

APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS PARA LA OBTENCIÓN DE BOCASHI UTILIZANDO CENIZA VOLCÁNICA

Cristian Fernando Galarza Galarza¹, Dolores del Rocío Robalino Martínez², Julia del Rosario Paredes Villacís³, María Daniela Garcés Moncayo⁴

¹Ingeniero en Sistemas y Computación, Máster Universitario en Ingeniería Biomédica, Docente en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato. cf.galarza@uta.edu.ec

²Ingeniera en Alimentos, Magister en Gestión de la Producción Agroindustrial, Docente en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato. ddr.robalino@uta.edu.ec

⁴Ingeniera en Alimentos, Magister en Docencia Universitaria y Administración Educativa, Docente de la Facultad de Ciencias de la Educación. juliarparedesv@uta.edu.ec

⁴Ingeniera Bioquímica, Universidad Técnica de Ambato. ma.garces@gmail.com

1. RESUMEN

En esta investigación se reporta la obtención de abono orgánico (bocashi) a partir de residuos sólidos domiciliarios mediante la construcción de composteras domésticas. Se aplicó un diseño factorial AxB y un ANOVA con un 95% de confianza, por otro lado, se ha logrado determinar que la dosificación y el sistema de remoción-ventilación influyen significativamente sobre la cantidad de materia orgánica, el contenido de C, N y la relación C/N.

Con los resultados de la investigación, se llegó a determinar que el mejor tratamiento en cuanto al contenido de materia orgánica, contenido de C y N fue el: a1b1 (70% residuos materia orgánica + 0% ceniza volcánica + 30% suelo, sistema de remoción manual) así mismo, para la relación C/N fue el tratamiento: a3b1 (40% residuos materia orgánica + 40% ceniza volcánica + 20% suelo, sistema de remoción manual), lo que permite alcanzar un valor de 7,406.

En lo referente a costo, el abono orgánico (Bocashi) obtenido con el tratamiento a3b1 es de 2,20 USD/Kg, este precio en relación a otros abonos orgánicos es relativamente alto, sin embargo, si a nivel industrial, se parte de una tonelada de materia orgánica, este costo podría reducirse llegando a hasta 0,66 USD/kg.

PALABRAS CLAVE: Abono orgánico, bocashi, ceniza volcánica, composteras domésticas.

ABSTRACT:

This research reports the obtaining of organic fertilizer (bocashi) from household solid waste through the construction of domestic composters. On the other hand, an AxB factorial design and an ANOVA with a 95% confidence level have been applied,

otherwise, it has been determined that the dosage and the removal-ventilation system have a significant influence on the amount of organic matter, C, N and C/N ratio.

With the results of the research, it was determined that the best treatment in terms of organic matter, C and N content was: a1b1 (70% organic matter waste + 0% volcanic ash + 30% soil, manual removal system) also, for C/N ratio was the treatment: a3b1 (40% organic matter waste + 40% volcanic ash + 20% soil, manual removal system), which allows a value of 7,406 to be reached.

In terms of cost, the organic fertilizer (Bocashi) obtained with a3b1 treatment is 2.20 USD/kg, this price in relation to other organic fertilizers is relatively high, however, if at an industrial level, it starts from a ton of organic matter, this cost could be reduced to as low as \$ 0.66 / kg.

KEYWORDS: Organic fertilizer, Bocashi, volcanic ash, Domestic composters.

2. INTRODUCCIÓN

La gestión de residuos es una problemática compleja relacionada con conceptos ambientales, económicos, institucionales, sociales y políticos. Los residuos sólidos urbanos se definen como el conjunto de componentes y/o etapas desde la generación de los residuos por parte de cada uno de los habitantes, su recolección (contenedores, puerta a puerta), su transporte (aquellas ciudades donde existen plantas de transferencia), los diferentes tratamientos (plantas de separación y acondicionamiento de reciclables) y la disposición final (Armas, 2006).

La necesidad de crecer como economía y de entrar al ritmo globalizador cada vez más agresivo, llevó a que muchos países dejaran para un segundo plano la preocupación por el ambiente. El desarrollo de las comunicaciones y la gran cantidad de personas que comenzaron a verse afectadas por la contaminación generó alertas que volcaron la mirada de la opinión pública por lo que estaba pasando (Rojas Aguilera, 2006).

El principio de convivencia y desarrollo entre los hombres y la naturaleza que nos rodea agrupa muchas preocupaciones trascendentales, como por ejemplo, la acumulación de residuos sólidos domiciliarios, que no solo produce un impacto sobre el paisaje, sino que además, provoca contaminación de suelo, agua y aire, lo que conlleva al brote de graves enfermedades, como la hepatitis, tifus entre otras.

Como una alternativa al tratamiento de la basura doméstica se ha definido la transformación de esta en abonos orgánicos, en tal virtud (Atlas & Bartha, 2002) manifiesta: “la fabricación de abonos orgánicos a partir de basura orgánica parece ofrecer una alternativa atractiva a los vertederos para la descomposición de residuos sólidos domésticos y agrícolas. Comparado con otros métodos de eliminación alternativos, la fabricación de abonos orgánicos tiene ventajas ambientales considerables”.

El crecimiento en los niveles de vida de las personas es directamente proporcional al aumento de su generación de residuos. De este universo, solo el 4% tiene ingresos altos, la mitad de la población ingresos medios, lo que implica una mayor complejidad en la gestión de los residuos sólidos que se producen, con el agravante, de que no se dispone de un área en su demarcación territorial para la disposición final de los mismos (Francisco & Rodríguez, 2010).

Los residuos orgánicos son elementos aptos para convertirlos en abonos útiles para el suelo cultivable, pues, éste va perdiendo cualidades productivas por las continuas cosechas y los niveles de extracción de nutrientes que realizan los cultivos, sin que se efectúen aplicaciones de elementos nutritivos que repongan los mismos, provocando deterioro en la fertilidad de los suelos y en el equilibrio de éste con las plantas, todo lo cual evidencia la necesidad de buscar variantes de producción de compost de alta calidad y en cantidades que satisfagan las demandas en todas las regiones del país (Pérez, Baker, Garriga, Chávez, & Basulto, 2010).

Los abonos orgánicos mejor conocidos son el compost y el vermicompost. En el proceso de compostaje acontece la transformación microbiana de la materia orgánica bajo condiciones controladas: en los primeros días ocurre un ligero incremento de la temperatura que va de 20 a 45°C, producto de la descomposición de azúcares (fase mesofílica), que puede alcanzar posteriormente temperaturas de 55 a 70°C (fase termofílica) durante la degradación de la celulosa, en la que ocurre la disminución de la población microbiana. Una vez transcurrida ésta fase se da inicio al proceso de maduración del compost, donde al disminuir la temperatura, ocurre la recolonización por microorganismos que pueden ser antagónicos a organismos fitopatógenos ((Bollen, 1993), (Paul & Clark , 1996), (Hoitink, Stone , & Han, 1997), (Atlas & Bartha, 2002), (Diánez, Santos , & Tello , 2007)). En esta fase, los remanentes orgánicos son degradados a una tasa más lenta (Gómez-Brandón, Lazcano, & Domínguez, 2008).

La estabilidad y la madurez del compost han sido estudiadas como factores influyentes en la supresividad de enfermedades. La estabilidad está relacionada con el grado de descomposición de la materia orgánica y puede ser expresada como una función de la actividad microbiana en el compost, que se evalúa por pruebas respirométricas (Chen & Inbar, 1993), (Wu L., 2000), (Adani F., 2006). La madurez se refiere al grado de descomposición de los compuestos fitotóxicos orgánicos producidos durante la fase de composteo y se evalúa a través de bioensayos con plantas indicadoras (Wu L., 2000), (CCREF, 2001), (Gómez-Brandón, Lazcano, & Domínguez, 2008).

La población de bacterias constituye el grupo de organismos más pequeños y más numerosos, además de ser las primeras en comenzar la descomposición de la materia orgánica, a decir de (Bejarano, 2005) los hongos se encuentran en menor número en relación con las bacterias y los actinomicetos, pero con mayor masa. Los actinomicetos son especialmente importantes en la formación del humus, y funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas, debido a que

producen antibióticos (efectos biostáticos y biocidas); éstos benefician el crecimiento y la actividad de algunos fijadores de nitrógeno como *Azotobacter* y de las micorrizas.

Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD)

En la actualidad, el interés relacionado con la protección del ambiente ha tenido su origen en los problemas del deterioro de los recursos naturales, experimentados en los países económicamente desarrollados y que poseen una elevada capacidad de producción agrícola e industrial, además del crecimiento poblacional. La concentración de las actividades económicas en las grandes ciudades, es un factor preponderante en la generación de riesgos potenciales al ambiente, que pueden originar trastornos de carácter orgánico, fisiológico o social (Escamiroso, 1995).

Por otra parte, en las reurbanizaciones actuales se ha detectado que los efectos de los problemas urbanos se envían hacia zonas rurales, por lo que la cadena de los problemas ambientales sigue latente. En nuestro conocimiento poblacional no se ha tenido el cuidado de prevenir ni controlar la contaminación, esta actitud ha llevado a la modificación de las condiciones de nuestro ambiente.

Los residuos sólidos presentan una composición muy variada, siendo los más comunes, los urbanos (RSU), procedentes de la recolección domiciliar de basura, limpieza de calles, residuos industriales del casco urbano, escombros (López-Vera, 1991). Su origen los hace extraordinariamente heterogéneos y contienen materias orgánicas como, papel y cartón, plásticos, vidrio, textiles, metales, escorias y cenizas. En las sociedades actuales, los residuos sólidos urbanos llamados comúnmente “basura”, han tomado considerable importancia debido a la gran cantidad que se genera a diario y a la diversidad de su composición. Este fenómeno se produce fundamentalmente, por la explosión demográfica y la industrialización de los productos de consumo, cuyo desecho está considerado como desagradable, estorbosa e inútil y nos convoca a deshacernos de ella sin importar los mecanismos (Escamiroso, 2001).

Abono Orgánico

La constante disminución de materia orgánica en suelos sometidos a prácticas agrícolas ha incrementado la necesidad de incorporación de fertilizantes y/o enmiendas orgánicas (García, Hernández, & Costa, 1991). Una práctica ampliamente difundida, en especial en los países de la Unión Europea, es la incorporación de material orgánico compostado, producido a partir de residuos sólidos urbanos, residuos agrícolas y lodos de depuración de aguas residuales urbanas.

Los abonos orgánicos han sido catalogados principalmente, como enmiendas o mejoradores de suelo. Según (Puertas, 2009), las enmiendas orgánicas pueden, además, controlar patógenos del suelo. Con su adición aumentan considerablemente, el número de nematodos saprófitos y depredadores, hongos atrapadores y otros enemigos naturales de los nemátodos fitoparásitos, lo cual reduce los niveles de infestación de forma satisfactoria. La mayor dificultad para su empleo radica en la variabilidad de los

materiales que se utilizan en su preparación, de lo cual dependen los microorganismos que intervienen en el proceso de descomposición y que determinan la efectividad en el control.

La característica de los abonos orgánicos para impedir el desarrollo de enfermedades en las plantas se conoce como supresividad. La supresión biológica por medio del compost involucra mecanismos de antagonismo directo como la competencia, la antibiosis y el hiperparasitismo, así como mecanismos no antagónicos tales como la resistencia sistémica inducida en las plantas. Rodríguez (2012) señala que “la utilización de abonos orgánicos (AO) de diversos orígenes, como los compost obtenidos a partir de RSU son materiales comúnmente utilizados para elevar la fertilidad de los suelos y mejorar los rendimientos agrícolas”.

Composición y beneficios de la ceniza volcánica

Las cenizas volcánicas se forman a partir de la fragmentación del magma y de materiales en el cono del volcán provenientes de erupciones anteriores ((Wohletz & Krinsley, 1982), (Büttner, 1999)). Según (Quantin, 1986) señala que los suelos de cenizas volcánicas representan aproximadamente el 0,84% de los suelos a nivel global y se localizan predominantemente en regiones tropicales.

La ceniza volcánica presenta reacción medianamente ácida a neutra, levemente variable según el lugar de recolección, pero con baja capacidad buffer o de amortiguación de pH (Cremona, 2013). Esto indica que, agregadas al suelo que en la región en general posee un pH cercano a la neutralidad y una buena capacidad de amortiguación, no se espera que produzcan efectos en la reacción del mismo. La conductividad eléctrica de la suspensión de las cenizas en agua es baja, de acuerdo a la escala utilizada para la calificación de suelos en relación al contenido de sales. Es por esto que se espera que al incorporarse las mismas al suelo no produzcan salinización.

Beneficios del carbono y el nitrógeno en el suelo

Carbono

El contenido de carbono orgánico (CO) del suelo es dinámico y refleja la historia del balance entre las tasas de acumulación y las de su mineralización, el cual es afectado por las labranzas y la secuencia de cultivos y la fertilización (aporte de C de los residuos) (Gregroich & Janzen, 1996). Cuanto más intenso y agresivo sea el laboreo, mayor será la disminución del nivel de CO₂ en el suelo (Studdert & Echverría, 2000), debido a una mayor tasa de descomposición de los residuos de cosecha y a la exposición a la acción de los microorganismos de fracciones del carbono orgánico (CO) protegidas en los agregados (Gregroich & Janzen, 1996). En cambio, bajo siembra directa (SD), se tiende a aumentar el contenido de CO en la capa superficial del suelo como resultado del menor disturbio, presencia de rastrojos en superficie, mayor contenido de agua, menor temperatura, mayor actividad biológica superficial y menor riesgo de erosión (Blevins & Frye, 1993).

El CO es un componente fundamental del suelo del cual dependen muchas de sus propiedades químicas, físicas y biológicas. Su contenido y propiedades están íntimamente relacionados con las características edafoclimáticas del sitio y afectan directa e indirectamente la estabilidad del sistema de producción, dado su rol como reservorio de nutrientes y en la estabilización de la estructura edáfica. Actualmente, el CO es considerado uno de los atributos más importantes para definir la “calidad del suelo”.

El seguimiento de la variación del contenido de la Materia Orgánica Particulada (MOP) se ha propuesto como un indicador temprano de los cambios producidos en la dinámica del C, por las prácticas de manejo de suelo y de cultivo (Gregroich & Janzen, 1996). Por otro lado, el COP puede indicar el tamaño del compartimiento fácilmente mineralizable de nutrientes, pudiendo ser de gran utilidad para el diagnóstico del potencial de mineralización de N del suelo (Fabrizzzi, Morón, & García, 2003).

Nitrógeno

Según (Fernández-Pascual, De María, & De Felipe, 2002), el nitrógeno (N) es después del agua, el principal factor limitante para el desarrollo de los cultivos. Precisamente por esta razón en el periodo entre 1950 y 1990 el uso de fertilizantes nitrogenados se multiplicó por diez, lo cual llevó a un aumento sin precedentes de la productividad en los cereales.

El N es un macronutriente esencial para el óptimo desarrollo de los cultivos puesto que es clave en la síntesis proteica, se requiere en grandes cantidades y contribuye a determinar el rendimiento y la calidad de los granos (Echeverría & Sainz Rozas, 2005).

Las prácticas de manejo (sistema de labranzas, fertilización, rotación de cultivos, entre otras) pueden afectar la fracción activa del N orgánico. El laboreo podría contribuir a la mineralización de N al exponer la materia orgánica ocluida a la descomposición microbiana rompiendo las unidades estructurales del suelo (Elliott, 1986), (Beare, Cabrera, Hendrix, & Coleman, 1994), (Franzluebbers & Arshad, 1997), (Mikha & Rice, 2004)). La materia orgánica expuesta también podría estimular el crecimiento microbiano, de ese modo se facilitaría la inmovilización del N, lo que podría llevar a una reducción temporal del N disponible en el suelo.

Beneficios del abono orgánico en el suelo

Uno de los componentes del suelo más sensibles a las alteraciones producidas por su utilización en la producción es la materia orgánica (MO), especialmente sus fracciones más lábiles. Así, el uso indebido de los suelos provoca disminuciones del contenido de MO y, con ello, se altera la capacidad de cumplir con algunas de sus funciones: almacenar y proveer nutrientes, almacenar agua y permitir su circulación y la del aire, mantener una estructura estable y resistir a la erosión (Weil & Magdoff, 2004).

Una de las fracciones más lábiles de la MO es la denominada MOP que es de origen reciente y está constituida por restos vegetales en descomposición y por hifas de hongos, esporas, granos de polen y restos de fauna edáfica. Esta fracción tiene relativamente alta relación C/N y un rápido reciclaje, además puede ser separado fácilmente, por tamizado (Cambardella & Elliott, 1992).

Desempeña un importante rol no sólo para la actividad biológica del suelo, sino también para sus propiedades físicas. Interviene en la agrupación de partículas para formar macro y microagregados y en el proceso de su reciclado. Dicho proceso es crucial dado que determina no sólo la estabilidad de los agregados, sino que también incide sobre el grado de protección física de la MO en función del manejo del suelo (Six, Bossuyt, Deneff, & Degryze, 2004). Asimismo, la MO, en general, y sus fracciones lábiles, en particular, tienen una importante participación en la dinámica del N edáfico (Fabrizzzi, Morón, & García, 2003) y en la disponibilidad de ese nutriente para los cultivos (Alvarez & Alvarez, 2000).

3. METODOLOGÍA

Se ha aplicado un muestreo no probabilístico, las muestras de ceniza volcánica se obtuvieron del sector de los Pájaros del Cantón Baños. Los residuos domésticos fueron desperdicios de cocina (frutas, verduras) y barridos, según la mezcla de cada tratamiento.

La biomezcla se dispuso en composteras construidas según el diseño que se observa en el Gráfico N. 1 y en el Gráfico N. 2

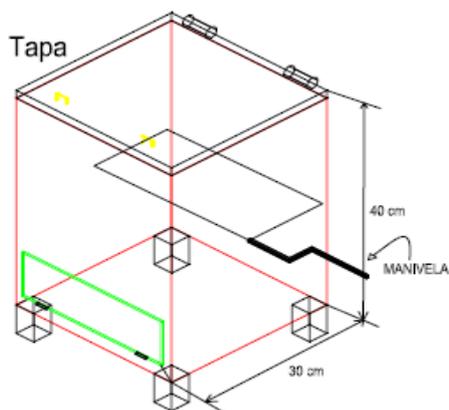


Gráfico N. 1 Modelo de compostera con aireación manual para obtener Bocashi empleando RSD.

Elaborado por: Equipo de Investigación

Este modelo de compostera con aireación manual, posee una manivela de metal para voltear de mejor manera los RSD, de esta manera se busca generar más aireación para la descomposición adecuada de la materia orgánica.

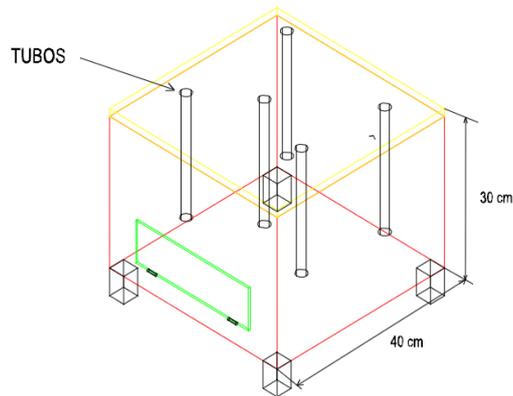


Gráfico N. 2 Modelo de compostera con aireación por tubos para obtener Bocashi empleando RSD.
Elaborado por: Equipo de Investigación

En este modelo de compostera con aireación por tubos, se usa plástico de 30 cm de alto, $\frac{3}{4}$ de pulgadas de diámetro, tipo flauta con agujeros de 6 mm de diámetro. Lo que permite que el aire ingrese dentro de la materia orgánica y se produzca una mejor aireación.

Fueron elaboradas de acuerdo al modelo del proyecto de compostaje domiciliario del Instituto Nacional de Tecnología Industrial de la ciudad de Córdoba, con los siguientes parámetros:

- Diseño cómodo para revolver los residuos y cosechar el abono.
- Fácil riego y recubrimiento de la lluvia.
- Mejor control de temperatura y humedad.
- Escasa dificultad para controlar vectores y mascotas.
- Ideal para grandes volúmenes de material orgánico.
- Se mantiene ordenado y agradable a la vista.

Recolección de la materia prima

Los RSD, (material vegetal y barrido de las casas) se los cortó en pedazos pequeños y se mezcló homogéneamente.

La ceniza volcánica se recolecto del sector Los Pájaros del Cantón Baños.

El suelo pobre se recogió en el Caserío San Vicente del Cantón Quero, provincia de Tungurahua.

Diseño Experimental

Para el diseño que se aplicó se requirieron 20 composteras, de modo que se obtengan respuestas experimentales por duplicado. El muestreo se realizó cada 6 días, en cada una de las composteras. Para la aplicación del diseño experimental según las variables que influyen en este trabajo, se aplicó un diseño AxB, de acuerdo al siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + R_k + E_{ijk}$$

Dónde:

μ =efecto global

A_i = efecto del i-ésimo nivel del factor A; $i=1, \dots, a$

B_j = efecto del j-ésimo nivel del factor B; $j=1, \dots, b$

$(AB)_{ij}$ = efecto de la interacción entre los factores A,B

R_k = efecto de la replicación del experimento; $l=1, \dots, r$

E_{ijkl} = residuo o error experimental

Teniendo como factores:

- A: Dosificación
 - ✓ a0: 0% Residuos materia orgánica + 70% ceniza volcánica + 30% suelo
 - ✓ a1: 70% Residuos materia orgánica + 0% ceniza volcánica + 30% suelo
 - ✓ a2: 10% Residuos materia orgánica + 60% ceniza volcánica + 30% suelo
 - ✓ a3: 40% Residuos materia orgánica + 40% ceniza volcánica + 20% suelo
 - ✓ a4: 60% Residuos materia orgánica + 10% ceniza volcánica + 30% suelo
- B: Sistema de Remoción – Ventilación
 - ✓ bo: Por tubo
 - ✓ b1: Manual

Para completar el 100%, en todos los tratamientos se usó suelo pobre cuyas características físico químicas (humedad, pH, salinidad, materia orgánica, relación C/N) sean conocidas. Los microorganismos eficientes fueron añadidos en la misma cantidad estándar, según la dosis recomendada en su ficha técnica por el distribuidor en todos los tratamientos. De esta manera se dispuso de 10 muestras que con su réplica darán un total de 20, identificadas según los siguientes tratamientos:

Tabla N. 1 Tratamientos aplicados en la obtención de bocashi.

Tratamientos	Mezcla	Combinación de los tratamientos
T1	a0b0	0% residuos materia orgánica + 70% ceniza volcánica + 30% suelo, aireación por tubo
T2	a0b1	0% residuos materia orgánica + 70% ceniza volcánica + 30% suelo, aireación manual
T3	a1b0	70% residuos materia orgánica + 0% ceniza volcánica + 30% suelo, aireación por tubo
T4	a1b1	70% residuos materia orgánica + 0% ceniza volcánica + 30% suelo, aireación manual
T5	a2b0	10% residuos materia orgánica + 60% ceniza volcánica + 30% suelo, aireación por tubo
T6	a2b1	10% residuos materia orgánica + 60% ceniza volcánica + 30% suelo,

aireación manual

T7	a3b0	40% residuos materia orgánica + 40% ceniza volcánica + 20% suelo, aireación por tubo
T8	a3b1	40% residuos materia orgánica + 40% ceniza volcánica + 20% suelo, aireación manual
T9	a4b0	60% residuos materia orgánica + 10% ceniza volcánica + 30% suelo, aireación por tubo
T10	a4b1	60% residuos materia orgánica + 10% ceniza volcánica + 30% suelo, aireación manual

Elaborado por: Equipo de Investigación

Recolección de información

Se realizó durante el desarrollo de la fase experimental de acuerdo al diseño planteado, se dispuso de 10 tratamientos y en vista de que se realizó un duplicado de las determinaciones, para cada análisis se efectuaron 20 corridas experimentales.

Elaboración de tratamientos en las composteras

Según cada tratamiento indicado en la tabla N. 1, aplicados en la obtención de bocashi, se colocaron los RSD, la ceniza volcánica y el suelo pobre en cada una de las composteras con sus respectivas réplicas, cada compostera fue volteada y se añadió agua hasta obtener un 50% de humedad, se colocó Microorganismos Eficientes (EM) para acelerar el proceso de descomposición de los desechos orgánicos.

Parámetros de control

pH

El pH describe la actividad de iones H^+ . Es el logaritmo negativo de la cantidad de iones H^+ :

$$pH = - \log [H^+]$$

La determinación del pH en el laboratorio se realiza a través de un método electroquímico, aplicando un pH-metro con electrodo combinado y compensación de temperatura.

Para determinar el pH de las muestras, se tomó 10 gramos de muestra y se colocó un vaso de plástico, a la muestra se le añadió 50 ml de agua destilada aplicando una relación 1:5, se mezcló bien y se dejó que el suelo se sedimente completamente, aproximadamente unas 12 horas. La lectura del pH de los tratamientos se realizó a

través del equipo pH-metro marca HANNA instruments HI 2221 calibration check pH/ORP Meter.

Temperatura

Se determinó la temperatura de las muestras con una termocupla marca Multi-Thermometer (-50 °C ± 300 °C) directamente en el sitio de muestreo, se sumergió en la muestra y se esperó hasta que la lectura se estabilice. Se repitió las determinaciones y lecturas tantas veces hasta obtener dos lecturas repetidas con el mismo resultado.

Humedad

Se procedió a encerar la balanza (T). Se pesó entre 5 g y 10 g de muestra en una cápsula de porcelana. Se secó la muestra en la estufa secadora a 105 °C durante 12 horas. Al cabo de las 12 horas se sacó las cápsulas, se colocó en el desecador para que se enfríen y después pesarlas. Los pesos necesarios para determinación de humedad son:

- peso exacto de la cápsula vacía.
- peso exacto de la muestra por determinar.
- peso exacto de cápsula + muestra después de secar.

Caracterización y aplicación del mejor tratamiento

Determinación de carbono

Carbono orgánico total, C_{org} , en suelos se determinó fotométricamente después de la oxidación de la materia orgánica con potasio dicromato, según el método APHA, para lo cual se utilizó potasio dicromato (5%), ácido sulfúrico (concentrado), bario cloruro (solución: 4 gr de $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ y aforado a 1000 ml con agua destilada), glucosa estándar, equivalente a 5% de carbono orgánico (se pesó 12.5 gr de glucosa seca y aforado a 100 ml con agua destilada).

A partir de la solución estándar al 5% de carbono orgánico se realizaron diluciones.

Tabla N.2 Valores de Absorbancia de la curva de calibración de Carbono a 586 nm.

Concentración (%)	Absorbancia
0	0
0,5	0,212
1,0	0,404
1,5	0,576
2,0	0,760
2,5	0,939
3,0	1,107
3,5	1,272
4,0	1,451

Elaborado por: Equipo de Investigación.

Se colocó 1 gr de muestra en tubos de digestión y se añadió a todos los tubos (muestras y estándares):

- 10 ml de K₂Cr₂O₇ (5%)
- 5 ml de ácido sulfúrico concentrado

Se ubicó los tubos en un bloque de digestión y se calentaron a 150 °C durante media hora. Una vez frías las muestras y estándares, se aforaron a 50 ml con la solución de BaCl₂.2H₂O, se agitaron bien y se dejaron en reposo por 12 horas. El día siguiente, se realizó la determinación fotométrica en la longitud de onda de $\lambda = 586$ nm.

Las absorbancias de las muestras se midieron en un espectrofotómetro Termo Scientific 4001-000 Genesys 20.

Determinación de nitrógeno

Las muestras fueron enviadas para su análisis al Laboratorio privado LABCESTTA donde fueron analizadas por método kjedahl.

Determinación de materia orgánica

La determinación de materia orgánica se realizó según el Método APHA, por lo que se secaron de 5 a 10 gr aproximadamente de muestra durante 12 horas a 105 °C en la estufa. Se pesaron de 3 a 5 gr de la muestra pre-secada y se colocó en una capsula de porcelana y se calcino en la mufla de 430 a 450 °C durante dos horas, después de haber llegado a la temperatura indicada, se dejaron enfriar las muestras en un desecador y se pesaron las muestras.

Determinación de relación C/N

Los valores de carbono se dividieron a los valores de nitrógeno que contenía cada tratamiento.

4.RESULTADOS

Contenido de Materia Orgánica

En la tabla N.3 se reportan los resultados del análisis de varianza para los valores de contenido de materia orgánica, utilizando el 95 % de nivel de confianza; existe diferencia significativa ($p < 0.05$) en los factores principales: A (dosificación) y B (sistema de remoción), al igual que en la interacción dosificación*sistema de remoción.

Tabla N. 3: Análisis de varianza del contenido de materia orgánica de los diferentes tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Dosificación	70,8925	4	17,7231	819,1	0,0000 *
B: Sistema de remoción	1,28264	1	1,28264	59,28	0,0000 *
INTERACCIONES					
AB	3,06803	4	0,767007	35,45	0,0000 *
RESIDUOS	0,216373	10	0,0216373		
TOTAL (CORREGIDO)	75,4596	19			

Elaborado por: Equipo de Investigación. (Nivel de confianza = 95 %; * = significancia)

La prueba de comparación múltiple (Tukey) de la Tabla N. 4 con respecto a la interacción dosificación-sistema de remoción al 95 % de nivel de confianza, indica que el tratamiento a1b1 (70% materia orgánica: 0% ceniza: 30% suelo, aireación manual) presenta mayor porcentaje de materia orgánica con un promedio de 7.31 en tanto que con el tratamiento a0b1 (0% materia orgánica: 70% ceniza: 30% suelo, aireación manual) y el tratamiento a0b0 (0% materia orgánica: 70% ceniza: 30% suelo, aireación por tubos) presentan menor porcentaje de materia orgánica obtenida en relación a los demás tratamientos con 1.27 y 1.64 % respectivamente.

Tabla N. 4: Separación de medias del % materia orgánica de la interacción correspondiente a dosificación x sistema de remoción.

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD			
Dosificación	Sist. de remoción	% de MO	Rango
a0	b1	1,27	a
a0	b0	1,64	a
a2	b1	2,33	b
a2	b0	2,57	b
a3	b0	2,88	b
a3	b1	4,4	c
a4	b0	5,18	d
a4	b1	5,48	d e
a1	b0	5,98	e
a1	b1	7,31	f

Elaborado por: Equipo de Investigación.

Contenido de Carbono

En la tabla N. 5 se muestran los resultados del análisis de varianza para los valores del contenido de carbono, utilizando el 95 % de nivel de confianza; existe diferencia significativa ($p < 0.05$) en los factores principales: A (dosificación) y B (sistema de remoción), al igual que en la interacción dosificación*sistema de remoción.

Tabla N. 5: Análisis de varianza del contenido de carbono de los diferentes tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Dosificación	6,00644	4	1,50161	276,49	0,0000 *
B: Sistema de Remoción	0,547524	1	0,547524	100,82	0,0000 *
INTERACCIONES					
AB	0,947308	4	0,236827	43,61	0,0000 *
RESIDUOS	0,0543088	10	0,0054309		
TOTAL (CORREGIDO)	7,55559	19			

Elaborado por: Equipo de Investigación.(Nivel de confianza = 95 %; * = significancia)

La prueba de comparación múltiple (Tukey) de la Tabla N.6 con respecto a la interacción dosificación-sistema de remoción al 95 % de nivel de confianza, indica que el tratamiento a1b1 (70% materia orgánica: 0% ceniza: 30% suelo, aireación manual) presenta mayor porcentaje de carbono con un promedio de 1.93 % en tanto que los tratamientos a0b1 (0% materia orgánica: 70% ceniza: 30% suelo, aireación manual) y

a0b0 (0% materia orgánica: 70% ceniza: 30% suelo, aireación por tubos) presentan menor porcentaje de carbono en relación a los demás tratamientos con 0.01 %.

Tabla N. 6: Separación de medias del % carbono de la interacción correspondiente a dosificación x sistema de remoción

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Dosificación	Sist. de remoción	% de C	Rango
a0	b1	0,01	a
a0	b0	0,01	a
a2	b1	0,19	a b
a2	b0	0,41	b c
a3	b0	0,64	c d
a4	b0	0,83	d e
a3	b1	0,84	d e
a1	b0	1,03	e
a4	b1	1,6	f
a1	b1	1,93	g

Elaborado por: Equipo de Investigación.

Contenido de Nitrógeno

En la tabla N. 7 se reportan los resultados del análisis de varianza para los valores del contenido de nitrógeno, utilizando el 95 % de nivel de confianza; existe diferencia significativa ($p < 0.05$) en los factores principales: A (dosificación) y B (sistema de remoción), al igual que en la interacción dosificación*sistema de remoción.

Tabla N. 7: Análisis de varianza del contenido de nitrógeno de los diferentes tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Dosificación	0,122033	4	0,0305082	84,13	0,0000 *
B: Sistema de remoción	0,00581405	1	0,0058141	16,03	0,0025 *
INTERACCIONES					
AB	0,0114972	4	0,0028743	7,93	0,0038 *
RESIDUOS	0,0036265	10	0,0003627		
TOTAL (CORREGIDO)	0,142971	19			

Elaborado por: Equipo de Investigación. (Nivel de confianza = 95 %; * = significancia)

La prueba de comparación múltiple (Tukey) de la Tabla N. 8 con respecto a la interacción dosificación-sistema de remoción al 95 % de nivel de confianza, indica que el tratamiento a1b1 (70% materia orgánica: 0% ceniza: 30% suelo, aireación manual) presenta mayor porcentaje de nitrógeno con un promedio de 0.27 % en tanto que con el tratamiento a0b1 (0% materia orgánica: 70% ceniza: 30% suelo, aireación manual) y el tratamiento a0b0 (0% materia orgánica: 70% ceniza: 30% suelo, aireación por tubos) presentan menor porcentaje de nitrógeno obtenido en relación a los demás tratamientos con 0.03 y 0.04 % respectivamente.

Tabla N. 8: Separación de medias del % nitrógeno de la interacción correspondiente a dosificación x sistema de remoción

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Dosificación	Sist. de remoción	% de N	Rango
a0	b1	0,03	a
a0	b0	0,04	a
a2	b1	0,06	a b
a2	b0	0,08	a b
a3	b0	0,09	a b c
a3	b1	0,11	b c
a4	b0	0,16	c d
a1	b0	0,19	d e
a4	b1	0,26	e
a1	b1	0,27	e

Elaborado por: Equipo de Investigación.

Contenido de Relación C/N

Los resultados promedio luego del respectivo análisis estadístico, indican que los tratamientos con mayor contenido de relación carbono/nitrógeno son el tratamiento a3b0 (40% materia orgánica: 40% ceniza: 20% suelo) con sistema de remoción por tubo y el a3b1 (40% materia orgánica: 40% ceniza: 20% suelo) con sistema de remoción manual.

En la tabla N. 9 se reportan los resultados del análisis de varianza para los valores del contenido de relación carbono/nitrógeno, utilizando el 95 % de nivel de confianza; existe diferencia significativa ($p < 0.05$) en el factor principal: A (dosificación) pero no hay diferencia significativa ($p < 0.05$) en el factor B (sistema de remoción) al igual que en la interacción dosificación*sistema de remoción.

Tabla N. 9: Análisis de varianza del contenido de carbono/nitrógeno de los diferentes tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Dosificación	121,855	4	30,4637	42,61	0,0000 *
B: Sistema de remoción	0,155373	1	0,155373	0,22	0,6511
INTERACCIONES					
AB	7,57385	4	1,89346	2,65	0,0964
RESIDUOS	7,14862	10	0,714862		
TOTAL (CORREGIDO)	136,733	19			

Elaborado por: Equipo de Investigación. (Nivel de confianza = 95 %; * = significancia)

La prueba de Tukey (HSD) de la tabla N. 10 con respecto a la dosificación al 95 % de nivel de confianza, indica que el nivel a3 (40% materia orgánica: 40% ceniza: 20% suelo) presenta mayor cantidad de relación carbono/nitrógeno con un promedio de 7.26678 y que los niveles a1 (70% materia orgánica: 0% ceniza: 30% suelo), y a4 (60% materia orgánica: 10% ceniza: 30% suelo), no presentan diferencias significativas entre la dosificación en la cantidad de relación carbono/nitrógeno con un promedio de 6.2575 y 5.8463 respectivamente por lo que los tratamientos son iguales, a diferencia del nivel a0 con un promedio de 0.2204 por lo que la cantidad de relación carbono/nitrógeno es muy bajo.

Tabla N. 10: Prueba de Tukey (HSD) para contenido de carbono/nitrógeno según la dosificación

Dosificación	Relación C/N	Rango
0% : 70% : 30%	0,220443	a
10% : 60% : 30%	4,36711	b
60% : 10% : 30%	5,84635	b c
70% : 0% : 30%	6,25756	b c
40% : 40% : 20%	7,26678	c

Elaborado por: Equipo de Investigación.

Comparación de cantidad de MO, C, N y relación C/N del abono orgánico (bocashi) con el abono orgánicos compost comercial

Al comparar los datos bibliográficos de los contenidos de nutrientes del abono orgánico compost comercial con el abono orgánico bocashi se puede determinar que el abono orgánico obtenido a partir de residuos sólidos domiciliarios y ceniza volcánica tiene una buena cantidad de MO, C, N y relación C/N, sin embargo, el incremento no es muy significativo. Al mismo tiempo se puede decir que el abono orgánico bocashi por ser enriquecido con microorganismos comerciales eficientes ayuda a incrementar la cantidad de microorganismos en el suelo y representa un aporte mayor al suelo.

Tabla N. 11: Comparación de cantidad de nutrientes entre el abono orgánico bocashi y el abono orgánico compost

Abono	Característica	Nutrientes	Incremento
Abono orgánico (bocashi)	Proceso de descomposición de residuos sólidos domiciliarios utilizando ceniza volcánica	MO:7.31 % N: 0.26 % C: 1.927 % Relación C/N: 7.406	MO:1.37 % N: 0.06 % C: 0.73 % Relación C/N: 1.406 %
Compost	Composición de un compost comercial (Estrada, 1991).	MO:6 % N: 0.2 % C: 1.2 % Relación C/N: 6.00	

Elaborado por: Equipo de Investigación

5. DISCUSIÓN

En la actualidad el tratamiento de los RSD se ha delegado a la empresa pública municipal, la misma que muestra varias deficiencias en el manejo, transporte y procesamiento de la misma. Puntualmente en la ciudad de Ambato, se ha efectuado un estudio del entorno circundante al botadero de la ciudad, el mismo que arrojó resultados alarmantes de contaminación ambiental.

Como una alternativa para el tratamiento de los RSD se plantea la utilización de los mismos para la elaboración de un abono orgánico mediante la utilización de la ceniza volcánica como un medio que permite mejorar la productividad de los suelos. Puntualmente en la región circundante al volcán Tungurahua este producto es abundante, debido a las constantes erupciones que han tenido lugar en el volcán.

Actualmente se presentan alternativas sustentables de desarrollo de parcelas productivas en los domicilios que poseen espacios para la implementación de los mismos, todo esto tendiente a fomentar una cultura alimentaria sana en los individuos. Tomando como punto de inflexión el creciente porcentaje de enfermedades de tipo cancerígenas, cuyo origen, en muchos de los casos, se debe a la alimentación de los pacientes, ya que no se tiene un control exhaustivo de los productos que se consumen, los mismos que en muchos de los casos son sometidos a agresivos tratamientos químicos para aumentar su rendimiento, al mismo tiempo que se utiliza aguas de regadío altamente contaminadas.

Con el aprovechamiento de los RSD y la ceniza volcánica se podrá desarrollar un producto que permita manejar eficientemente las áreas en las que se implementarán los cultivos domésticos, aumentando su productividad y consiguiendo de esta forma obtener productos orgánicos seguros y confiables para el consumo humano. Así mismo, se coadyuva al mantenimiento del ambiente, mediante la utilización de un proceso eficiente de tratamiento de los RSD, mismos que, debido al aumento del nivel socio-económico de la sociedad, cada día es mayor, lo que dificulta la implementación de sistemas eficientes de transporte, manejo y tratamiento de los desechos por parte de las entidades públicas designadas para este efecto.

6. CONCLUSIONES

- Se probaron cinco metodologías diferentes para el aprovechamiento de ceniza volcánica en la obtención de bocashi, utilizando RSD incluyendo sistemas de remoción para la aireación del abono orgánico y el uso de microorganismos eficientes. La mejor relación C/N permitió determinar que los mejores tratamientos son el a3b0 y el a3b1 que consisten en (40% materia orgánica: 40% ceniza: 20% suelo) con sistema de remoción por tubo y (40% materia orgánica: 40% ceniza: 20% suelo) con sistema de remoción manual respectivamente.

- Se diseñó dos modelos de composteras domésticas una con un sistema de remoción manual que incluyó manivelas y otro sistema de remoción por tubos colocados en diferentes partes del abono orgánico a diferentes alturas para que la aireación sea continua y no haya necesidad de voltear; concluyendo que la aireación por remoción

manual permite obtener un bocashi de mejor calidad en cuanto a cantidad de MO, cantidad de C, N y relación C/N.

- Se evaluó la capacidad de aporte nutricional de la ceniza volcánica mediante determinación de porcentaje de MO, C, N y relación C/N y se estableció que el nivel a3 (40% materia orgánica: 40% ceniza: 20% suelo) da una mayor relación C/N al suelo y que los niveles b0 (por tubo) y b1 (manual) no tenían diferencias significativas sobre la relación C/N.

- Los RSD pueden ser utilizados para la elaboración de abono orgánico a pequeña escala para enriquecer suelos pobres, aprovechando la ceniza volcánica y con la construcción de composteras domésticas.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adani F., U. C. (2006). The determination of biological stability of composts using the Dynamic respiration index: The results of experience after two years. *Waste Management* , 41- 48.

Alvarez, R., & Alvarez, C. (2000). Soil organic matter pools and their association with carbon mineralization kinetics. *Soil organic matter in sustainable agriculture* , 184-189.

Armas, S. (2006). *Breve acercamiento a la realidad de los residuos sólidos y su disposición final en el Distrito Metropolitano de Quito*. Obtenido de http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&ved=0CD oQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.camaraconstruccionquito.ec%2Findex.php%3Foption%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D21%26Itemid%3D58%26lang%3Des&ei=H8UhUevdOs90QHjYlFo&usg

Artavia, S. U. (2010). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la supresión de *pythium myriotylum* en plantas de tiquisque. *Agronomía Costarricense* , 17-29.

Atlas, R., & Bartha, R. (2002). *Ecología microbiana y Microbiología ambiental*. Madrid: Prentice Hall.

Beare, M., Cabrera, M., Hendrix, P., & Coleman, D. (1994). Aggregate protected and unprotected organic matter pools in conventional and no-tillage soils. *Soil Sci. Soc. Am.* , 787-795.

Bejarano, H. (2005). *Elaboración, uso y manejo de los abonos orgánicos Chocó*. Quibdó: Universidad Tecnológica del Chocó.

Blevins, R., & Frye, W. (1993). Conservation tillage: an ecological approach to soil management. *Adv. Agron.* , 33-78.

Bollen, G. (1993). Factors involved in inactivation of plant pathogens during composting of crop residues. *Science and Engineering of Composting: Design, Environmental, Microbiological and Utilization Aspects* , 301-318.

- Büttner, R. D. (1999). Identifying magma – water interaction from the surface features of ash particles. *Nature* , 688-690.
- Cambardella, C., & Elliott, E. (1992). Particulate soil organic matter. Changes across a grassland cultivation sequence. *Soil organic matter in sustainable agriculture* , 777-783.
- Carter, M. (2002). Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agron* , 38-47.
- Castro, L. (2010). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la supresión de pythium myriotylum en plantas de tiquisque. *Agronomía Costarricense* , 17-29.
- CCREF. (2001). *Test Methods for the Examination of Composting and Compost*. Huston: Composting council research and education foundation.
- Chen, Y., & Inbar, Y. (1993). Chemical and spectroscopical analyses of organic matter transformations during composting in relation to compost maturity. *Science and Engineering of Composting: Design, Environmental, Microbiological and Utilization Aspects. Renaissance Publications* , 551-600.
- Cremona, M. (2013). *La ceniza volcánica y los suelos de la región*. Bariloche: INTA.
- Diánez, F., Santos , M., & Tello , J. (2007). Suppressive effects of grape marc compost on phytopathogenic oomycetes. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* , 1-18.
- Echeverría, H., & Sainz Rozas, H. (2005). Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. *INTA, Balcarce* , 255-282.
- Elliott, E. (1986). Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Sci. Soc. Am.* , 627-633.
- Escamirosa, L. F. (1995). *Manejo de los residuos sólidos domiciliarios: Tuxtla Gutiérrez*. Chiapas: Editorial Plaza y Valdes.
- Escamirosa, L. F. (2001). *Manejo de los residuos sólidos domiciliarios: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*. Chiapas: Editorial Plaza y Valdes.
- Fabrizzi, K., Morón, A., & García, F. (2003). Soil carbon and nitrogen organic fractions in degraded vs. non-degraded Mollisols in Argentina. *Soil Sci. Soc. Am.* , 1831-1841.
- Fernández-Pascual, M., De María, N., & De Felipe, M. R. (2002). Fijación biológica de nitrógeno: Factores limitantes: En Fernández Balladares. *Ciencias y Medio Ambiente* .
- Francisco, A., & Rodríguez, Y. (2010). Caracterización de residuos sólidos domiciliarios en santo domingo oeste, provincia santo domingo, (I). *Ciencia y Sociedad* , 566-587.
- Franzluebbers, A. (1999). Potential C and N mineralization and microbial biomass from intact and increasingly disturbed soils of varying texture. *Soil Biol. Biochem.* , 1083-1090.
- Franzluebbers, A., & Arshad, M. (1997). Particulate organic carbón content and potential mineralization as affected by tillage and texture. *Soil Sci. Soc. Am.* , 1382-1386.
- Galantini, J., & Rosell, R. (2006). Long-term fertilization effects on soil organic matter quality and dynamics under different production systems in semiarid Pampean soils. *Soil Till* , 72-79.

García, C., Hernández, F., & Costa, A. (1991). Humin Substances in composted sewage sludge. *Wastes management and research*, 189-194.

Gómez, B. (2013). *La microbiología de suelos en el Ecuador: situación actual de la investigación*. Obtenido de <http://www.secsuelo.org/XCongreso/Simposios/Microbiologia/Magistrales/1.%20La%20Microbiologia%20de%20Suelos.pdf>

Gómez-Brandón M., L. C. (2008). The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure. *Chemosphere*, 436-444.

Gómez-Brandón, M., Lazcano, C., & Domínguez, J. (2008). The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure. *Chemosphere*, 436-444.

Gregorich, E., Beare, M., McKim, U., & Skjemstad, J. (2006). Chemical and biological characteristics of physically uncomplexed organic matter. *Soil organic matter in sustainable agriculture*, 975-985.

Gregroich, E., & Janzen, H. (1996). *Storage of soil carbon in the light fraction and macroorganic matter*. Florida: Lewis Publishers.

Hernández, M. M.-V. (1990). Structural features of humic acid like substances from sewage sludge. *Soil Sci*, 63-68.

Hoitink, H., Stone, A., & Han, D. (1997). Supresión de enfermedades mediante compost. *Agronomía Costarricense*, 25-33.

Janzen, H., Campbell, C., Izaurrealde, R., Ellert, B., & Juma, W. (1998). Management effects on soil C storage on the Canadian prairies. *Soil Tillage Res*, 181-195.

López-Vera, I. (1991). *Contaminación de las aguas subterráneas, MOPU, Unidades Temáticas Ambientales de la Secretaria General del Medio Ambiente*. Madrid: Secretaria General del Medio Ambiente de Madrid.

Mikha, M., & Rice, C. (2004). Tillage and manure effects on soil and aggregate-associated carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am.*, 809-816.

Nanzyo, M. (2004). Unique properties of volcanic ash soils. *Global Environmental Research*.

OPS-OMS. (2002). *Análisis sectorial de residuos sólidos*. Quito: Ecuador.

Paul, E., & Clark, F. (1996). *Soil Microbiology and Biochemistry*. California: Academic Press.

Pérez, M., Baker, A., Garriga, I., Chávez, P., & Basulto, A. (2010). Compost a partir de residuos de cosechas y alternativas que mejoran su calidad. *Revista Centro Agrícola*, 75-80.

Puertas, L. (2009). Efecto de diferentes abonos orgánicos sobre el establecimiento de *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata* en el sustrato y la rizosfera de plantas de tomate. *Revista de Protección Vegetal*, 162-165.

Quantin, P. (1986). Properties and genesis of Andisols. *Pédologie ORSTOM*, 105-111.

Quiroga, A., & Funaro, D. (2003). *Indicadores de calidad de suelos*. Obtenido de <http://www.aacrea.org.ar/soft/nro275.htm#notatapa>.

Quiroga, A., & Funaro, D. (2004). Materia orgánica, factores que condicionan su utilización como indicador de la calidad en molisoles de las regiones semiárida y subhúmeda pampeana. Paraná, Brasil.

Rodríguez, M. (2012). Contenido de metales pesados en abonos orgánicos, sustratos y plantas cultivadas en organopónicos. *Cultivos Tropicales* , 5-12.

Rojas Aguilera, J. S. (2006). Residuos sólidos domiciliarios: logística, una herramienta moderna para enfrentar este antiguo problema. *Revista Ingeniería Industrial* , 77-87.

Shoji, S., Nanzyo, M., & Dahlgren , R. (s.f.).

Six, J., Bossuyt, H., Deneff, S., & Degryze, K. (2004). A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Tillage Resources* , 7-31.

Studdert, G., & Echverría, H. (2000). Crop rotations and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics. *Soil Sci* , 1496-1503.

Tchobanoglous, G. (1994). *Gestión integral de residuos sólidos*. España: McGraw-Hill.

Weil, R., & Magdoff, F. (2004). *Significance of soil organic matter to soil quality and health*. EEUU: CRC Press.

Williams, J., Crozier, C., White, J., Sripada, R., & Crouse, D. (2007). Comparison of soil nitrogen tests for corn fertilizer recommendations in the Humid Southeastern USA. *Soil Sci. Soc. Am.* , 171-180.

Wohletz, K., & Krinsley, D. (1982). *Scanning electron microscopy of basaltic hydromagmatic ash*. The Alamos National Laboratory Report.

Wu L., M. L. (2000). Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost. *Journal of Environmental Quality* , 29.