



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRICOLAS

CAMPUS TABASCO

POSTGRADO EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TROPICO

Caracterización física y química de abonos orgánicos enriquecidos con guano de murciélago, bajo condiciones del trópico húmedo de Tabasco, México.

JESÚS MANUEL CASTILLO SALAS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

H. CARDENAS TABASCO. DICIEMBRE 2007

La presente tesis titulada: **Caracterización física y química, de abonos orgánicos, enriquecidos con guano de murciélago, bajo condiciones del trópico húmedo de Tabasco, México**, realizada por el alumno: **Jesús Manuel Castillo Salas**, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO _____
DR. DAVID J. PALMA LÓPEZ

ASESOR _____
DR. SERGIO SALGADO MARTÍNEZ

ASESOR _____
DR. ÁNGEL I. ORTIZ CEBALLOS

ASESOR _____
DR. EVERARDO ACEVES NAVARRO

H. CARDENAS TABASCO. DICIEMBRE 2007

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento infinito a:

● A Dios todo poderoso por que siempre me acompaño en esta etapa de mi vida, brindándome ayuda y fuerza, para lograr uno de mis anhelos más grandes de la vida.

● A mis padres y hermanos por su invaluable apoyo moral y sus valiosos consejos desinteresados que me brindaron durante el tiempo de estudios.

● A mis hijas a las que por estos estudios se vieron sacrificadas y alas que les agradezco su comprensión y apoyo.

● A la familia Hernández de la Cruz por su apoyo desinteresado que me han brindado y que es reciproco.

● A la Universidad Autónoma de Campeche por su apoyo en la realización de esta maestría; a la Lic. Sarita Mejia Garrido responsable del PROMEP por su apoyo moral y la fluidez de su información en el programa.

● Al Consejo Nacional de Ciencia y tecnología por el apoyo económico recibido durante mis estudio.

● Al Colegio de Postgraduados Campus tabasco por su invaluable apoyo en la realización de este trabajo.

● Al ISPROTAB por el apoyo en el financiamiento de la investigación.

● Al Laboratorio de Análisis de Suelos Plantas y Aguas del Colegio de Posgraduados Campus Tabasco por su Invaluable apoyo en los análisis de los productos de las compostas en especial a Don Esteban, Doña Marta y a Bernardo por sus consejos y ayuda desinteresada.

● A los directivos del ingenio Presidente Benito Juárez de Cárdenas por su apoyo en proporcionarme productos para la elaboración de las compostas.

● Al productor de Plátano de Teapa tabasco, Fernando Javier Arias por su apoyo en la elaboración de las compostas con los subproductos.

● Al Dr. David J. Palma López por su comprensión y apoyo durante mis estudios en el Campus Tabasco.

● Al Dr. Sergio Salgado por sus consejos y asesoria durante el presente trabajo.

● Al Dr. Ángel I. Ortiz Ceballos por su comprensión y apoyo durante la realización de este trabajo.

● Al Dr. Everardo Aceves Navarro por su comprensión y apoyo durante mis estudios en el campus Tabasco.

DEDICATORIA

Este trabajo se los dedico muy cariñosamente a:

- A mis padres: Ramiro Y Carmita por darme la vida y ejemplos de trabajo así como de realización de las metas deseadas.
- A mis hijas Yahaira, Jennifer y Samantha por significar lo más preciado que tengo y que son mi motivación para dar más.
- A mis hermanos: Mirna, Irene, Armando, Conchi, Ramiro y Rubén, por haber compartido mis aspiraciones y metas.
- A la Mtra. Ani Hernández de la Cruz (+) por el tiempo compartido y por la familia que te aprecia aun en tu ausencia.
- Al SUPAUAC y muy especialmente a su Secretario General mi muy querido amigo el M en C Joaquín A. Bersunza Valladares por su apoyo incondicional y su amistad para la realización de la presente.
- Al Ing. Tito Ramos Castellanos, por sus consejos su motivación así como por su comprensión y apoyo.
- A la Señora Catalina Santos Paat, Por su ejemplo de lucha en la vida, de aliento, de comprensión y apoyo en la realización de este trabajo.
- A todos mis amigos y familiares que por falta de retentiva no se encuentran nombrados en este documento pero que saben que siempre estarán presentes en mi vida.

ÍNDICE

CONTENIDO	PAGINAS
INDICE DE CUADROS	I
CUADRO 1 RANGOS DE PARÁMETROS DE MADUREZ	14
CUADRO 2 CONTENIDO PROMEDIO DE NUTRIENTES DE LAS PRINCIPALES COMPOSTAS EN EL ESTADO DE MÉXICO	23
CUADRO 3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS PRINCIPALES ESTIÉRCOLES	24
CUADRO 4 MÉTODOS EMPLEADOS PARA EL ANÁLISIS DE LAS COMPOSTAS	34
CUADRO 5 DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA COMPOSTA DE COMPARACIÓN DE LOS SUSTRATOS A DIFERENTES CANTIDADES DE PRODUCTOS DE DESECHOS	39
CUADRO 6 DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS COMPOSTAS COMPARANDO LAS DOSIS DE GUANO EN LOS TRATAMIENTOS DE LAS COMPOSTAS	39
INDICE DE FIGURAS	II
FIGURA 1. PRODUCTOS EMPLEADOS PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA CON EL SUSTRATO DE CACHAZA	30
FIGURA 2. PRODUCTOS EMPLEADOS PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA CON EL SUSTRATO DE RESIDUOS DE PLÁTANO	31
FIGURA 3. PRODUCTOS EMPLEADOS PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA CON EL SUSTRATO DE CÁSCARA DE CACAO	32
FIGURA 4. DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO, SE REALIZO EN UN DISEÑO FACTORIAL 3X4 DONDE LOS 12 TRATAMIENTOS FUERON ALOJADOS EN ARREGLO DE BLOQUES AL AZAR CON CUATRO REPETICIONES	33
FIGURA 5. EL COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA COMO UN INDICADOR DE LA MADUREZ DE LA COMPOSTA	36
FIGURA 6. EL COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD COMO UN INDICADOR DE MADUREZ DE LA COMPOSTA	37
FIGURA 7. PARÁMETROS DE LA RELACIÓN AMONIO/NITRATO COMO INDICADORES DE MADUREZ DE LA COMPOSTA	38

FIGURA 8. EL COMPORTAMIENTO DEL PH EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA	39
FIGURA 9 EL COMPORTAMIENTO DEL N EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA	41
FIGURA 10 EL COMPORTAMIENTO DEL P EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA	43
FIGURA 11 EL COMPORTAMIENTO DEL K EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA	45
FIGURA 12 EL COMPORTAMIENTO DEL Ca EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA	47
FIGURA 13 EL COMPORTAMIENTO DEL Mg EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA	48
FIGURA 14 EL COMPORTAMIENTO DEL Na EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA	50
FIGURA 15 EL COMPORTAMIENTO DEL CIC EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA	51
FIGURA 16 EL COMPORTAMIENTO DEL Fe EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA	53
FIGURA 17 EL COMPORTAMIENTO DEL Cu EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA	54
FIGURA 18 EL COMPORTAMIENTO DEL Zn EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA	55
FIGURA 19 EL COMPORTAMIENTO DEL Mn EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA	56
FIGURA 20 EL COMPORTAMIENTO DE LA CE EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA	57
FIGURA 21 EL COMPORTAMIENTO DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA	58
FIGURA 22 EL COMPORTAMIENTO DEL C ORGANICO EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA	59
FIGURA 23 LA RELACIÓN C/N EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA	61

FIGURA 24 EL COMPORTAMIENTO DEL NH ₄ EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA.	62
FIGURA 25 EL COMPORTAMIENTO DEL NO ₃ EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA	63
FIGURA 26 EL COMPORTAMIENTO DE LA RELACIÓN NH ₄ /NO ₃ EN LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA	64
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. LOS ABONOS ORGÁNICOS.	4
2.1.1. ANTECEDENTES DEL USO DE LOS ABONOS ORGÁNICOS	4
2.2 IMPORTANCIA DE LA ELABORACIÓN DE LOS ABONOS ORGÁNICOS	9
2.2.1. MADUREZ DE LA COMPOSTA	11
2.3. OBTENCIÓN DE LA COMPOSTA	13
2.3.1. BIOQUÍMICA DEL COMPOSTEO	15
2.4. USO DE LAS COMPOSTAS	20
III. OBJETIVOS E HIPOTESIS	23
3.1. OBJETIVOS	23
3.2. HIPOTESIS	23
IV. MATERIALES Y METODOS	25
4.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO	25
4.2. CONSERVACIÓN Y ACOPIO DE LOS SUSTRATOS PARA EL EXPERIMENTO ASI COMO EL ACOPIO DEL GUANO DE MURCIÉLAGOS	25
4.3. ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO	27

4.4. PRODUCTOS EMPLEADOS PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA CON EL SUSTRATO DE CACHAZA	30
4.5. PRODUCTOS EMPLEADOS PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA CON EL SUSTRATO DE PLÁTANO	31
4.6. PRODUCTOS EMPLEADOS PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA CON EL SUSTRATO DE CACAO	32
4.7. ANALISIS ESTADISTICO	33
V RESULTADOS Y DISCURSIÓN	35
5.1. INDICADORES DE MADUREZ DE	36
5.1.1. LA TEMPERATURA COMO UN INDICADOR DE LA MADUREZ DE LA COMPOSTA	36
5.1.2. LA HUMEDAD COMO UN INDICADOR DE LA MADUREZ DE LA COMPOSTA	37
5.1.3. LA RELACIÓN $NH_4:NO_3$ COMO UN INDICADOR DE LA MADUREZ EN LAS COMPOSTAS	38
5.2. RESULTADOS ESTADISTICOS DE LOS CONTENIDOS DE NUTRIENTES EN LAS COMPOSTAS	39
5.2.1. EL COMPORTAMIENTO DEL pH EN LA ELABORACIÓN DE LAS COMPOSTA	40
5.2.2. EL COMPORTAMIENTO DEL N EN LA ELABORACIÓN DE LAS COMPOSTA	42
5.2.3. EL COMPORTAMIENTO DEL P EN LA ELABORACIÓN DE LAS COMPOSTA	44
5.2.4. EL COMPORTAMIENTO DEL K EN LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA	46
5.2.5. EL COMPORTAMIENTO DEL Ca EN LA ELABORACIÓN DE LAS COMPOSTA	48
5.2.6. EL COMPORTAMIENTO DEL Mg EN LA ELABORACIÓN DE LAS COMPOSTA	49
5.2.7. EL COMPORTAMIENTO DEL Na EN LA ELABORACIÓN DE LAS COMPOSTA	51

5.2.8. EL COMPORTAMIENTO DE LA CIC EN LA ELABORACIÓN DE LAS COMPOSTA	52
5.2.9. EL COMPORTAMIENTO DEL Fe EN LA ELABORACIÓN DE LAS COMPOSTA	54
5.2.10. EL COMPORTAMIENTO DEL Cu EN LA ELABORACIÓN DE LAS COMPOSTA	55
5.2.11. EL COMPORTAMIENTO DEL Zn EN LA ELABORACIÓN DE LAS COMPOSTA	56
5.2.12. EL COMPORTAMIENTO DEL Mn EN LA ELABORACIÓN DE LAS COMPOSTA	57
5.2.13. EL COMPORTAMIENTO DE LA CE EN LA ELABORACIÓN DE LAS COMPOSTA	58
5.2.14. EL COMPORTAMIENTO DE LA MATERIA ORGANICA EN LA ELABORACIÓN DE LAS COMPOSTA	59
5.2.15. EL COMPORTAMIENTO DEL C ORGANICO EN LA ELABORACIÓN DE LAS COMPOSTA	60
5.2.16. EL COMPORTAMIENTO DE LA RELACIÓN C/N EN LA ELABORACIÓN DE LAS COMPOSTA	62
5.2.17 EL COMPORTAMIENTO DEL NH ₄ EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA	63
5.2.18. EL COMPORTAMIENTO DEL NO ₃ EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA	64
5.2.19. EL COMPORTAMIENTO DE LA RELACIÓN NH ₄ / NO ₃ EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA.	65
VI. CONCLUSIONES	65
VII. BIBLIOGRAFIA	69
ANEXOS	74
CUADRO 1-A DE PRUEBA DE ESTADÍSTICAS DE LAS RESPUESTAS DE LOS SUSTRATOS CON LAS VARIABLES EN EL COMPOSTEO AERÓBICO CON GUANO DE MURCIÉLAGOS	76
CUADRO 2-A DE PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE LAS VARIABLES CON LAS APLICACIONES DE GUANO EN DIFERENTES DOSIS	76

CUADRO 3-A DE LAS CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES DE DIFERENTES COMPOSTAS	77
CUADROS 4-A DE NIVELES ESTADÍSTICOS DE CORRELACIÓN SUSTRATO- GUANO	78
CUADROS 4-B DE NIVELES ESTADÍSTICOS DE CORRELACIÓN SUSTRATO- GUANO	79
CUADROS 4-C DE NIVELES ESTADÍSTICOS DE CORRELACIÓN SUSTRATO- GUANO	80
CUADROS 4-D DE NIVELES ESTADÍSTICOS DE CORRELACIÓN SUSTRATO- GUANO	81
CUADROS 4-E DE NIVELES ESTADÍSTICOS DE CORRELACIÓN SUSTRATO- GUANO	82
CUADROS 4-F DE NIVELES ESTADÍSTICOS DE CORRELACIÓN SUSTRATO- GUANO	83
CUADRO 5-A DE RELACIÓN DE LOS PROMEDIOS DE LOS SUSTRATOS CON LAS DOSIS DE GUANO AL FINAL DEL PROCESO DE COMPOSTEO	84
CUADROS 6-A DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	85
CUADROS 6-B DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	86
CUADROS 6-C DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	87
CUADROS 6-D DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	88
CUADROS 6-E DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	89
CUADROS 6-F DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	90

CUADROS 6-G DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	91
CUADROS 6-H DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	92
CUADROS 6-I DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	93
CUADROS 6-J DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	94
CUADROS 6-K DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	95
CUADROS 6-L DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	96
CUADROS 6-M DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	97
CUADROS 6-N DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	98
CUADROS 6-Ñ DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	99
CUADROS 6-O DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	100
CUADROS 6-P DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	101
CUADROS 6-Q DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	102
CUADROS 6-R DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	103
CUADROS 6-S DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	104
CUADROS 6-T DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	105
CUADROS 6-V DE NIVELES DE SIGNIFICANCIA DE LOS TRATAMIENTOS POR CADA UNA DE LAS VARIABLES	106

RESUMEN:

Con el objetivo de caracterizar el desarrollo de las principales compostas usando subproductos de las principales industrias agrícolas en el Estado de Tabasco se adicionaron dosis decrecientes de guano de murciélagos que se obtiene en cavernas que se localizan en las márgenes del río Usumacinta en el Municipio de Tenosique. Las cuales monitorearon para la determinación del estado de madurez de la masa tomando las lecturas cada dos días de la temperatura, así como muestreos cada quince días para la determinación química de amonio (NH_4) y nitratos (NO_3); se cuantificaron los principales nutrientes así como sus reacciones químicas.

Se realizaron análisis de regresión y correlación de las concentraciones obtenidas por los métodos químicos indicados en la NOM-021-RECNAT-2000 las cuales mostraron una correlación altamente significativa ($R^2=97.9$) con el uso de guano como un mejorador de las compostas resulta una alternativa para lograr un producto de alta calidad nutrimental.

ABSTRACT:

With the aim of characterizing the production of different compost using by-products of Tabasco's most representative agricultural industries, doses of bat's manure were added, which are obtained from caves located in the riverbanks of the Usumacinta river in the municipality of Tenosique. These were evaluated to know their state by taking lectures of their temperature every two days. Sampling to determine ammonium (NH_4) and Nitrates (NO_3) was achieved, the main nutriments as well as their primary chemical reactions were quantified.

Regression and correlation analysis of the obtained concentrations were performed by the methods indicated in the NOM-021-RECNAT-2000. Correlation was high ($R^2=97.9$). Guano can be used of as an additive to improve the quality of compost.

I. INTRODUCCIÓN:

La pérdida de materia orgánica (MO) en los suelos es un proceso que provoca degradación física de los mismos, lo que se refleja en problemas asociados con la estructura, por ejemplo, la disminución de la porosidad, de la capacidad de intercambio catiónico, la fertilidad y la mayor compactación. En suelos arcillosos los problemas se agudizan debido a que la falta de MO, provoca un aumento en la cohesión entre las partículas más finas (Sánchez, *et al*, 2005). Es importante destacar la importancia de la MO, ya que su presencia ofrece grandes ventajas para mejorar la estructura y fertilidad de los suelos, lo que difícilmente puede lograrse con el solo uso de los fertilizantes inorgánicos (Castellanos, 1980).

En el estado de Tabasco, México, los suelos arcillosos más representativos son los Vertisoles éutricos (VReu) los cuales suelen tener en los primeros 30 cm de profundidad un pH de 7.5; un contenido de materia orgánica de 1.21 %; una CIC de 34.0 $\text{cmol}(+)\text{Kg}^{-1}\text{suelo}$; así como 0.70 mg/Kg^{-1} de P asimilable; Vertisoles peli-éutricos (VReupe) que presentan pH de 7.1; un contenido de materia orgánica de 3.1 %; una CIC de 46.63 $\text{cmol}(+)\text{Kg}^{-1}\text{suelo}$; y un contenido de P asimilable de 0.56 $\text{mg/Kg}^{-1}\text{suelo}$, los cuales ocupan 19.9 %; Además de una asociación con los Leptosoles réndzicos (LPrz) que presenta en los primeros 30 cm valores de pH de 8.2; así como materia orgánica de 8.2 %; una CIC 56.29 $\text{cmol}(+)\text{Kg}^{-1}$; y P asimilable del orden de 9.5 $\text{mg/Kg}^{-1}\text{suelo}$; y que representan el 2.4 % de la superficie del estado de Tabasco (Palma-López y Cisneros, 2000), y que son una importante superficie con respecto al total del territorio. Uno de los principales factores que inciden negativamente en la productividad de estos suelos, son sus propiedades físicas, las que se caracterizan por una baja agregación y drenaje deficiente con acepción de los Leptosoles réndzicos.

El aporte de abonos orgánicos al suelo puede ayudar a conservar y fomentar la estructura, debido a que la Materia Orgánica es considerada como un agente activo que favorece la agregación a través de mecanismos físicos y químicos (Allison, 1973).

Los materiales orgánicos residuales, como los procedentes de la industria de agroalimentos, que suelen terminar en las coladeras sin ningún uso, contaminando el entorno y saturando las cadenas tróficas, así como los residuos de cosecha, que pueden tener un excelente destino si las dedicamos a la elaboración de abonos orgánicos. El compostaje es conocido en inglés como “compost” sustantivo que proviene del latín *composite* que significa mezcla para fertilizar o renovar la tierra (Iñiguez *et al.*, 2006). El producto del compostaje, también denominado *composta*, es el resultado de la descomposición de los residuos orgánicos, que una vez transformado en humus da lugar a un abono de altísima calidad.

En el Estado de Tabasco se producen anualmente 1,959,984 ton⁻¹ de caña de azúcar, así como 718,106 ton⁻¹ de plátano y 30,003 ton⁻¹ de cacao por año (Palma-López *et. al.* 2007), los cuales han generado en los últimos años una alerta ecológica, ya que por la cantidad de desechos de estos, representan un foco de contaminación de los recursos naturales; los residuos de estos cultivos son del orden de 2,040,500 t año⁻¹ de cachaza; 1,422,600 t año⁻¹ restos de cosecha de plátano y 154,468 t año⁻¹ de cáscara de cacao (Sánchez *et al.*, 2003). La productividad de los suelos de cultivo está muy ligada a su equilibrio en materias orgánicas. Además de mantener los suelos en condiciones físicas adecuadas, la materia orgánica les aporta la mayor parte de las reservas de nitrógeno y otros nutrientes también necesarios, como el fósforo, azufre, potasio y oligoelementos, entre otros.

Sin excepción, todos los recursos naturales de un país son importantes, algunos de ellos pueden ser estratégicos para el desarrollo económico, político y social de una región. El desarrollo de la agricultura, debe enmarcarse dentro de un ambiente determinado, en el que son fundamentales los recursos naturales disponibles y las posibles innovaciones tecnológicas (Salgado *et al.*, 2000).

Otra de las fuentes naturales de nutrientes en forma de coprolitos lo constituye las deyecciones de animales entre ellos el llamado guano de los murciélagos que puede ser utilizado con seguridad tanto al aire libre como en interiores, una vez que ha pasado por un proceso de composteo. Es muy apreciado para la elaboración de abonos orgánicos o como un fertilizante orgánico.

En los últimos años, el uso de guano de murciélagos está siendo usado exitosamente en cultivos hidropónicos, como una alternativa a los nutrientes químicos (Albuja, 1999). El guano de los murciélagos insectívoros tiende a ser muy rico en nitrógeno, por lo que promueve un fuerte desarrollo en las plantas que lo reciben. El guano producido por murciélagos frugívoros es más rico en fósforo. Además ambos tienen elementos traza y microorganismos benéficos, entre ellos algunos, llamados biorremediadores, que limpian toxinas por lo que son especiales para tratar suelos que están en transición de prácticas químicas a orgánicas (Albuja, 1999). También poseen propiedades funguicidas y nematocidas (Albuja, 2002). Con la utilización de los desperdicios de las industrias agropecuarias de la producción de azúcar, las empacadoras de plátano y los quebraderos de cacao en un sistemas de compostaje y con el empleo de un ingrediente no tradicional para enriquecer la masa y que por la presencia en el Estado representa una oportunidad de manejo de los recursos faunísticos de la región cuidando la biodiversidad, tal es el caso de las comunidades de murciélagos que producen en sus lugares de ibernación una capa de sedimentos en la superficie de los suelos esos fecales, cadáveres y restos de comidas en las selvas húmedas del Municipio de Tenosique en el Estado de Tabasco, las cuales se pretende reactivar con los resultados del presente trabajo para el uso, manejo y conservación de los recursos naturales e incrementando su valor económico con la elaboración para la agricultura ecológica mas rentable y menos contaminante de los suelos.

El presente trabajo se desarrolló en el marco del reciclamiento de los subproductos de desechos de las agroindustrias los cuales en las cantidades que se producen en el Estado de Tabasco son un foco de contaminación de los entornos ecológicos y para probar que en combinación con el guano o excreciones de los murciélagos que se obtienen en los lugares de ibernación de los quirópteros, se puede obtener un abono orgánico de excelente calidad con propiedades nutrimentales para los cultivos ecológicos.

II. REVISION DE LITERATURA:

2.1. Los abonos orgánicos.

Los abonos orgánicos son muy variables en sus características físicas y composición química, principalmente en el contenido de nutrimentos; por la aplicación constante de ellos, con el tiempo, mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo así como la sanidad de los cultivos (Castellanos *et al.*, 1982; Cruz-Medrano, 1986; Romero-Lima, 1997).

2.1.1. Antecedentes del uso de los abonos orgánicos.

En determinadas regiones de Europa, donde no existían tierras de labor para colonizar, se aclaraban los bosques talando e incendiando a continuación, dejando así un campo fértil para la producción agrícola el cual, tras sucesivas cosechas, iba perdiendo esa capacidad quedando exhausto a los pocos años, obligando a los agricultores a levantar de nuevo los asentamientos y buscar nuevas tierras o bosques para aclarar, al desconocerse otros sistemas de conseguir abonos. Otros asentamientos, como los que se concentraban a lo largo del Nilo, mantenían la producción de las tierras durante mucho más tiempo, gracias a los limos que el río iba depositando en sus márgenes, y que servían de abono para los campos próximos en cada temporada (FAO, 1974).

El uso de los abonos orgánicos tiene su origen desde que nació la agricultura. Los abuelos de nuestros abuelos los usaban pues todavía no existían los fertilizantes químicos. Dicen nuestros padres que cuando empezaron a llegar los fertilizantes químicos, ellos eran niños o jóvenes que no sabían cómo usarlos. La capacitación técnica del uso de los fertilizantes químicos y de los plaguicidas nunca llegó a las comunidades (Trinidad-Santos, 1999).

El conocimiento de las compostas se pierde en la antigüedad, han sido usadas durante muchos años por los agricultores, consiste en reunir los desperdicios orgánicos, estiércoles y restos de cosechas, para su transformación en abonos para la tierra (Dalzell *et al.*, 1991; CINTEC, 1999).

Por su parte, el guano de los murciélagos ha sido utilizado por agricultores de distintas regiones por cientos de años. En el siglo XV los Incas del Perú valoraban tanto al guano de cualquier origen que el castigo a quienes dañaban a los animales que lo producían era la muerte. Durante los últimos años del siglo XIX en EEUU el guano originado por los murciélagos era tan valioso para los granjeros que el gobierno ofrecía tierras gratis a todos aquellos que descubrieran depósitos de guano (Trinidad-Santos, 1999).

El uso de los estiércoles en la agricultura constituía una de las prácticas más antigua de fertilización. Los romanos, al igual que los Griegos clasificaron a los estiércoles según su efecto sobre las plantas, así Varrón y Teofrasto los agruparon en orden decreciente de su riqueza nutrimental en estiércoles de: aves, humano, porcino, ovino, vacuno, caballar (Tisdale *et al.*, 1985) .

Arquilocho, 700 a.c. había reconocido el valor del estiércol, pero además el efecto que tenía la incorporación de cadáveres sobre la producción agrícola. El uso de los abonos orgánicos para mantener y mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo y obtener mayores rendimientos en el cultivo de los productos agropecuarios, se conoce desde la antigüedad. Entre los abonos orgánicos se incluyen lo estiércoles, compostas, vermicompostas, abonos verdes, residuos de cosecha, residuos industriales, entre otros (Nelson Y Beatón, 1985; Trinidad-Santos, 1987).

En 1852 Thomas Way en Inglaterra observó que un agricultor de Yorkshire redujo la pérdida de amoníaco del estiércol mediante la adición solamente de tierra, siendo esta la primera evidencia del fenómeno conocido actualmente como intercambio catiónico. (Christensen, 1996)

En México como en la mayor parte del mundo, los desechos orgánicos de las ciudades y los estiércoles frescos productos de las concentraciones humanas y las explotaciones ganaderas, se han convertido en un problema de salud pública y en ocasiones de contaminación así como de degradación de los suelos lo que ha despertado la conciencia de un uso más racional de los recursos naturales (Cruz, 1995).

El almacenamiento de los subproductos de las actividades de las industrias agropecuarias han generado en los últimos años una alerta ecológica, en el Estado de Tabasco se producen por año 1,959,984 t de caña de azúcar, así como 718,106 t de plátano y 30,003 t de cacao (Palma-López et. al. 2007), y por la cantidad de desechos de estos, representan un foco de contaminación de los recursos naturales; los cuales se sabe son del orden de 2,040,500 t año⁻¹ de cachaza; 1,422,600 t año⁻¹ de desperdicio de plátano y 154,468 t año⁻¹ de cáscara de cacao (Sánchez et al.2003). Por lo que se podría establecer módulos de composteo para la producción de abonos orgánicos a partir de los residuos de la producción azucarera, la producción cacaotera y la producción platanera, que se puede enriquecer, con guano de murciélagos, nectarívoros: *Leptonycteris curasoae*, *L. nivalis*, *Anoura geoffroyi*, *Pteronotus parnelli*; insectívoros: *Corynorhinus mexicanus*, frugívoros: *Dermanura azteca*, *Sturnira ludovici*, *Artibeus jamaicensis*; hematófago: *Desmodus rotundus* (Cruz, 2007).

La elaboración de los abonos orgánicos tiene una importancia capital para salvaguardar los suelos agrícolas y prevenir su degradación, ya que la materia orgánica y particularmente el humus de los suelos, constituyen el sostén básico para la vida en este medio y define en última instancia su potencial productivo. La disponibilidad de materia orgánica transformada y estable se ha convertido en una alternativa concreta e importante para elevar las producciones agrícolas. Por otra parte, la evacuación de residuos generados por la actividad agrícola, forestal, urbana e industrial constituye uno de los problemas de más difícil gestión, la búsqueda de soluciones que permitan la recuperación y el reciclaje racional de desechos y subproductos orgánicos constituye una imperiosa necesidad para un adecuado desarrollo tecnológico y la salvaguarda del medio ambiente. Estas razones entre otras, determinaron en la última década un auge significativo en la implementación de técnicas de compostaje, que permiten la conversión de los residuos orgánicos en productos de alto valor ecológico y económico (Cruz, 1986).

Comúnmente se aplican los fertilizantes químicos al terreno y se extraen del suelo los productos agrícolas sin considerar la importancia del reciclaje de los nutrientes, lo que conlleva a una disminución gradual de la fertilidad del suelo

cuando la extracción supera la adición. Por otra parte, es conocido que algunas prácticas agrícolas modernas como el monocultivo, han originado la pérdida constante de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, que se traducen en una reducción de los niveles de productividad de los mismos con limitada reincorporación de los desechos orgánicos, disminuyendo la materia orgánica del suelo la cual es necesaria para la sostenibilidad de la producción de cultivos. Una opción para minimizar este desequilibrio podría ser la aplicación de los abonos orgánicos al suelo en su estado natural o procesado, puesto que estos contienen en un solo producto prácticamente todos los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas; su limitación estriba en su desbalance nutricional (Tisdale *et al.*, 1985).

El término materia orgánica del suelo (MOS), se refiere al conjunto de sustancias orgánicas que contienen carbón. Químicamente y físicamente, consiste en una mezcla de residuos de plantas y animales en varios estados de descomposición, sustancias sintetizadas microbiológica y/o químicamente, de productos desmenuzados, de cuerpos vivos y muertos de microorganismos y pequeños animales que permanecen descompuestos (Bertoldi y Schnappinger, 2001).

En la agricultura ecológica el manejo de desechos agroindustriales realmente se puede considerar como un proceso de reciclaje (renovación, recuperación o regeneración) de los organismos del suelo, en que se recupera la fracción orgánica, para su empleo especialmente en la agricultura y la jardinería, lo que implica devolver a la naturaleza parte de las sustancias extraídas; por lo que se recomienda que se empleen desechos para la elaboración del abono orgánico como un mejorador de suelos. Al respecto, el reciclaje de cuantiosos volúmenes de desechos producidos por la agroindustria a través del proceso de composteo se está utilizando como una de las estrategias más viables de sustentabilidad (Madrid y Castellanos, 1998).

La preparación de la composta se inicia con la selección y el acondicionamiento del sitio para la realización de dichas operaciones. El sitio donde se elaboran las compostas deberá localizarse en un sitio cercano de donde se encuentra la materia prima, en caso necesario el terreno seleccionado se nivela y se compacta. A continuación se recolecta la mayor cantidad posible de residuos

agroindustriales, hojarasca, paja, rastrojo, desechos de comida, ceniza, guano o estiércol entre otros, los elementos que formaran parte de la composta no deben tener una relación C/N inicial mayor a 30:1 y los materiales adicionales no deben tener relaciones menores de 20:1. El tamaño de las partículas del material orgánico no será mayor de 50 mm. Por lo que los residuos se pican o desmenuzan para aumentar la superficie de contacto (Infoagro, 2004), procediendo a formar las compostas en forma de pilas de tipo Indore (Seymour, 1980), con dimensiones variables dependiendo de la cantidad de residuos y la frecuencia. Los materiales deberán colocarse en capas con el propósito de regular al máximo la proporción de carbohidratos y proteínas (Cruz, 1986).

Los residuos vegetales están constituidos principalmente por materiales celulósicos con alto contenido de carbohidratos, por lo que se colocan en capas de 5-15 cm de espesor; arriba de esta se coloca una capa de estiércol o guano de 5 cm de espesor, considerando que la mayoría de los estiércoles tienen un alto porcentaje del material proteico; sobre este se coloca una capa de 5 cm de suelo superficial con el fin de inocular la masa con organismos descomponedores de la materia orgánica, sobre esta capa se coloca una de 2-5 cm de ceniza o cal apagada para regular el pH de la masa, posteriormente se humedecen los materiales con purín que esta constituido de las deyecciones líquidas de los animales domésticos o agua, pero sin llegar al punto de saturación; una vez concluida toda la operación se cubre con una capa de tierra de 5 cm de espesor. Si en el transcurso de cinco días no se observa un incremento de la temperatura será necesario repetir la operación, de elaboración en capas de los compuestos orgánicos, de lo contrario la descomposición será lenta y de mala calidad. Además para que el proceso se realice en forma optima, es necesario tener cuidado de remover la masa periódicamente aproximadamente de 20-30 días para proporcionarle oxígeno necesario para el desarrollo de los microorganismos y regular la temperatura. El proceso dura aproximadamente 90 días (Cruz, 1986).

Los microorganismos requieren de una fuente de carbono que les proporcione energía y nitrógeno para la síntesis de proteínas celulares. Este último es muy importante y es deseable una relación C/N 25:1 a 35:1 en la mezcla inicial del sustrato. Cuando las relaciones son mas altas, el proceso se prolonga para

eliminar el exceso de carbono en forma de CO₂ en caso de ser menor, el N se pierde como amoníaco (NH₄), (CINTEC, 1999).

El material resultante del proceso, es lo que conocemos como composta, no es íntegramente un abono, aunque contiene nutrientes y oligoelementos, sino es mas bien un regenerador orgánico del suelo, razón por el cual se ha denominado como abono orgánico (Bonh, 1993). Actúa también como un mejorador de la estructura, proporciona una mayor infiltración y retención del agua, así como una mayor resistencia del suelo a la erosión (Gómez, 2000). Una forma de mantener o manejar el contenido de materia orgánica en suelos agrícolas y por consiguiente el carbono orgánico fijado, es mediante el uso de los abonos orgánicos, que mantienen el suelo fértil, con alta capacidad productiva y una alta redituabilidad de los recursos invertidos a través del espacio y del tiempo en los sistemas de producción agrícola (Andreux, 1982). Esto indica que los abonos orgánicos siguen y seguirán siendo importantes para la sostenibilidad y el uso eficiente del recurso suelo y los fertilizantes químicos, bajo las condiciones en que se practica la agricultura. Los abonos orgánicos, por sus propias características y su composición son formadores de sustancias humicas y enriquecen al suelo con este componente, modifican algunas de las propiedades y características del suelo como el pH, cargas variables, capacidad de intercambio catiónico, quelatación de elementos, disponibilidad de fósforo, calcio, magnesio y potasio, desde luego la población microbiana, haciéndolo mas propio para el buen desarrollo y rendimiento de las cosechas (Avnimelech, 1986; Broabdent, 1986; Aguilar-Manjarrez, 1995; Rangel-Olvera, 1997; Pool-Novelo, 1997). También los abonos orgánicos pueden abatir la acidez intercambiable (Al₃ y H) y Al y Fe extractable en los suelos ácidos que influyen en la retención de fosfatos y otros aniones, disminuyendo la disponibilidad de ellos (Andreux, 1982).

2.2 Importancia de la elaboración de los abonos orgánicos.

De acuerdo con Salgado *et al.*, 2000, en los suelos *Leptosoles*, *Arenosoles*, *Ferralsoles*, *Acrisoles* y *Fluvisoles*, a los cuales se les considera como una limitantes para su empleo en las actividades productivas su susceptibilidad a la erosión, pueden se mejorados con la adición de abonos orgánicos o compostas como una practica común.

Así también se tienen que para prevenir las deficiencia de los principales nutrimentos, como es el caso del N, en la mayoría de unidades de suelo; así como para P y K en los *Histosoles*, *Gléysoles*, *Plíntosoles Ferralsoles*, *Acrisoles*, *Luvisoles* y *Cambisoles*, también para suelos ácidos; *Vertisoles*, *Fluvisoles*; también con pH alcalino. Igualmente por déficit de Cu, Mn y Zn en *Gléysoles*, *Plíntosoles*, *Ferrasoles*, *Acrisoles*, *Luvisoles* y *Cambisoles*. Fe y Zn en *Leptosoles* y *Vertisoles*. Por lo anteriormente descrito se considera que una de las acciones que se deben de considerar es el uso de los complejos orgánicos en las prácticas de abonado de suelos por las características que estas sustancias tienen en contacto con los suelos para evitar la erosión, así como para la corrección y prevenir las principales deficiencias nutricionales.

Todos los elementos químicos que se encuentran formando parte de las estructuras orgánicas de los abonos y que son susceptibles de ser aprovechados por las plantas, tienen que mineralizarse para poder ser absorbidos por las raíces de las mismas. La gradual mineralización explica el efecto residual de estos materiales, aún después de 40 años de su adición (Cruz, 1995).

El guano de murciélagos puede ser utilizado en forma segura tanto en plantas de interior como al aire libre, y beneficia a legumbres, hierbas, flores, plantas ornamentales y árboles frutales. Contiene un promedio de 10% de nitrógeno, 3% de fósforo y 1% de potasio. El alto contenido de nitrógeno es el responsable del saludable color verde de las plantas y de su rápido desarrollo luego de la aplicación. El fósforo promueve el desarrollo del sistema de raíces y el potasio estimula el desarrollo de fuertes tallos. Además de estos tres nutrientes principales, el guano contiene todos los elementos traza necesario para el crecimiento completo de los vegetales. A diferencia de los productos químicos, el guano no contiene “rellenos” o sustancias que no tienen ninguna función nutritiva únicamente de estabilidad de las sustancias minerales. Y mientras la mayoría de los fertilizantes artificiales son lavados del suelo rápidamente luego de aplicados, el guano permanece mucho más tiempo enriqueciendo el suelo y nutriendo lentamente a las plantas (Albuja, 1999).

2.2.1. Madurez de la composta:

La madurez de la composta varía significativamente entre fuentes de material orgánico y diferentes cargas de de la misma fuente. Esta puede explicar las diferencias en las respuestas en suelos y cultivos cuando se utilizan estos materiales. El índice de madurez es una herramienta muy útil de diagnóstico y un indicador confiable de la calidad de la composta, principalmente cuando se tienen grandes volúmenes de producción y los tiempos de almacenamientos ante su uso se alargan (Sánchez, 2005).

Se considera que la madurez se refiere a la ausencia de fitotoxicidad cuando una composta es usada como un acondicionador de un suelo agrícola. La estabilidad se establece al nivel de actividad microbiológica de la composta y depende de la degradación alcanzado durante el proceso de composteo. Una composta estable significa que no sufrirá descomposición al ser incorporada al suelo o a un medio de soporte de las plantas y que los nutrientes serán liberados lentamente. Una composta estable consume poco nitrógeno y oxígeno generando además poco dióxido de carbono y calor. Cruz, 1995, menciona que la inestabilidad en la composta consumirá nitrógeno y oxígeno generando calor dióxido de carbono y vapor de agua.

Es muy importante al seleccionar los parámetros para la determinación de la madurez de las compostas, que estos sean los más idóneos para las condiciones del trópico húmedo ya que estos serán recomendados como indicadores de la madurez, en la elaboración de compostas bajo estas condiciones, así como tener claro el concepto y su relación con la estabilidad de la materia composteada. Lo importante de una composta es el lograr que al incorporarse al suelo de cultivo, no restrinja la absorción de los nutrientes por parte de las plantas en los diferentes estados fenológicos. Por lo que una composta inmadura suele causar inmovilizaciones de nutrientes como por ejemplo el nitrógeno del suelo, afectando también la concentración de oxígeno produciendo daños a las plantas por quemaduras a nivel de raíz (Brewer y Sullivan, 2003).

Dentro de los índices de madurez se conoce el de la relación C/N Mathur *et al.* (1993) analizaron las ventajas y desventajas de este parámetro. El resultado de

un composteo apropiado es la conservación del nitrógeno y la transformación del carbono de los desechos en dióxidos de carbono y sustancias húmicas. La relación C/N ideal de una composta madura es alrededor de 10:1 sin embargo, es difícil lograr este valor, considerando que los sustratos tengan diferentes niveles de lignina, carbohidratos de difícil degradación. Los valores de la relación C/N 20:1 o un poco mayores son aceptados siempre y cuando el material sea bioestable y que el descenso del valor durante el composteo sea mayor al 50%.

Gotaas, (1956) citado por Mathur *et al.* (1993) produjo una composta madura de un nivel de 78:1 a 35:1. Trinidad-Santos (1999), al trabajar con materiales con altos niveles de carbono y un buen manejo de las compostas logró reducir la relación C/N de desechos municipales de 35:1 a 13:1.

Con respecto a la capacidad de intercambio catiónico. Mathur *et al.* (1993) sugiere que una composta obtenida a partir de basuras municipales esta madura cuando se cumplen los siguientes requerimientos: relación C/N <26.1; Nitrógeno total >2%; C orgánico total >35%, y una CIC de 60 cmol(+)/Kg⁻¹.

Por medio de los parámetros químicos como: el pH, la Conductividad Eléctrica, las relaciones C/N y NH₄⁺/NO₃⁻ y la temperatura, podemos demostrar que la composta ha adquirido el nivel de estabilidad y madurez. Sin embargo de acuerdo con Changa *et al.* (2003), se observa que la composta esta madura si se realizan bioensayos, como son las pruebas de germinación, utilizando extractos acuosos de compostas o la composta total para determinar el porcentaje de germinación de semillas.

La culminación del proceso de composteo o madurez, es el estado en el que los materiales han sido degradados en compuestos más estables. También puede observarse una reducción de la actividad microbiana sobre los compuestos orgánicos que han sido reducidos al máximo en unidades bioestables para su uso en las actividades agrícolas (Gómez, 1995).

Este proceso es vital para la clasificación de los productos de calidad y esta definida con base en su madurez y estabilidad. Aunque para algunos especialistas no existe una diferencia entre estos dos términos, se refieren a

madurez como la medida de un proceso de elaboración completo del composteo, es decir que tanto se ha estabilizado el material por este proceso (Simpson, 1986).

Cuadro 1 Rangos de parámetros de madurez (Winston, 2002).

Prueba	Rangos (ppm)		
	Muy madura	Madura	Inmadura
Prueba de CO ₂	<2	2-8	>8
C-unidad de Sólidos volátiles/día BIO-C-CO ₂	<2	2-8	>8
C/ unidad sólida volátil/día			
N-NH ₄ ⁺ /N-NO ₃ ⁻	<0.5	0.5-3	>3
NH ₃ /N-NH ₄ ⁺	<100	100-500	>500
Germinación de semillas (%)	>90	80-90	<80

Como se indica en el cuadro anterior el autor considera que la madurez se puede observar en las compostas cuando los niveles de los compuestos de CO₂ en su fase gaseosa se encuentran entre los rangos 2-8 ppm, mientras que considera inmadura cuando los rangos se encuentran en mas de 8 ppm; igualmente con las unidades sólidas volátiles de C unidades por día. En el caso de los compuestos amoniacales se encuentran en concentraciones que van de 100 a 500 ppm alcanzada a los cuatro meses de la misma forma si la concentración de este compuesto es menor de 100 ppm lo considera muy madura y con valores mayores de 500 ppm inmadura. En la relación N-NH₄/N-NO₃ considera que valores de 0.5-3.0 la composta esta madura, mientras que menos de 0.5 ya la composta esta muy madura, en el caso de que la composta muestre mas de 3 ppm el autor considera que la composta esta inmadura.

2.3. Obtención de la composta.

La obtención de composta es muy económica y útil en regiones con suelos agrícolas con algún índice de pobreza. Industrialmente las plantas de compostaje se puede utilizar como materia prima los fangos que extraen de las depuradoras, estiércoles y desechos orgánicos domésticos. Durante el proceso de fermentación controlada, de los residuos orgánicos se verifican temperaturas de hasta 70° C., lo que permite eliminar los posibles gérmenes patógenos, así como

evitar la germinación de las semillas de malezas que puedan contener (Chen e Inbar, 1993).

La composta puede producirse mediante dos métodos, el aeróbico y el anaeróbico, es decir, mediante presencia de oxígeno o en ausencia de él. El método anaeróbico se realiza mediante fermentación dentro de cámaras cerradas (digestores) que impiden la entrada del aire, y donde los microorganismos descomponedores desarrollan una atmósfera enrarecida creada por la formación de gases como el metano. Este método es más rápido que el aeróbico, pero requiere control e instalaciones adecuadas; se trata de un sistema similar al utilizado para fabricar los bio-combustibles (Chen e Inbar, 1993).

Por su parte, el método aeróbico es el más simple y económico de llevar a cabo. Los residuos se sitúan al aire libre, o en cámaras cubiertas pero que dispongan de buena aireación, sea natural o mediante ventilación forzada. Frecuentemente se voltean los residuos (en los procesos industriales se realizan con palas mecánicas), y se controla que siempre exista humedad, temperatura y un pH neutro. Si los residuos provienen de estiércoles o lodos de depuración, se suelen incorporar restos forestales y vegetales para dar al compost mayor consistencia. Cuando la fermentación ha finalizado se procede a un secado y cribado rotativo (desmenuzado), donde los restos son separados de las materias útiles como abono (Ruíz, 1996).

La composta también se puede elaborar en forma doméstica, aprovechando los residuos orgánicos del hogar, restos vegetales de las cosechas o forestales (hojas, ramas, plantas...). Podemos añadir restos de frutas, verduras, huesos machacados, y en general cualquier alimento en fresco o cocinado. Para ello, debemos disponer de alguna parcela de terreno, preferiblemente algo apartada de la vivienda para no acusar los gases de la fermentación. Para el depósito podemos utilizar una zanja excavada en el suelo, un bidón o un cajón grande para ir depositando los residuos, pero en ese caso nos veremos obligados a ir removiéndolos frecuentemente para facilitar la aireación. Lo más práctico es proceder al apilado de los residuos, pero procurando situarlos en capas separadas por ramas o palos entrecruzados, esto permitirá que penetre el oxígeno y facilite la aireación (Ruíz, 1996).

Antes de extender las materias orgánicas debemos mezclarlas con algo de tierra y cal. Debe existir siempre un grado de humedad suficiente, en otro caso la fermentación podría detenerse, por ello hay que humedecer la pila de vez en cuando para compensar la que se vaya evaporando (no en exceso para no provocar el lavado). Frecuentemente se deberán remover los residuos para asegurar una buena ventilación. Estas actividades permitirán a las bacterias y otros microorganismos edáficos formar humus por descomposición; si observamos que la pila despidе calor o humea es que la fermentación se está produciendo correctamente. Podemos potenciar el proceso, acelerarlo y enriquecerlo con nutrientes si le añadimos estiércol líquido. Si existe buena aireación podemos mejorar aún más el producto final si le incorporamos las lombrices de tierra que podamos encontrar. En 6 meses tendremos un compost excelente listo para añadir a los suelos de nuestro huerto o acondicionar las tierras de cultivo (Siqueira y Franco 1988)

Como añadido, será útil saber que los huesos machacados añaden fosfatos a los suelos pobres y donde se vaya a cultivar leguminosas y cereales. Las cenizas les añaden potasio, que tiene buenos resultados en los suelos ligeros y arenosos. Si los residuos orgánicos contienen materias con alto contenido en metales pesados, como son los lodos procedentes de depuradoras, el compost resultante sólo será adecuado para utilizarlo en la rehabilitación de terrenos muy degradados, no para tierras de cultivo ordinario, o en todo caso para fabricar materiales de construcción (Gómez, 2000).

2.3.1. Bioquímica del composteo

El compostaje es un proceso de descomposición aeróbico que requiere condiciones controladas, particularmente de humedad y aireación, en el cual participan bacterias, hongos y actinomiceto. Dichas poblaciones y actividad microbiana varían en función de los cambios de temperatura, que en el proceso pueden oscilar desde 30-40°C (fase mesofílica) hasta 70-75°C (fase termofílica) (Chen e Inbar, 1993).

Los mismos autores mencionan que aunque el proceso de descomposición aeróbica de los diversos substratos orgánicos sigue la misma tendencia de una función exponencial negativa a través del tiempo, la velocidad de degradación y la proporción de subproductos de partición y síntesis varían en función de las condiciones ambientales (temperatura, humedad, aireación), de la diversidad de las poblaciones microbianas y de la calidad química de los substratos. Como se ha dicho, el producto del compostaje o composta, es un abono de muy alta calidad resultado de la descomposición de residuos orgánicos. Se trata en realidad de humus, pero artificial, es decir favoreciendo, por el hombre, la actividad biológica de las plantas y microorganismos edáficos. La composta es un abono neutro, o sea casi sin reacción ($\text{pH}=7$). Posee elementos muy consumidos por los vegetales como el potasio, fósforo y azufre, y menor cantidad de otros elementos como el hierro o el cobre, sin embargo tiene un contenido en carbono treinta veces superior al que posee de nitrógeno (C/N 30:1). La composta no alberga microorganismos patógenos, pues son eliminados a causa de las temperaturas que se alcanzan durante el proceso de fermentación o compostaje (Gómez, 2000).

En toda materia orgánica se deben presentar los procesos de mineralización (transformación de compuestos orgánicos en inorgánicos) y la humificación (síntesis o unión química y/o biológica de compuestos de degradación de residuos de origen vegetal y animal), para transformarse en humus, pero estos, en condiciones naturales, son lentos con duración de varios meses a decenas de años, en función del tipo de materia orgánica y de los factores del medio ambiente. Para acelerar la humificación, en un "reactor" o "biodigestor" se pueden mezclar residuos agroindustriales, estiércol de animales domésticos y compuestos de relleno como residuos vegetales en estado verde y en estado seco; los cuales después de 60 días se obtienen cantidades aceptables de ácidos húmicos y ácidos fulvicos, a este proceso se le denomina composteo (Cruz, 1986).

El composteo es especialmente una reorganización biológica de la fracción del carbono de la materia orgánica. El material orgánico es una mezcla de moléculas sencillas como: azúcares, ácidos orgánicos, proteínas, lípidos, siendo su destino

la mineralización con la producción de agua, bióxido de carbono y calor. Además las moléculas complejas como: celulosa, hemicelulosa, lignina, pectina y quitina, son oxidadas y parcialmente mineralizadas principalmente en sustancias húmicas y minerales en un amplio rango de concentraciones. Cada fracción presenta diferente grado de resistencia a la descomposición, siendo la celulosa, hemicelulosa y lignina, las más resistentes en ese orden (Bertoldi, 1995; Bertoldi y Schnappinger, 2001). Las sustancias húmicas son macromoléculas orgánicas diferentes y más estables que los compuestos de donde provienen, constituyen al humus e incluyen los ácidos húmicos (AH), ácidos fulvicos (AF) y huminas residuales (HR) (Stevenson, 1982). La materia orgánica por convención, esta dividida en dos grupos: sustancias no húmicas y húmicas. Las sustancias no húmicas son los carbohidratos, proteínas, grasas, ceras, resinas, pigmentos y ácidos grasos de bajo peso molecular (Atlas, 1984), éstos son relativamente fáciles de descomponer por los microorganismos, por lo que tienen poca duración en el suelo, mientras que la celulosa, hemicelulosa y lignina por su estructura molecular son difíciles de alterar (Alexandrova, 1994; Schnitzer y Schulten, 1995; Yano *et al.*, 1998) y se les considera los principales “precursores” de las sustancias húmicas (SH). La transformación de las sustancias no húmicas en húmicas se integra en dos procesos: la mineralización y la humificación. La primera es la formación de compuestos, en general solubles (nitratos, fosfatos, etc.) o gaseosos (CO₂), por la acción de microorganismos (Duchaufour, 1984; Fründ *et al.*, 1994). La segunda consiste en la síntesis y/o unión química y/o biológica de compuestos de la degradación de residuos de plantas y animales, por la actividad enzimática de los microorganismos (Fründ *et al.*, 1994).

La humificación de materiales orgánicos, origina las sustancias húmicas (SH), las cuales son una mezcla heterogéneas de macromoléculas orgánicas, con estructura química compleja, distinta y más estable que su forma original, provienen de la degradación de residuos de plantas y animales, así como de la actividad de síntesis de microorganismos (Schnitzer, 1978; Stevenson, 1982; Stevenson, 2000).

Las características generales de las SH son: color de amarillo a oscuro, ácidas, predominantemente aromáticas, hidrófilas, químicamente complejas, polielectrolíticas, con un amplio rango de peso molecular, el cual va desde algunos cientos hasta algunos miles Daltons (Da) (Schnitzer, 1978) y constituyen del 70 al 80 por ciento de la materia orgánica de la mayoría de los suelos (Schnitzer, 2000).

De acuerdo a su solubilidad en álcalis y ácidos, las sustancias húmicas se clasifican en ácidos húmicos (AH) y ácidos fulvicos (AF), los que son macromoléculas aromáticas complejas, muy estables, con estructura polimérica en forma de círculos, cadenas y racimos (Schnitzer, 1978; Schnitzer y Ghosh, 1982; Stevenson, 1982; Schnitzer y Schulten, 1995), ciclos aromáticos condensados (Eworo, *et al.*, 1986; Umanitoba., 1996), con aminoácidos, amino-azúcares, péptidos y compuestos alifáticos (Schnitzer, 1978; Stevenson, 1982; Schnitzer, 2000) y las huminas residuales (HR), las que están menos estudiadas hasta ahora. Los AH no son solubles en agua pero si en álcalis, precipitan en medio ácido, son de color café oscuro a negro y con alto peso molecular 20000 Kilo Dalton (KDa), 62 % de carbón y 30 % de oxígeno. Los AF se caracterizan por ser solubles en agua a cualquier condición de pH del medio y permanecen en solución después de la separación de los AH por acidificación, son de color amarillo claro a amarillo oscuro, de bajo peso molecular (de 170 a 2000 Da), con un 45 % de carbón y 48 % de oxígeno. Una importante diferencia entre los AH y AF es que el oxígeno de estos últimos, puede ser considerado como grupos funcionales $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$ fenólicos, $-\text{COO}$ y $\text{C}=\text{O}$, unidos a cadenas alifáticas y ciclos aromáticos, mientras que en los AH la mayor porción de oxígeno, parece estar presente como un componente estructural del núcleo y/o ciclos aromáticos (Schnitzer, 1978; Stevenson, 1982; Stevenson y Schnitzer, 1982; Cameron *et al.*, 1989; Schnitzer, 2000). Para la extracción de sustancias húmicas, de cualquier material orgánico humificado y/o suelos, se emplean métodos denominados no degradativos y degradativos. Por su facilidad el más empleado (degradativo) es por vía química, el cual consiste en el uso de hidróxido de sodio (NaOH) a concentraciones de 0.1; 0.5 y 1.0 N en solución acuosa (Schnitzer, 1978; Schnitzer, 1991; Senesi, 1994; Sorge *et al.*, 1994; Amalfitano *et al.*, 1995; Schnitzer, 2000). Aunque también han sido probadas

algunas sales neutras y ácidos orgánicos, como el pirofosfato de sodio a 0.1 N y 0.1 M e hidróxido de potasio al 0.1 y/o 0.5 N (Piccolo, 1989). Sin embargo, la estructura molecular de los AH y AF no han sido plenamente identificadas, ni reconocida universalmente, por la gran heterogeneidad de orígenes, fuentes de materiales y factores que intervienen en su constitución.

En la estructura de los AH, una de sus características, es la presencia de vacíos de variadas dimensiones, los cuales pueden atrapar o unir otros componentes orgánicos como carbohidratos, proteínas y lípidos o bien inorgánicos como arcillas minerales y oxihidróxidos. Además, los carbohidratos y las proteínas, son adsorbidos en la superficie externa y en los vacíos internos, los puentes de hidrógeno juegan un importante papel en su inmovilización, junto con el agua. Los grupos funcionales, principalmente los oxigenados, están involucrados en reacciones con metales y minerales, los que proveen elementos nutrimentales para las raíces de los vegetales (Orlov, 1995; Schnitzer, 2000). Los AH y los AF pueden complejar y/o quelatar cationes, debido a su alto contenido de grupos funcionales libres. Aquí dominan los grupos funcionales carboxilos, estimados entre 500 y 900 meq/100g para los AH y los oxhidrilos fenólicos, cuya cantidad no es más de 1400 meq/100g para los AF, porque más del 80 % de la estructura molecular de dichos ácidos, está formada por los grupos funcionales mencionados, por ejemplo, los elementos metálicos son más rápidamente adsorbidos que los alcalino-térreos (Orlov, 1995; Harter y Naidu, 1995; Schnitzer, 2000).

La complejación y/o quelatación de cationes, es probablemente el más importante papel de las SH con respecto a los sistemas vivos (vegetales), porque al quelatar los iones, ellos facilitan la disponibilidad de éstos para algunos mecanismos, uno de los cuales es prevenir su precipitación y otro puede ser su influencia directa en la disponibilidad de los iones (López, 2002).

Actualmente se impulsa una agricultura que optimice la efectividad de las entradas de los sistemas de producción agrícola con un menor uso de productos externos como fertilizantes químicos y una mayor utilización de los residuos de cosecha y abonos orgánicos bajo apropiada rotación de cultivos, que conllevan a la obtención de altos rendimientos a bajo costo y al mismo tiempo conservan la

productividad del sistema. Por tal razón, los fertilizantes químicos utilizados para proporcionar nutrimentos a los cultivos tienden a complementarse con los abonos orgánicos. El cambio de estos insumos es gradual probablemente debido al amplio desarrollo de la industria de los fertilizantes químicos, que producen materiales de 20 a 100 veces más concentrados en macronutrientes que los abonos orgánicos. Sin embargo, debido a que las materias primas para la síntesis de los fertilizantes nitrogenados provienen en su mayoría del petróleo, el cual es un recurso no renovable, y el alto costo de los fertilizantes químicos, los abonos orgánicos son una alternativa apropiada para suministrar nutrimentos a los cultivos (Cruz, 1995.).

2.4. Usos de las compostas.

El desarrollo sustentable debe ser ecológicamente armonioso, económicamente eficiente, localmente autosuficiente, socialmente justo y técnicamente apropiado. El desarrollo sustentable busca conservar y aprovechar racionalmente los recursos de tierras, aguas y organismos vivos, incluyendo recursos humanos. La sustentabilidad de los sistemas de producción requiere de los siguientes principios fundamentales, con los cuales mucho se ha trabajado en el Estado de Tabasco.

- 1). La conservación del suelo, incluyendo el control de la erosión y el mantenimiento de la fertilidad;
- 2). El uso y la conservación eficiente de recursos existentes (suelo, agua, luz, energía, recursos genéticos, trabajo);
- 3). El uso de interacciones biológicas entre los diferentes elementos del sistema agrícola (por ejemplo, el acolchado, la asociación de plantas trepadoras y soportes, la fijación de nitrógeno, y el control biológico de la maleza y las enfermedades);
- 4). El uso de insumos que estén fácilmente disponibles, y de insumos y prácticas que aseguren la salud y la conservación del medio ambiente (Andrade, 2004).

Para la recuperación de nuestros suelos y la inocuidad de nuestros alimentos, la composta es el mejor abono que el hombre puede hacer y consiste en seguir el ejemplo de la naturaleza: a través de microorganismos (bacterias, virus, hongos, algas) y macroorganismos (hormigas, escarabajos, gusanos, lombrices, etc.), se logra la revitalización de los residuos orgánicos para convertirlos en composta.

El uso de las compostas busca fomentar la cultura de la recuperación y aprovechamiento de los desechos orgánicos que genera la propia población, tanto del sector rural como del urbano, destacando la importancia en la descomposición y desintegración de los desechos orgánicos sin la consecuente contaminación de los entornos naturales y la rápida obtención de los abonos con elementos de fácil asimilación por las plantas, evitando así la contaminación de nuestro medio. Se pretende obtener el abono, composta o subproductos, a través de la acumulación de las basuras, residuos vegetales, estiércol, hojarasca y desechos de origen orgánico (en forma separada o bien mezclados), formando pilas o montones en lugares dedicados a este propósito (Arredondo, 1996). Así mismo se intenta reincorporar, por lo menos, el 80 por ciento de desechos, tanto inorgánicos como orgánicos, de los procesos productivos como los que se pueden obtener en la industria de la molienda de caña, en el empaque de plátano, y la producción de cacao en los diferentes ciclo productivos, como es el caso del aprovechamiento, en las condiciones tropicales de la selva húmeda en las que viven grandes comunidades de murciélagos frugívoros e insectívoros, (Albuja, 1999.), y que representan para la zona un gran potencial de aprovechamiento de recursos naturales, los cuales transformándolos en un tiempo relativamente corto, para que sea la base que fundamente el crecimiento de los cultivos agrícolas y el sustento de áreas de ornato y recreo en nuestros parques.

Cuadro 2 Contenido promedio de nutrientes de las principales compostas en el Estado de México.

Nutrimiento	Compomex I	Compomex II	Compomex III	Composta de basura urbana
Nitrógeno (N)	0.85	0.43	0.01	1.02
Fósforo (P ₂ O ₅)	0.15	0.99	0.45	0.98
Potasio (K ₂ O)	0.24	0.43	0.33	0.80
Calcio (Ca)	0.58	1.01	1.16	2440 ppm
Magnesio (Mg)	0.21	0.16	0.14	2500 ppm
Azufre (SO ₄)	0.23	0.35	0.18	158 ppm
Boro (B)	10 ppm	35 ppm	15 ppm	NA *
Cobre (Cu)	10 ppm	157 ppm	122 ppm	NA *
Hierro (Fe)	4192 ppm	13076 ppm	10568 ppm	NA *
Manganeso (Mn)	2020 ppm	478 ppm	614 ppm	NA *
Zinc (Zn)	160 ppm	96 ppm	104 ppm	NA *
Humedad (H ₂ O)	30.00 %	30.00 %	30.00 %	15.00 %

Tomado de Abonos Orgánicos de Sergio Cruz Medrano Universidad Autónoma de Chapingo.

En el cuadro numero 2 se muestran los resultados de análisis químico obtenidos en la elaboración de compostas con la utilización de bagazo de caña solo como componente principal y en combinación con cachaza e inoculada y otra con urea por otro lado se compara con composta elaborada con basura urbana en la cual se pueden obtener muchos elementos disueltos e integrados químicamente a los productos de desechos de la basura. En los cuales en porcentaje de los elementos nutritivos no se pudo comparar con los resultados obtenidos con las compostas con guano de murciélagos como en el caso de la composta elaborada con desechos de cacao el cual mostró un contenido bastante alto de fósforo (**P**) 2327.8 mg/Kg⁻¹ seguido de la cachaza que produjo una concentración de 2186.9 mg/Kg⁻¹

En el cuadro 3 se muestran los elementos nutritivos que se encontraron en los diferentes estiércoles para la elaboración de las compostas orgánicas.

Cuadro 3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS PRINCIPALES ESTIÉRCOLES.

COMPOSICION	GALLINAZA	OVEJA	TERNERA	VACA	CONEJO	GUANO
pH	6.8	7.82	7.9	8.17	7.47	6.5
C.E. mS/cm ²	5.78	2.81	4.72	4.03	2.87	NA
M.O. %	66.7	64.0	73.0	66.3	69.0	90
N %	1.74	2.54	2.40	1.84	2.79	3.5
C:N	20	11	15	14	11	17
% P ₂ O ₅	4.18	1.19	1.50	1.73	4.86	5.25
% K ₂ O	3.79	2.83	3.14	3.10	1.88	0.95
%CaO	8.90	7.76	2.99	3.74	6.62	7.8
%MgO	2.90	1.51	0.91	1.08	2.10	1.35
%Na ₂ O	0.59	0.62	0.78	0.58	0.35	NA
%Fe	0.49	0.34	0.23	0.41	0.24	1.1
Mn mg/kg	506	306	160	172	258	0.55

III. OBJETIVOS E HIPOTESIS:

3.1. Objetivos

Objetivos Generales

- Caracterizar químicamente las mezclas de subproductos agroindustriales en compostas elaboradas con la adición de guano de murciélagos de la región.
- La utilización del guano de murciélagos como un mejorador nutrimental en la elaboración de las compostas.

Objetivos específicos

- Conocer las características de las mezclas de compostas en combinación con guano de murciélagos.
- Estudiar los beneficios nutrimentales del uso de guano de murciélagos en la elaboración de compostas para la agricultura tradicional y ecológica.
- Evaluar cual de las mezclas es la mas apropiada desde el punto de vista nutrimental

3.2. Hipótesis

- Las mezclas de los diferentes sustratos en combinación con guano de murciélagos tiene características nutricionales diferentes.
- La adición del guano de murciélagos enriquecen nutritivamente a las compostas.
- Uno de los sustratos enriquecido con guano de murciélagos en la elaboración de las compostas tiene un mejor comportamiento nutrimental que el resto de tratamientos.

IV. MATERIALES Y METODOS:

4.1. Localización del experimento.

El presente trabajo se realizó en el campo experimental del Colegio de Posgraduados Campus-Tabasco, que se ubica en el Km. 21 de la carretera Cárdenas-Coatzacoalcos en los 17° 59' de latitud Norte y los 93° 34' longitud Oeste, y cuenta con un clima calido húmedo con lluvias durante todo el año, con temperaturas de 26 °C y precipitación media anual de 2256 mm.

4.2. Conservación y acopio de los sustratos para el experimento así como el acopio del guano de murciélagos.

La colecta de los sustratos se inicio el día 22 de febrero del 2006 con la toma de muestras de un predio de producción de cacao orgánico ubicado en la ranchería Miguel Hidalgo del municipio de Cárdenas, Tabasco, acompañados de su propietario el Ing. Lennin Priego Hernández. De igual manera se tomaron muestras de cachaza en el Ingenio azucarero de Sta. Rosalía de este mismo municipio en donde se obtuvo la muestra. Por otro lado en la comunidad de Cucuyulapa municipio de Cunduacan, Tabasco, México en donde se encuentra una de las zonas de producción de plátano donde se localizaron depósitos de desechos de plátano en el proceso de empaque que consiste del raquis del racimo de la fruta y algunos frutos manchados o lesionados o por el tamaño no cumplen con las normas de calidad; que algunos de los productores bananeros que cuentan con alguna explotación ganadera estos desechos lo pican a manera de forraje para el ganado estabulado o semi-estabulado.

Se procedió ala preparación de las muestras y se colocaron en una estufa para el secado a 60 C durante aproximadamente 6 días para eliminar la humedad que tenga la muestra y con esto estabilizarla para su análisis según la norma oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000.

El 28 de marzo se tomaron muestras de cachaza en el Ingenio Sta. Rosalía y Presidente Benito Juárez en este mismo municipio de Cárdenas, Tabasco, México la cual fue obtenida directamente del lugar donde se deposita esta en el proceso de industrialización del azúcar.

El origen del Guano fue el municipio de Tenosique en el Estado de Tabasco, México en donde un grupo de campesinos han encontrado la forma de aprovechar este recurso de manera sustentable en los lugares de hibernación de

estos mamíferos los cuales se encuentran enclavadas en cavernas que sirven de guaridas a comunidades de murciélagos los cuales también cumplen funciones agro ecológicas que van desde la polinización de árboles forestales así como diseminadores de semillas de frutales y también control biológico de plagas en los ecosistemas naturales de esa entidad de la cual se consiguieron 1000 Kg⁻¹. Siendo este un recurso propio, susceptible de ser explotado por un grupo de productores del municipio de Tenosique, Tabasco que bajo condiciones tropicales y con la biodiversidad florística se mantienen poblaciones muy altas de especies de murciélagos de diferentes especies que se refugian en cavernas que se encuentran en los sistemas montañosos de esta misma región, así como también en lugares con la humedad y oscuridad que estos organismos requieren para su desarrollo y puedan cumplir el papel en la cadena ecológica de la selva tropical como la de control biológico de plaga, así como la polinización y la distribución de semillas de plantas superiores.

Primeramente se eligió el sitio para la fermentación de la composta el cual se considero necesario fuera un lugar techado, así como ventilado y con piso uniforme lo que se nos permitió el establecimiento en una unidad de composteo en las instalaciones del Km. 21 en la unidad de Biotecnología. En donde se establecieron 4 tratamientos con 3 sustratos de los que resultaron 12 unidades experimentales y 4 repeticiones, en los cuales para la determinación de la madurez y el desarrollo de las compostas se tomaron lecturas de temperatura cada dos días y para humedad, nitratos y amonio cada 15 días para la determinación del grado de maduración de la masa por lo que según los datos y la literatura (Wiston, 2002), la madures se observo a los 95 días y mediante los análisis químicos practicados a las muestras se observaron diferencias estadísticas altamente significativas. Lo cual indicó que con la adición del guano de murciélagos en pequeñas cantidades puede resultar como un mejorador de las características nutritivas de los abonos orgánicos que resultan de la compostización de los desechos de la agroindustria en el Estado de Tabasco mismos que puede retornar a los suelos en mejores condiciones nutrimentales para el empleo como restitución de los nutrientes extraídos del suelo por los cultivos y frecuencia con la que se expone al suelo. Al que posteriormente se distribuyeron los tratamientos tomando en consideración el gradiente de

iluminación durante el día del sol en el experimento, para minimizar el error experimental, al cual se sometió a un diseño Factorial simple con cuatro repeticiones en arreglo en bloques al azar. Estos tratamientos se monitorearon continuamente cada dos días el desarrollo de la composta a través de la temperatura que se registrada durante el proceso determinándose la fase mesófila así como la fase termófila la cual se registro el inicio a los 15 días después del establecimiento; se tomaron muestras del material para análisis y determinación de nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) cada 15 días para monitorear la maduración con la estimación por las relaciones C/N y $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en las cuales se dieron las medidas recomendadas para este muestreo según las NOM-021.

4.3. Establecimiento del experimento:

Continuando con el proceso de elaboración de la composta se procedió al acondicionamiento de los subproductos y que consistió en el picado y cernido de los productos para la elaboración de la masa de composta. Se continuo con el proceso esta vez ya determinado el método de dosificación y los porcentajes de cada material (Ver figuras numero 1,2,3) y así como el sorteo de las unidades experimentales completamente al azar permitiendo la distribución en contenedores de plásticos de 60 cm. de diámetro por 30 cm. de profundidad los cuales fueron usados para colocar los materiales en estratos o capas de 5 cm. de cada uno de los componentes según la dosificación ya establecida. Se elaboraron las tratamientos de tipo Indore, (Seymur, 1980). Con los productos correspondientes como paja seca de arvenses; paja verde de arvenses; desechos agroindustriales; tierra común; guano y cenizas de horno de las calderas del guarapo del jugo de caña, hasta completar el total del experimento con un peso aproximado de 85 Kg^{-1} el cual consistió en tres tratamientos y un testigo para cada subproducto de la agroindustria con tres repeticiones dando un total de 48 tratamientos.

A estos tratamientos se les sometió a un estudio cada dos días de temperatura la cual fue tomada con termómetro de mercurio de escala de 0 a 100 °C a tres profundidades de la tina y en tres lugares y tres horarios distintos, se calculo el promedio de cada una de las profundidades, así como de tres lugares distintos para una temperatura para cada momento del día.

Se muestrearon los tratamientos cada 15 días para la determinación de nitratos y amonio así como para humedad estos fueron determinados por el método Semimicro-Kjeldahl de cloruro de potasio como reactivo y la humedad por el método gravimétrico (cuadro número 4).

Los muestreos dieron inicio el 6 de julio y terminaron el 26 de septiembre del 2006. Los movimientos se realizaron de forma manual cada quince días después de la toma de datos como la humedad y temperatura y cada 30 días del muestreo para la extracción de nitratos y amonio. Estos se realizaron en cinco puntos al azar del contenedor donde se desarrollaba la composta constituyendo una sola muestra compuesta la cual fue identificada con determinación de la unidad experimental de procedencia, la fecha, la hora y la persona que muestreo, con etiquetas de plástico. En el caso de muestreos para la determinación de nitratos y amonio los muestreos deben realizarse en las horas más frescas y mantener las muestras en un recipiente con temperaturas bajas para evitar la volatilización de estos en forma de gas durante el transporte al laboratorio para la extracción soluciones saturadas de sales solubles (Eng *et al.* 1992). El extracto se mantuvo en refrigeración hasta su determinación. Por otra parte se muestreo al final del proceso para la determinación de parámetros químicos de elementos presentes y disponibles para su caracterización, la cual se seco a la sombra en charolas al aire por espacio de una semana. Posteriormente se procedió al molido con mortero y tamizado en malla de cobre número 10 (2 mm); de igual modo se tamizo para la determinación de nitrógeno total 5 gr. de la muestra tamizada esta vez en malla 0.5 mm. Y las variables de estudio fueron: contenidos de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Mn, N-NH₄, N-NO₃,) así como CIC, pH, Materia Orgánica, Conductividad Eléctrica. Primeramente se realizaron muestreos para la caracterización de los sustratos que se utilizaron para tal fin, mediante análisis químicos, físicos y con esto se estableció un primer dictamen de contenidos nutritivos de los diferentes desechos a tratar.

4.4. Figura 1. Productos empleados para la elaboración de composta con el sustrato de cachaza.

4.4.1. Nivel 1:

Producto	Proporción %	Peso (Kg.)
Cachaza	23.53	20
Paja seca	5.88	5
Paja verde	5.88	5

Tierra	23.53	20
Ceniza	5.88	5
Guano de murciélago	35.29	30

4.4.2. Nivel 2:

Producto	Proporción %	Peso (Kg.)
Cachaza	35.29	30
Paja seca	5.88	5
Paja verde	5.88	5
Tierra	23.53	20
Ceniza	5.88	5
Guano de murciélago	23.53	20

4.4.3. Nivel 3:

Producto	Proporción %	Peso (Kg.)
Cachaza	47.06	40
Paja seca	5.88	5
Paja verde	5.88	5
Tierra	23.53	20
Ceniza	5.88	5
Guano de murciélago	11.76	10

4.4.4. Nivel 4:

Producto	Proporción %	Peso (Kg.)
Cachaza	58.82	50
Paja seca	5.88	5
Paja verde	5.88	5
Tierra	23.53	20
Ceniza	5.88	5
Guano de murciélago	0.00	0

4.5. Figura 2. Productos empleados para la elaboración de composta con el sustrato de residuos de plátano.

4.5.1. Nivel 1:

Producto	Proporción %	Peso (Kg.)
Residuos de plátano	23.53	20
Paja seca	5.88	5

Paja verde	5.88	5
Tierra	23.53	20
Ceniza	5.88	5
Guano de murciélago	35.29	30

4.5.2. Nivel 2:

Producto	Proporción %	Peso (Kg.)
Residuos de plátano	35.29	30
Paja seca	5.88	5
Paja verde	5.88	5
Tierra	23.53	20
Ceniza	5.88	5
Guano de murciélago	23.53	20

4.5.3. Nivel 3:

Producto	Proporción %	Peso (Kg.)
Residuos de plátano	47.06	40
Paja seca	5.88	5
Paja verde	5.88	5
Tierra	23.53	20
Ceniza	5.88	5
Guano de murciélago	11.76	10

4.5.4. Nivel 4:

Producto	Proporción %	Peso (Kg.)
Residuos de plátano	58.82	50
Paja seca	5.88	5
Paja verde	5.88	5
Tierra	23.53	20
Ceniza	5.88	5
Guano de murciélago	0.00	0

4.6. Figura 3. Productos empleados para la elaboración de composta con el sustrato de cáscara de cacao.

4.6.1. Nivel 1:

Producto	Proporción %	Peso (Kg.)
Cáscara de cacao	23.53	20
Paja seca	5.88	5

Paja verde	5.88	5
Tierra	23.53	20
Ceniza	5.88	5
Guano de murciélago	35.29	30

4.6.2. Nivel 2:

Producto	Proporción %	Peso (Kg.)
Cáscara de cacao	35.29	30
Paja seca	5.88	5
Paja verde	5.88	5
Tierra	23.53	20
Ceniza	5.88	5
Guano de murciélago	23.53	20

4.6.3. Nivel 3:

Producto	Proporción %	Peso (Kg.)
Cáscara de cacao	47.06	40
Paja seca	5.88	5
Paja verde	5.88	5
Tierra	23.53	20
Ceniza	5.88	5
Guano de murciélago	11.76	10

4.6.4. Nivel 4:

Producto	Proporción %	Peso (Kg.)
Cáscara de cacao	58.82	50
Paja seca	5.88	5
Paja verde	5.88	5
Tierra	23.53	20
Ceniza	5.88	5
Guano de murciélago	0.00	0

4.7. Análisis Estadísticos:

De igual modo se determino la metodología para el análisis estadístico el cual se defino fuera bajo un diseño factorial de 3 x 4 con un arreglo de bloques al azar con cuatro repeticiones del mismo modo se determino que el sistema de análisis estadístico a utilizar seria el SAS versión 6.112 para Windows (SAS Institute, 1999).

5.7.1. Figura 4. Distribución del trabajo, se realizó en un diseño factorial 3x4 donde los 12 tratamientos fueron alojados en arreglo de bloques al azar con cuatro repeticiones.

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV
1	Cachaza IV 50-0	Platano II 30-20	Cacao IV 50-0	Cacao IV 50-0
2	Platano I 20-30	Cacao III 40-10	Cachaza II 30-20	Platano IV 50-0
3	Cacao II 30-20	Cachaza I 20-30	Platano III 40-10	Cachaza II 30-20
4	Cacao III 40-10	Cacao IV 50-0	Cachaza IV 50-0	Platano I 20-30
5	Platano IV 50-0	Cachaza II 30-20	Cacao II 30-20	Cacao I 20-30
6	Cachaza III 40-10	Platano I 20-30	Platano I 20-30	Cachaza IV 50-0
7	Platano III 40-10	Platano IV 50-0	Cacao III 40-10	Cacao III 40-10
8	Cacao IV 50-0	Cacao II 30-20	Cachaza III 40-10	Cachaza I 20-30
9	Cachaza I 20-30	Cachaza IV 50-0	Platano IV 50-0	Platano III 40-10
10	Platano II 30-20	Cacao I 20-30	Platano II 30-20	Cachaza III 40-10
11	Cachaza II 30-20	Platano III 40-10	Cacao II 30-20	Platano II 30-20
12	Cacao I 20-30	Cachaza III 40-10	Cachaza I 20-30	Cacao II 30-20

Cuadro 4 Métodos empleados para el análisis de las compostas:

Determinación	Método	Autor
pH	Potenciómetro	Etcheverers, 1988
Humedad	Gravimetría	

CIC	Acetato de Amônio 1 N ph 7	Chapman, 1965
Materia Orgánica	Por Calcinación o Combustión seca	Jackson, 1982
Nitrógeno Total	Semimicro-Kjeldahl	Bremner, 1965
Fósforo	Olsen	Olsen y Deen, 1965
Potasio	Acetato de Amônio 1 N ph 7	Chapman, 1965
Calcio	Acetato de Amônio 1 N ph 7	Chapman, 1965
Magnesio	Acetato de Amônio 1 N ph 7	Chapman, 1965
Sodio	Acetato de Amônio 1 N ph 7	Chapman, 1965
Cobre	DTPA 0.005M pH 7.3	Chapman, 1965
Manganeso	DTPA 0.005M pH 7.3	Chapman, 1965
Zinc	DTPA 0.005M pH 7.3	Chapman, 1965

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

La mayoría de los abonos orgánicos de origen animal o vegetal, contiene varios elementos nutritivos, particularmente N y P, así como pequeñas cantidades de K y elementos menores cuya concentración es, sin embargo, esencialmente mas baja que la de los fertilizantes minerales. Otro de los principios del uso de los

abonos orgánicos es la lenta y uniforme liberación del nitrógeno contenido en la materia orgánica ejerciendo con ello una favorable influencia sobre el contenido proteico de las plantas (Jacob y Uexküll, 1973). Como se observa el aporte de nutrientes y la reacción de las compostas a partir del composteo con el guano de murciélagos nos muestra el gran aporte de la composta en el mejoramiento de los suelos que son dedicados a la agricultura ecológica o como un remediador de suelos en el trópico húmedo.

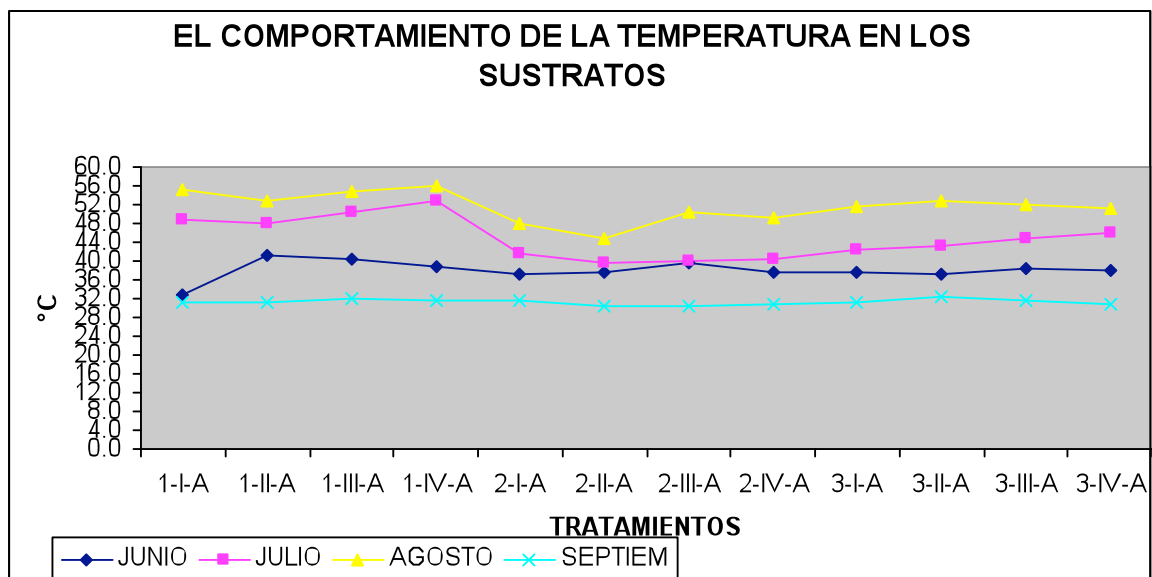
5.1. Indicadores de Madurez:

Los indicadores de maduración fueron: temperatura, humedad, la relación C/N así como la relación NH_4/NO_3 .

5.1.1. La temperatura como un indicador de la madurez de la composta.

La temperatura tuvo un comportamiento normal en la elaboración de la composta ya que únicamente por los riegos tendía a bajar en algunos momentos párale desarrollo pero se observaron la fase mesofilica la cual duro 18 días; la fase termofilica que se alcanzo después de la fase mesofilica y duro aproximadamente 52 días y de nuevo la fase mesofilica que tuvo una duración de 26 días la cual se considero como un indicador de la madurez en el experimento en campo la cual se estabiliza a los 22 °C a lo 96 días para su elaboración.

Figura 5. El comportamiento de la temperatura como un indicador de la madurez de la composta.

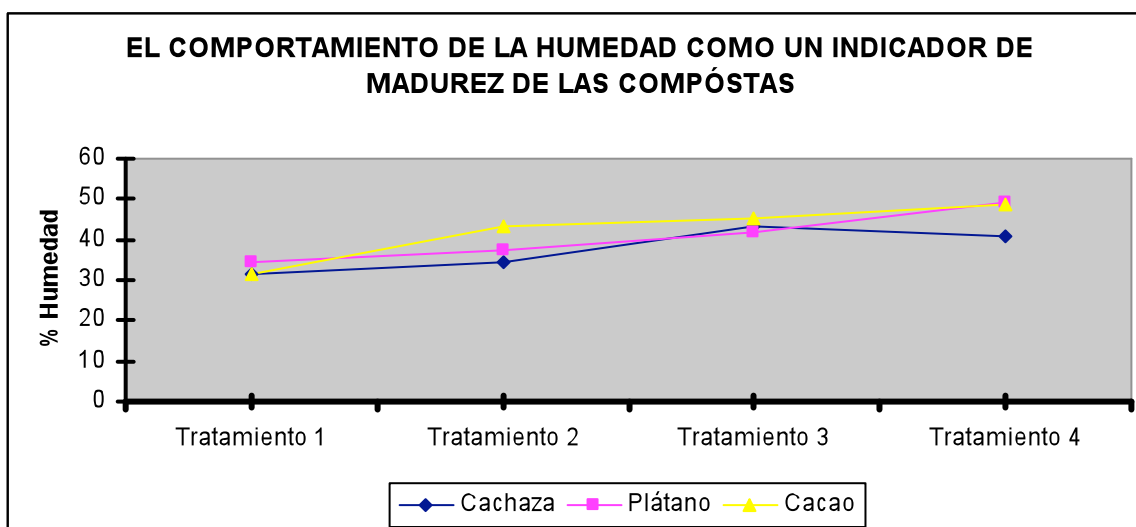


5.1.2. La humedad como un indicador de la madurez de la composta.

Otro de los indicadores de la dures de las compostas fue la determinación de la humedad en la composta la cual se determino mediante el método gravimetrico la cual tiene como principio fundamental el de considerar la diferencia de peso entre

la muestra húmeda y el peso resultante después del secado en la estufa a 60°C durante 12 hrs. el peso se determina mediante balanza analítica y esta determinación resultó que la composta según esta determinación y comparando los datos obtenidos por (Wiston, 2002) el cual menciona que la temperatura a los 8 meses de ser de 25.5 % en este sentido según los datos que se obtuvieron en la elaboración de composta con guano de murciélagos en condiciones del trópico humedad se dieron resultados similares observándose valores de 31.3 % en el tratamiento 1 de cachaza y cáscara de cacao y 34.3 % en la composta con desechos de plátano.

Figura 6. El comportamiento de la humedad como uno de los indicadores de madurez de la composta.

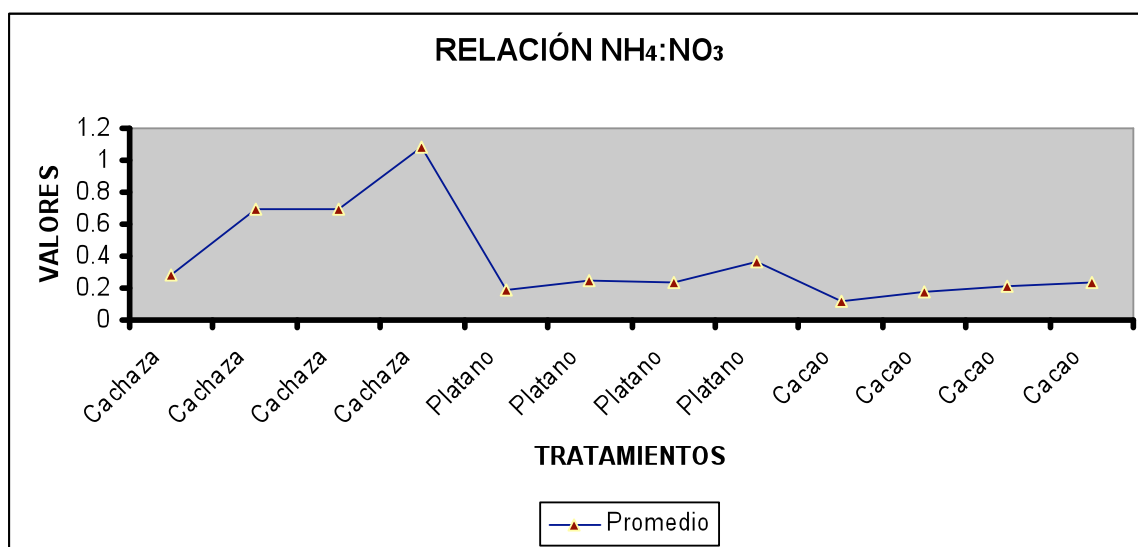


5.1.3. La relación $\text{NH}_4:\text{NO}_3$ como un indicador de la madurez en las compostas.

Otro indicador de la madurez de las compostas lo reportan Bernal *et al.*(1998), con la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ los que encontraron que una relación con un valor de

0.09 es indicativo de que la composta ha alcanzado un buen grado de madurez. En un estudio con mezclas con desechos municipales, lodos de cervecerías, bagazo de sorgo, desechos de algodón y corteza de pino, se consideraron maduras las compostas con relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ entre 0.04 a 0.16 (Sánchez-Monedero *et al.* 2001b). Resultados similares se obtuvieron en la compostas enriquecidas con guano de murciélagos los cuales indicaron relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$. En el estudio realizado con guano en combinación con cachaza, desechos de plátano y cáscara de cacao se encontraron promedios de relaciones NH_4/NO_3 con valores de 0.12 a 1.08 y nos muestra que la cachaza concentrada al 60% con 30 Kg^{-1} de guano comparado con el 0.00 Kg^{-1} de guano alcanzo un estado de madurez con valores de 1.08 por considerar la estabilización de la temperatura en el mes de septiembre como un indicador de la madurez de la composta, coincidiendo con Mathur *et. al.* en la madurez de composta.

Figura 7. Parámetros de la relación amonio:nitrato como indicadores de madurez de la composta.



5.2. RESULTADOS ESTADISTICOS DE LOS CONTENIDOS DE NUTRIENTES EN LAS COMPOSTAS.

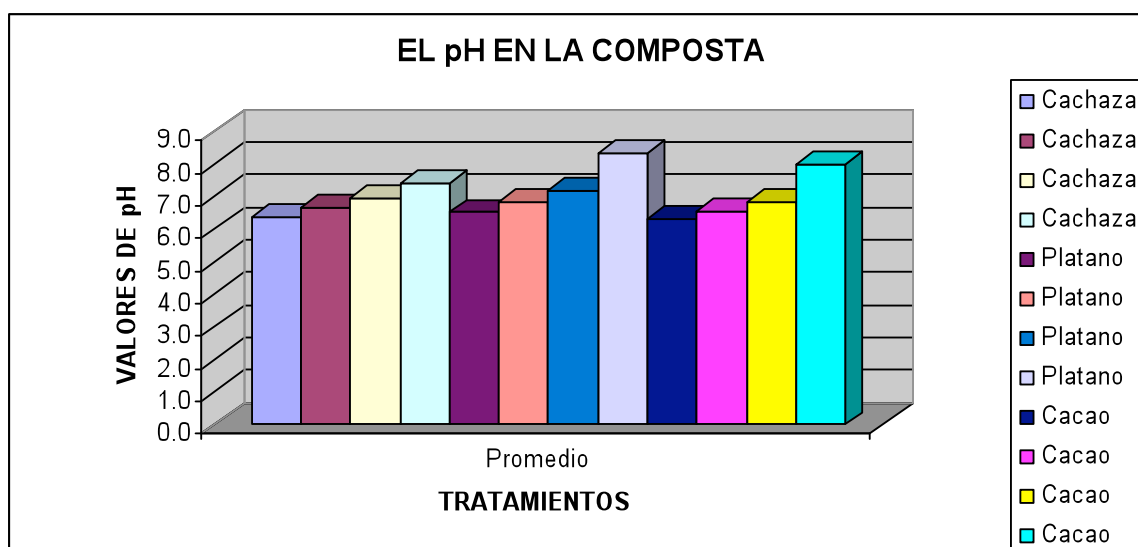
Cuadro 5 del análisis estadístico de la composta de comparación de los sustratos a diferentes cantidades de productos de desechos.

Cuadro 6 de los resultados del análisis estadístico de las compostas comparando las dosis de guano en los tratamientos de las compostas.

Variables	Unidades	Dosis de Guano				C.V.	Pr>F	Pr>F
		1	2	3	4			
pH	Valores	6.57 c	6.85 cb	7.22 b	6.78 ab	7.00	5.02	*
CE	dS/m ⁻¹	3.75 b	2.91 b	4.07 a	3.48 b	3.49	4.85	**
MO	%	33.70 d	42.48 c	41.37 b	45.51 a	43.10	7.02	**
NN	%	0.78 c	1.04 cb	0.81 b	0.91 b	0.92	12.44	**
PP	mg/Kg ⁻¹	2873.8 a	2186.3 bc	2062.4 c	2388.2 ab	2192.33	31.69	**
KK	cmol/Kg ⁻¹	8.79 d	6.28 c	17.74 b	14.90 b	12.98	10.57	**
Ca	cmol/Kg ⁻¹	115.97 a	73.69 b	71.29 c	64.88 d	71.27	8.26	**
Mg	cmol/Kg ⁻¹	6.21 d	11.66 c	6.94 b	9.29 a	9.26	10.47	**
Na	cmol/Kg ⁻¹	0.34 ba	0.34 a	0.35 ba	0.35 b	0.32	26.54	*
CC	cmol/Kg ⁻¹	17.32 d	23.39 c	21.15 b	23.80 a	23.88	6.64	**
Fe	mg/Kg ⁻¹	23.88 b	32.99 a	35.24 b	36.97 b	29.16	16.11	**
Cu	mg/Kg ⁻¹	7.56 a	7.06 a	7.61 b	6.20 b	6.96	10.55	**
Zn	mg/Kg ⁻¹	32.25 a	20.96 b	20.14 c	20.52 c	21.68	14.12	**
Mn	mg/Kg ⁻¹	3.41 b	3.79 b	4.33 b	4.28 b	4.10	13.08	**

En los dos cuadros anteriores se pueden observar el comportamiento y los efectos que se tuvieron en la elaboración de las compostas por el método Indore (Seymour, 1980) enriquecidas con guano de murciélagos.

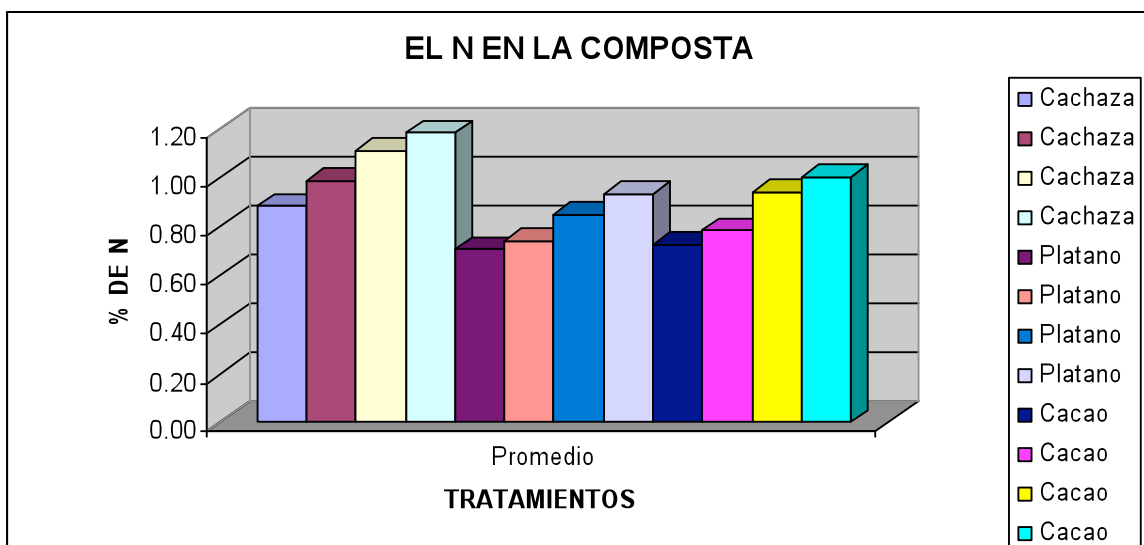
Figura 8. EL COMPORTAMIENTO DEL pH EN LA ELABORACIÓN DE LA COMPOSTA



El aprovechamiento y el efecto de muchos nutrientes vegetales, particularmente del ácido fosfórico y de los elementos menores dependen ampliamente del pH prevaliente en la solución del suelo (Jacob y Uexküll 1973). Según E. Truog los valores comprendidos entre el pH de 6.0 y 7.0 resultan ser los más efectivos para el aprovechamiento y la efectividad de la mayoría de los nutrientes vegetales. A pH mayores de 8 se disocian los grupos OH del fenol, y es posible que la disociación de del OH enólico, la imida (=NH) y otros grupos también contribuyan a la carga negativa Bonh *et. al.* (1993). Aunque los grupos protonados como (R-OH₂)⁺ y (RNH₃)⁺, pueden producir cargas positivas, predominantemente las cargas global del humus permanece negativa Bonh *et. al.* (1993). En los análisis para determinar el pH se empleo el método del potenciómetro propuesto por Etcheverers, 1988 (ver cuadro 4).

El comportamiento del pH fue de 7.0 como valor promedio. Y en el mayor valor lo presento el tratamiento IV del sustrato de desechos de plátano que tuvo un valor de 8.31 en las pruebas estadísticas, con un coeficiente de variación de 5.02, lo cual nos indica que el tratamiento no presento variabilidad estadística. y que según la norma es un producto moderadamente alcalino; de igual modo la dosis que presento los menores valores de pH fue el del tratamiento I elaborado con cáscara de cacao con valores de 6.31, en la cual la norma lo considera un producto ligeramente ácido y en este caso fue al tratamiento que se le agregaron las dosis mas altas de guano (30-20); y el comportamiento en el análisis estadístico se encontró que fue altamente significativo.

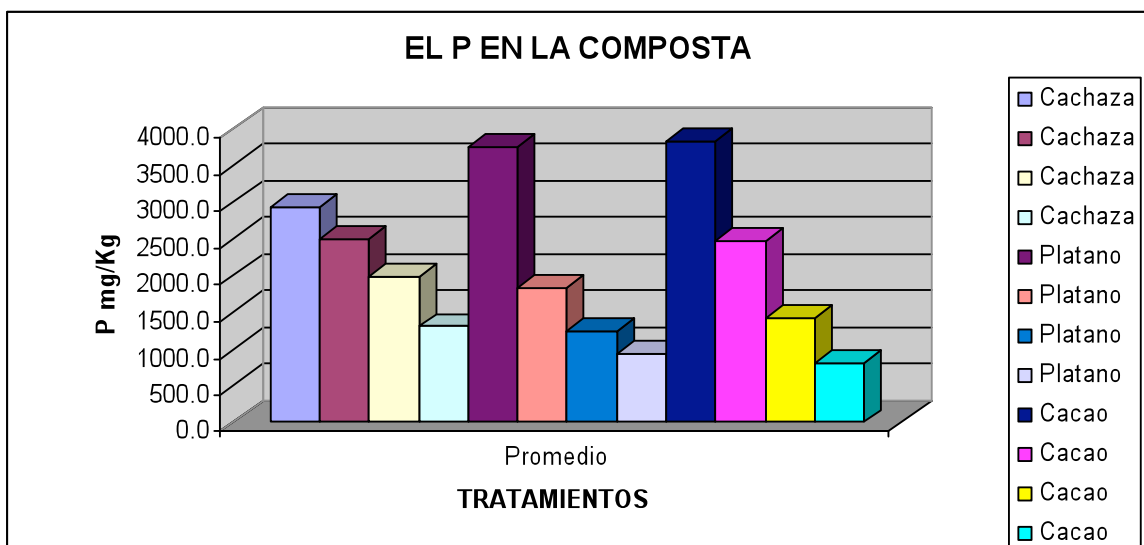
Figura 9 EL COMPORTAMIENTO DEL N EN LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA.



La vida no sería concebible sin la existencia de este elemento. Todos los procesos vitales están asociados a la existencia de un plasma funcional que presenta al nitrógeno como constituyente característico. Además de ello, se le encuentra presente en un gran número de compuestos de singular importancia fisiológica dentro del metabolismo vegetal. Dado que no existen minerales nitrogenados en el suelo, la reserva del terreno depende directamente de la presencia de materia orgánica en él, Por tal razón, los suelos minerales son en su mayoría pobres en nitrógeno, reaccionando favorablemente a su suministro adicional en forma orgánica. Los únicos suelos ricos en nitrógeno son los de origen orgánico, y son los de turbera. Otra fuente de suministro de este elemento son las bacterias fijadoras o actinomiceto las cuales se consideran cantidades considerables del orden de 224 Kg/ha-1 (Jacob y Uexküll, 1973). Mientras que para otros autores como Cruz Medrano mencionan el estudio abonos orgánicos un promedio de cuatro compostas 0.58. Como se encontró en el experimento se tuvieron los máximos aportes de N fue en la composta elaborada con cachaza sin el aporte de guano lo cual fue propuesto por Madrid y Castellanos (1998), en donde se compararon los aportes de N en la elaboración de compostas con cachaza.

En la determinación de N se empleó el método Semimicro-kjeldahl, propuesto por Bremner, 1965 (ver cuadro 4). En el caso de N se observó con un promedio de los tratamientos fue de 0.92 % de N; que el sustrato que presentó mayores aportes fue el de cachaza en el tratamiento IV (00-50) con una participación de 1.16 % de N; y el menor valor en el tratamiento 1 con 0.78%, las pruebas estadísticas lo encontraron altamente significativo; con un coeficiente de variación de 12.44 lo cual indicó que hubieron pocos factores de variación en la determinación de este nutriente de las compostas.

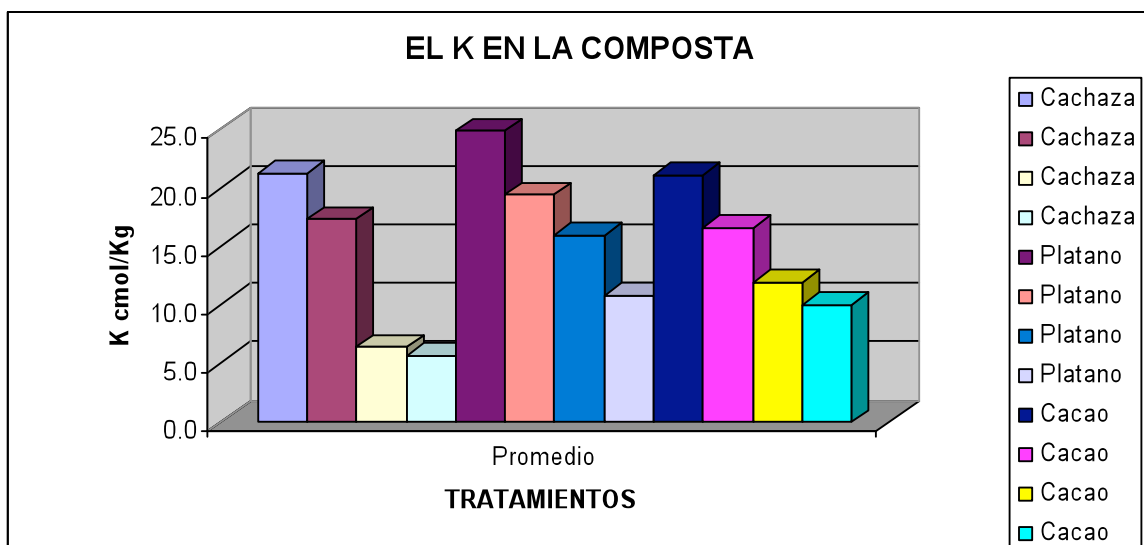
Figura 10 EL COMPORTAMIENTO DEL P EN LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA.



La mayoría de enzimas hasta ahora conocidas contienen ácido fosfórico. La asimilación del ácido fosfórico puede realizarse bajo el mayor grado de oxidación del ácido ortofosfórico (H_3PO_4), en forma de Ion PO_4 o de ion H_2PO_4^- . Después de verificarse la mineralización de la materia orgánica una cierta fracción del ácido fosfórico del suelo se presenta en forma de compuestos orgánicos y queda a disposición de las plantas. Dicha materia orgánica es importante no solamente como aportadora de fosfatos fácilmente solubles, sino también por retrasar o impedir, mediante numerosos compuestos orgánicos, la fijación inorgánica de los fosfatos solubles aplicados, haciéndolos así fácilmente aprovechables por las plantas (Jacob y Uexküll, 1973). Se ha documentado que la adición de composta contribuye a incrementar la disponibilidad de fósforo para las plantas (Manar *et. al.* 1983) y reducir la efectividad de la concentración de los pesticidas en el suelo mediante la formación de enlaces de sus moléculas con las moléculas orgánicas (Chopra y Magu, 1985^a, 1985^b, citado por Dick y McCoy, 1993).

En la determinación de P se empleo el método de análisis Olsen propuesto por Olsen y Deen, 1965 (ver cuadro 4). Según el análisis químico practicado al P en este se observo un aporte promedio de 2192 mg/Kg^{-1} mientras que el mayor aporte fue de $2327.8 \text{ mg/Kg}^{-1}$ lo cual fue reportado para el sustrato formado por cáscara de cacao y el tratamiento de menor aporte de $2062.3 \text{ mg/Kg}^{-1}$; fue el sustrato elaborado con desechos de plátano los cuales fueron estadísticamente no significativos (Ns). iguales para la valoración de sustratos. No así para las dosis de guano el cual mostró promedios similares pero en el desarrollo el tratamiento que aporto mayores valores de P fue el tratamiento I del sustrato de cacao con valores de $3841.75 \text{ mg/Kg}^{-1}$ y el menor fue el tratamiento I del sustrato platano con $2013.25 \text{ mg/Kg}^{-1}$; con un coeficiente de variación de 31.69 lo cual nos indico que el tratamiento mostró alguna variabilidad estadística; y se encontró que este fue altamente significativo

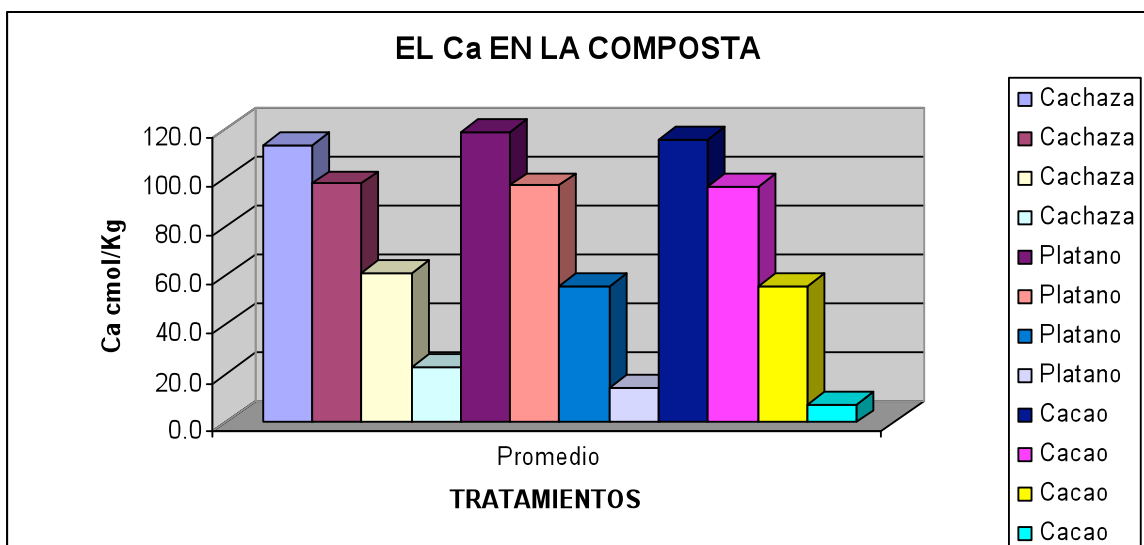
Figura 11 EL COMPORTAMIENTO DEL K EN LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA.



El potasio desempeña un papel importante como elemento antagónico del nitrógeno. La absorción del potasio, bien provenga éste de fertilizantes potásicos, material vegetal mineralizado o materiales del suelo se realiza siempre en forma de Ion potasio, monovalente y electropositivo. Del total de potasio existente en el suelo solo una pequeña fracción se encuentra a disposición de los vegetales. De ella a su vez, solo un reducido porcentaje está contenido en la solución del suelo, pasando el resto a ser absorbido por las micelas coloidales (minerales arcillosos, sustancias húmicas). Este tipo de potasio puede ser asimilado por las plantas mediante un proceso de intercambio de iones H^+ , H_3O^+ , o iones HCO_3^- . Los principales grupos minerales que abastecen de potasa al suelo son los feldespatos (ortoclasa, microlina, etc.) y las micas (biotita y moscovita) (Jacob y Uexküll, 1973).

Para la determinación del K se empleó el método de extracción con Acetato de Amonio 1N pH 7 propuesto por Chapman, 1965 (ver cuadro 4). El K se desarrolló con un aporte promedio de $12.98 \text{ cmol}(+)Kg^{-1}$; mientras que el mayor aporte lo encontramos en el tratamiento IV (00-50) en el sustrato de desechos de plátano fue de $24.83 \text{ cmol}(+)Kg^{-1}$; mientras que el de menor valor lo encontramos en el tratamiento I (30-20) donde las dosis de guano fue de 30 Kg^{-1} con un aporte de $5.50 \text{ cmol}(+)Kg^{-1}$; y un coeficiente de variación de 10.57 lo que nos indicó que el experimento mantuvo una baja variabilidad, siendo este tratamiento para este nutriente altamente significativo.

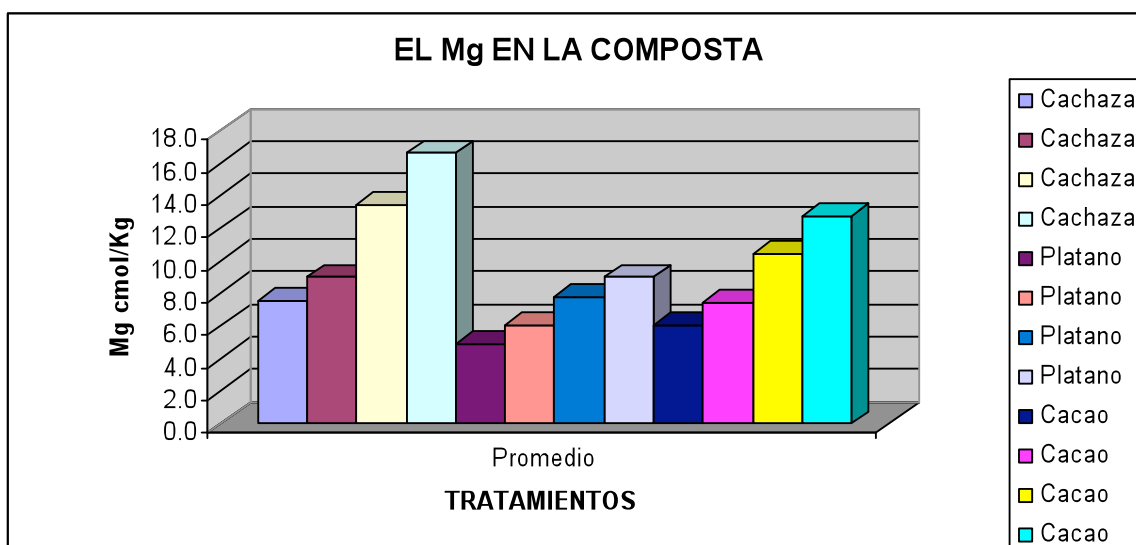
Figura 12 EL COMPORTAMIENTO DEL Ca EN LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA.



Como en el caso del potasio, las funciones del calcio dentro del metabolismo de vegetal son también, en gran parte, de naturaleza químico-coloidal; conjuntamente con otros iones regula el estado de turgencia del plasma coloidal, lo cual es necesario para la realización normal de las reacciones metabólicas. De esta manera el calcio influye sobre la economía acuosa de la planta sobre los carbohidratos proteicos del metabolismo graso, y sobre muchos otros procesos fisiológicos (Jacob y Uexküll, 1973).

Para la determinación del Ca se empleo el método de extracción con Acetato de Amonio 1N pH 7 propuesto por Chapman, 1965 (ver cuadro 4). El Ca tubo un comportamiento igual para los tres sustratos ya que estadísticamente su aporte fue similar en todo el tratamiento de composteo y se encontró (Ns) con promedio de 71.27 cmol(+)Kg-1 y con un coeficiente de variación de 8.26 lo cual indico una variabilidad muy baja. Mientras que en las pruebas que se realizaron para las dosis del guano en las compostas se encontró que con un promedio similar el mayor aporte lo encontramos en el tratamiento I del sustrato de plátano con un aporte de 118.75 cmol(+)Kg-1 y el de menor contenido de Ca fue el tratamiento IV del sustrato de cacao con 7.53 cmol(+)Kg-1; y en este experimento las pruebas estadísticas lo consideraron altamente significativo.

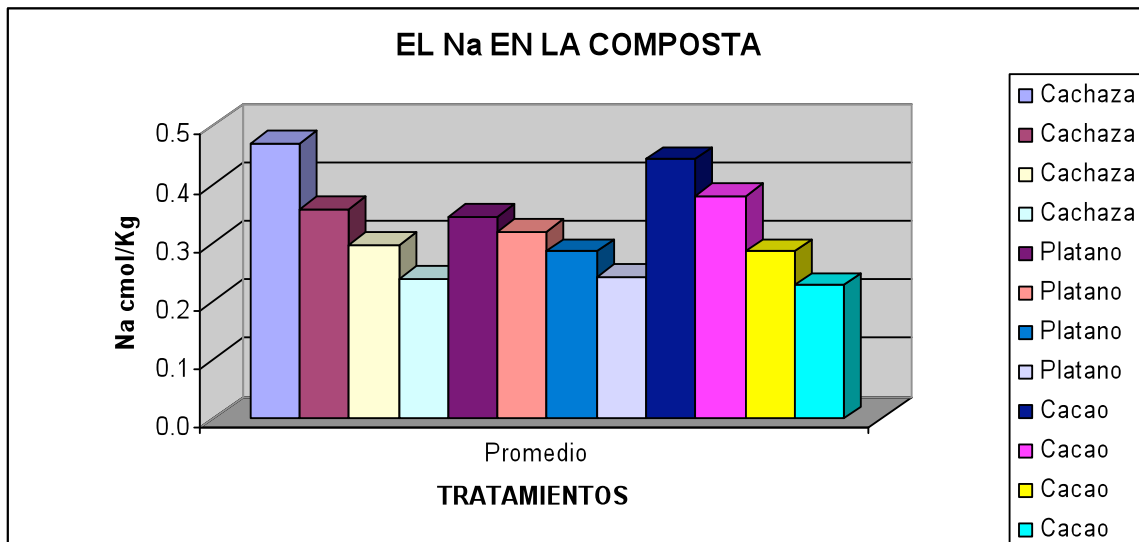
Figura 13 EL COMPORTAMIENTO DEL Mg EN LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA.



Es un nutriente esencial de los vegetales. Esto se comprueba con el hecho de ser uno de los constituyentes de la clorofila, protoclorofila, pectina y fitina. Además de ello, desempeña una serie de diversas funciones, pues solo una pequeña fracción del magnesio total de la planta esta combinada con estas sustancias. La mayor parte de este elemento se encuentra disuelto en el jugo celular, pudiendo trasladarse fácilmente por la planta. El Mg es absorbido como cation divalente, pudiendo suministrarse en forma de sulfato, fosfato, carbonato u oxido. Contrario al caso del calcio, el Mg puede fijarse en muchos suelos en forma no intercambiable ($MgCO_3$). Los iones nitratos fomentan su asimilación, en tanto que los iones amonio, potasio y calcio lo restringen (Jacob y Uexküll, 1973).

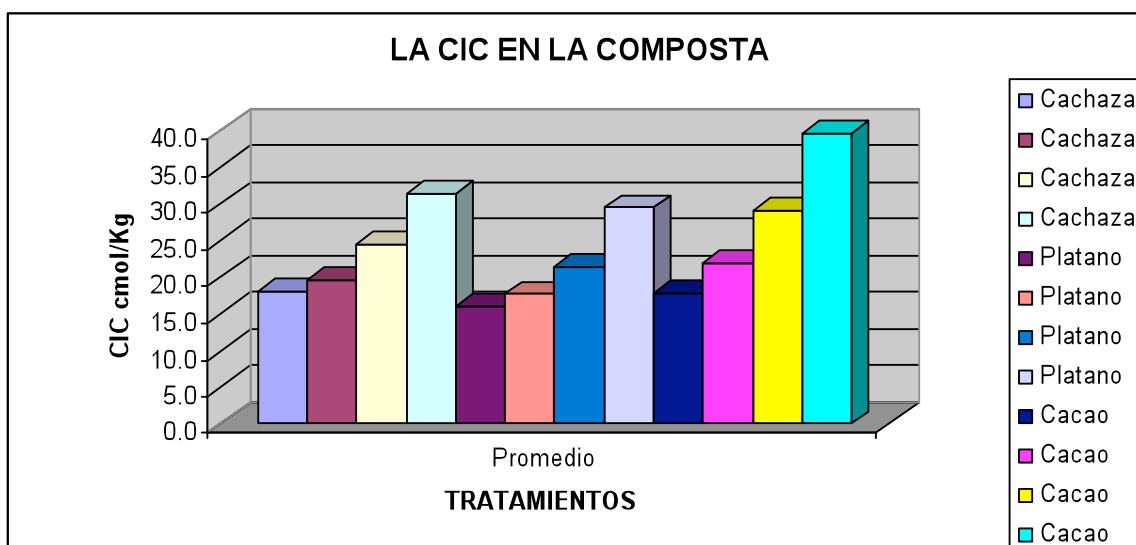
Para la determinación del Mg se empleo el método de extracción con Acetato de Amonio 1N pH 7 propuesto por Chapman, 1965 (ver cuadro 4). El Mg se encontró en los análisis químicos y bajo el analisis estadístico que este elemento se comporto en la elaboración de las compostas en respuesta a los sustratos promedios de $9.26 \text{ cmol}(+)\text{Kg}^{-1}$ mientras que el contenido mas elevado lo encontramos en el tratamiento IV (00-50) elaborado con cachaza como sustrato y con valores de $16.63 \text{ cmol}(+)\text{Kg}^{-1}$ mientras que el menor valor lo encontramos en el tratamiento I (30-20) en el sustrato formado por los desechos de plátano con $4.88 \text{ cmol}(+)\text{Kg}^{-1}$ determinándose un coeficiente de variación de 10.47 y encontrándose con una variabilidad muy baja.

**Figura 14 EL COMPORTAMIENTO DEL Na EN LA ELABORACIÓN DE
COMPOSTA.**



Para la determinación del Na se empleó el método de extracción con Acetato de Amonio 1N pH 7 propuesto por Chapman, 1965 (ver cuadro 4). en las pruebas estadísticas de sustratos se encontró que las diferencias no son significativas, sin embargo en las pruebas estadísticas de diferencias por dosis se encontró que con un promedio de 0.3 cmol/Kg^{-1} se tuvieron valores máximos de $0.39 \text{ cmol/Kg}^{-1}$ en el tratamiento I (30-20) con dosis de 30 kg^{-1} de guano y el valor mínimo $0.24 \text{ cmol/Kg}^{-1}$ se observó en los tratamientos IV (00-50) de los sustratos cachaza y plátano donde no se aportó guano de murciélagos y teniendo esta prueba como resultado que considera altamente significativo con un coeficiente de variación de 26.54.

Figura 15 EL COMPORTAMIENTO DEL CIC EN LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA.

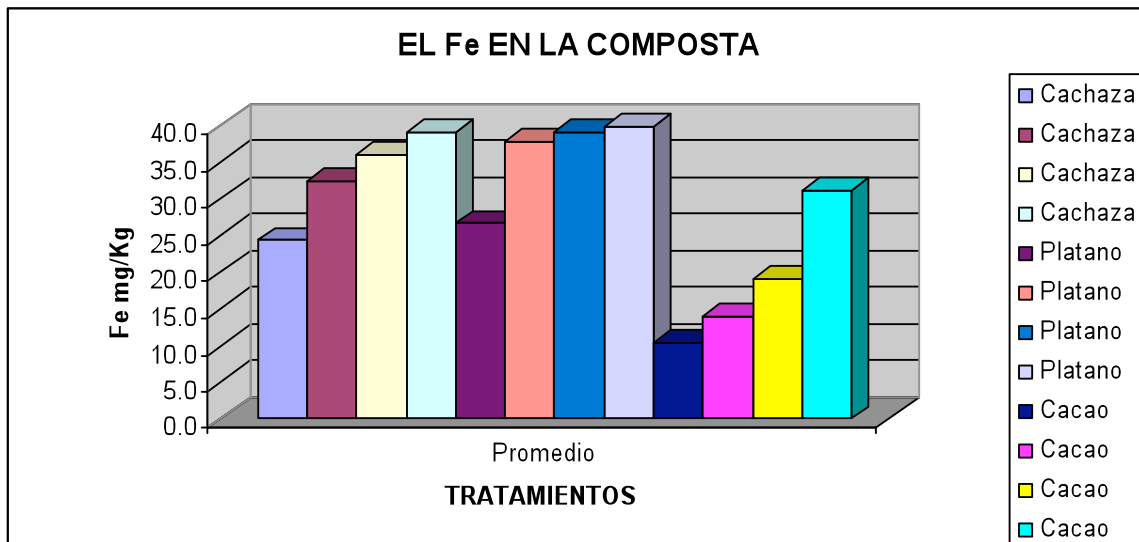


Según Epstein (1976) citado por Dick y McCoy (1993) las bases intercambiables también tienden a incrementarse cuando se aplican compostas al suelo. Esto fue ratificado en los trabajos realizados por Paino *et. al.* (1996) en cuyo estudio se evidencia el cambio de la saturación de bases en mezclas de suelos inceptisoles y oxisoles con compostas de diferentes edades. Por otra parte, es probable que la habilidad de mejoramiento de la CIC este relacionada con el enriquecimiento de la fracción humita que se logra a medida que se incrementa la madurez de la composta y la estabilización de la materia orgánica. Al respecto, Chen e Invar. (1993) han demostrado que la CIC se incrementa en los primeros 60 días de compostaje y se logra un valor final (a los 150 días) tres veces mas alto que el valor en el material fresco, los valores cambiaron de 63 a 181 Cmol(+)/Kg-1 de la Materia Orgánica. Hay un acuerdo en la comunidad científica respecto a la manera general como la carga negativa del ácido húmico se debe a la disociación de H⁺ de los grupos funcionales, principalmente COOH y OH. Esta disociación de grupos Carboxilos y fenol probablemente producen entre el 85 90% de la carga negativa del humus (Bonh *et. al.*, 1993). Tales procesos de formación de cargas negativas en la sustancias humicas pueden explicar el incremento en la CIC producida por las compostas maduras.

El CIC se determino mediante el método Acetato de Amonio 1N pH 7, propuesto por Chapman, 1965 (ver cuadro 4). El cual mostró una relación promedio de 23.88 cmol(+)/Kg⁻¹ y valores máximos de 39.55 cmol(+)/Kg⁻¹ observados en el tratamiento IV (00-50) con cáscara de cacao y el menor se encontró en el

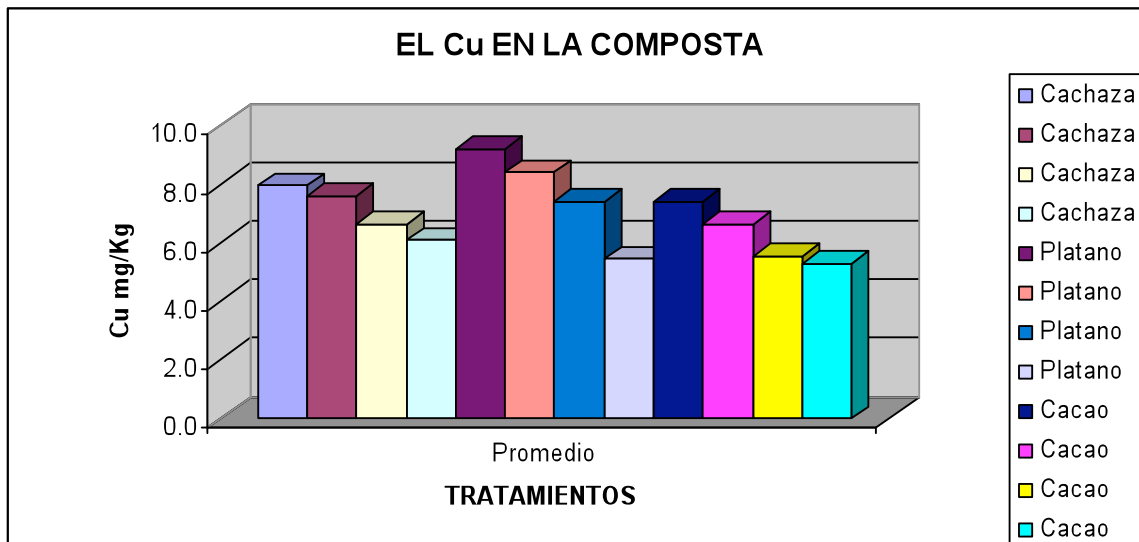
tratamiento I (30-20) como sustrato los desechos de plátano con un valor de 16.05 cmol(+)Kg⁻¹ mostrando un coeficiente de variación de 6.64 lo cual nos muestra una baja variabilidad; en el cual se encontraron diferencias altamente significativas.

Figura 16 EL COMPORTAMIENTO DEL Fe EN LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA.



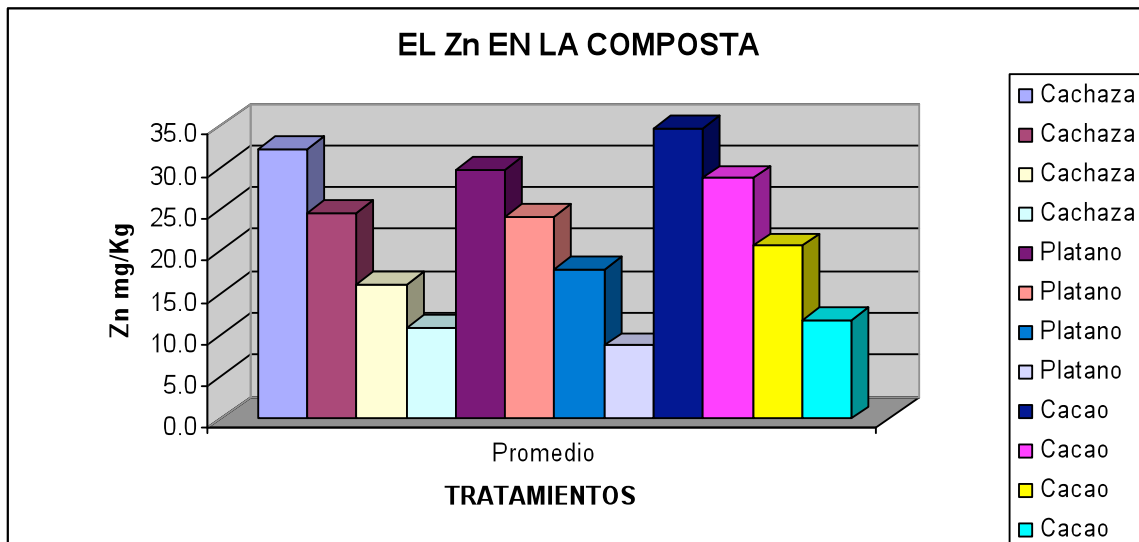
El Fe se determinó con el método DTPA 0.005M pH 7 propuesto por Chapman, 1965 (ver cuadro 4). En la determinación se obtuvieron valores promedios de 29.16 mg/Kg⁻¹ con un valor máximo de 39.83 mg/Kg⁻¹ observado en el tratamiento IV elaborado con el sustrato de plátano y como mínimo 12.00 mg/Kg⁻¹ en el tratamiento III del sustrato de cáscara de cacao con un coeficiente de variación de 16.11 y siendo este análisis altamente significativo.

Figura 17 EL COMPORTAMIENTO DEL Cu EN LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA.



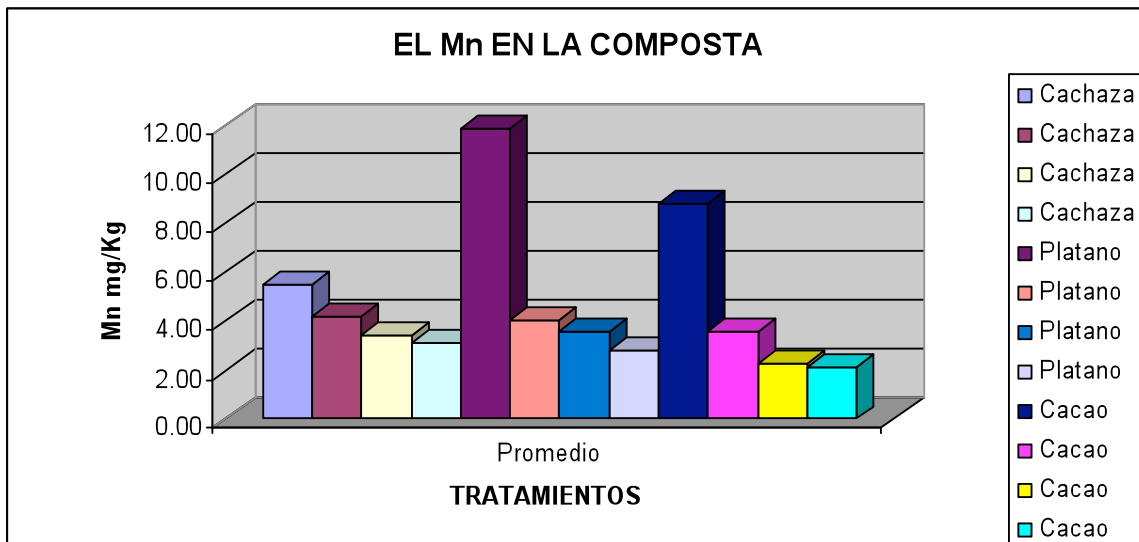
El Cu se determinó mediante el método de DTPA 0.005M pH 7 propuesto por Chapman, 1965 (ver cuadro 4). En la determinación química del Cu se estudiaron las respuestas de los sustratos al composteo y se obtuvieron valores promedios de 6.96 mg/Kg^{-1} mientras que se encontraron valores máximos de 9.08 mg/Kg^{-1} hallados en el tratamiento I (30-20) con el sustrato de desechos de plátano y como aporte mínimo se encontró en el tratamiento IV con cáscara de cacao y que solo aporta 5.34 mg/Kg^{-1} hallándose un coeficiente de variación de 10.55 que indica una baja variabilidad experimental, se determinó que fue altamente significativo en sus resultados estadísticos.

Figura 18 EL COMPORTAMIENTO DEL Zn EN LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA.



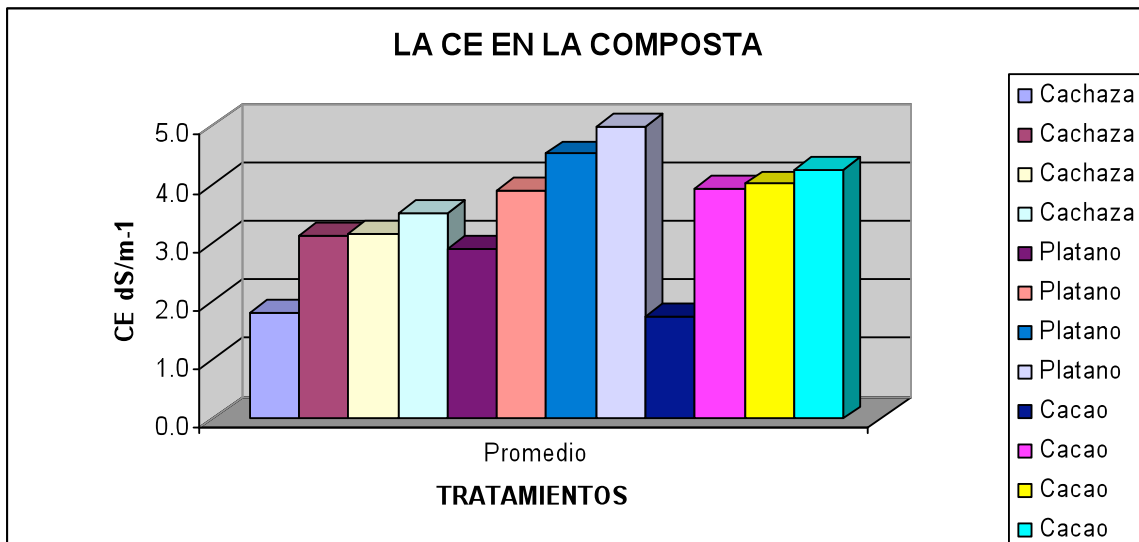
La determinación del Zn se realizó bajo el método de DTPA 0.005M pH 7.3 (ver cuadro 4). En el cual se pudo observar el comportamiento del Zn en el experimento de la elaboración de la composta con guano de murciélagos en las pruebas estadísticas para el estudio de los tres sustratos se observaron valores promedios de 21.68 mg/Kg^{-1} con un aporte mayor en el tratamiento I (30-20) como sustrato la cáscara de cacao y fue del orden de 34.70 mg/Kg^{-1} ; mientras que el de menor aporte fue el tratamiento IV (00-50) con los desechos de plátano 8.75 mg/Kg^{-1} ; con un coeficiente de variación de 14.12 y teniendo una respuesta altamente significativa para este análisis.

Figura 19 EL COMPORTAMIENTO DEL Mn EN LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA.



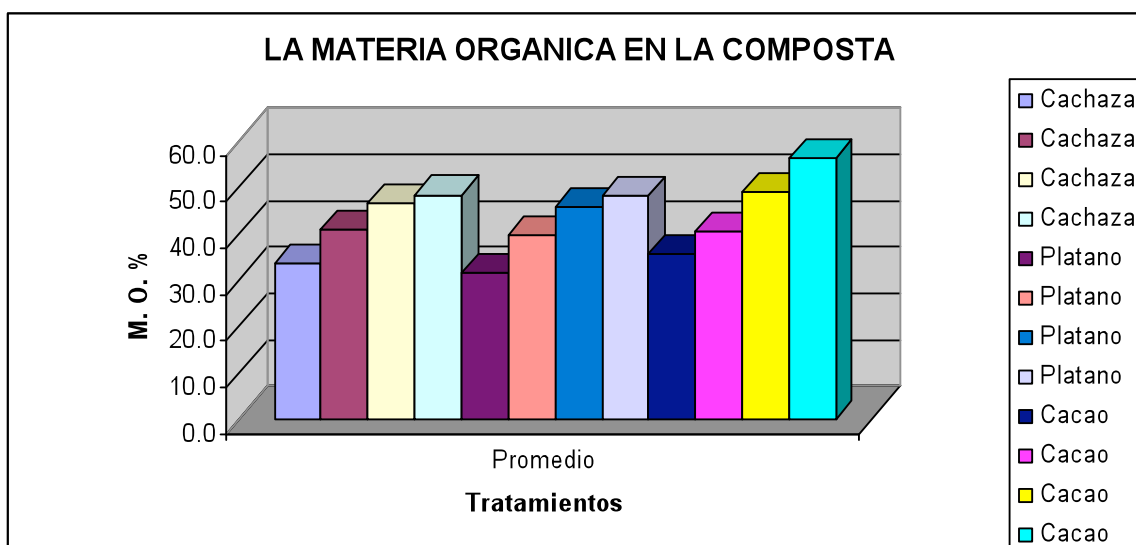
En la determinación del Mn se empleó el método DTPA 0.005M pH 7.3 (ver cuadro 4). En el estudio del desarrollo de los tres diferentes sustratos en el cual se pudieron observar concentraciones del Mn promedio de 4.10 mg/Kg^{-1} , así como un mayor aporte el cual se observó en el tratamiento IV que se obtuvo del sustrato de desechos de plátano y fue de 6.88 mg/Kg^{-1} ; mientras que el de menor aporte fue el tratamiento IV del sustrato de cacao con 2.15 mg/Kg^{-1} lo cual se pudo observar en el sustrato de cachaza en el que se pudo observar un coeficiente de variación 13.08 y es altamente significativo.

Figura 20 EL COMPORTAMIENTO DE LA CE EN LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA.



La CE se midió por medio de conductímetro o conductímetro en extracto de saturación. La CE tuvo un comportamiento promedio de 3.49 dS m^{-1} ; mientras que mostró valores máximos en el tratamiento IV (00-50) que fue observado en el sustrato de desechos de plátano; lo cual indica que este sustrato tiene restricciones para su uso en el abonamiento de los suelos por la alta cantidad de sales que contiene en el tratamiento así como el valor mínimo de 1.74 dS m^{-1} encontrado en el sustrato de cáscara de cacao, con un coeficiente de variación de 4.85 que indica una variabilidad baja. Según las pruebas estadísticas este experimento fue altamente significativo.

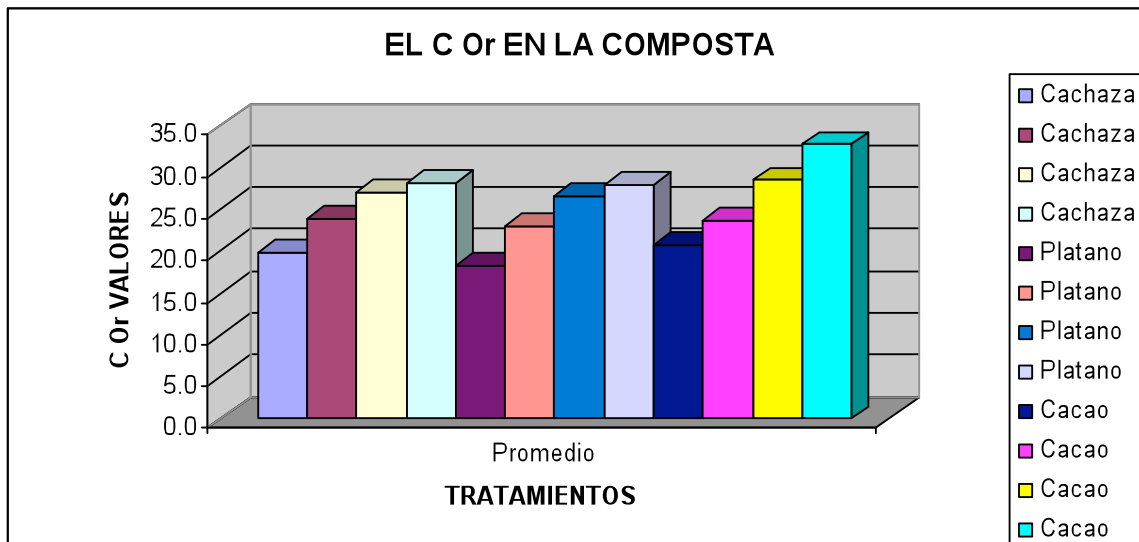
Figura 21 EL COMPORTAMIENTO DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA.



La materia orgánica de la composta no solo desempeña el papel de portadora y abastecedora de nutrientes, sino que cumple también muchas otras importantes funciones, encontrándose entre las de mayor importancia, el mejoramiento de la estructura edáfica, la circulación y capacidad de humedad del suelo, la estimulación de la actividad microbiana, la de abastecedora de nutrientes para los microorganismos del suelo en la mineralización de los nutrientes de la materia orgánica así como indicador de la madurez de la composta en forma de C- Orgánico, abastecimiento de sustancias orgánicas con carácter de auxinas, fomentando así el crecimiento (Jacob y Uexküll, 1973).

Para la determinación química de la MO se empleó el método de calcinación o combustión seca propuesta por Jackson, 1982 (ver cuadro 4). En la MO se encontró un promedio de 43.10% y los mayores valores se observaron en el tratamiento IV elaborada con cáscara de cacao y con valores de 56.45 % de igual modo la composta mostró menores valores fue el tratamiento I (30-20) elaborado con el sustrato de desechos de plátano con valores de 31.68 % y un coeficiente de variación de 7.02 lo cual también indicó que en el experimento se mantuvo muy poca variabilidad. En las pruebas estadísticas este experimento fue altamente significativo.

Figura 22 EL COMPORTAMIENTO DEL C Or EN LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA.



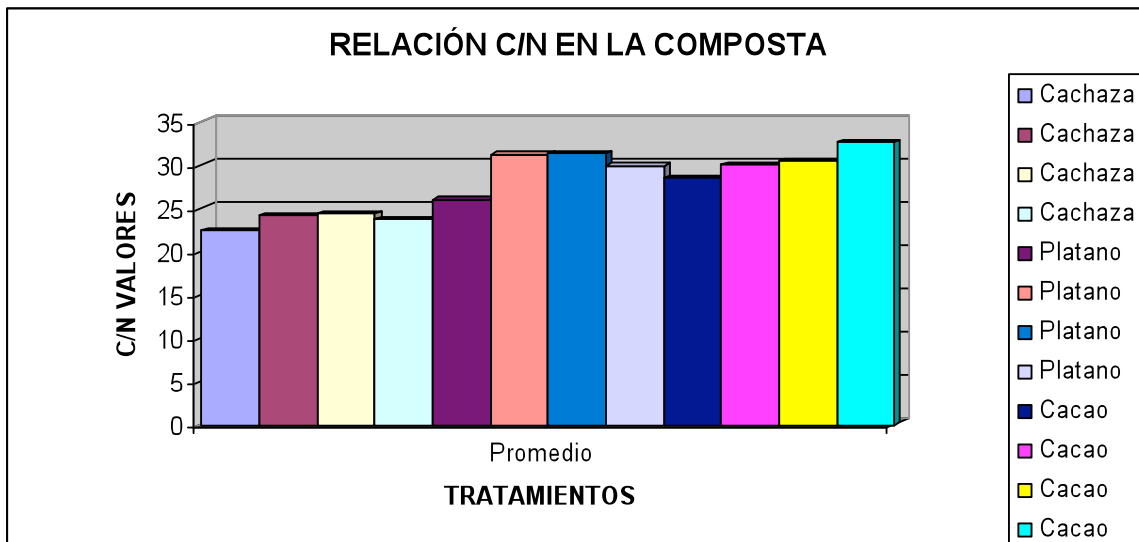
Los microorganismos requieren de una fuente de carbono que les proporcione energía y de nitrógeno para la síntesis de proteínas celulares. En este último se considera uno de los más importantes y son deseables en relaciones C/N 25:1 a 35:1 en la mezcla inicial. Cuando la relación es alta, el proceso se alarga para eliminar el carbono en forma de CO₂ en caso de ser menor, el N se pierde en forma de amoníaco (CINTEC, 1999). El C or se puede obtener usando el contenido de la Materia orgánica en la relación de entre el factor de Van Benmelen que es de 1.724 para obtener el Carbono orgánico. De lo que se deduce del supuesto de que la MO contiene el 58% de Carbono orgánico $1/0.58=1.724$.

Dentro de los índices de madurez sobresale la relación C/N. Mathur *et. al.* (1993) analizaron las ventajas y desventajas de este parámetro. El resultado de un composteo apropiado es la conservación del nitrógeno y transformación del carbono de los desechos en dióxido de carbono y sustancias humicas. La relación ideal de un compost maduro es alrededor de 10:1 sin embargo, es difícil lograr este valor, considerando que los sustratos tengan diferente nivel de lignina, carbohidratos de difícil degradación. Los valores de 20:1 o un poco mayores son aceptados siempre y cuando el material sea bioestable y que el descenso del valor durante el composteo sea mayor al 50%.

En el caso de las compostas enriquecidas con guano se considero que el material era bioestable por la determinación de la temperatura en la maza la cual se estabiliza en los 30°C con valores promedios de C or. de 25 y el tratamiento

que mostró mayor valor IV (00-50) de la composta elaborada con cáscara de cacao con valores de 32.8 y el tratamiento I (30-20) elaborado con sustrato de plátano como un valor mínimo con 18.4.

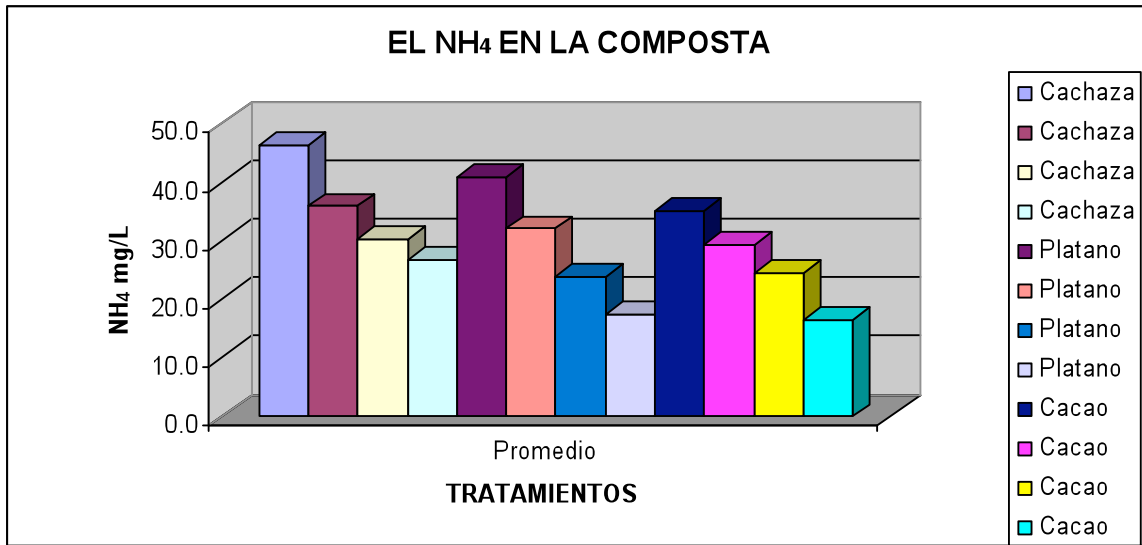
Figura 23 LA RELACIÓN C/N EN LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA.



Dentro de los índices de madurez de las compostas sobresalen la relación C/N. Mathur *et. al.* (1993), analizaron las ventajas y desventajas de la utilización de este parámetro. El resultado de un composteo apropiado es la conservación del nitrógeno y la transformación del carbono de los desechos en dióxido de carbono y sustancias húmicas. La relación ideal de un compost maduro es de alrededor de 10:1 sin embargo, es difícil lograr este valor, considerando que los sustratos tengan diferentes niveles de lignina, carbohidratos de difícil degradación. Los valores de 20:1 o un poco mayores son aceptados siempre y cuando el material sea bioestable y que el descenso del valor durante el composteo sea mayor al 50%. Gotaas (1956) citado por Mathur *et. al.* (1993) produjo un compost maduro de un nivel de 78:1 a 35:1.

En este experimento se observó que la composta que se confeccionó con Cachaza mostró una relación C:N que conservó mayor cantidad de nitrógeno y que mostró una madurez más rápida que el resto de los sustratos, observándose que el tratamiento I (30-20) de 30 Kg-1 de guano y 20 Kg-1 de Cachaza tuvieron una relación C:N de 22.35 similar a los reportados por Mathur (1993). Mientras que los mayores resultados se observaron en el tratamiento IV (00-50) de la composta elaborada con cáscara de cacao con valores de 32.48.

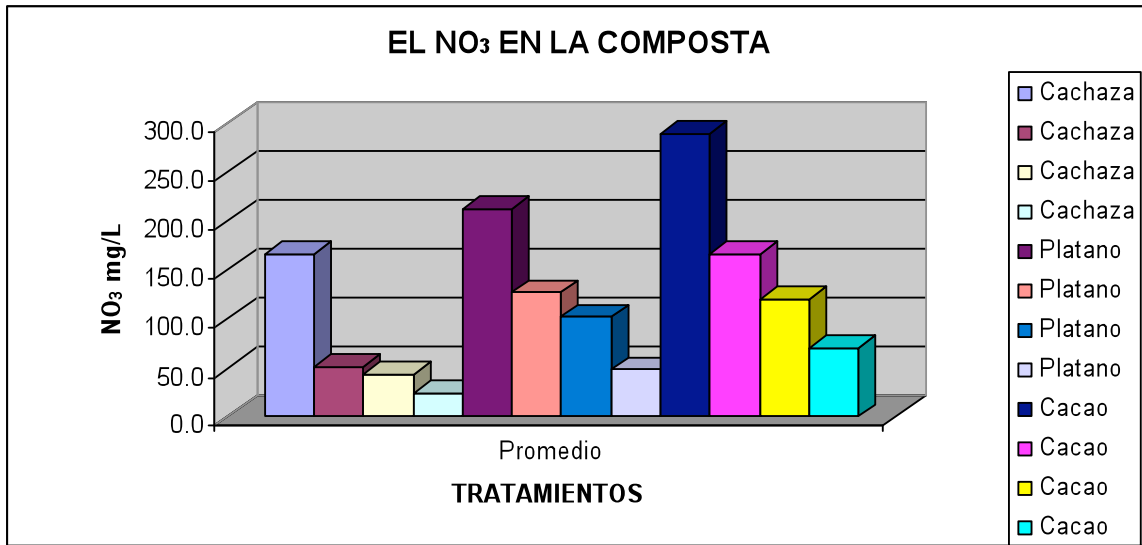
Figura 24 EL COMPORTAMIENTO DEL NH₄ EN LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA.



Mediante la actividad microbiana, y bajo condiciones favorables, el amonio sufre una rápida transformación a nitrato. De esta manera la planta dispone simultáneamente de ambas formas nitrogenadas (nítrica NO₃ y amoniacal NH₄) (Jacob y Uexküll, 1973). Y esta relación de compuestos nos da un nivel de madurez de las compostas para determinar los factores asociados al empleo de estos componentes de mejoramientos o enmiendas de suelo según Mathur *et. al.* (1993).

En el experimento se observa que durante el desarrollo de las compostas de obtuvieron valores promedios de 29.9 mg/L⁻¹, el máximo valor fue observado en el tratamiento I (30-20) elaborado con el sustrato de cachaza con valores de 46.4 mg/L⁻¹; mientras que los valores mas bajos se tuvieron en el tratamiento IV (00-50) elaborado con sustrato de cacao con valores de 16.5 mg/L⁻¹.

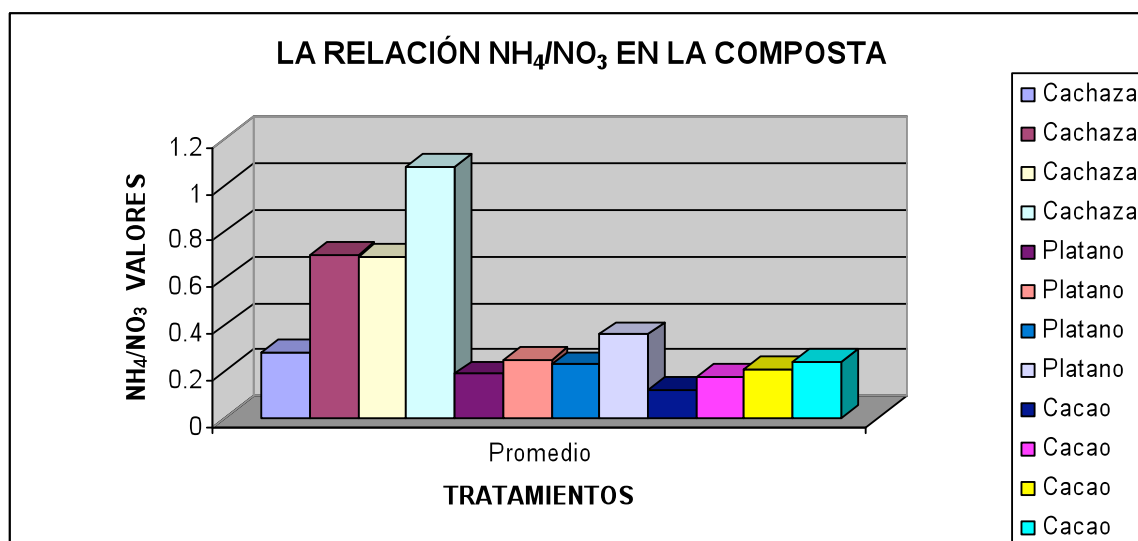
Figura 25 EL COMPORTAMIENTO DEL NO₃ EN LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA.



El nitrato y el amonio son prácticamente los únicos compuestos nitrogenados que, presentes o aplicados en el suelo, son asimilados por la planta. En los últimos años se ha comprobado ciertamente compuestos nitrogenados de elevado peso molecular, tales como los aminoácidos, pueden ser asimilados tanto por vía radicular como por vía foliar. Así se tiene que la concentración de los iones H⁺, son un importante factor en el proceso de asimilación de estos compuestos, (Jacob y Uexküll, 1973). Y así se tiene, que dentro de elevados índices de alcalinidad, el ion nitrato es superior, dado que bajo tales condiciones los compuestos amoniacaes son transformados, con resultados tóxicos para la planta, a amoniaco libre (NH₃). También dentro de elevados limites de acidez el ion nitrato resulta ser superior. El plasma, dentro de tales condiciones, presenta una reacción ligeramente básica que motiva la preferente asimilación del ion nitrato, de carga negativa.

En el experimento el comportamiento del nitrato fue de promedio 118.5 mg/L⁻¹; mientras que los máximos valores fueron observados en el tratamiento I (30-20) con 290.1 mg/L⁻¹; y como valores mínimos se observaron en el tratamiento IV elaborado con el sustrato de cachaza con valores de 24.7 mg/L⁻¹;

Figura 26 EL COMPORTAMIENTO DE LA RELACIÓN NH_4/NO_3 EN LA ELABORACIÓN DE COMPOSTA.



En la relación NH_4/NO_3 Bernal *et.al.* (1998), encontraron que una relación con un valor de 0.09 es indicativo de que el compost ha alcanzado un buen grado de madurez. En un estudio realizado con mezclas de desechos municipales, lodos de cervecerías, bagazo de sorgo, desechos de algodón y cortezas de pino se consideraron maduros los compost con relaciones NH_4/NO_3 entre 0.04 a 0.16 (Sánchez-Monedero *et. al.* 2001). Mathur *et. al.* (1993) evaluó en extracto de agua, la relación NH_4/NO_3 y encontró un rango entre 0.03 y 18.9 en compost maduro.

En el estudio realizado con guano en combinación con cachaza, desechos de plátano y cáscara de cacao se encontraron promedios de la relación NH_4/NO_3 con valores de 0.38, y como máximos valores encontrados en el tratamiento IV (00-50) elaborados con el sustrato de cachaza con valores de 1.08; así como valores mínimos observados en el tratamiento I (30-20) elaborado con sustrato de cáscara de cacao y que dio valores de 0.12 lo cual por la estabilización de la temperatura en el mes de septiembre, coincidió con Mathur *et al.* en la madurez de composta.

5.2. Conclusiones:

En el proceso de elaboración de abonos orgánicos se debía tomar en consideración el mejoramiento con aditivos naturales los cuales han demostrado que aumentan de manera significativa la disponibilidad de nutrientes disponibles para los vegetales como es el caso del guano de murciélagos que resulto ser un producto natural con muchas ventajas en combinación con residuos agroindustriales.

- El **pH** mostró un promedio de 7.0 y el tratamiento que presento mayores valores fue el tratamiento IV 00-50 del sustrato de plátano, con valores de 8.3 mientras el de menor valor fue el tratamiento I 30-20 del sustrato de Cacao con valores de 6.3.
- El **N** mostró un promedio de 1.0 % mientras que el tratamiento que aportó mayor porcentaje de este elemento fue el 00-50 de la cachaza la cual mostró un aporte del 1.19 % de **N** y el tratamiento que presento el menor valor fue 30-20 del sustrato de cacao con un valor de 0.73 %;
- El promedio para el **P** fue de 2187.0 mg Kg y el tratamiento que presento mayores valores fue el 20-30 con valores de 2766.3 mg Kg;
- De manera similar se encontró con la Cachaza que es un desecho de las plantas donde se procesa la azúcar de caña la cual tuvo un aporte de: **K** con 17.4 cmol(+)Kg⁻¹ y el tratamiento que presento los mas altos niveles fue el 50-00 con un aporte de 23.5 cmol(+)Kg⁻¹;
- El **Ca** con 7.7 cmol Kg⁻¹ en el cual el tratamiento que presento mayores valores fue 20-30 con valores de 113.5 mg Kg⁻¹;
- Para el **Mg** el aporte de este fue de 11.7 cmol g⁻¹ en la que el tratamiento que destaco fue el 50-00 con valores de 16.6 mg g⁻¹.
- La **CIC** con un promedio de 27.1 cmol(+)Kg⁻¹ y el tratamiento que presento un mayor valor de esta variable fue el 50-00 con valores del orden de 36.6 cmol(+)Kg⁻¹.
- De igual modo con el **Fe** con un aporte de 35.8 mg g el tratamiento que presento un mayor aporte de nutrimentos fue el 50-00 con 39.5 mg Kg;
- Así como para **Cu** con 7.6 mg Kg en el cual el tratamiento que presenta el mayor valor es el 30-20 con 9.1 mg Kg.

- Así como para el **Zn** con 24.0 mg Kg y el tratamiento que presento los valores mas altos fue el 20-30 con 34.7 mg Kg.
- El **Mn** con un aporte de 5.13 mg Kg observándose que el tratamiento que presento mayores valores fue el 50-00 con un aporte de 10.00 mg/Kg
- Así como una **CE** con 4.1 dS m⁻¹ el tratamiento que presento mas altos niveles fue el 30-20 con 4.5 dS m⁻¹;
- Los desperdicios de plátano mostraron para la **MO** mostraron un promedio de 45.5 %, y el tratamiento que presento mayor proporción en el experimento, fue el 50-00 con 56.5 %;
- Se determino que el material era bioestable por la determinación de la temperatura en la maza la cual se estabiliza en los 22 °C con valores promedios de **C or.** de 25 y el tratamiento que mostró mayor valor IV (00-50) de la composta elaborada con cáscara de cacao con valores de 32.8 y el tratamiento de menor valor de C or. fue el I (30-20) elaborado con sustrato de plátano como un valor con 18.4.
- En el experimento se observo que el tratamiento I (30-20) de 30 Kg⁻¹ de guano y 20 Kg⁻¹ de Cachaza tuvieron una relación **C:N** mínima de 22.35 similar a los reportados por Mathur (1993). Mientras que los mayores resultados se observaron en el tratamiento IV (00-50) de la composta elaborada con cáscara de cacao con valores de 32.48 pero que se consideraron bioestables por conservar la temperatura constante.
- En este experimento se observa que durante el desarrollo el comportamiento del **NH₄** en las compostas de obtuvieron valores máximos en el tratamiento I (30-20) elaborado con el sustrato de cachaza con valores de 46.4 mg L; mientras que los valores mas bajos se tuvieron en el tratamiento IV (00-50) elaborado con sustrato de cacao con valores de 16.5 mg L.
- En el experimento el comportamiento del **NO₃** fue como máximos valores fueron observados en el tratamiento I (30-20) con 290.1 mg L; y como valores mínimos se observaron en el tratamiento IV elaborado con el sustrato de cachaza con valores de 24.7 mg L;

- En el estudio realizado se observaron relación $\text{NH}_4:\text{NO}_3$ como máximos valores en el tratamiento IV (00-50) elaborados con el sustrato de cachaza con valores de 1.08; así como valores mínimos observados en el tratamiento I (30-20) elaborado con sustrato de cáscara de cacao y que dio valores de 0.12 lo cual por la estabilización de la temperatura en el mes de septiembre, coincidió con Mathur *et al.* en la madurez de composta.

5.3. Recomendaciones:

Según los requerimientos nutricionales de los cultivos las compostas enriquecidas con guano de murciélagos representaron productos que mediante este enriquecimiento.

Se observaron valores mínimos del orden 6.3 de pH se observo en el tratamiento 9 de 20 K^{-1} de sustrato y 30 K^{-1} de guano elaborado con cáscara de cacao y que según las normas es una composta neutra; mientras que hasta 8.1 se observo en el tratamiento 8 de 50 K^{-1} de desechos de plátano y 0 K^{-1} de guano,

De igual modo con el fósforo que apporto 3541.0 mg Kg^{-1} en el tratamiento al que se adicionaron 30 K^{-1} sustrato que en este fue cáscara de cacao y 20 K^{-1} de guano de murciélagos,

Igualmente con el calcio se determinaron cantidades como 118.8 cmol Kg^{-1} y lo apporto el tratamiento formado de con 30 Kg^{-1} de desechos de plátano 20 Kg^{-1} de guano.

Mientras que se comprobó que las compostas que aportaron por si sola nutrientes fueron la que se elaboro con cachaza y con cáscara de cacao con contenidos de nitrógeno de 1.1%, el potasio se encontraron valores de 21.1 cmol Kg^{-1} en la composta elaborada con cáscara de cacao, de igual manera la Capacidad de intercambio catiónico se determino que con valores de 39.6 $\text{cmol}(+)\text{Kg}^{-1}$ el cual se encontró en la cáscara de cacao.

Por ultimo se encontraron valores de 39.5 y 10.0 mg Kg^{-1} de fiero y manganeso respectivamente en el tratamiento elaborado con desechos de plátano.

Esto nos indica que el guano representa una alternativa para la elaboración de abonos orgánicos para el aporte de fósforo y calcio para la nutrición vegetal en los sistemas orgánicos o biodinámicas por contener únicamente componente naturales y minerales con la utilización de los residuos de cosecha minimizando el efecto de contaminación de los entornos ecológicos así como también darle un valor agregado a los productos del composteo enriqueciéndolo con guano de murciélago.

Bibliografía:

1. **Acosta, S. R. y Núñez, E. R. 1973.** Ensayo de variedades y densidades de fertilizantes en frijol en Tlaxcala y Puebla.
2. **Albuja, L. 1999.** Murciélagos del Ecuador. 2da Edición. Departamento de Ciencias Biológicas. Escuela Politécnica Nacional. Quito. Ecuador. 288 pp.
3. **Alexander, M. 1980.** Introducción a la microbiología del suelo. AGT Editores. México.
4. **Allison, F. E. 1973.** Soil Organic Mater and its role in crop production- Development in Soil Science 3-El Sevier Scientific Publishing.
5. **Aloma, J. 1970.** La cachaza como fertilizante de la caña de azúcar. Caña de azúcar de la academia de ciencias de Cuba.
6. **Amor Asunción, Wollamsky M. J. R. y Chofi J. J. 1966.** Efecto de distintos estiércoles sobre el cultivo de Maíz. Rev. Fac. Agr. Y Vet. Univ. Buenos Aires.
7. **Andrade P., H . (2004).** Elaboración de Compostas con Residuos Orgánicos de la Región. In SEDAFOP, SAGARPA; e ITSC (2002). Curso Taller: Producción Orgánica de Cacao en Tabasco. Memoria. 35-52 pp.
8. **Andreux, F.** Genesis and properties of humic molecules. In : M. Bonneau and B. Souchier (Eds.) Constituents and properties of soil. New York : Academic Press, 1982.
9. **Arredondo V.,C. 1996** aplicación de estiércol de bovino como complemento a la fertilización química del maíz de temporal. P. 194.//In *Memoria del XXVII Congreso Nacional de la ciencia del suelo. Cd.Obregón Sonora, México.*
10. **Arreola E. J.,** Tesis de Maestría, Montecillo, Texcoco, Edo. de México, 2001 Evaluación de abonos órgano-mineral de cachaza en el cultivo de caña de azúcar en Tabasco, México.
11. **Avnimelech, Y. 1986. Organic residues in modern agricultura .** pp 1-10. In Y. Chen y Y. Avnimelech , Eds. The role of organic matter in modern agriculture. Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht, Netherlands.
12. **Barber. K.L., Maddux, D.E., Kissel., G. M. Pierzynski y B. R. Bock. 1992.** Corn responses to ammonium and nitrate-nitratennitrogen fertilization. Soil Sci. Soc. Am. J. 56:1166-1171.

13. **Bertoldi M. and Schnappinger U. 2001.** Correlation among plant design, Process control and quality of compost. *Bioprocessing of solid waste and Sludge*. 1 (3):1-13.
14. **Bonh,** Química del suelo. Trad. M. Sánchez y R. Guajardo. México : Limusa, 1993.
15. **Castellanos R., J. Z. 1980.** El estiércol como fuente de nitrógeno. Seminario técnicos 5 (13). Instituto Nacional de desarrollo y fomento agropecuario y forestal. Edición preeliminar para revisión. Chapingo, México.
16. **Chen, and Inbar Y.** Chemical and spectroscopical analyses of organic matter transformations during composting in relation to compost maturity. In: *Science and Engineering of compostig: Design. Environmental, microbiological and utilization asprcts.* Ad: Hoitink and H. Keener. The Ohio State university, 1993.
17. **Chen, Y. and Inbar, Y.** Chemical and spectroscopical analyses of organic matter transformations during composting in relation to compost maturity. In: *Science and Engineering of composting: Design. environmental, microbiological and utilization aspects.* Ed: H.A. Hoitink and H. Keener. The Ohio State University, 1993.
18. **Christensen, B.T.** Carbon in primary and secondary organomineral complex. In : *Structure and organic matter storage in agricultural soils.* Edited by Carter, M. and Steward, B.A. CRC, Lewis Publishers, 1996.
19. **CINTEC. 1999.** Manual de compostaje. Corporación de investigación tecnológica de Chile. intec.intec.cl 82 p.
20. **Collins, G. H. 1958.** Fertilizantes comerciales. Ed. Salvat, Barcelona, España.
21. **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.** Industrialización de Residuos Sólidos en áreas metropolitanas.
22. **Cruz Medrano Sergio 1986.** Abonos Organicos, Universidad Autonoma de Chapingo
23. **Cruz Zapata V. M., 1995,** Efecto inmediato y residual de abonos orgánicos, Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. de México, 1995.

24. **Cruz, M. S., 1976.** Construcción de estercoleros como alternativa para el manejo del estiércol. Tesis profesional, E. N. A. Chapingo.
25. **Cruz, M. S., Gonzáles, G. F. y Fernández G. R. 1976.** La construcción de estercoleros para la preparación de abonos. IX Congreso Nac. De la Soc. Méx. De la C. del Suelo. Durango, Dgo.
26. **Dalzell H. W., A. J. Biddlestone., K. R. Gray. and K. Thurairajan. 1991.** Manejo de suelos: Producción y uso del composteo en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín de suelos de FAO. 56 p.
27. **Dick, W.A. and Mc Coy, E.L.** Enhancing soil fertility by addition of compost. In : Science and Engineering of composting: Design. environmental, microbiological and utilization aspects. Ed: H.A.
28. **FAO, 1975. Materias orgánicas fertilizantes, Boletín de suelos NO 27,** FAO, Roma, Italia.
29. **FAO, 1978. Organic materials and soil productivity.** Boletín de Suelos No 35, FAO, Roma, Italia.
30. **Gilberto Iñiguez, Ramon Rodríguez y Gil Virgen, 2006.** Compostaje de material de descarte y aguas residuales de la industria de curtiduría
31. **Gómez, R. 2000. Tecnologías de Producción de Abonos Orgánicos en las condiciones del Trópico.** Ecosur , unidad Tabasco- Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción de Avanzada del Trópico Húmedo de Tabasco.
32. **Gómez, Tovar, Laura. 1995. Situación y problemática de la agricultura orgánica en México.** Memoria del Primer Seminario sobre agricultura ecológica en el estado de México, Chapingo, estado de México, 16 p.
33. **Guerrero-Morales, S. 1987.** Fertilización de maíz (*Zea mays* L.) con porqueriza y su efecto residual en un Andisol de la Sierra de Pureperacha. Tesis de M.C. Centro de Edafología Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
34. **Gutierrez D. M. A., 1 April 2000, Organics Herbs**
35. **Henis, Y. 1986. Soil microorganisms, soil organic matter and soil fertility, in: The role of organic matter in modern agriculture.** Eds, Y. Chen and Y. Avnimelech. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, pp. 158.
36. **Hoitink and H. Keener. The Ohio State University, 1993.** Effects of compost stability on plant growth, microbiological parameters and nitrogen

- availability in media containing mixed garden-waste compost. In :
 Bioresource Technology 54: 279-284. 1996.
37. **Huang, Y.M. and Wang, Y.P.** The effects of organic fertilizer on crops production and chemical properties. 7th. International Congress of the Society for the Advancement of Breeding Research in Asia and Oceanic (SABRAO) and International Symposium of World Sustainable Agriculture Association (WSAA) in Taipei, Republic of China, 1993.
 38. **Inbar, Y.** Humic substances formed during the composting of matter organic. In : Soil Sci. Soc. Am. J. 54:1316-1323. 1990.
 39. **Instructivo para análisis de suelos.** Subsecretaria de y Fomento Agropecuario y Forestal. Edición preliminar para revisión. Chapingo, México.
 40. **Jacob A. y Uexküll H.V. 1973.** Fertilización nutrición y abonado de los cultivos Tropicales y Subtropicales.
 41. **Jenkinson, D.S.** La materia orgánica del suelo: evolución. En : Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas. Comp. A. Wild. Madrid : Mundi-Prensa, 1992.
 42. **Lynch, J.M. and Elliott, L.F.** Aggregate stability of volcanic ash and soil during microbial decomposition of straw. In : Appl. Environ. Microbiol., 45: 1393-1401. 1983.
 43. **Lynch, J.M.** Substrate availability in the production of compost. In : Science and Engineering of composting: Design. environmental, microbiological and utilization aspects. Ed: H.A. Hoitink and H. Keener. The Ohio State University, 1993.
 44. **Madrid C. y Y. Castellanos, 1988.** Efecto de activadores sobre la calidad del compost elaborados con cachaza y bagazo de la caña de azúcar.
 45. **Manzur.** Effect of composted urban waste on availability of phosphorus in an acid soil. In : Revista Brasileira de Ciencia do solo. 7:153-156. 1983.
 46. **Mckeague, J.A.** Organomineral complex in relation to pedogenesis. In: Interaction on soils minerals whit natural organics and microbes. SSSA Spec. Public. No. 17. Madison, USA. 1986.
 47. **Paino, V.** Municipal tropical compost: effects on crops and soil properties. In : Compost Science & Utilization. Vol. 4, No. 2, Spring. 1996.

48. **Palma-López D. J. y J. Cisneros D. 2000.** Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco.
49. **Palma-Lopez D. J., J. Cisneros D., E. Moreno C. y J.A. Rincon-Ramirez. 2007.** Suelos de tabasco: Su uso y manejo sustentable
50. **Pool-Novelo, L. 1997. Mejoramiento de la fertilidad del suelo en la agricultura sostenible de las laderas de los Altos de Chiapas, México.** Tesis de M.C. Especialidad de Edafología, IRENAT, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
51. **Rangel-Olivera, L.M. 1997.Efecto de mejoradores sobre algunas propiedades químicas de un Andisol y el crecimiento del maíz .** Tesis de M.C. Especialidad de Edafología, IRENAT, Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.
52. **Restrepo, J. 1996. Abonos orgánicos.** Encuentro Intercontinental de Agroecología, 5-11 noviembre, Motozintla, Chiapas, México.
53. **Romero-Lima, M. del R. 1997. Abonos orgánicos y químicos en la producción, sanidad, absorción nutrimental de papa y efecto en el suelo.** Tesis de M.C. Especialidad de Edafología IRENAT, Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.
54. **Rubio M., D. 1977.** La utilización del estiércol en la agricultura y su uso potencial en la Comarca Lagunera. Seminarios Técnicos 4 (5): 22. Centro de Investigación Agrícola del Noreste-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Torreón, Coahuila, México.
55. **Ruíz, J.F. 1996.Los fertilizantes y la fertilización orgánica bajo la óptica de un sistema de producción orgánico.** Primer Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica, Colima, 7-8 noviembre.
56. **Salgado G. S., D. J. Palma-López, R. Núñez E., L. C. Lagunas E. y H. Debernardi de la V. 2000.** Manejo de fertilizantes y abonos orgánicos. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México.
57. **Sánchez H. R. 2005,** Cambios en las propiedades físicas en un suelo arcilloso por aportes de lombricomposto de cachaza y estiércol.
58. **Simpson Ken, 1986** El manejo de residuos orgánicos bajo condiciones de desarrollo de composteo aerobico.
59. **Siqueira, J.O. y Franco A.A. 1988. Biotecnología de Suelo, fundamentos y perspectivas.** Ministerio de Educación, ABEAS, ESAL,

FAEPE. pp236. Impreso en Brasil.

60. **Trinidad-Santos, A. 1999. El papel de los abonos orgánicos en la productividad de los suelos.** Simposium Internacional y Primera reunión Nacional de Lombricultura y Abonos Orgánicos. 18-20 de octubre, Texcoco, UACH, México.
61. **Trinidad-Santos, A. El uso de abonos orgánicos en la producción agrícola.** Serie Cuadernos de Edafología 10. Centro de Edafología, Chapingo, México.
62. **Valente Tellez, Coordinado por DESMI, A.C.** Los abonos agroecológicos
63. **Wade, M.K. 1983.** Mulching and green manure applications for continuous crop production in the Amazon basin. Agron. J. 75: 39-45.

ANEXOS

Cuadro 1-A de prueba de estadísticas de las respuestas de los sustratos con las variables en el composteo aeróbico con guano de murciélagos.

Variables	Sustratos			\bar{x}	C.V.	Pr>F	Sut*pgua
	Cachaza	Plátano	Cacao				
pH	6.85 b	7.22 a	6.92 ab	7.00	5.02	*	*
CE	2.91 c	4.07 a	3.48 b	3.49	4.85	**	**
MO	42.48 b	41.32 b	45.51 a	43.10	7.02	**	Ns
N	1.04 a	0.81 c	0.91 b	0.92	12.44	**	*
P	2186.9 a	2062.3 a	2327.8 a	2192.33	31.69	Ns	**
K	6.28 c	17.75 a	14.90 b	12.98	10.57	**	**
Ca	73.66 a	71.29 a	68.88 a	71.27	8.26	Ns	Ns
Mg	11.66 a	6.94 c	9.19 b	9.26	10.47	**	**
Na	0.34 a	0.30 a	0.33 a	0.32	26.54	Ns	Ns
CIC	23.39 b	21.16 c	27.08 a	23.88	6.64	**	**
Fe	32.99 a	35.84 a	18.66 b	29.16	16.11	**	**
Cu	7.06 a	7.61 a	6.20 b	6.96	10.55	**	**
Zn	20.96 b	20.14 b	23.94 a	21.68	14.12	**	Ns
Mn	3.79 b	4.33 a	4.20 ab	4.10	13.08	*	**

Cuadro 2-A de pruebas estadísticas de las variables con las aplicaciones de guano en diferentes dosis.

Variables	Niveles de Guano				\bar{x}	C.V.	Pr>F
	I	II	III	IV			
pH	6.57 c	6.61 cb	6.99 b	7.82 a	7.00	5.02	**
CE	3.75 b	3.87 b	4.17 a	2.15 c	3.49	4.85	**
MO	33.70 d	40.50 c	47.42 b	50.92 a	43.10	7.02	**
N	0.78 c	0.84 cb	0.96 b	1.12 a	0.92	12.44	**
P	2873.8 a	2063.3 bc	1344.1 c	2488.2 ab	2192.33	31.69	**
K	8.79 d	11.15 c	14.10 b	17.86 a	12.98	10.57	**
Ca	115.97 a	97.08 b	57.36 c	14.68 d	71.27	8.26	**
Mg	6.21 d	7.47 c	10.60 b	12.78 a	9.26	10.47	**
Na	0.34 ba	0.36 a	0.35 ba	0.25 b	0.32	26.54	*
CIC	17.32 d	19.64 c	25.05 b	33.50 a	23.88	6.64	**
Fe	23.88 b	28.33 b	28.08 b	36.37 a	29.16	16.11	**
Cu	7.56 a	7.88 a	6.67 b	5.72 c	6.96	10.55	**
Zn	32.25 a	25.22 b	18.73 c	10.52 d	21.68	14.12	**
Mn	3.41 b	2.84 b	3.30 b	6.87 a	4.10	13.08	**

Cuadro 3-A DE LAS CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES DE DIFERENTES COMPOSTAS.

Contenido	Unidad	Sustrato Cachaza	Sustrato Plátano	Sustrato de Cacao
N total	%	1.0425	0.80875	1.17625
P	mg/Kg⁻¹	2186.9375	1937.3125	2140.25
K	Cmol / Kg⁻¹	12.65	17.75	14.9
Ca	Cmol / Kg⁻¹	73.65625	71.2875	68.875
Mg	Cmol / Kg⁻¹	11.65625	6.9375	9.19375
Na	Cmol / Kg⁻¹	0.34125	0.298125	0.33375
C/N	Valor	23.544969	29.634364	31.203935
pH	Valor	6.847125	7.193	6.921625
CIC	d S m⁻¹	23.3875	21.1625	27.08125
M.O.	%	42.3166667	41.31875	45.5125
Fe	ppm	32.99375	35.8375	18.6625
Cu	ppm	7.05875	7.6075	6.199375
Mn	ppm	4.035	5.58125	4.19625
Zn	ppm	20.9625	20.1375	23.9375

Cuadros 4-A de niveles estadísticos de correlación sustrato- guano

pH

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Plátano	6.59	6.78	7.19	8.31	7.2 A
CACAO	6.31	6.55	6.85	7.98	6.9 AB
Cachaza	6.81	6.48	6.92	7.18	6.8 B
μ Guano	6.57 C	6.61 CB	6.99 B	7.82 A	6.9

CE

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Plátano	3.89	4.52	4.99	2.90	4.1 A
CACAO	3.97	3.95	4.24	1.74	3.5 B
Cachaza	3.40	3.14	3.27	1.82	2.9 C
μ Guano	3.75 B	3.87 B	4.17 A	2.15 C	3.5

MO

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Cacao	35.73	40.73	49.15	56.45	45.5 A
CACHAZA	33.70	41.13	47.38	47.70	42.5 B
Plátano	31.68	39.65	45.73	48.23	41.3 B
μ Guano	33.70 D	40.50 C	47.42 B	50.79 A	43.1

N

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Cachaza	0.89	0.99	1.14	1.16	1.0 A
Cacao	0.73	0.78	0.89	1.25	0.9 B
Plátano	0.71	0.74	0.85	0.94	0.8 C
μ Guano	0.78 C	0.84 CB	0.87 B	1.12 A	0.9

Cuadros 4-B de niveles estadísticos de correlación sustrato- guano

P

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Cacao	3841.75	2341.50	1464.50	1663.25	2327.8 A
CACHAZA	2766.25	2267.75	1365.50	2348.25	2186.9 A
Plátano	2013.25	1580.75	1202.25	3453.00	2062.3 A
μ Guano	2873.75 A	2063.33 BC	1344.08 C	2488.17 BA	2192.3

K

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Plátano	10.88	15.90	19.40	24.83	17.8 A
Cacao	10.00	11.98	16.53	21.10	14.9 B
CACHAZA	5.50	5.58	6.38	7.65	6.3 C
μ Guano	8.79 D	11.15 C	14.10 B	17.86 A	13.0

Ca

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Cachaza	113.53	97.65	60.93	22.53	73.7 A
CACAO	115.63	96.70	55.65	7.53	71.3 A
Plátano	118.75	96.90	55.50	14.00	68.9 A
μ Guano	115.97 A	97.08 B	57.36 C	14.69 D	71.3

Mg

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Cachaza	7.68	8.88	13.45	16.63	11.7 A
CACAO	6.08	7.45	10.48	12.78	9.2 B
Plátano	4.88	6.08	7.88	8.92	6.9 C
μ Guano	6.21 D	7.47 C	10.60 B	12.78 A	9.27

Cuadros 4-C de niveles estadísticos de correlación sustrato- guano

Na

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Cachaza	0.39	0.36	0.38	0.24	0.3 A
CACAO	0.30	0.38	0.39	0.27	0.3 A
Plátano	0.32	0.34	0.29	0.24	0.3 A
μ Guano	0.34 BA	0.36 A	0.35 BA	0.25 B	0.3

CIC

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Cacao	17.90	21.68	29.20	39.55	27.1 A
CACHAZA	18.00	19.55	24.55	31.45	23.4 B
Plátano	16.05	17.70	21.40	29.50	21.2 C
μ Guano	17.32 D	19.64 C	25.05 B	33.5 A	23.9

Fe

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Cacao	19.93	12.20	12.00	30.53	35.8 A
CACHAZA	24.73	35.35	32.85	39.05	33.0 A
Plátano	27.00	37.43	39.40	39.53	18.7 B
μ Guano	23.89 B	28.33 B	28.08 B	36.37 A	29.17

Cu

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Plátano	7.72	9.08	8.05	5.59	7.6 A
CACHAZA	7.58	7.95	6.62	6.10	7.1 A
Cacao	7.38	6.62	5.34	5.47	6.2 B
μ Guano	7.56 A	7.88 A	6.67 B	5.72 C	6.97

Cuadros 4-D de niveles estadísticos de correlación sustrato- guano

Zn

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Cacao	34.70	28.70	20.65	11.70	23.9 A
CACHAZA	32.25	22.80	17.70	11.10	21.0 B
Plátano	29.80	24.15	17.85	8.75	20.1 B
μ Guano	32.25 A	25.22 B	18.73 C	10.52 D	21.67

Mn

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Plátano	3.06	2.93	4.47	6.88	4.3 A
CACHAZA	3.58	3.35	3.27	4.95	3.8 B
Cacao	3.60	2.24	2.15	8.79	4.1 AB
μ Guano	3.41 B	2.84 B	3.30 B	6.87 A	4.07

NH₄ 1

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Plátano	34.54	30.89	25.19	19.84	27.62 B
CACHAZA	56.36	35.00	29.57	22.61	35.88 A
Cacao	37.22	31.78	23.89	18.54	27.85 B
μ Guano	42.71 A	32.55 B	26.22 CB	20.33 C	30.45

NO₃ 1

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Plátano	160.43	59.00	40.73	26.94	71.77 B
CACHAZA	273.43	17.89	16.26	6.79	78.59 B
Cacao	228.42	205.02	142.58	47.83	155.96 A
μ Guano	220.76 A	93.97 B	66.52 CB	27.18 C	102.11

Cuadros 4-E de niveles estadísticos de correlación sustrato- guano

NH₄ 2

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Plátano	36.99	32.10	27.40	17.82	28.58 B
CACHAZA	45.08	36.32	31.71	33.21	36.58 A
Cacao	37.53	28.72	24.72	17.61	27.14 B
μ Guano	39.86 A	32.38 B	27.95 CB	22.88 C	30.77

NO₃ 2

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Plátano	144.66	137.70	86.39	72.76	110.37 A
CACHAZA	48.94	63.41	10.96	7.31	32.65 B
Cacao	237.65	167.52	38.52	25.48	117.29 A
μ Guano	143.75 A	122.87 A	45.29 B	35.18 B	86.77

NH₄ 3

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Plátano	32.80	23.76	16.99	11.73	21.32 B
CACHAZA	48.30	40.80	35.63	30.82	38.88 A
Cacao	30.30	26.11	21.75	16.91	23.77 B
μ Guano	37.13 A	30.22 B	24.79 CB	19.82 C	27.99

NO₃ 3

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Plátano	60.76	51.44	46.01	35.80	48.50 B
CACHAZA	39.70	25.71	22.38	16.23	26.01 C
Cacao	153.24	80.56	36.71	17.92	72.11 A
μ Guano	84.56 A	52.57 B	35.03 C	23.32 C	48.87

Cuadros 4-F de niveles estadísticos de correlación sustrato- guano

NH₄ 4

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Plátano	38.57	28.86	25.79	22.47	28.92 A
CACHAZA	35.69	31.35	26.52	19.97	28.38 A
Cacao	35.38	30.40	28.08	15.25	27.28 A
μ Guano	36.55 A	30.20 B	26.80 B	19.23 C	28.19

NO₃ 4

Sustrato	Niveles				μ Sustrato
	1	2	3	4	
Plátano	304.50	234.39	227.45	73.62	209.99 B
CACHAZA	194.96	77.80	75.28	61.80	102.46 C
Cacao	541.04	235.42	232.49	117.30	296.56 A
μ Guano	346.83 A	182.53 B	178.41 B	104.24 C	203.00

**CUADRO 5-A DE RELACIÓN DE LOS PROMEDIOS DE LOS SUSTRATOS
CON LAS DOSIS DE GUANO AL FINAL DEL PROCESO DE COMPOSTEO.**

Sustrato	% de Guano	pH	CE	MO	N
CACAO	0	7.98	1.74	56.45	1.25
	10	6.85	4.24	49.15	0.89
	20	6.55	3.95	40.73	0.78
	30	6.31	3.97	35.73	0.73
CACHAZA	0	7.18	1.82	47.70	1.16
	10	6.92	3.27	47.38	1.14
	20	6.48	3.14	41.13	0.99
	30	6.81	3.40	33.70	0.89
PLATANO	0	8.31	2.90	48.23	0.94
	10	7.19	4.99	45.73	0.85
	20	6.78	4.52	39.65	0.74
	30	6.59	3.89	31.68	0.71

Sustrato	% de Guano	K	Ca	Mg	Na
CACAO	0	21.10	7.53	12.78	0.27
	10	16.53	55.65	10.48	0.39
	20	11.98	96.70	7.45	0.38
	30	10.00	115.63	6.08	0.30
CACHAZA	0	7.65	22.53	16.63	0.24
	10	6.38	60.93	13.45	0.38
	20	5.58	97.65	8.88	0.36
	30	5.50	113.53	7.68	0.39
PLATANO	0	24.83	14.00	8.92	0.24
	10	19.40	55.50	7.88	0.29
	20	15.90	96.90	6.08	0.34
	30	10.88	118.75	4.88	0.32

Sustrato	% de Guano	CIC	Fe	Cu	Zn
CACAO	0	39.55	30.53	5.47	11.70
	10	29.20	12.00	5.34	20.65
	20	21.68	12.20	6.62	28.70
	30	17.90	19.93	7.38	34.70
CACHAZA	0	31.45	39.05	6.10	11.10
	10	24.55	32.85	6.62	17.70
	20	19.55	35.35	7.95	22.80
	30	18.00	24.73	7.58	32.25
PLATANO	0	29.50	39.53	5.59	8.75
	10	21.40	39.40	8.05	17.85
	20	17.70	37.43	9.08	24.15
	30	16.05	27.00	7.72	29.80

III.

Cuadros 6-A de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey **pH Cacao**

			Niveles			
Sustrato			IV	III	II	I
			7.98	6.85	6.55	6.31
1	I	6.31	**	ns	ns	
2	II	6.55	**	ns		
3	III	6.85	**			
4	IV	7.98				

Comparación múltiple Tukey **pH Cachaza**

			Niveles			
Sustrato			IV	III	I	II
			7.17	6.92	6.81	6.48
1	II	6.48	ns	ns	ns	
2	I	6.81	ns	ns		
3	III	6.92	ns			
4	IV	7.17				

Comparación múltiple Tukey **pH Plátano**

			Niveles			
Sustrato			IV	III	II	I
			8.31	7.19	6.78	6.59
1	I	6.59	**	Ns	ns	
2	II	6.78	**	Ns		
3	III	7.19	**			
4	IV	8.31				

Cuadros 6-B de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey **CE Cacao**

			Niveles			
Sustrato			III	I	II	IV
			4.25	3.97	3.95	1.74
1	IV	1.74	**	**	**	
2	II	3.95	ns	ns		
3	I	3.97	ns			
4	III	4.25				

Comparación múltiple Tukey **CE Cachaza**

			Niveles			
Sustrato			I	III	II	IV
			3.40	3.27	3.14	1.82
1	IV	1.82	**	**	**	
2	II	3.14	ns	ns		
3	III	3.27	ns			
4	I	3.40				

Comparación múltiple Tukey **CE Plátano**

			Niveles			
Sustrato			III	II	I	IV
			4.99	4.52	3.89	2.90
1	IV	2.90	**	**	**	
2	I	3.89	**	**		
3	II	4.52	**			
4	III	4.99				

Cuadros 6-C de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey **MO Cacao**

Sustrato		Niveles			
		IV	III	II	I
		56.45	49.15	40.73	35.73
1	I 35.73	**	**	ns	
2	II 40.73	**	**		
3	III 49.15	*			
4	IV 56.45				

Comparación múltiple Tukey **MO Cachaza**

Sustrato		Niveles			
		IV	III	II	I
		47.70	47.38	41.13	33.70
1	I 33.70	**	**	ns	
2	II 41.13	ns	ns		
3	III 47.38	ns			
4	IV 47.70				

Comparación múltiple Tukey **MO Plátano**

Sustrato		Niveles			
		IV	III	II	I
		48.23	45.73	39.65	31.68
1	I 31.68	**	**	*	
2	II 39.65	**	ns		
3	III 45.73	ns			
4	IV 48.23				

Cuadros 6-D de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey N Cacao

			Niveles			
Sustrato			IV	III	II	I
			1.25	0.89	0.78	0.73
1	I	0.73	**	ns	ns	
2	II	0.78	**	ns		
3	III	0.89	*			
4	IV	1.25				

Comparación múltiple Tukey N Cachaza

			Niveles			
Sustrato			IV	III	II	I
			1.16	1.14	0.99	0.89
1	I	0.89	ns	ns	ns	
2	II	0.99	ns	ns		
3	III	1.14	ns			
4	IV	1.16				

Comparación múltiple Tukey N Plátano

			Niveles			
Sustrato			IV	III	II	I
			0.94	0.85	0.74	0.71
1	I	0.71	ns	ns	ns	
2	II	0.74	ns	ns		
3	III	0.85	ns			
4	IV	0.94				

Cuadros 6-E de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey **P** Cacao

Sustrato	Niveles			
	I	II	IV	III
	3841.75	2341.50	1663.25	1464.50
1 III 1464.50	**	ns	ns	
2 IV 1663.25	**	ns		
3 II 2341.50	ns			
4 I 3841.75				

Comparación múltiple Tukey **P** Cachaza

Sustrato	Niveles			
	I	IV	II	III
	2766.75	2348.25	2267.75	1365.50
1 III 1365.50	ns	ns	ns	
2 II 2267.75	ns	ns		
3 IV 2348.25	ns			
4 I 2766.75				

Comparación múltiple Tukey **P** Plátano

Sustrato	Niveles			
	IV	I	II	III
	3453.00	2013.25	1580.75	1202.25
1 III 1202.25	**	ns	ns	
2 II 1580.75	*	ns		
3 I 2013.25	ns			
4 IV 3453.00	0			

Cuadros 6-F de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey **K** Cacao

Sustrato		Niveles			
		IV	III	II	I
		21.10	16.53	11.98	10.00
1	I 10.00	**	**	ns	
2	II 11.98	**	**		
3	III 16.53	**			
4	IV 21.10				

Comparación múltiple Tukey **K** Cachaza

Sustrato		Niveles			
		IV	III	II	I
		7.65	6.38	5.58	5.50
1	I 5.50	ns	ns	ns	
2	II 5.58	ns	ns		
3	III 6.38	ns			
4	IV 7.65				

Comparación múltiple Tukey **K** Plátano

Sustrato		Niveles			
		IV	III	II	I
		24.83	19.40	15.90	10.88
1	I 10.88	**	**	**	
2	II 15.90	**	**		
3	III 19.40	**			
4	IV 24.83				

Cuadros 6-G de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey **Ca Cacao**

Sustrato	Niveles			
	I	II	III	IV
1 IV 7.53	115.63	96.70	55.65	7.53
2 III 55.65	**	**	**	
3 II 96.70	**	**		
4 I 115.63	**			

Comparación múltiple Tukey **Ca Cachaza**

Sustrato	Niveles			
	I	II	III	IV
1 IV 22.53	113.53	97.65	60.93	22.53
2 III 60.93	**	**	**	
3 II 97.65	**	**		
4 I 113.53	*			

Comparación múltiple Tukey **Ca Plátano**

Sustrato	Niveles			
	I	II	III	IV
1 IV 14.00	118.75	96.90	55.50	14.00
2 III 55.50	**	**	**	
3 II 96.90	**	**		
4 I 118.75	**			

Cuadros 6-H de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey **Mg Cacao**

		Niveles			
		IV	III	II	I
Sustrato		12.78	10.48	7.45	6.08
1	I 6.08	**	**	ns	
2	II 7.45	**	**		
3	III 10.48	ns			
4	IV 12.78				

Comparación múltiple Tukey **Mg Cachaza**

		Niveles			
		IV	III	II	I
Sustrato		16.63	13.45	8.88	7.68
1	I 7.68	**	**	ns	
2	II 8.88	**	**		
3	III 13.45	**			
4	IV 16.63				

Comparación múltiple Tukey **Mg Plátano**

		Niveles			
		IV	III	II	I
Sustrato		8.93	7.88	6.08	4.88
1	I 4.88	**	**	ns	
2	II 6.08	**	ns		
3	III 7.88	ns			
4	IV 8.93				

Cuadros 6-I de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey **Na Cacao**

			Niveles			
			III	II	I	IV
Sustrato			0.39	0.38	0.30	0.28
1	IV	0.28	ns	ns	ns	
2	I	0.30	ns	ns		
3	II	0.38	ns			
4	III	0.39				

Comparación múltiple Tukey **Na Cachaza**

			Niveles			
			I	III	II	IV
Sustrato			0.39	0.38	0.36	0.24
1	IV	0.24	ns	ns	ns	
2	II	0.36	ns	ns		
3	III	0.38	ns			
4	I	0.39				

Comparación múltiple Tukey **Na Plátano**

			Niveles			
			II	I	III	IV
Sustrato			0.34	0.32	0.29	0.24
1	IV	0.24	ns	ns	ns	
2	III	0.29	ns	ns		
3	I	0.32	ns			
4	II	0.34				

Cuadros 6-J de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey **CIC Cacao**

		Niveles			
		IV	III	II	I
Sustrato		39.55	29.20	21.68	17.90
1	I 17.90	**	**	ns	
2	II 21.68	**	**		
3	III 29.20	**			
4	IV 39.55				

Comparación múltiple Tukey **CIC Cachaza**

		Niveles			
		IV	III	II	I
Sustrato		31.45	24.55	19.55	18.00
1	I 18.00	**	**	ns	
2	II 19.55	**	**		
3	III 24.55	**			
4	IV 31.45				

Comparación múltiple Tukey **CIC Plátano**

		Niveles			
		IV	III	II	I
Sustrato		29.50	21.40	17.70	16.05
1	I 16.05	**	**	ns	
2	II 17.70	**	ns		
3	III 21.40	**			
4	IV 29.50				

Cuadros 6-K de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey Fe Cacao

Sustrato		Niveles			
		IV 30.53	I 19.93	II 12.20	III 12.00
1	III 12.00	**	ns	ns	
2	II 12.20	**	ns		
3	I 19.93	ns			
4	IV 30.53				

Comparación múltiple Tukey Fe Cachaza

Sustrato		Niveles			
		IV 39.05	II 35.35	III 32.85	I 24.73
1	I 24.73	**	ns	ns	
2	III 32.85	ns	ns		
3	II 35.35	ns			
4	IV 39.05				

Comparación múltiple Tukey Fe Plátano

Sustrato		Niveles			
		IV 39.53	III 39.40	II 37.43	I 27.00
1	I 27.00	*	*	ns	
2	II 37.43	ns	ns		
3	III 39.40	ns			
4	IV 39.53				

Cuadros 6-L de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey **Cu Cacao**

			Niveles			
Sustrato			I	II	IV	III
			7.38	6.62	5.47	5.34
1	III	5.34	*	ns	ns	
2	IV	5.47	*	ns		
3	II	6.62	ns			
4	I	7.38				

Comparación múltiple Tukey **Cu Cachaza**

			Niveles			
Sustrato			II	I	III	IV
			7.95	7.57	6.62	6.10
1	IV	6.10	*	ns	ns	
2	III	6.62	ns	Ns		
3	I	7.57	ns			
4	II	7.95				

Comparación múltiple Tukey **Cu Plátano**

			Niveles			
Sustrato			II	III	I	IV
			9.08	8.05	7.72	5.59
1	IV	5.59	**	**	*	
2	I	7.72	ns	ns		
3	III	8.05	ns			
4	II	9.08				

Cuadros 6-M de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey **Zn Cacao**

		Niveles			
Sustrato		I	II	III	IV
		34.70	28.70	20.65	11.70
1	IV 11.70	**	**	*	
2	III 20.65	**	*		
3	II 28.70	ns			
4	I 34.70				

Comparación múltiple Tukey **Zn Cachaza**

		Niveles			
Sustrato		I	II	III	IV
		32.25	22.80	17.70	11.10
1	IV 11.10	**	**	**	
2	III 17.70	**	**		
3	II 22.80	**			
4	I 32.25				

Comparación múltiple Tukey **Zn Plátano**

		Niveles			
Sustrato		I	II	III	IV
		29.80	24.15	17.85	8.75
1	IV 8.75	**	**	**	
2	III 17.85	**	**		
3	II 24.15	**			
4	I 29.80				

Cuadros 6-N de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey **Mn Cacao**

			Niveles			
			IV	I	II	III
Sustrato			8.79	3.60	2.24	2.16
1	III	2.16	**	*	ns	
2	II	2.24	**	*		
3	I	3.60	**			
4	IV	8.79				

Comparación múltiple Tukey **Mn Cachaza**

			Niveles			
			IV	I	II	III
Sustrato			4.95	3.58	3.35	3.27
1	III	3.27	**	ns	ns	
2	II	3.35	**	ns		
3	I	3.58	*			
4	IV	4.95				

Comparación múltiple Tukey **Mn Plátano**

			Niveles			
			IV	III	I	II
Sustrato			6.88	4.47	3.06	2.93
1	II	2.93	**	*	ns	
2	I	3.06	**	*		
3	III	4.47	**			
4	IV	6.88				

Cuadros 6-Ñ de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey **NH₄ 1** de Cacao

		Niveles			
		I	II	III	IV
Sustrato		37.22	31.78	23.89	18.54
1	IV 18.54	ns	ns	ns	
2	III 23.89	ns	ns		
3	II 31.78	ns			
4	I 37.22				

Comparación múltiple Tukey **NH₄ 1** Cachaza

		Niveles			
		I	II	III	IV
Sustrato		56.36	35.00	29.57	22.61
1	IV 22.61	**	ns	ns	
2	III 29.57	**	ns		
3	II 35.00	ns			
4	I 56.36				

Comparación múltiple Tukey **NH₄ 1** Plátano

		Niveles			
		I	II	III	IV
Sustrato		34.54	30.89	25.19	19.84
1	IV 19.84	ns	ns	ns	
2	III 25.19	ns	ns		
3	II 30.89	ns			
4	I 34.54				

Cuadros 6-O de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey **NO₃ 1 Cacao**

		Niveles			
		I	II	III	IV
Sustrato		228.42	205.02	142.58	47.83
1	IV 47.83	**	**	ns	
2	III 142.58	ns	ns		
3	II 205.02	ns			
4	I 228.42				

Comparación múltiple Tukey **NO₃ 1 Cachaza**

		Niveles			
		I	II	III	IV
Sustrato		273.43	17.89	16.26	6.79
1	IV 6.79	**	ns	ns	
2	III 16.26	**	ns		
3	II 17.89	**			
4	I 273.43				

Comparación múltiple Tukey **NO₃ 1 Plátano**

		Niveles			
		I	II	III	IV
Sustrato		160.43	59.00	40.73	26.94
1	IV 26.94	*	ns	ns	
2	III 40.73	*	ns		
3	II 59.00	ns			
4	I 160.43				

Cuadros 6-P de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey **NH₄2 Cacao**

			Niveles			
Sustrato			I	II	III	IV
			37.53	28.72	24.72	17.61
1	IV	17.61	**	ns	ns	
2	III	24.72	ns	ns		
3	II	28.72	ns			
4	I	37.53				

Comparación múltiple Tukey **NH₄2 Cachaza**

			Niveles			
Sustrato			I	II	IV	III
			45.08	36.32	33.21	31.71
1	III	31.71	ns	ns	ns	
2	IV	33.21	ns	ns		
3	II	36.32	ns			
4	I	45.08				

Comparación múltiple Tukey **NH₄2 Plátano**

			Niveles			
Sustrato			I	II	III	IV
			36.99	32.10	27.40	17.82
1	IV	17.82	**	ns	ns	
2	III	27.40	ns	ns		
3	II	32.10	ns			
4	I	36.99				

Cuadros 6-Q de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey **NO₃ 2 Cacao**

		Niveles			
		I	II	III	IV
Sustrato		237.65	167.52	38.52	25.48
1	IV 25.48	**	**	ns	
2	III 38.52	**	**		
3	II 167.52	**			
4	I 237.65				

Comparación múltiple Tukey **NO₃ 2 Cachaza**

		Niveles			
		II	I	III	IV
Sustrato		63.41	48.94	10.96	7.31
1	IV 7.31	*	ns	ns	
2	III 10.96	*	ns		
3	I 48.94	ns			
4	II 63.41				

Comparación múltiple Tukey **NO₃ 2 Plátano**

		Niveles			
		I	II	III	IV
Sustrato		144.66	137.70	86.39	72.76
1	IV 72.76	**	**	ns	
2	III 86.39	*	*		
3	II 137.70	ns			
4	I 144.66				

Cuadros 6-R de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey **NH₄3 Cacao**

			Niveles			
			I	II	III	IV
	Sustrato		30.30	26.11	21.75	16.91
1	IV	16.91	ns	ns	Ns	
2	III	21.75	ns	ns		
3	II	26.11	ns			
4	I	30.30				

Comparación múltiple Tukey **NH₄3Cachaza**

			Niveles			
			I	II	III	IV
	Sustrato		48.30	40.80	35.63	30.82
1	IV	30.82	*	ns	ns	
2	III	35.63	ns	ns		
3	II	40.80	ns			
4	I	48.30				

Comparación múltiple Tukey **NH₄3Platano**

			Niveles			
			I	II	III	IV
	Sustrato		32.80	23.76	16.99	11.73
1	IV	11.73	**	ns	ns	
2	III	16.99	*	ns		
3	II	23.76	ns			
4	I	32.80				

Cuadros 6-S de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey **NO₃ 3 Cacao**

		Niveles			
		I	II	III	IV
Sustrato		153.24	80.56	36.71	17.92
1	IV 17.92	**	**	ns	
2	III 36.71	**	**		
3	II 80.56	**			
4	I 153.24				

Comparación múltiple Tukey **NO₃ 3 Cachaza**

		Niveles			
		I	II	III	IV
Sustrato		39.70	25.71	22.38	16.23
1	IV 16.23	ns	ns	ns	
2	III 22.38	ns	ns		
3	II 25.71	ns			
4	I 39.70				

Comparación múltiple Tukey **NO₃ 2 Plátano**

		Niveles			
		I	II	III	IV
Sustrato		60.76	51.44	46.01	35.80
1	IV 35.80	ns	ns	ns	
2	III 46.01	ns	ns		
3	II 51.44	ns			
4	I 60.76				

Cuadros 6-T de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey **NH₄ 4 Cacao**

Sustrato	Niveles			
	I	II	III	IV
1 IV 15.25	35.38	30.40	28.08	15.25
2 III 28.08	ns	ns	*	
3 II 30.40	ns			
4 I 35.38				

Comparación múltiple Tukey **NH₄ 4 Cachaza**

Sustrato	Niveles			
	I	II	III	IV
1 IV 19.97	35.69	31.35	26.52	19.97
2 III 26.52	**	ns	ns	
3 II 31.35	ns	ns		
4 I 35.69	ns			

Comparación múltiple Tukey **NH₄ 4 Plátano**

Sustrato	Niveles			
	I	II	III	IV
1 IV 22.47	38.57	28.86	25.79	22.47
2 III 25.76	**	ns	ns	
3 II 28.86	*	ns		
4 I 38.57	ns			

III Cuadros 6-V de niveles de significancia de los tratamientos por cada una de las variables.

Comparación múltiple Tukey NO_3 4 Cacao

		Niveles			
		I	II	III	IV
Sustrato		541.04	235.42	232.49	177.30
1	IV 177.30	**	ns	ns	
2	III 232.49	**	ns		
3	II 235.42	**			
4	I 541.04				

Comparación múltiple Tukey NO_3 4 Cachaza

		Niveles			
		I	II	III	IV
Sustrato		194.96	77.80	75.28	61.80
1	IV 61.80	**	ns	ns	
2	III 75.28	*	ns		
3	II 77.80	*			
4	I 194.96				

Comparación múltiple Tukey NO_3 4 Plátano

		Niveles			
		I	II	III	IV
Sustrato		304.50	234.39	227.45	73.62
1	IV 73.62	**	**	**	
2	III 227.45	ns	ns		
3	II 234.39	ns			
4	I 304.50				