

Obtención de abono orgánico (compost) a partir de desechos agroindustriales y su influencia en el rendimiento del cultivo Zea Mays

Feliciano S. Bernui Paredes¹, José F. Rivero Méndez²

¹Docente de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo, sabe_1011@hotmail.com

²Docente de la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de Trujillo, joserivero@hotmail.com

Recibido: 03-11-2015

Aceptado: 21-12-2015

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar la influencia del cultivo orgánico (compost) obtenido a partir de desechos agroindustriales en el rendimiento del cultivo *zea mays*. El desarrollo metodológico de obtención de abono y manejo del cultivo se realizó en terreno fértil del CEPCAM ubicado en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo. Los análisis de caracterización del abono compost se realizaron en el laboratorio de Servicios a la Comunidad de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo, cuyos reportes fueron: % de humedad 46,21, % de nitrógeno 0,97, % de fósforo 0,15 y % de MO 13,93. La metodología utilizada para desarrollar los cálculos de diseño del sistema comprende dos etapas: producción de abono a partir rastrojos de las áreas verdes de la ciudad universitaria, cachaza y estiércol de cuy; y manejo del cultivo de maíz siguiendo según recomendaciones del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Los principales resultados referidos a la caracterización del terreno señalan que se trata de un suelo textural FRANCO ARENOSO, y el análisis del agua señalan que la salinidad del agua es la adecuada para este cultivo ($CEa = 1,14$), la profundidad del suelo agrícola supera a la extensión radicular en un 100%. En lo que respecta al cultivo se han obtenido rendimientos de 7920 kg/Ha que al compararlo con el rendimiento de manejos tradicionales con urea (7000 kg/Ha) se obtiene un incremento en la productividad de 920 kg/Ha. Los resultados permiten concluir que la eficiencia agrícola aumenta al utilizar el abono orgánico (compost) en el cultivo de maíz. Al comparar los rendimientos de producción con los reportados por el Ministerio de Agricultura a nivel nacional 4,5 Ton/ha se obtienen mejoras cercanas al 100%.

Palabras clave: producción orgánica, eficiencia de cultivo, cultivo de maíz.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the influence of organic farming (compost) obtained from agro-industrial waste performance *Zea mays* crop. The methodological development of production of fertilizer and crop management was performed in fertile soil of CEPCAM located on the campus of the National University of Trujillo. Characterization tests were performed in compost fertilizer laboratory Community Services, Faculty of Chemical Engineering at the National University of Trujillo, whose reports were: 46,21% moisture, 0,97% nitrogen, 0,15% phosphorus and % MO 13,93. The methodology used to develop the design calculations of the system comprises two stages: production of compost from residues of the green areas of the university town, cachaz and guinea pig manure; and crop management as corn following recommendations of the Interamerican Institute for Cooperation on Agriculture (IICA). The main results of the characterization of the ground state that is a sandy loam soil texture and water analysis indicate that the salinity of the water is suitable for this crop ($CEA = 1,14$), the depth of agricultural land root length exceeds 100%. In regard to crop yields obtained 7920 kg/Ha that it yields when compared to traditional handling with urea (7000 kg/ha) is obtained an increase in productivity of 920 kg/Ha. The results suggest that increased agricultural efficiency by using organic fertilizer (compost) in growing corn. Comparing production yields with those reported by the Ministry of Agriculture nationwide 4,5 Ton/ha improvements are obtained close to 100%.

Keywords: organic production, efficiency of farming, growing corn.

I. INTRODUCCIÓN

La agroindustria abarca una amplia gama de industrias que procesan los productos naturales de la agricultura. Los sub-sectores más importantes de la agroindustria incluyen la agricultura (y horticultura), silvicultura, pesca y producción de mariscos. Los establecimientos de producción primaria, explotaciones avícolas -tanto parrilleras como de gallinas ponedoras-; establecimientos de cría y engorde de cerdos generan diariamente cantidades importantes de residuos sólidos y semi-líquidos, con significativa carga orgánica y bacteriana; lo cual requiere un saneamiento adecuado para minimizar su impacto ambiental (Castillo M. , 2010).

Los principales cultivos agroindustriales en La Libertad corresponden al pimiento procesado, alcachofa, espárrago, caña de azúcar y producción de harina de trigo, de cacao, avena y arroz pilado. Cada uno de ellos generan diversos efluentes, emisiones y residuos sólidos; de acuerdo con el proceso productivo involucrado. Así tenemos que el residuo básico de la agroindustria del arroz es la cascarilla de arroz, en la industria molinera los principales residuos generados son la harinilla de maíz, de germen de maíz, salvado de maíz, salvado de trigo, salvado de soya; respecto a la industria azucarera, se generan vertimientos con carga orgánica (cachaza y vinaza), residuos sólidos como el bagazo, emisiones de material particulado, entre otros.

En la región La Libertad la producción de azúcar comercial se ha incrementado en 16.7% al 2014 respecto al 2011 (GRA-OIA-LA LIBERTAD, 2014) y por consiguiente el volumen de los residuos sólidos y efluentes de la industria se han incrementado. En lo correspondiente a la cachaza, principal residuo de la industria azucarera, se produce de 30 a 50 kg por tonelada de caña procesada (Zérega, 1993). De igual modo, los residuos agrícolas también se han incrementado.

Dentro de la actividad agrícola de estos cultivos se generan residuos (residuo agrícola). La Agencia Europea del Medio Ambiente define este tipo de materiales como aquellos que son inutilizables, de naturaleza sólida o líquida, que proceden de cualquier tipo de práctica agrícola (Moreno, Moral, García, Pascual, & Bernal, 2014) y que proceden de la poda de los árboles, rastrojos de cosechas de cultivos, también del manejo de jardines, entre otros.

Los residuos sólidos, independientemente de su origen o estructura, son factibles de reutilizarse, recuperarse o reciclarse. La tecnología disponible, el nivel de concientización y los recursos legales son factores decisivos para llevar a cabo algún método de gestión. La disponibilidad de recursos económicos juega un papel importante, pero estos no deben ser determinantes para lograr la gestión de los residuos sólidos de una forma que armonice con el medio ambiente y la salud pública. Actualmente, los residuos de limpieza de vías y áreas públicas son los procedentes de las actividades de limpieza de calles y paseos y de arreglo de parques y jardines (hierba cortada, hojarasca, troncos y ramas de hasta un metro de longitud, etc.), debido a la existencia de empresas agroindustriales como Laredo se tiene como residuo la cachaza, material orgánico con altas contenidos de nutrientes, que muchas veces se ha utilizado como fertilizante en campos de cultivo y debido al manejo indiscriminado lo que se ha conseguido es saturar el suelo convirtiéndole en improductivo. También, se tiene en la región residuos ganaderos, entre ellos el estiércol de cuy; que en los últimos años se ha intensificado su crianza y es posible conseguirlos en grandes volúmenes.

Las grandes cantidades de residuos desorbitadas generadas por la actividad agroindustrial ocasionan graves problemas higiénico-sanitarios y ambientales. Situación que se agudiza al existir una mala gestión de los residuos agrícolas, entre los numerosos inconvenientes destacan el impacto visual y paisajístico así como el daño ambiental que supone el vertido y acumulación de tales residuos, además como la generación de focos de infección y vectores de enfermedades que pueden propagarse a los cultivos colindantes. No hay que olvidar los daños colaterales provocados por la incineración incontrolada de estos materiales, lo que supone una molestia para las zonas próximas así como un riesgo alto de emisión de gases tóxicos a la atmósfera (Moreno, Moral, García, Pascual, & Bernal, 2014).

Una alternativa de uso de los residuos agrícolas es la obtención de abono orgánico (compost). La calidad de un abono está dada por el uso que se le quiera dar. Lo que puede ser considerado como un abono de muy buena calidad para un productor de banano, puede ser considerado inefectivo o poco práctico para el productor de hortalizas (Soto & Meléndez, 2004). Por ello, teniendo en cuenta

que uno de los cultivos de la costa liberteña es el maíz duro, se realizaron pruebas de germinación en campo con este cultivo.

El compostaje es una técnica que se basa en la acción de diversos microorganismos aerobios, que actúan de manera sucesiva, sobre la materia orgánica original, en función de la influencia de determinados factores, produciendo elevadas temperaturas, reduciendo el volumen y el peso de los residuos y provocando su humidificación y oscurecimiento. Durante este proceso se han de controlar los distintos factores que aseguren una correcta proliferación microbiana y, por consiguiente, una adecuada mineralización de la materia orgánica (Bueno, Díaz, & Cabrera, 2008).

El maíz (*Zea Mays*) es una solanácea de origen americano que se siembra en todo el país y está entre los diez cultivos más importantes del Perú en relación con el valor y el volumen negociado (Aktas, Abak, & Sensoy, 2009).

Respecto al cultivo del maíz son diversos los problemas que afrontan los agricultores de esta región, los monocultivos presentan problemas de malezas y ataques de plagas; generándose un uso irracional de insecticidas, deterioro del ecosistema, resistencia de los insectos-plagas a los insecticidas y aumento considerable de los costos de producción debido al control químico. Esta realidad es propia de los agricultores de la costa liberteña, zonas de cultivo que por sus características geográficas, físicas y climáticas; cuenta con tierras apropiadas para una gran diversidad de cultivos como por ejemplo caña de azúcar, maíz, brócoli, apio, pepino, yuca y alfalfa.

La calidad de un abono orgánico se relaciona directamente con su efectividad para el desarrollo de las fases vegetativa y reproductiva de la planta. Por tanto, bajo condiciones estables de riego por gravedad se evaluaron los rendimientos del cultivo. Si el riego no es uniforme, algunas zonas del terreno tendrán mayor o menor producción debido a la pérdida de percolación profunda en el terreno. Así, se planteó la pregunta de investigación: ¿Cuál es el rendimiento del abono orgánico (*compost*) obtenido a partir de una mezcla de rastrojos de áreas verdes, cachaza y estiércol de cuy para el mejoramiento de la producción de maíz/ha?

Por consiguiente, la ejecución de la investigación conllevó al cumplimiento del objetivo: determinación de eficiencia agronómica en la producción orgánica del maíz, mediante el uso de abono compost elaborado a partir de rastrojos de áreas verdes, cachaza y estiércol de cuy. De esta forma, el impacto de la investigación radicó en la demostración de la rentabilidad del cultivo en términos de volumen de producción.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Objeto de estudio

Por la particularidad de la investigación, el objeto de estudio fue la elaboración de compost para evaluar el rendimiento del cultivo orgánico de maíz, teniendo como variables de estudio la calidad del compost y la producción orgánica mediante la aplicación del riego por gravedad.

La investigación se desarrolló en terreno fértil del CEPCAM ubicado en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo.

2.2 Medios

La experiencia investigativa se operativizó mediante el muestreo de compost y suelos para caracterizarlos. Las muestras recolectadas fueron remitidas para su análisis al laboratorio de Servicios a la Comunidad de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo.

Las fuentes de información a las que tuvo acceso el investigador fueron primarias y secundarias, las primeras se relacionan con la información obtenida por el método de la observación y experimentación; mientras que las segundas se refieren al material documental de otros casos analizados.

2.3 Métodos y técnicas

La metodología comprende tres etapas: la primera consiste en la producción de abono a partir de rastrojos de las áreas verdes de la ciudad universitaria, cachaza y estiércol de cuy; segundo, manejo del cultivo de maíz según recomendaciones del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA); y tercero, el diseño experimental que se utilizó en este estudio fue el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con tres bloques (tres repeticiones) por cada tratamiento en el área de cultivo.

Las recomendaciones del manejo del cultivo describen en secuencia el proceso tecnológico del cultivo del maíz amarillo duro, con el cual el productor pueda obtener las mejores cosechas y la mayor rentabilidad. Adicionalmente busca fomentar el cumplimiento de prácticas orientadas a la obtención de mayor eficiencia, calidad e inocuidad, las cuales se describen bajo la denominación de “buenas prácticas agrícolas (INCAGRO, 2004).

El compostaje se realizó mediante el sistema de pilas, que consiste en apilar los residuos en montones y luego mediante volteos frecuentes, se mezclan los materiales, dejando la masa suelta para mejorar la aireación. Se construyó pilas de 2,0 m de ancho y de 1,50 m de altura y 15 m de longitud. (García & et. al., 2007).

Las instalaciones para la producción de compost deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- El área del compostaje depende directamente del volumen de residuos, frecuencia de cambio de la cama y del tiempo de compostaje.
- Se debe asignar un área amplia para su ubicación y con suficiente espacio para su manipulación. Esta área debe estar cubierta y encerrada por un muro o una malla.
- Se debe retirar malezas, arbustos u otros elementos que interfieran con la operación del sistema. Posteriormente se realiza la compactación y nivelación del terreno.
- En suelos con baja impermeabilidad, se debe proceder a su impermeabilización para evitar la contaminación de las aguas subterráneas, por la generación de lixiviados.
- Es necesario establecer un pasillo, de 1,5 a 2,0 m entre las pilas para un manejo adecuado de las mismas

III. RESULTADOS

Pilas de compostaje

Se construyeron tres pilas de compostaje con longitudes de 15,0 x 2 x 1,5 m a las cuales se apilaron tres capas conteniendo rastrojos de las áreas verdes de la ciudad universitaria (R), cachaza (C) y estiércol de cuy (E), en la forma que a continuación se detalla:

Tabla 1. Información técnica de la pila de compostaje

PILA DE COMPOSTAJE	1	2	3
Longitud, m	15.0	15.0	15.0
Orden de apilamiento	C:R:E	R:E:C	E:C:R
Capas apiladas	3		
Respiraderos cada	0,5 m		
Producto final	Materia Orgánica Estable		
Tempera. Máx. en proceso, °C	60 – 70		
pH	6,0 – 7,1		
Humedad, %	40 - 60		
Frecuencia de volteo	Semanal		
Duración del proceso	3 meses		
Temperatura luego de aplicado en campo	Estable		

Adaptado de (Soto, Abonos orgánicos: definiciones y procesos. In. Meléndez, G; Soto, G; Uribe, L. eds. Abonos Orgánicos: principios, características e impacto en la agricultura, 2003)

Calidad del abono orgánico

El nitrógeno, es un elemento frecuentemente utilizado como indicador de la calidad, además de ello también se considera al contenido de fósforo, entre otros; el seguimiento de la calidad del abono orgánico se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. Calidad del abono orgánico

PILA DE COMPOSTAJE	A	B	C
a 90 días			
% Nitrógeno	1,05	0,87	0,98
% Fósforo	0,087	0,102	0,27
% Potasio	0,41	0,61	0,72
% Materia orgánica	12,5	14,7	14,6
% Humedad	42,43	55,29	40,91
Color	Marrón	Marrón	Marrón
Olor	oscuro tierra	oscuro tierra	oscuro tierra

Análisis de estabilidad del abono

La estabilidad del abono se mide en función del aumento de temperatura que puede ocasionar luego de ser aplicado en el terreno de cultivo, ante variaciones bruscas puede ocasionar quemaduras en las plantas. Los resultados que se muestran a continuación fueron obtenidos a partir de abonos con 90 días de proceso y las lecturas de temperatura se realizaron a 7 días de aplicación.

Tabla 3. Estabilidad del abono orgánico

Temperatura / Pila de compostaje	1	2	3
Suelo sin abono, °C		22	
Suelo con abono, °C	28	22	21

Caracterización del terreno de cultivo

La forma del terreno experimental es irregular, plano con una pendiente menor del 1%, color café claro, con textura franco – arenoso (Método de Bouyoucos) y buena permeabilidad, que lo hace muy bueno para el cultivo de maíz. Se trianguló un área de 500 m² para destinarse al cultivo del maíz.

Características del agua de riego

El agua de riego procede del pozo tubular ubicado dentro de la ciudad universitaria y sus características se muestran en la tabla 4. Se trata de un agua prácticamente neutra, con una conductividad eléctrica baja debido a la escasa existencia de iones libres, indicando un bajo contenido de sales.

Tabla 4. Características del agua de regadío

PARÁMETRO	UNIDADES	Muestra
TEMPERATURA	°C	21,5
TURBIDEZ	JTU	2,5
DUREZA TOTAL	CaCO ₃ mg/L	405
CALCIO	Ca ²⁺ meq/L	4,78
MAGNESIO	Mg ²⁺ meq/L	2,89
SODIO	Na ⁺ meq/L	2,21
POTASIO	K ⁺ meq/L	0,08
CLORUROS	Cl ⁻ meq/L	1,77
pH	-	7,52
CONDUCTIVIDAD	dS/m	1,14
SOLIDOS DISUELTOS	TOTAL mg/L	715

Viene de la Tabla 4...

CARBONATOS	CO ₃ meq/L	0
BICARBONATOS	HCO ₃ meq/L	1,45
SULFATOS	SO ₄ meq/L	1,63

Fuente: Laboratorio de Servicios a la Comunidad e Investigación (LASACI) - UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Características del cultivo

De acuerdo con el manual técnico de la IICA para el cultivo de maíz se resume en la siguiente tabla:

Tabla 5. Características del cultivo

Cultivo	Maíz
Tipo de siembra	Directa
Profundidad de raíces, h, en m	0,30
Relación en tallo C:N	60:1
Relación en hoja C:N	23:1
Densidad de siembra	50 – 70 mil plantas/ha
Profundidad de siembra	3 – 5 cm
Espaciamento de plantas (EpxEs) en m	0,40 x 1,00

Rendimientos del cultivo

Para medir el rendimiento del cultivo en función del abono orgánico, se tomó el compost producido en la pila 3 debido a su mayor contenido de nitrógeno y mejor estabilidad. De acuerdo con la metodología descrita se aplicó cinco tratamientos:

Tabla 6. Tratamientos en estudio

Tratamientos	Descripción
T1	Se dosificó 100 kg de compost por 100 m ²
T2	Se dosificó 150 kg de compost por 100 m ²
T3	Se dosificó 200 kg de compost por 100 m ²
T4	Se dosificó 250 kg de compost por 100 m ²
T5	Se dosificó 0.00 kg de compost por 100 m ² (testigo)

Tabla 7. Rendimiento total del maíz

BLOQUE	Tratamiento	Y1: Rendimiento
I	T1	27,50
	T2	27,20
	T3	27,00
	T4	30,00
	T5	23,50
II	T1	24,00
	T2	26,00
	T3	24,50
	T4	24,20
	T5	24,00

Viene de la Tabla 7...

	T1	19,50
	T2	21,00
III	T3	24,50
	T4	25,00
	T5	18,00

Al evaluar los rendimientos de maíz mediante la prueba del análisis de varianza resultó ser no significativa ($p > 0.05$), por lo que se afirma que los rendimientos de maíz son iguales después de aplicar los tratamientos.

A través del Gráfico de Cajas y Bigote se observa que el comportamiento de los rendimientos promedios de maíz son muy similares.

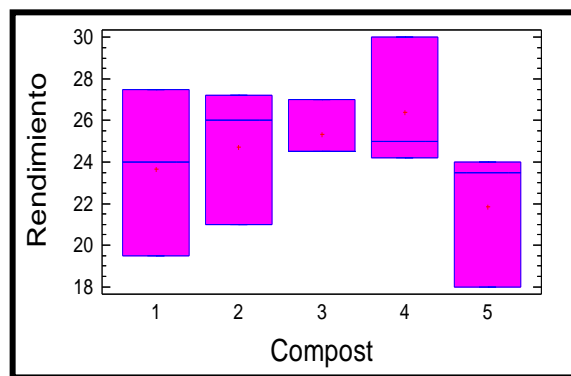


Fig. 1. Gráfico de Cajas y Bigote para el rendimiento de maíz.

Luego se realiza la prueba de comparaciones múltiples de Duncan para conocer cuál es el mejor tratamiento en base a la función objetivo que es maximizar el rendimiento de maíz.

Tabla 8. Resultados de la Prueba Post ANVA – Comparaciones Duncan

TRAT	PROMEDIO	GRUPO 1	GRUPO 2
T5	21.8333	A	
T1	23.6667	A	B
T2	24.7333	A	B
T3	25.3333	A	B
T4	26.4000		B

Aquí se tiene que el T5, T1, T2 y T3 forman un grupo homogéneo (A). Además se aprecia que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 forman otro grupo homogéneo (B). También el método Duncan determina que el T4 es el mejor. Que al proyectar la producción de maíz por hectárea se tiene:

- Total área cosechada con T4= 1 parcela x 100 m² = 100 m²
- Total maíz cosechado = 79.20 kg x 1 parcela
- Cálculo para proyectar kg de maíz por hectárea (ha):

$$\frac{79.20 \text{ kg}}{100 \text{ m}^2} \times \frac{10000 \text{ m}^2}{\text{Ha}} = 7920 \text{ kg/Ha}$$

IV. DISCUSIÓN

Las limitaciones que tuvo la investigación están relacionadas con la ubicación del terreno de cultivo y el financiamiento de la infraestructura de las pilas de compostaje. Las que se habilitaron en número de tres, con diferente orden de las capas de rastrojos, cachaza y estiércol; en el mismo orden se apilaron tres veces, durante el primer mes la frecuencia de volteo fue más alta que en los siguientes dos meses debido a que la actividad microbiana fue mayor en el primer mes, hecho que se reflejaba en el aumento de la temperatura en la cama de compostaje. El objetivo fue no dejar que exceda del rango establecido en la Tabla 1.

De acuerdo con la información técnica obtenida se realizó un seguimiento de la calidad del abono en función del contenido de nitrógeno y estabilidad en la temperatura. El contenido de nitrógeno del abono depende del contenido de materia orgánica a procesar y del grado de contacto de la materia prima utilizada. Así se tiene que a partir de los sesenta días de labores se alcanzan porcentajes de nitrógeno superiores al 1,5%, que al compararlos con los abonos provenientes de aves (3%) se continuó con el tratamiento a 90 días; alcanzándose contenido de alrededor del 3% en promedio (Tabla 2). Estos datos acompañados con los análisis organolépticos indicaban la culminación del proceso de compostación.

Adicionalmente, para verificar que el proceso de compostaje debiera terminar se realizó un análisis de estabilidad. El cual tiene por finalidad medir el incremento de temperatura por la acción del compostaje de materia orgánica residual del abono, pudiendo evitar la germinación de la semilla y en otros casos puede ocasionar la muerte de la planta. De acuerdo con los resultados (Tabla 3) la pila 3 tiene el valor más bajo de actividad microbiana (dato indirecto).

En la segunda etapa de la investigación se caracterizó el terreno de cultivo y el agua de riego, con la finalidad de determinar si estos elementos son adecuados para el cultivo de maíz. Teniéndose que el cultivo de maíz es altamente factible en un terreno franco arenoso con buena permeabilidad para el riego por gravedad. Así mismo el agua de riego es prácticamente neutra respecto a niveles de acidez y alcalinidad (Tabla 4) y el contenido de sales no es suficientemente alta para aumentar la salinidad del terreno de cultivo (Conductividad 1,14 dS/m).

En la Tabla 5 se tiene las especificaciones técnicas del cultivo, el cual se estandariza con fines de comparación de producción con terrenos de cultivos en otras zonas de la costa peruana.

Con el compost estabilizado se prepararon cuatro tratamientos con dosificaciones que se indican en la Tabla 6, los que fueron aplicados en parcelas de 100 m² y los rendimientos del cultivo se evalúan mediante el análisis de varianza, el que indica una variación no significativa en los bloques de cultivo, debido a que se opera con los promedios de cada bloque (Figura 1). Pero al analizar individualmente los tratamientos (Tabla 8) con el grupo testigo se tiene que el tratamiento 4 es el que tiene mejores resultados.

Con la información presentada en la Tabla 7 se proyecta una producción de 7920 kg de maíz/ha que al compararlo con el rendimiento promedio de la provincia de Huaura 7,4 ton/ha (uno de los promedios más altos a nivel nacional) los resultados obtenidos son satisfactorios (INCAGRO, 2004). Teniendo en cuenta que existen variedades certificadas como el DEKAL 399 con producciones teóricas de 10 mil kg/ha (GRA-LL, 2015), el promedio nacional se mantiene al 2012 en 4,5 ton/ha (AGRONOTICIAS, 2015).

V. CONCLUSIONES

- El orden de apilamiento que obtuvo mayores porcentajes de nitrógeno y mayor estabilidad respecto a la temperatura fue E:C:R.
- La estabilidad del abono orgánico se alcanza a partir de los 75 días.
- Las características físico – químicas del suelo y del agua son compatibles con el cultivo de maíz.
- El rendimiento del maíz alcanzó valores sobre el promedio nacional.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRONOTICIAS. (2015). *Agronoticias*. Recuperado el 02 de 12 de 2015, de Agronoticias: <http://www.agronoticiasperu.com/392/perspectivas392-3.htm>
- AKTAS, H., ABAK, K., & SENSOY, S. (2009). Genetic diversity in some Turkish pepper (*Capsicum annum* L) genotypes revealed by AFLP analyses. *African Journal of Biotechnology* v.8, n. 18, 4378 - 4386.
- BUENO, P., Díaz, M., & Cabrera, F. (2008). Factores que afectan al proceso de compostaje. En J. Moreno, & R. Moral, *Compostaje* (págs. 93 - 110). Barcelona: Aedos, s.a.
- CASTILLO, M. (2010). *nmayerlingc*. Recuperado el 28 de 12 de 2015, de nmayerlingc: <http://nmayerlingc.blogspot.pe/2010/07/desechos-agroindustriales.html>
- DÍAZ, J. (2006). *Riego por gravedad*. Colombia: Editorial Universidad del Valle.
- GARCÍA, B., et. al. (2007). *Guía Tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de la caña panelera*. Bogotá: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- GRA-LL. (12 de 01 de 2015). *GOBIERNO REGIONAL LA LIBERTAD*. Recuperado el 05 de 12 de 2015, de GERENCIA REGIONAL DE AGRICULTURA: <http://www.agrolalibertad.gob.pe/?q=node/785>
- GRA-OIA-LA LIBERTAD. (2014). *Estadística de la Industria Azucarera*. Trujillo: Gerencia Regional de Agricultura - Oficina de Información Agraria.
- INCAGRO. (2004). *Manual Tecnológico del Maíz Amarillo duro y de Buenas Practicas Agrícolas para el Valle de Huaura - Departamento de Lima*. Lima: IICA.
- MORENO, J., Moral, R., García, J., Pascual, J., & Bernal, M. (2014). *De residuo a recurso. El camino hacia la sostenibilidad*. Barcelona: Aedos, s.a.
- SOTO, G. (2003). *Abonos orgánicos: definiciones y procesos*. In. Meléndez, G; Soto, G; Uribe, L. eds. *Abonos Orgánicos: principios, características e impacto en la agricultura*. Costa Rica: CATIE, UCR.
- SOTO, G., & MELÉNDEZ, G. (2004). Como medir la calidad de los abonos orgánicos. Hoja Técnica N° 48. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* N° 72, 91 - 97.
- ZÉREGA, L. (1993). Manejo y uso de la cachaza en suelos cañameleros. *Caña de Azúcar* vol 11 (2), 71-92.

ANEXO 1: MATERIA PRIMA PARA COMPOSTAJE



Rastrojos de áreas verdes y material orgánico de la ciudad universitaria - UNT



Cachaza (una volquetada de 10 m³) proveniente de la empresa Agroindustrial Laredo

ANEXO 2: PILAS DE COMPOSTAJE



Armado de una pila de capas superpuestas de: restos de áreas verdes, frutas, estiércol de cuy y cachaza. Colocación de tubos de pvc 2” de diámetro dentro de la pila, para permitir liberación de gases producto de la descomposición.



Armado de una estructura de madera que proteja a las pilas de compost de los rayos solares evitando una excesiva evaporación.



Aireación de las pilas en forma manual, volteando las capas superpuestas.



Compost obtenido, se observa el color marrón oscuro

ANEXO 3: CULTIVO DE MAÍZ AMARILLO DURO



Maíz Marginal Certificado sembrado (03/06/09) a una distancia de 40 cm, quedando listo para riego.
Se aplicó la primera dosis de compost a los 10 días



Producción de maíz amarillo duro