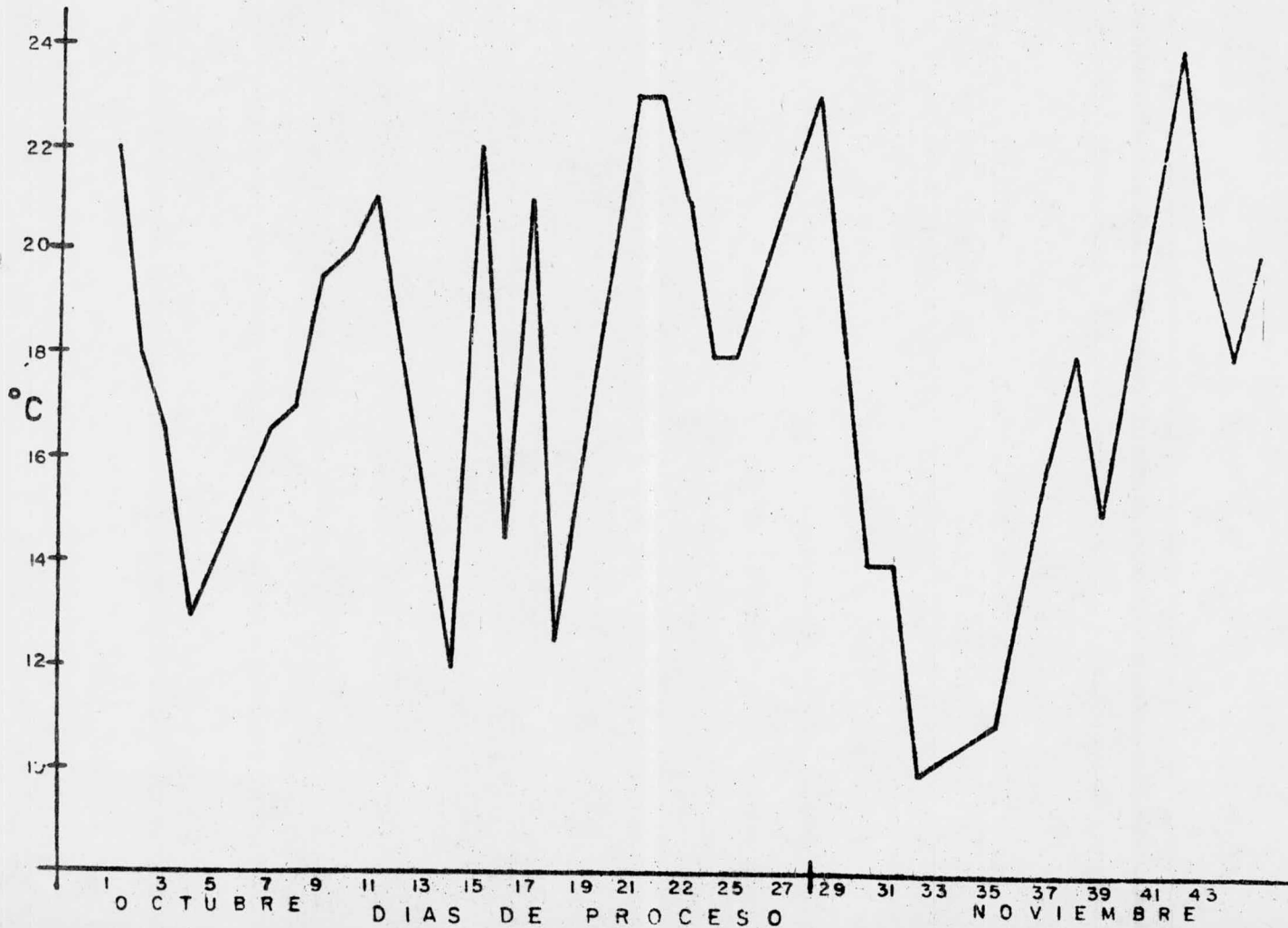
El cuadro # 4 indica los valores en ppm del análisis de cationes -- que se estan considerando como asimilables .

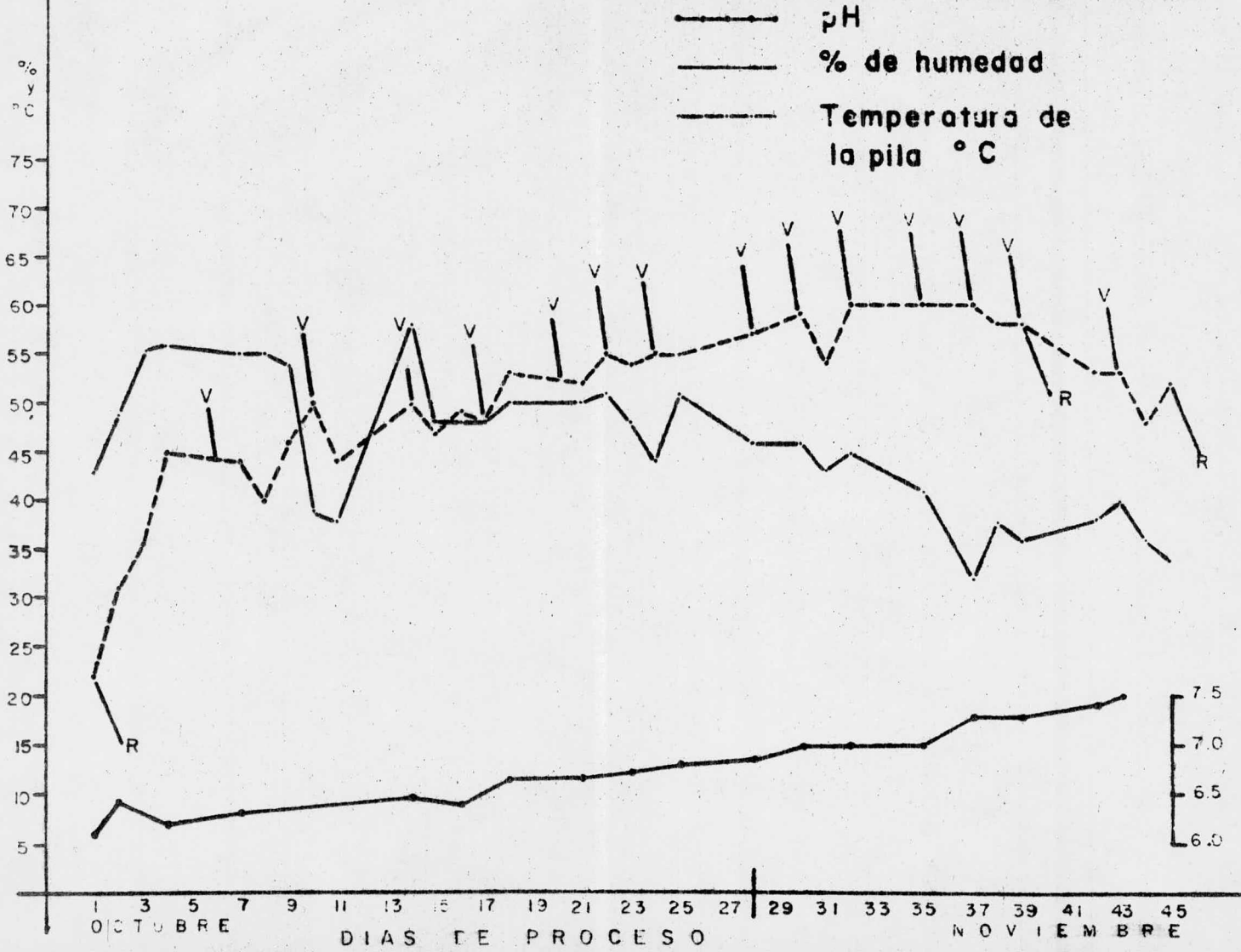
La gráfica # 3 marca cómo fue descendiendo el % de materia orgánica a medida que se efectuaba la degradación del material durante el -- proceso .

Las gráficas # 4 y # 9 ,de % de materia orgánica total y % de cenizas , auxiliados por la gráfica # 12 , nos indican la forma en que disminuye una en tanto aumenta la otra , lo que nos habla de mineralización y disminución de la materia degradable respectivamente .

Las gráficas # 5 ,# 6 y # 7 muestran el % de carbón , % de nitrógeno y la relación C/N respectivamente , los cuales son patrones primarios para medir el grado de composteo .

Temperatura ambiente





REGISTRO DIARIO DE LA PILA EXPERIMENTAL

| FECHA | DÍAS DE MUESTREO | HUMEDAD % | TEMPERATURA DE LA PILA | | TEMPERATURA AMBIENTE °C | VOLTEO | RIEGO | TOMA DE MUESTRA |
|-----------|------------------|-----------|------------------------|------|-------------------------|--------|-------|-----------------|
| | | | °C | (*) | | | | |
| 5-oct-76 | x | 43.0 | 22.0 | | 22.0 | x | x | x |
| 6-oct-76 | x | 49.0 | 31.0 | | 18.0 | | | x |
| 7-oct-76 | | 55.5 | 35.5 | | 16.5 | | | |
| 8-oct-76 | x | 56.0 | 45.0 | | 13.0 | | | x |
| 11-oct-76 | x | 55.0 | 44.0 | | 16.5 | | | x |
| 12-oct-76 | | 55.0 | 40.0 | 37.0 | 17.0 | x | | |
| 13-oct-76 | | 54.0 | 46.0 | | 19.5 | | | |
| 14-oct-76 | | 39.0 | 50.0 | 38.0 | 20.0 | x | | |
| 15-oct-76 | | 38.0 | 44.0 | | 21.0 | | | |
| 18-oct-76 | x | 58.0 | 50.0 | 46.0 | 12.0 | x | | x |
| 19-oct-76 | | 48.0 | 47.0 | | 22.0 | | | |
| 20-oct-76 | x | 48.0 | 49.0 | | 14.5 | | | x |
| 21-oct-76 | | 48.0 | 48.0 | 46.0 | 21.0 | x | | |
| 22-oct-76 | x | 50.0 | 53.0 | | 12.0 | | | x |
| 24-oct-76 | | | | | | x | | |
| 25-oct-76 | x | 50.0 | 52.0 | | 23.0 | | | x |
| 26-oct-76 | | 51.0 | 55.0 | 50.0 | 23.0 | x | | |
| 27-oct-76 | x | 48.0 | 54.0 | | 21.0 | | | x |
| 28-oct-76 | | 44.0 | 55.0 | 52.0 | 18.0 | x | | |
| 29-oct-76 | x | 51.0 | 55.0 | | 18.0 | | | x |
| 1-nov-76 | x | 46.0 | 57.0 | 54.0 | 23.0 | x | | x |
| 3-nov-76 | x | 46.0 | 59.0 | 55.0 | 14.0 | x | | x |
| 4-nov-76 | | 43.0 | 54.0 | | 14.0 | | | |
| 5-nov-76 | x | 45.0 | 60.0 | 57.0 | 10.0 | x | | x |
| 8-nov-76 | x | 41.0 | 60.0 | 56.0 | 11.0 | x | | x |
| 10-nov-76 | x | 32.0 | 60.0 | 54.0 | 16.0 | x | | x |
| 11-nov-76 | | 38.0 | 58.0 | | 18.0 | | | |
| 12-nov-76 | x | 36.0 | 58.0 | 52.0 | 15.0 | x | x | x |
| 15-nov-76 | x | 38.0 | 53.0 | | 24.0 | | | x |
| 16-nov-76 | x | 40.0 | 53.0 | 51.0 | 20.0 | x | x | x |

* Temperatura después de volteo.

CUADRO # 2

5 de octubre de 1976

COMPOSICION PORCENTUAL DE BASURA CRUDA

| | | | |
|---|-----------------|----------|--------------------------------|
| Peso total de la muestra | <u>17.10kg.</u> | densidad | <u>0.300 ton/m³</u> |
| Peso total de la muestra para análisis físico | | | <u>14.760 kg.</u> |
| Peso total de la muestra para clasificación de materiales | | | <u>9.9 kg.</u> |
| Peso total de la muestra para análisis de laboratorio | | | <u>3.657 kg.</u> |

| <u>Materiales</u> | <u>Peso kg.</u> | <u>% en peso</u> |
|--------------------------------------|-----------------|------------------|
| Papel | 1.163 | 11.688 |
| Cartón | 0.338 | 3.396 |
| Vidrio blanco | 0.103 | 1.035 |
| Vidrio ambar | 0.233 | 2.341 |
| Vidrio verde | 0.000 | 0.000 |
| Lata | 0.059 | 0.592 |
| Fierro | 0.000 | 0.000 |
| Materiales no ferrosos | 0.000 | 0.000 |
| Material de cocina(materia orgánica) | 7.193 | 72.291 |
| Plástico (pelfcula) | 0.390 | 3.919 |
| Plástico (rfgido) | 0.120 | 1.206 |
| Poliestireno expandido | 0.000 | 0.000 |
| Materiales para construcción | 0.000 | 0.000 |
| Hueso | 0.000 | 0.000 |
| Hule | 0.000 | 0.000 |
| Madera | 0.000 | 0.000 |
| Trapo y algodón | 0.167 | 1.678 |
| Cuero | 0.023 | 0.231 |
| Suelo (2 mm. malla # 10) | 0.000 | 0.000 |
| Suelo fino no recuperable | 0.000 | 0.000 |
| Fibras de esclerenquima | 0.026 | 0.261 |
| Envases tetrapak | 0.035 | 0.351 |
| Otros | 0.000 | 0.000 |
| Total | 9.850 | 98.994 |

Observaciones: en la selección se perdió 0.1 kg por humedad(43%).

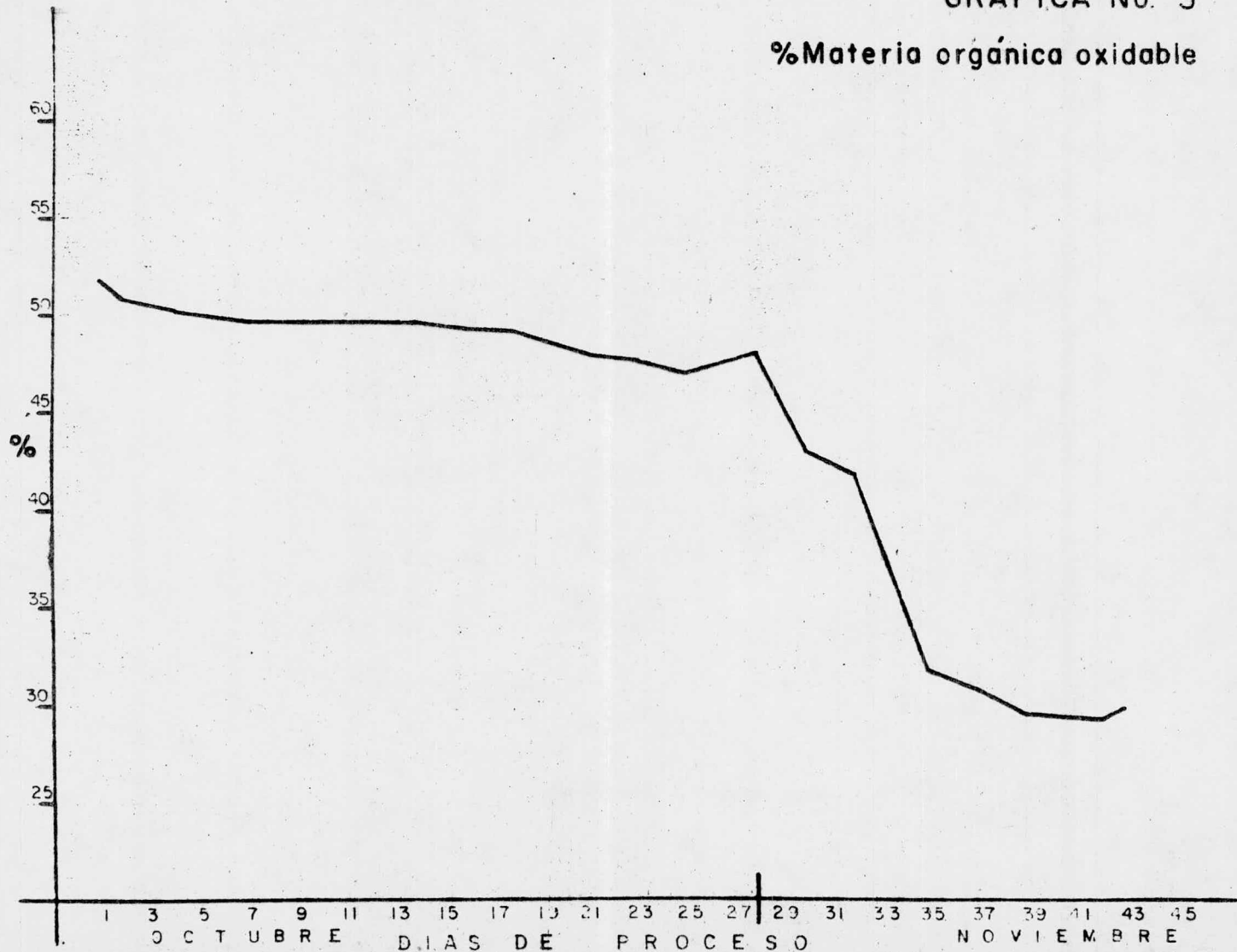
| DIAS DE PROCESO | % HUMEDAD | pH | MATERIA ORGANICA OXIDABLE | MATERIA ORGANICA TOTAL | % C | % N | C/N | HUMUS | % CENIZAS | CONDUC-TIVIDAD ELECTRICA $\mu\text{mhos/cm}$ | C ICT (meq/100g) | AMONIO CANJEABLE ppm | % S | PODER CALORIFICO SUPERIOR | FOSFORO ppm |
|-----------------|-----------|------|---------------------------|------------------------|--------|-------|--------|-------|-----------|--|------------------|----------------------|--------|---------------------------|-------------|
| 1 | 43.0 | 6.10 | 51.92 | 60.02 | 30.114 | 1.232 | 24.443 | 8.86 | 39.98 | 4400 | 21.00 | 152 | 0.2507 | 2223.97 | 576.00 |
| 2 | 49.0 | 6.41 | 50.80 | 59.71 | 29.464 | 1.036 | 28.440 | 9.09 | 40.29 | 5100 | 17.75 | 854 | 0.4555 | 2422.94 | 656.80 |
| 4 | 55.5 | 6.20 | 50.11 | 53.81 | 29.064 | 1.035 | 28.080 | 7.92 | 46.19 | 4600 | 18.25 | 1856 | 0.5840 | 3052.85 | 632.00 |
| 7 | 56.00 | 6.30 | 49.78 | 49.02 | 28.872 | 0.995 | 29.017 | 8.07 | 50.98 | 5100 | 19.00 | 1828 | 0.5613 | 2742.12 | 712.00 |
| 14 | 58.0 | 6.50 | 49.60 | 48.47 | 28.768 | 1.061 | 27.212 | 7.95 | 51.53 | 4800 | 19.13 | 1988 | 0.6685 | 3996.18 | 696.00 |
| 16 | — | 6.40 | 49.34 | 48.52 | 28.617 | 1.025 | 27.919 | 7.70 | 51.48 | 4900 | 20.75 | 1820 | 0.3380 | 2064.82 | 754.40 |
| 18 | 50.0 | 6.65 | 49.32 | 41.55 | 28.605 | 0.98 | 29.189 | 7.86 | 58.45 | 4600 | 22.00 | 1600 | 0.3635 | 1862.86 | 664.00 |
| 21 | 50.0 | 6.66 | 47.85 | 47.03 | 27.753 | 1.036 | 26.789 | 8.14 | 52.97 | 4500 | 22.13 | 1012 | 0.4805 | 2268.34 | 656.80 |
| 23 | 48.0 | 6.71 | 47.63 | 47.33 | 27.625 | 1.025 | 26.952 | 8.16 | 52.67 | 4400 | 20.25 | 1052 | 1.1128 | 2049.50 | 764.00 |
| 25 | 51.0 | 6.80 | 47.01 | 44.07 | 27.266 | 1.064 | 25.626 | 7.82 | 55.83 | 4500 | 20.00 | 1060 | 0.7041 | 2803.79 | 832.00 |
| 28 | 46.0 | 6.85 | 47.97 | 40.72 | 27.823 | 0.952 | 29.225 | 7.74 | 59.28 | 4600 | 20.50 | 1036 | 0.4778 | 1721.75 | 816.00 |
| 30 | 46.0 | 7.00 | 43.02 | 41.95 | 24.952 | 1.008 | 24.754 | 7.14 | 58.05 | 4500 | 20.00 | 832 | 0.5062 | 2641.66 | 896.00 |
| 32 | 45.0 | 7.00 | 41.89 | 38.39 | 24.296 | 0.916 | 26.699 | 7.21 | 61.61 | 4500 | 19.86 | 760 | 0.5371 | 2715.60 | 840.00 |
| 35 | 41.0 | 7.00 | 31.97 | 40.14 | 18.543 | 0.938 | 19.768 | 7.02 | 59.86 | 3500 | 17.50 | 640 | 0.6369 | 1811.59 | 728.00 |
| 37 | 32.0 | 7.31 | 30.89 | 33.62 | 17.916 | 0.910 | 19.688 | 6.84 | 66.38 | 3000 | 17.50 | 540 | 0.4597 | 1583.64 | 800.00 |
| 39 | 36.0 | 7.31 | 26.69 | 36.69 | 17.220 | 0.952 | 18.088 | 7.51 | 63.75 | 2800 | 17.86 | 412 | 0.4607 | 1567.23 | 840.00 |
| 42 | 38.0 | 7.45 | 29.32 | 35.40 | 17.005 | 0.868 | 19.591 | 7.21 | 64.60 | 2900 | 15.75 | 368 | 0.6948 | 1312.39 | 800.00 |
| 43 | 40.0 | 7.50 | 29.91 | 34.35 | 17.348 | 0.842 | 20.603 | 7.28 | 65.65 | 2500 | 15.50 | 216 | 0.3860 | 1576.05 | 840.00 |

C U A D R O # 4

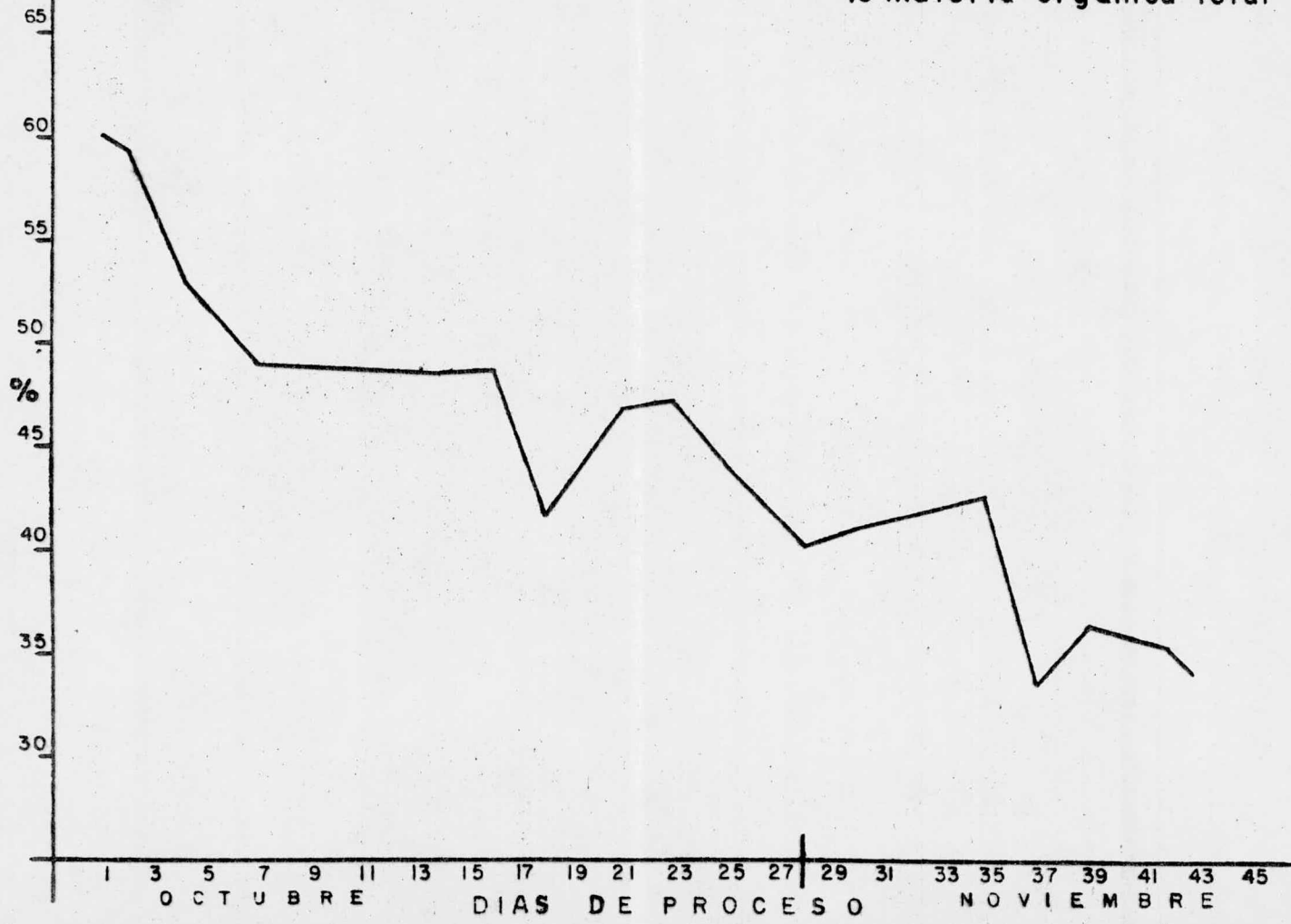
CATIONES INTERCAMBIABLES EN ppm .

| DÍAS DE PROCESO | Na | K | Ca | Mg | Fe | Cd | Hg | Pb |
|-----------------|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| 1.- | 167.2 | 6518 | 12380 | 566.2 | 60.8 | 1.26 | 0.00 | 0.00 |
| 2.- | 159.0 | 5431 | 9220 | 562.2 | 51.4 | 1.24 | 0.00 | 0.00 |
| 4.- | 153.0 | 2836 | 8480 | 511.3 | 66.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7.- | 141.0 | 2060 | 9865 | 560.6 | 77.6 | 0.54 | 0.00 | 0.00 |
| 14.- | 152.0 | 2382 | 9940 | 413.0 | 42.4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 16.- | 157.0 | 3044 | 10880 | 513.0 | 30.2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 18.- | 154.0 | 3086 | 11820 | 588.6 | 17.6 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 21.- | 153.0 | 1778 | 13340 | 570.6 | 13.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 23.- | 147.0 | 2856 | 10100 | 533.6 | 11.2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 25.- | 166.0 | 2540 | 8340 | 425.6 | 7.6 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 28.- | 151.0 | 1786 | 7640 | 387.4 | 10.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 30.- | 143.0 | 1382 | 7740 | 412.4 | 7.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 32.- | 153.0 | 1782 | 12360 | 677.4 | 10.2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 35.- | 156.0 | 2316 | 10580 | 648.8 | 8.8 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 37.- | 145.0 | 1698 | 8900 | 431.2 | 8.6 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 39.- | 142.0 | 2110 | 6540 | 360.6 | 9.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 42.- | 142.0 | 2116 | 7148 | 552.2 | 9.2 | 0.00 | 0.00 | 9.88 |
| 43.- | 142.0 | 2090 | 6580 | 397.6 | 7.6 | 0.00 | 0.00 | 9.94 |

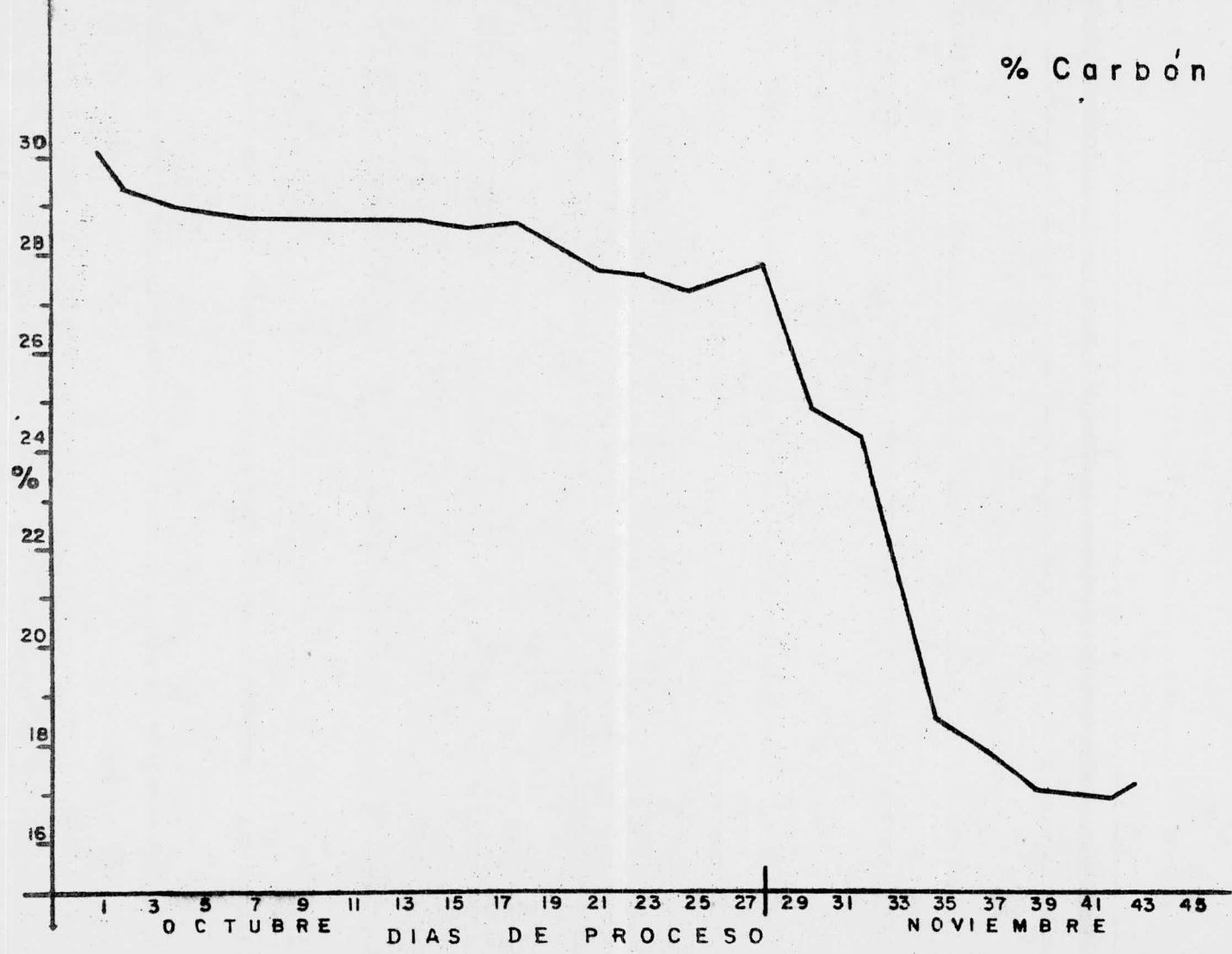
%Materia orgánica oxidable



% Materia orgánica total

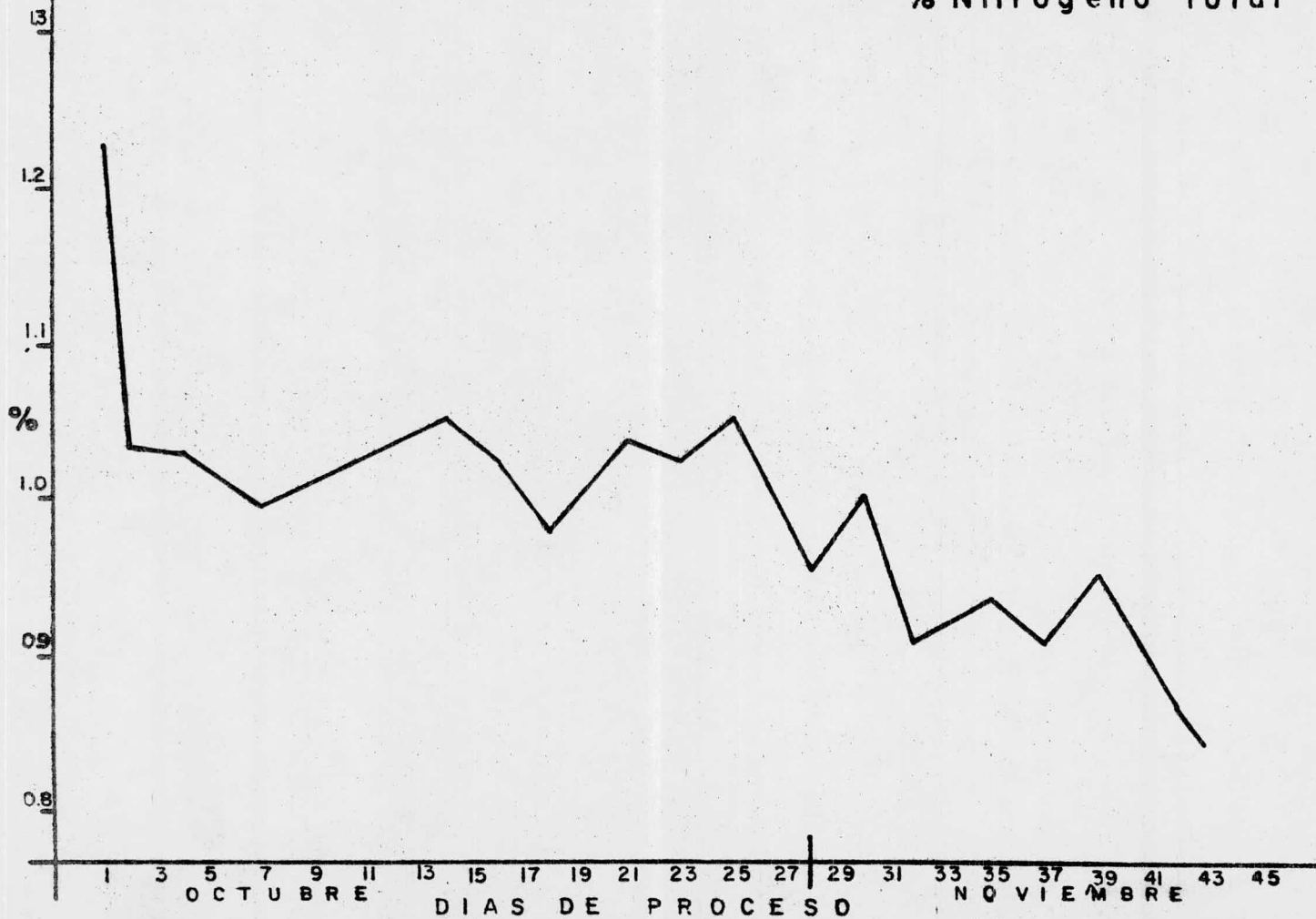


% Carbón

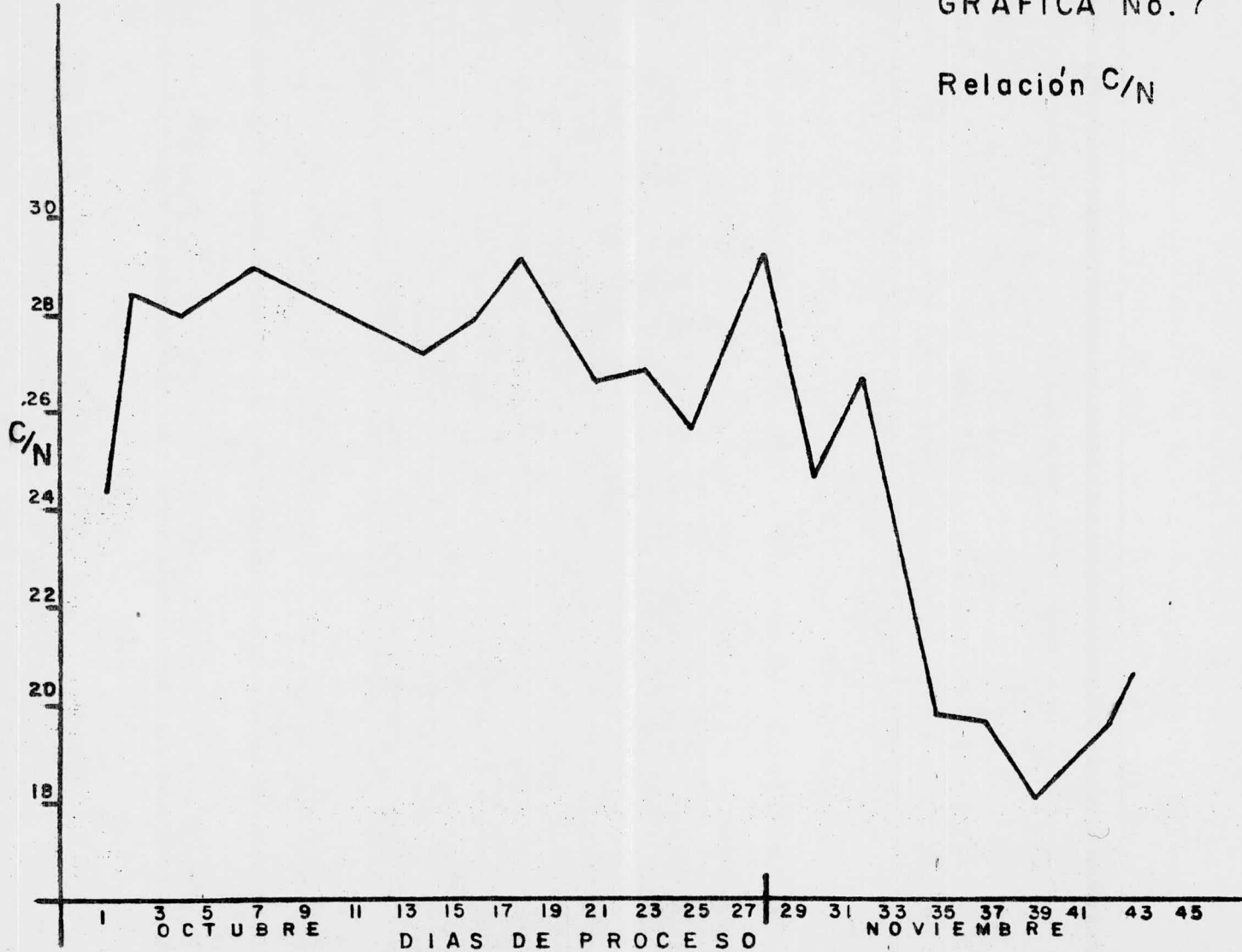


GRAFICA No. 6

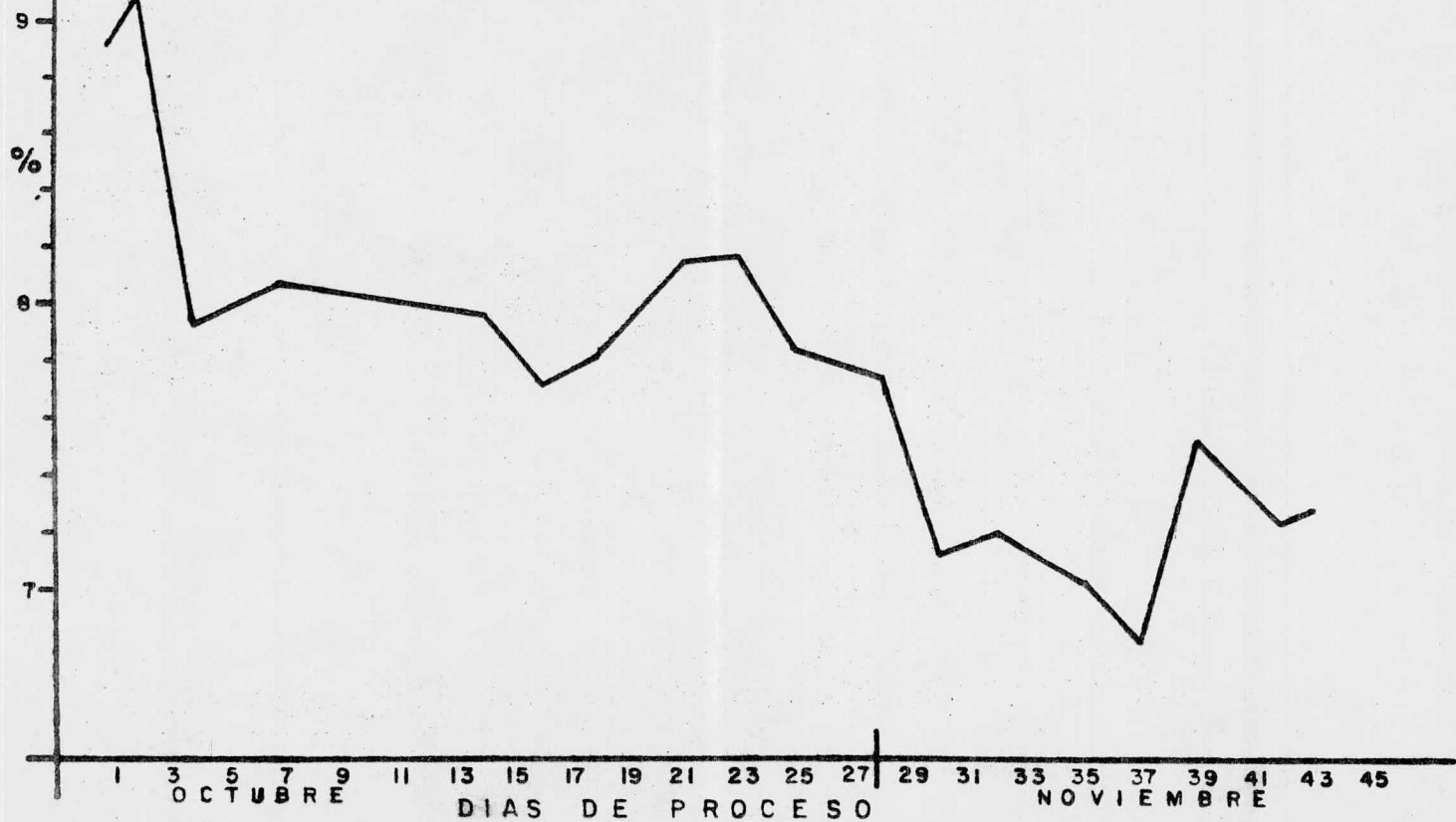
% Nitrógeno total



Relación C/N

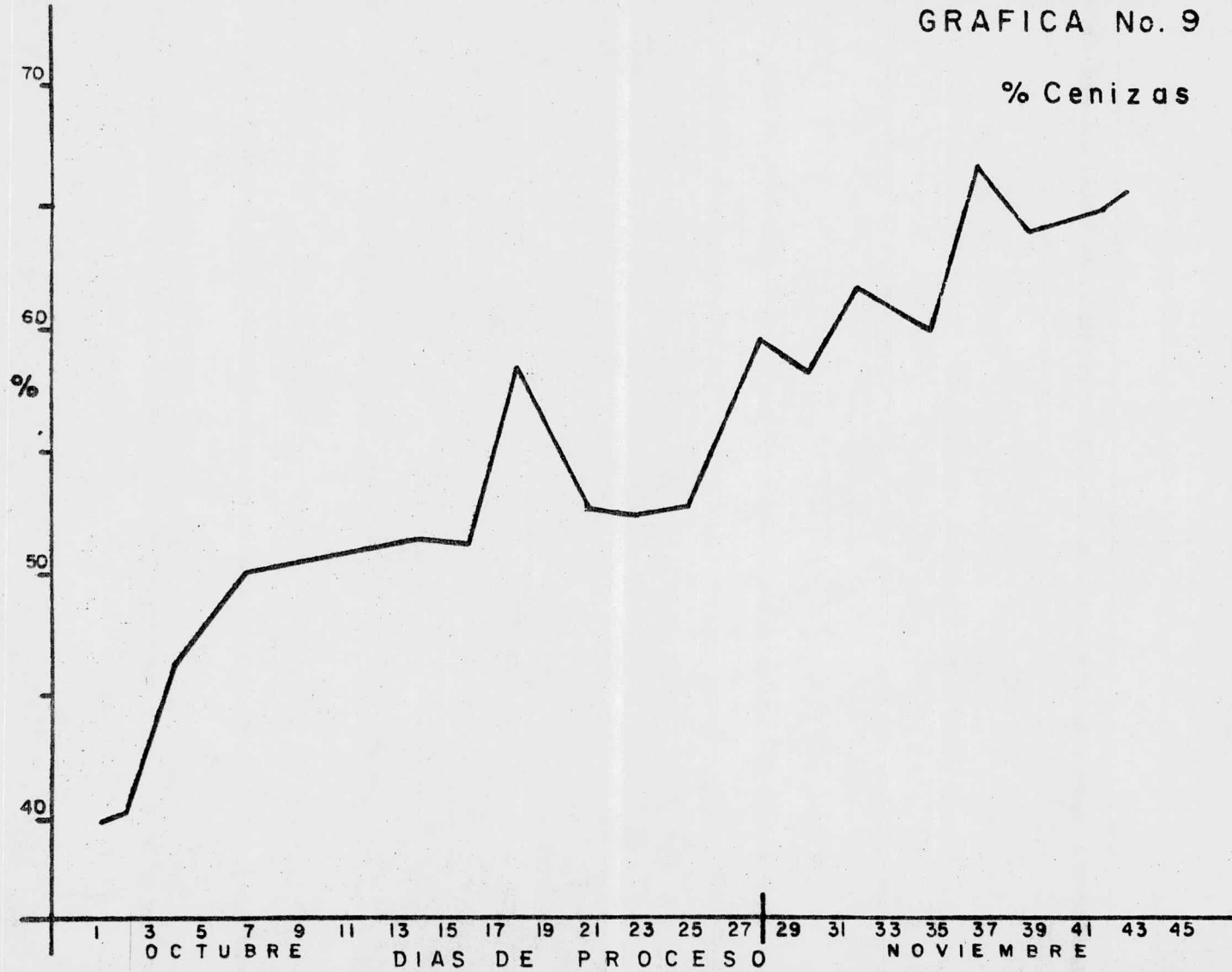


% Humus

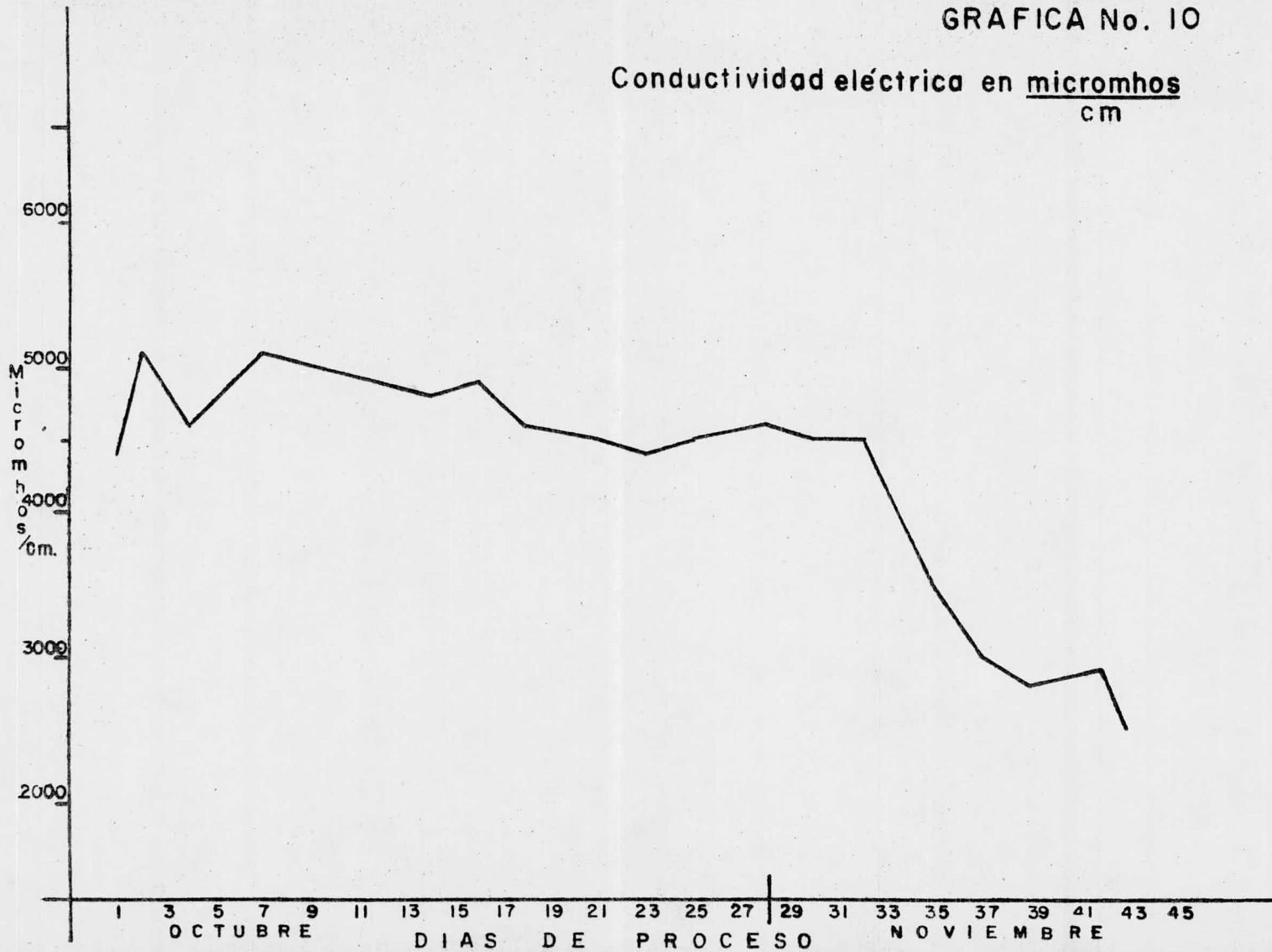


GRAFICA No. 9

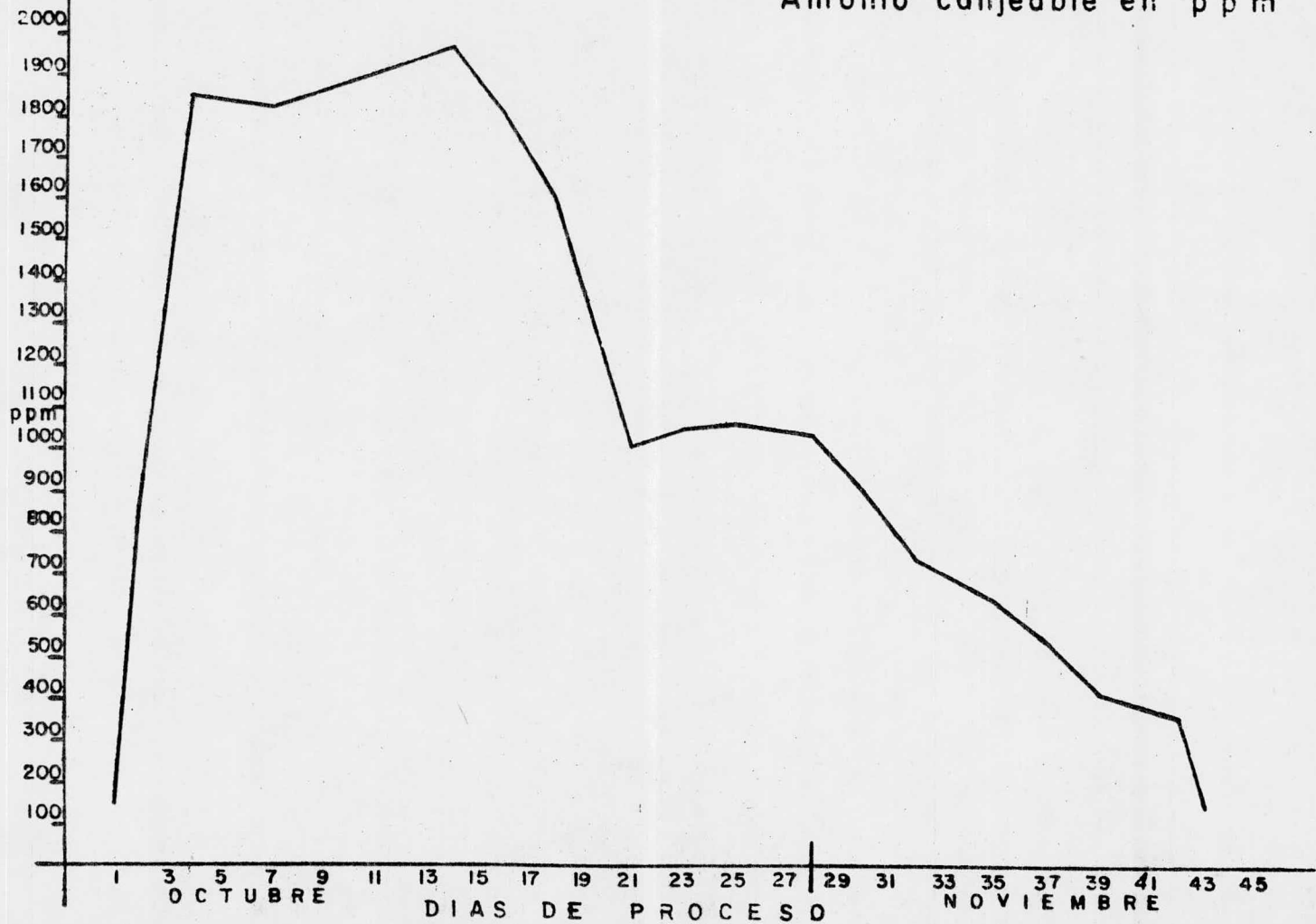
% Cenizas

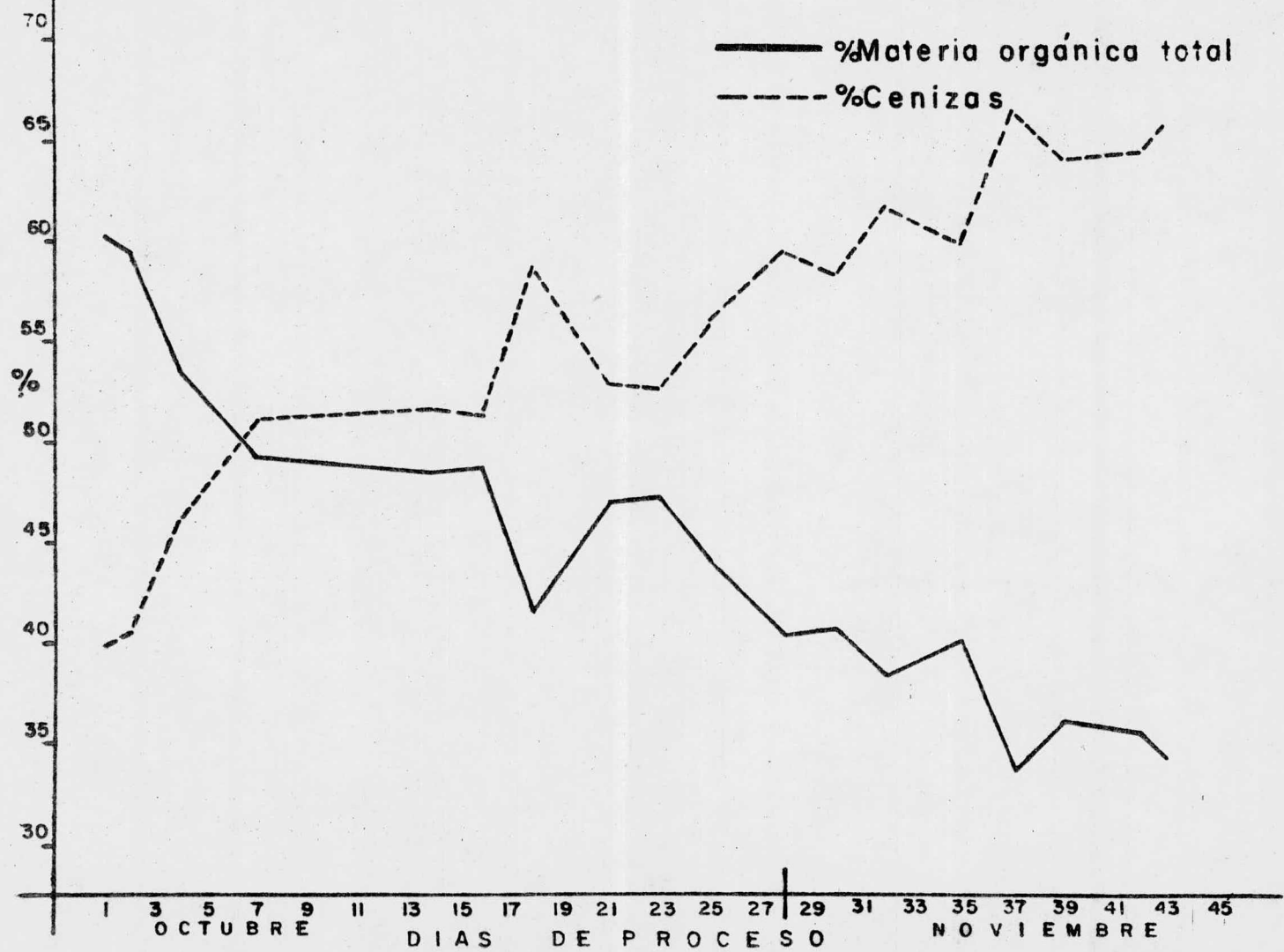


Conductividad eléctrica en micromhos
cm



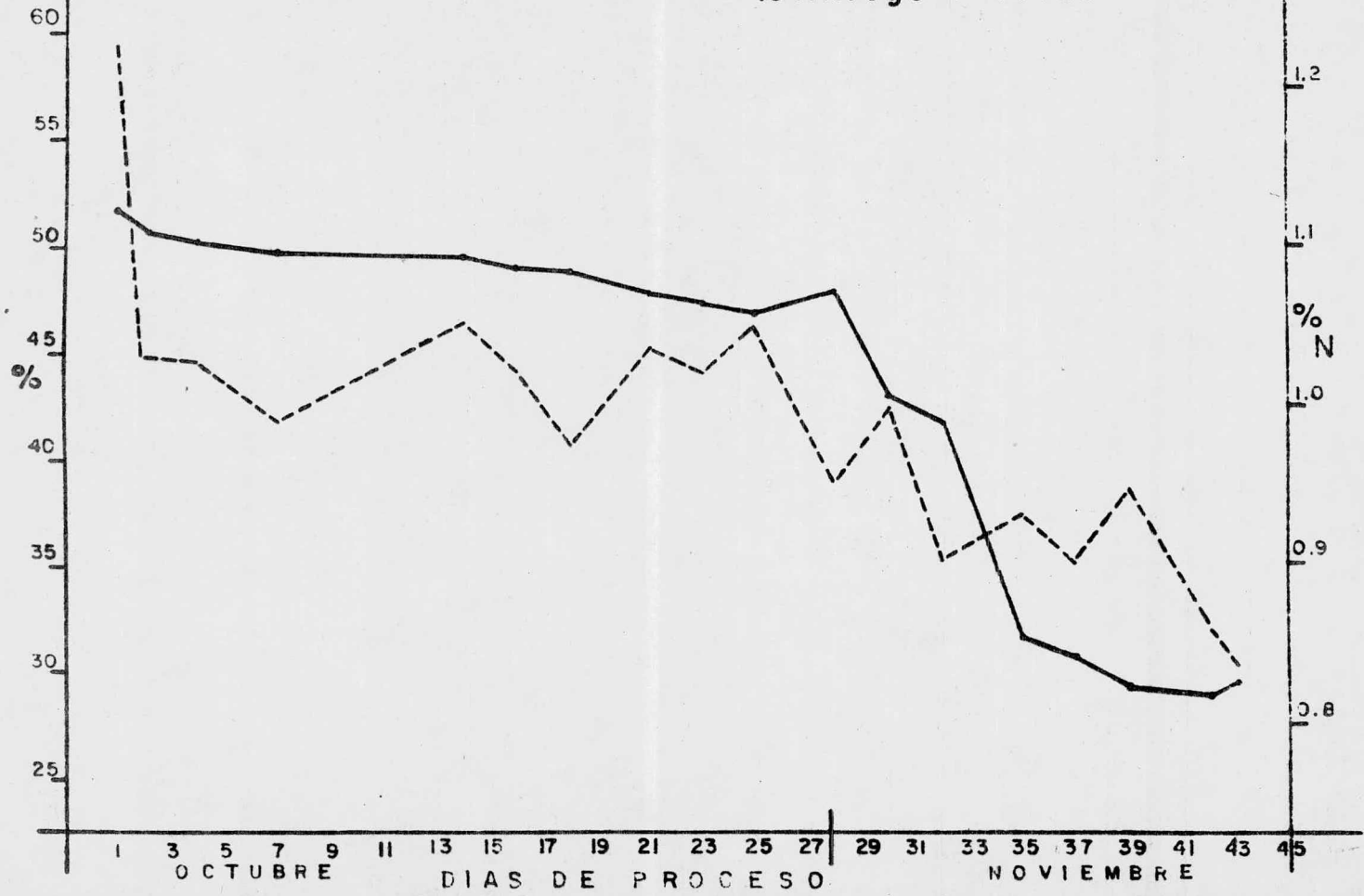
Amonio canjeable en ppm





GRAFICA No. 13

— % Materia orgánica oxidable
 - - - % Nitrógeno total



CAPITULO # 5

DISCUSION DE RESULTADOS

DISCUSION DE RESULTADOS

La temperatura del material de la pila fue al principio de 22° C correspondiente a la basura cruda , elevándose posteriormente debido a la actividad microbiana mantenida al practicar los volteos que son básicos para mantener condiciones aeróbicas . Aún cuando en los primeros días puede considerarse que se presentó una anaerobiósis caracterizada por olores desagradables porque debido a causas de fuerza mayor no fue posible practicar los volteos según lo programado . Una vez establecida la continuidad de los mismos , se modificó y desapareció la condición anaeróbica permitiendo una actividad microbiana uniforme en la totalidad del material , elevándose la temperatura a un valor máximo de 60° C con marcada tendencia descendente hacia el final del proceso como consecuencia del abatimiento de la actividad microbiana . Este fenómeno se observa en cualquier pila de composteo tanto en procesos normales como acelerados , llevando un registro diario de temperatura del material , mismo que mostrará en su parte final una tendencia a estabilizarse en un rango aproximado a la temperatura ambiental , condición que no se modifica aún practicando más volteos , lo que indica que se ha logrado un material estable .

El pH es ácido al principio debido a la naturaleza misma del material , aumentando hacia un carácter básico , producto de la formación de nuevos compuestos como un efecto de la degradación .

La diferencia de temperatura en los distintos lugares de la pila se debe a la humedad y lo compacto del material en cada sitio . Se considera que la capa 0-20 aísla el material que forma la pila del medio ambiente que le rodea , y de las gráficas # 1 y # 2 podemos afirmar que realmente esta capa actúa como un aislante , puesto que a los 32 días de proceso se registró una temperatura ambiental de 10° C , mientras que el interior de la pila tenía 60° C . Esto es un índice más de que en un proceso acelerado se puede tener la misma activi-

dad microbiana en un momento dado , comparado con un proceso normal . A 60 cm. , la actividad es importante y mayor que en la capa 0-20 debido a que se tienen los espacios porosos con la cantidad de humedad y oxígeno adecuados para el metabolismo . Además la humedad no se ve alterada por los cambios climatológicos del lugar .

En el centro de la pila se tiene una humedad mayor y una temperatura menor que en otros sitios . Esto implica que los espacios porosos están saturados de humedad , reducidos por el propio peso del material y el suministro de oxígeno se ve restringido , no siendo el adecuado para que los microorganismos efectúen su metabolismo ; pero con la frecuencia de volteos se logra que la totalidad del material tenga una oxigenación adecuada haciendo posible una mayor actividad microbiana y se logre una fermentación en menor tiempo .

El color del material cambió de gris a café oscuro con una apariencia a suelo al tacto cada vez más fino.

La materia orgánica tiene grandes variaciones pero con una clara tendencia a disminuir , lo que indica que existió mineralización .

El % de nitrógeno disminuyó notablemente , principalmente por pérdidas en forma amoniacal , debido a la frecuencia de volteos , considerándose también pérdidas como N_2 y óxido nitroso .

El % de carbón presenta variación hacia el final del proceso , al ser utilizado como fuente energética por la flora microbiana.

Las cenizas presentan marcada tendencia a incrementarse , lo que habla nuevamente de una gran actividad mineralizante .

Hubo bastantes pérdidas de productos mineralizados por efecto de volatilización y lixiviación principalmente (cuadro # 4) .

No fue posible mantener la humedad a un valor constante de 55 % , según lo programado inicialmente debido a varios problemas , mismos que obligaron a suspender el experimento en la pila . Por esta razón se ve que la relación C/N es aún alta (gráfica # 7) para lo que se considera una composta terminada puesto que se sabe que una relación -

mayor de 12 implica competencia entre microorganismos y vegetales -- por los nutrimentos . El alto % de materia orgánica inicial se puede explicar en el cuadro # 2 , donde vemos un valor de 72 % , lo que indica que el material empleado para la formación de la pila muy probablemente provenia de basura de mercados , y por regla general no se trabaja con este tipo de desechos en la planta industrializadora . Esto, también puede explicar el hecho de que el % de humus (gráfica # 8) - sea tan elevado , sabiéndose por análisis anteriores que los valores máximos están alrededor de 10 % en composta y 5 % en basura cruda en la ciudad de México, D.F.

No obstante lo anteriormente señalado , un estudio de las gráficas nos indica una tendencia a disminuir de la temperatura del material en proceso (gráfica # 2), así como también disminución del % de materia orgánica oxidable (gráfica # 3) , observándose un aumento en el pH -- que nos garantiza un proceso efectivo de degradación del material de la pila , considerándose necesarios un par de volteos más y elevación del contenido de humedad (por medio de riegos) para que se logre una composta de las mismas características a las obtenidas en un proceso normal y así poder considerar el experimento como satisfactorio .

El problema principal que motivó el no anotar los datos de densidad aparente en el reporte final , fue un manejo de muestra inadecuado . La forma correcta de hacer la determinación , es efectuar el muestreo , -- cuartear el material colectado y en esas condiciones utilizar el método de la probeta para conocer el valor . La forma incorrecta de hacerlo , fue secar el material componente de la muestra , molerlo y después aplicar el método . Esto tiene como consecuencia resultados que no corresponden a el valor real de densidad aparente para cada muestra .

Podemos observar en la gráfica # 12 que a un aumento en el % de cenizas corresponde una disminución en el % de materia orgánica total , lo que era de esperarse . Esto indica que la degradación del material por la acción microbiana en las condiciones en que se llevó el experimento - es efectiva y continua , no importando la frecuencia de volteos y el no

contar con un contenido de humedad óptimo , pero aún dentro de un -- rango permisible.

De la gráfica # 13 podemos señalar que a medida que disminuye el % de materia orgánica , disminuye el % de nitrógeno . Al principio - del proceso tenemos valores altos de ambos debido obviamente a una - actividad microbiana casi nula o lenta , y en la medida que se inicia y acelera , se degrada y mineraliza la materia orgánica ,hay formación de compuestos ácidos (orgánicos principalmente) , modificandose esta - condición hacia el final del proceso a un carácter básico , el % de N_2 empieza a descender por las altas temperaturas y la frecuencia de volteos , además de las condiciones de humedad que no son las óptimas , - presentandose las mencionadas pérdidas en formas amoniacales , por ser las más inestables .

Esto se observa claramente en la gráfica # 11 , en donde los valores de amonio canjeable son altos al principio del proceso puesto que las bacterias nitrificantes aún no han fijado el N_2 de nitratos , que es la forma más estable , además de asimilable .

Se comprobó que la temperatura del material disminuye aproximada - mente $5^{\circ} C$ al practicar los volteos, elevandose nuevamente en las 2 o 3 horas siguientes .

La determinación de poder calorífico se efectuo básicamente porque como segunda parte de la determinación , se conoce el % de S en la mues tra . Es de más interes conocer este valor en muestras de basura cruda sobre todo al considerar la incineración de los desechos para la obten - ción de energía . Pero los valores obtenidos son bajos y al pensar en el aspecto económico , es más redituable el industrializarlos por la -- ganancia que representa la venta de composta y sub-productos .

Debe mencionarse el beneficio de tipo social ligado a la instalación de nuevas plantas , puesto que emplean básicamente a pepenadores que -- habitan en los tiraderos , modificando en cierto grado su actual forma de vivir al incorporarlos a los beneficios de instituciones como ISSSTE, y otras prestaciones que coadyuvaran a modificar su situación de margi - nados en la que se encuentran .

En relación al cuadro # 4 podemos mencionar que los elementos Na, K, Ca y Mg, deben estar presentes en sus formas de carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, nitratos, etc. Se sabe que el Pb, Hg y Cd son inhibidores de la actividad microbiana, de ahí el interés de esta de terminación de cationes. Los elementos P, K y Ca deben estar en el suelo a disposición de los vegetales para lograr abundantes cosechas, por ejemplo tenemos que el K es necesario en la formación de azúcares y además influye en el metabolismo del N_2 . El Ca favorece la desintegración de la materia orgánica. Al ser el Mg un constituyente de la clorofila, al no verse favorecida la formación de ésta, se observa una disminución en su contenido durante el proceso. Al tener una gran cantidad de K, se provoca una insuficiente asimilación de Mg, lo que se puede observar también en el cuadro # 4.

En cuanto a el contenido de S, mencionaremos que una de las principales funciones es la de disminuir la basicidad, pero como el pH del proceso está en carácter francamente ácido, se ve claramente que no se desarrolla o libera gran cantidad de S.

Con este experimento se ha pretendido demostrar que es factible -- obtener una composta de las mismas características a las de un proceso normal, dejando el estudio económico a un especialista en la materia. Que con un mayor número de plantas de este tipo:

- a) se puede industrializar la totalidad de los desechos generados en la ciudad;
- b) obtener ganancias de la venta de composta y sub-productos;
- c) auxiliar a la agricultura para obtención de mejores cosechas al aplicar el abono orgánico;
- d) dar una solución al problema de contaminación por desechos sólidos en la ciudad;
- e) eliminar los tiraderos al aire libre.

C A P I T U L O # 6

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

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

- 1.- Alexander, M. 1961. " Introduction to soil microbiology ". John Wiley & sons, Inc. New York .
- 2.- Alvarez, C. G. Environ. Entomol. 1972, 1(6), 701-16 (Eng). Identification and control of flies associated with a compost plant .
- 3.- Bell, R. G. 1973. Compost Science 14(6), 24-25 (Eng). The role of composting and compost in modern agriculture .
- 4.- Boninsegni, C. ISWA Inf. Bull. 1974, 13, 17-24 (Ger). Analysis of odors in composting refuse .
- 5.- Brown, Victor. Composting method. US 3,323,896 (cl. 71-9) June 6, 1967. - - Accelerated composting of organic wastes .
- 6.- Cardenas, R. Symp. Process Agr. Munic. Wastes . 1972 (Pub. 1973) 183-204 - (Eng). Disposal of urban wastes by composting.
- 7.- Fry, B. A. 1955. " The nitrogen metabolism of microorganisms". John Wiley & sons, Inc. New York .
- 8.- Garcia Lezama, F. Tesis profesional 1969. Facultad de Ciencias, C. U.
- 9.- Golueke, C.G. 1973. "Composting. A study of the process and its principles ". Rodale Press, Inc. Emmaus, Pa.
- 10.- Golueke, C.G. 1973. Compost Science 14(4), 7-9(Eng). Latest methods in -- composting and recycling .
- 11.- Golueke, C.G. 1975. Compost Science 17(3), 6-10 (Eng). Principles of municipal composting-What the USA can learn from Mexico .
- 12.- Golueke, C.G. 1976. Compost Science 17(3), 11-15 (Eng). A review of ratio nale, principles and public health .
- 13.- Gottas, H.B. 1971. "Composting". World Health Org. Geneva .
- 14.- Gray, K.R. Chem. Eng. 1969, 20(3), 64-74 (Eng). Accelerated composting of -- organic wastes .

- 15.- Hopkins, D. P. 1957. " Chemicals, Humus and the Soil". Chem. Pub. Co., Inc.
New York .
- 16.- Jackson, M. L. 1976. " Análisis Químico de Suelos". 3ra. Ed. Editorial --
Omega, Barcelona .
- 17.- Jalal, Kazi F. 1969 Compost Science 10(1-2), 20-25 (Eng). Technological --
evaluation of composting for community waste disp. in Asia.
- 18.- Jeris, J. S. 1973 Compost Science 14(2), 8-15 (Eng). Controlling enviromen-
tal parameters for optimum compost.
- 19.- Kane, B.E. 1974 Compost Science 14(6), 6-7 (Eng). Thermophilic fungi and --
the compost enviroment in a high-rate municipal composting
system .
- 20.- Kick, Hermann. Unser Verschmutzter Planet 1972, 191-4 (Eng). Agricultural -
utilization of municipal wastes .
- 21.- Kononova, M. M. "Soil Organic Matter ". 1966. 2nd. Edition. Pergamon Press .
London.
- 22.- Knut, David T. Develop. Ind. Microbiol. 1969(Pub. 1970), 11, 387-95 (eng) .
Nitrogen-Cycle ecology of solid waste composting .
- 23.- Kurbatov, I. M. Tr. Beloruss. Sel'Skhoz. Akad. 1968, 57, 17-24 (Russ). Natu-
re of Humus with regard to soil plants .
- 24.- Lehninger, A.L. 1975. "Biochemistry". 2nd Ed. Worth Pub. In.
- 25.- Lobl, Frantisek. Rostl. Vyroba 1974, 20(8), 861-74 (Eng). Microbiological -
evaluation of the course of ripening in crushed solid muni-
cipal wastes.
- 26.- Manual de operación. Laboratorio, P.I.D.D.S. Departamento del D. F.
- 27.- Martin, J. H. Proc. Cornell Agr. Waste Manag. Conf. 1972, 159-72 (Eng) .
Windrow composting of swine wastes .
- 28.- Moll, W. Staedtehygiene 1972, 23(10), 236-7 (Ger). Problems of waste inciner-

- 29.- Muller, F. M. Mushroom Sci., Proc. Sci. Symp. Cultive Mushroom Int. Cong. Mushroom Sci. Inst. 6th. 1965 (Pub. 1967), 213-23 (Eng) .
Some thoughts about composting .
- 30.- Parker, N. H. AIChE Symp. Ser. 1972, 68(122), 198-204 (Eng). Composting. One portion of the Naturizer integrated system for treating solid wastes .
- 31.- Poincelot, R. P. 1974 Compost Science 15(3), 24-31 (Eng). A scientific - - examination of the principles and practice of composting.
- 32.- Redman, L.E. US. 3,419,377. 31 Dec. 1969. Method for treating organic and - inorganic waste material .
- 33.- Resendiz V, B. Tesis profesional 1977. Facultad de Química, C. U.
- 34.- Rodale, J. I. 1974. "The complete book of composting". Rodale books, Inc .
Emmaus, Pa.
- 35.- Sanchez Marroquín, A. 1954. "Microbiología Agrícola". Apuntes. Chapingo.
- 36.- Willson, G.B. Proc. Cornell Agric. Waste Manag. Conf. 1972, 145-58 (Eng) .
Aeration rates for rapid composting of dairy manure .
- 37.- Willson, G.B. 1973 Compost Science 14(5), 30-34 (Eng). Composting sewage sludge : How ?