

BIOFERTILIZANTE GENERADO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES Y RESIDUOS ORGÁNICOS DE LOS MERCADOS DE LA PROVINCIA DE TACNA

Amelia Cristina Mamani Huanca^{1,a}, Juan José Portugal Tellería^{1,b}, Lenin Ramos^{1,c}

RESUMEN

En la investigación se evaluó el biofertilizante originado a partir de los residuos orgánicos y microorganismos eficientes generados en el mercado Santa Rosa del Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa. La **metodología** consistió en un diseño experimental aleatorio de cuatro tratamientos y tres repeticiones a los cuales se realizó el análisis químico que determinó las características del producto, cada tratamiento consistió en residuo orgánico solo, mezcla residuo orgánico + más 1L. de ME, mezcla de residuo orgánico + 2L. de ME y mezcla de residuo orgánico+ 3 L. de ME. **Resultados:** el proceso de biofertilizante se produjo a partir de la tercera semana para los tratamientos en estudio; donde la mezcla de residuo orgánico + 2 L. de ME, presentó mejores valores de promedio en *Nitrógeno, Fósforo y Potasio* con respecto a los demás tratamientos. Los promedios de los tratamientos mostraron diferencias altamente significativas en los parámetros de fósforo, y relación C/N, y no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a *N y Potasio*.

Palabras clave: *Microorganismos eficientes; Biofertilizante; Residuos orgánicos.*

BIOFERTILIZER GENERATED FROM EFFICIENT MICROORGANISMS AND ORGANIC RESIDUES OF THE MARKETS OF THE PROVINCE OF TACNA

ABSTRACT

The investigation evaluated the biofertilizer originated from organic waste and efficient microorganisms generated in the Santa Rosa market of the Gregorio Albarracín Lanchipa District. The **methodology** consisted of a randomized experimental design of four treatments and three repetitions to which the chemical analysis that determined the characteristics of the product was performed, each treatment consisted of organic waste only, organic residue mixture + plus 1L. of ME, organic residue mixture + 2L. of ME and organic residue mixture + 3 L. of ME. **Results:** The biofertilizer process occurred from the third week for the treatments under study; where the mixture of organic waste + 2 L. of ME, presented better average values in Nitrogen, Phosphorus and Potassium with respect to the other treatments. The averages of the treatments showed highly significant differences in the phosphorus parameters, and C / N ratio, and did not show significant differences between the *N and Potassium* treatments.

Keywords: *Efficient microorganisms; Biofertilizer; Organic waste.*

¹ Facultad de Ciencias Empresariales de la Universidad Privada de Tacna.

^a Docente Tiempo Completo. Doctora en Educación con Mención en Gestión Educativa.

^b Docente de la Facultad de Ciencias Empresariales.

^c Jefe Proyecto. Ing. Agroindustrial.

INTRODUCCIÓN

Las labores que se lleven a cabo con la finalidad de aprovechar los residuos tienen gran importancia ya que son miles de toneladas que actualmente se recolecta producto de los residuos en los diversos mercados de la región⁽¹⁾. Si se toma en cuenta la cifra establecido por el PIGARS donde sostiene que en Tacna-Perú en el 2013, el 45 % de los residuos sólidos corresponde a los residuos orgánicos generados en la ciudad, que, si este no es procesado o aprovechado de forma que minimice el impacto ambiental, el ecosistema se verá seriamente dañado además que se perderá la oportunidad de generar fuente de ingresos para los mercados y las municipalidades. Cabe resaltar que la producción de residuo orgánico generado por los mercados de la región de Tacna es intensiva, ello ha ocasionado que se tenga que buscar alternativas de manejo de los residuos orgánicos, por ello una forma es la utilización de microorganismos eficientes que pueden permitir reducir la contaminación del medioambiente y por ende mejorar la calidad de estos ya que se controlaría los malos olores, presencia de moscas en los mercados, otro aspecto es que se lograría acelerar la estabilización del proceso de obtención del biofertilizante. Los ME es un inóculo compuesto por varios microorganismos benéficos como bacterias ácido lácticas, levaduras, actinomiceto que compatibilizan entre ellas y viven en un cultivo líquido.⁽²⁾

Asimismo, en la región de Tacna a través de los diversos mercados con que cuenta, no se viene diseñando e implementado nuevas tendencias para solucionar esta problemática. Además, el mercado que mayor dinamismo comercial mayorista y minorista de productos agrícolas tiene es en el mercado Santa Rosa del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, en ella se lleva a cabo la comercialización incorporado con los vendedores ambulantes que circulan por la zona a los alrededores en especial por la plaza cerca del mercado en mención. Se destaca que los residuos sólidos que se originan diariamente en la zona de estudio son de origen vegetal y están compuestos por frutas y verduras que no tienen que no están aptos para comercializar. También se señala que

al incluir el inoculado de ME en la obtención del biofertilizante se acrecienta la cantidad de microorganismos benéficos, que luego de aplicar al sustrato suelo le facilita su actividad favoreciendo su crecimiento ambiente que favorece su crecimiento, actividad, y supervivencia, optimizando el desarrollo de las plantas⁽³⁾.

Además, se podrá ofrecer a los productores una nueva alternativa de fertilizante biológico que no dañe sus cultivos ni la flora y fauna del subsuelo, tendencia muy valorada actualmente por la producción orgánica en el mundo⁽⁴⁾.

Por otro lado se sostiene que la producción de biol es una opción sostenible para los agricultores y empresas obtenidos a partir de residuos sólidos orgánicos como frutas y vegetales, utilizando Microorganismos Eficaces (EM), El proceso de obtención del biol es anaeróbico y controlado de producción de gases o líquidos de la materia orgánica⁽⁵⁾.

Igualmente se menciona que este biofertilizante sirve para múltiples actividades de las plantas como la aceleración del desarrollo radicular, dinamismo de los microorganismos del suelo, activación hormonal⁽⁶⁾.

Cabe señalar que uno de los propósitos de este estudio consiste en ofrecer una opción de tratamiento de los residuos sólidos provenientes de los mercados e indagar el efecto que pudiera tener un residuo con la incorporación de un valor agregado en un proceso agroindustrial⁽⁷⁾.

Por lo tanto, en la presente investigación se analizó acerca de los microorganismos eficientes en la producción de biofertilizante generado de los desperdicios del mercado objeto de estudio. Por consiguiente, la pregunta a plantear fue:

- ¿Cómo es el biofertilizante originado a partir de los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado Santa Rosa del Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa de la Provincia de Tacna?

El Objetivo de la investigación fue:

- Evaluar el biofertilizante originado de residuos sólidos orgánicos, producidos en el mercado Santa Rosa del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa de la provincia de Tacna- Perú.

La hipótesis fue:

- El biofertilizante obtenido a partir de los residuos sólidos orgánicos, generados en el mercado Santa Rosa del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, permitirá obtener un producto de calidad agrícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se inició en el mercado Santa Rosa con el recojo de los residuos orgánicos, y su determinación de composición (ver tabla 1) los mismos se caracterizaron mediante la toma de muestras en cuanto a densidad, humedad y ceniza de los residuos recolectados. Se empleó un diseño experimental que consistió en tres tratamientos y tres repeticiones. Cada tratamiento para la obtención de biofertilizante consistió en residuos recogidos y ME distribuidos en cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y T4), que fueron:

- T1= Residuo orgánico solo,
- T2= R.O+M.E (1 l. de aplicación);
- T3= R.O + M.E (2 l. de aplicación);
- T4= R.O +M.E (3 l. de aplicación).

Finalmente se muestreó cada tratamiento para el análisis de composición bioquímica del biol en cuanto a N,P,K, relación C/N, densidad, pH, CE, cenizas de acuerdo con el método para cada parámetro.

Los resultados se compararon con el tratamiento testigo para ver la diferencia a través del análisis de varianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diagnóstico de los residuos sólidos originados en el mercado Santa Rosa

Tabla 1. Determinación de los residuos sólidos del Mercado Santa Rosa del DCGAL.

Material	Peso (kg/día)	(%)
SSHH	10,00	14,79
Botellas plásticas	1,8	2,66
Papel, cartón	8,0	11,83
Materia orgánica (hortalizas y frutas)	42,0	62,13
Otros	5,8	8,58
Total	67,6	100%

Nota: Elaboración propia.

Señala la tabla 1 la caracterización de los residuos orgánicos obtenidos en el mercado en estudio en cuanto a peso y porcentaje respectivo. Los resultados respecto a la humedad, cenizas y densidad de los residuos sólidos fueron: 10.46%, 4.6% y 0.3812 gr/cc respectivamente.

Tabla 2. Resultados de la evaluación de los tratamientos de pH de los residuos sólidos orgánicos + Microorganismos eficientes obtenidos del mercado Santa Rosa del DCGAL de la provincia de Tacna.

Semanas	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
1	4,0	4,0	4,0	4,0
2	4,0	5,0	5,0	4,33
3	4,33	4,33	4,33	4,33
Promedio	4,11	4,44	4,44	4,22

Nota: Evaluación de experimento

De la tabla 2, se puede observar que pH durante los primeros días es ácido, pH=4, debido a que las bacterias que conforman los ME contienen ácido láctico en su composición, a su vez ocurre una digestión anaeróbica, en los tratamientos con incorporación de ME, también se observa que luego va incrementándose el pH a 5, esto indica que va perdiendo iones Hidrógeno, comparado con el tratamiento testigo cuyo pH se mantiene en 4, demorando por ello la digestión anaeróbica.

Se sostiene que regularmente la desintegración de los residuos demora varios meses, pero con ME demora solo de 4 a 6 semanas, además que por tener un pH bajo no permite que exista malos olores durante la descomposición de los residuos⁽⁶⁾.

Tabla 3. Resultados de la evaluación de Temperatura de los residuos sólidos orgánicos + Microorganismos eficientes obtenidos del mercado Santa Rosa del DCGAL de la provincia de Tacna.

Semanas	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
1	16,59	18,19	14,26	18,19
2	16,66	17,00	17,00	17,00
3	20,00	20,00	20,00	19,66
Promedio	17,75	18,39	17,08	18,26

Nota: Evaluación de experimento.

De la tabla 3, se puede notar que la temperatura del tratamiento 2 es la que menores valores ha registrado al inicio de la investigación con 14.26°C, en cambio los tratamientos 1 y 3 con incorporación de ME mantienen valores similares de T° entre 18-19°C, llegando a valores similares al testigo.

Cardona⁽²⁾ manifiesta que la rapidez de reproducción de los microorganismos se activa a la temperatura entre 25°C y 37°C, y fuera de ella la reproducción se lentifica de manera considerable. Esto se explica dado que es la primera semana en que los ME se encuentran lentos en su activación por tanto pasado la semana debe estar entre estos rangos, otro factor que no ayuda en la descomposición es el

clima que actualmente existe en el lugar de investigación⁽²⁾.

Tabla 4. Valores promedio de humedad (%) de los distintos tratamientos.

Semanas	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
1	40,46	45,83	43,75	47,91
2	44,20	45,40	46,20	47,50
3	48,50	49,00	49,50	49,00
Promedio	44,38	46,74	46,48	48,13

Nota: Evaluación del experimento.

En la tabla 4, se observa que el tratamiento 3 con mayor cantidad de ME (3 l.) presenta el valor más alto de humedad, el tratamiento testigo es el que menor porcentaje de humedad contiene, esto indica que dado la composición de los ME que son líquidos con microorganismos en su composición da valores de humedad mayores, también contribuye al incremento respecto al testigo el clima de la región. Asimismo, se menciona que los valores de Humedad durante el transcurso de digestión de los residuos están en el intervalo de 40-60 % de humedad, los valores obtenidos están dentro de esos parámetros⁽⁵⁾.

Cabe resaltar que en la obtención del biofertilizante es trascendental impedir la humedad alta ya que, si ello sucede, el proceso se vuelve anaerobio porque el aire de los espacios entre partículas de residuos se desplaza. Pero si sucede lo contrario, el dinamismo de los microorganismos se retrasa. Por ello se recomienda valores adecuados de humedades que oscilen de 40% - 60%, dependiendo de la clase de material a emplear.

Tabla 5: Análisis físico químico de las 3 muestras correspondientes a los cuatro tratamientos.

Parámetros	Unidad de medida	T ₀ (testigo)	T ₁	T ₂	T ₃
Nitrógeno	%	2,5	3,0	3,1	2,72
Fosforo	%	3,0	5,1	4,9	3,3
Potasio	%P2O5	2,8	3,8	4,0	3,2
C,I,C,	meq/100gr	155	192	239	160
Carbono orgánico	%	18	19	17	25
Cantidad de M,O,	%	32	32,8	29,3	43,1
Relación C/N	C/N	7,2	6,3	5,48	9,19
Cenizas	%	33	39,25	39,2	34
Densidad	gr/cc	0,48	0,52	0,61	0,45

Fuente: Análisis de laboratorio.

En la tabla 5 se puede observar Los resultados de los análisis físico-químicos que se realizó al producto final. Corresponde las cantidades mayores al porcentaje de Nitrógeno =3,1% al tratamiento 2, en cuanto al nivel de Potasio =4,0% también recae al tratamiento 2, y el porcentaje mayor de Fósforo =5,1% corresponde al *tratamiento 1*.

Cabe resaltar que respecto al *tratamiento testigo*, los resultados más bajos logrados para los tres nutrientes corresponde al *tratamiento 3*. (ver tabla 5). Ello puede deberse a que los ME disuelve los nutrientes que se encuentran en los residuos sólidos, sin lugar a dudas este material contribuye en forma representativa en el porcentaje de Carbono orgánico, que es primordial para los ME dado que le provee energía para actividad microbiana.

Relación C:N: Cabe resaltar que el *tratamiento 2* mostró el menor valor =5,48%, por otro lado el tratamiento 3 consiguió el porcentaje =9,2% en conclusión los tratamientos en estudio culminaron con una relación C:N apropiada para este tipo de proceso. Una relación C/N de 20 – 35 es el idóneo cuando empieza el proceso; se debe tener cuidado cuando la relación es muy elevada, ya que se

produce una disminución de la acción biológica porque la materia orgánica de residuos orgánicos es poco biodegradable por lo que la lentitud del proceso se debe a la cantidad de carbono más no a la falta de Nitrógeno2.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC): En la tabla 5 se observa que es el *tratamiento 2* el que alcanza el mejor valor con 239 meq/100 gr de Materia orgánica, pero los demás tratamientos también reportan valores admisibles dentro del rango que se estipula para este producto orgánico.

Densidad aparente: En cuanto a este indicador que tiene mucho que ver con la capacidad de retención de agua. En el resultado se observa que el *tratamiento 2* obtiene el valor más alto con 0.61 gr/cc por ende tiene una mayor capacidad de retención de agua por ello su recomendación para suelos arenosos y contribuye al mejoramiento de la estructura de los mismos. Asimismo el T3 reporta el menor valor con 0.45 gr./cc, un valor por debajo del tratamiento testigo, ello implica que con mayores incorporaciones de ME produce una menor densidad aparente.

Análisis estadístico

Para la investigación se empleó el análisis de varianza para los parámetros más importantes del biofertilizante (biol), como: N, P, K, CIC, relación C/N, pH.

Tabla 6. ANOVA para el Potasio de los tratamientos.

F. de V.	G.L	S.C	C.M	Fc
Bloques	2	1,14	0,57	2,48
Tratamiento	3	2,62	0,87	3,78
Error	6	1,39	0,23	-
Total	11	5,16	-	-

Nota: Elaboración propia.

Se puede observar que en la tabla 6 el análisis de variación de promedios de los tratamientos no ha sido significativo al nivel de 95% de probabilidad, dado que el valor de F calculado 3,78 no ha superado al F tabulado 4,75. Por consiguiente todos los tratamientos tiene promedios similares estadísticamente, no existe diferencia entre los tratamientos en estudio. Dado que el elemento potasio es un elemento primario requerido por las bacterias en la obtención del biofertilizante, asimismo requerido por las plantas.

Se señala que valores altos de los elementos químicos en un biol evidencia que congrega la tipología adecuada para su recomendación como un mejorador y acondicionador de los suelos y plantas. Según (Byron, 2004) los valores deben conservarse entre 1 y 3%.

Tabla 7. ANOVA para la relación C/N de los tratamientos.

F. de V.	GL	SC	CM	FC
Bloques	2	0,005	0,0025	0,00033
Tratamiento	3	22,65	7,55	85,79**
Error	6	0,53	0,088	-
Total	11	23,19	-	-

Nota: Elaboración propia.

El análisis de varianza para la relación C/N indica que existe diferencias altamente significativas entre los promedios de los tratamientos en estudio al 95 % y 99 % de probabilidad. Como se observa en la tabla 10 el valor de F calculado 85,79 supera al F tabulado de 4,75 y 9,78 respectivamente.

Tabla 8. ANOVA para el Fósforo de los tratamientos.

F. de V.	GL	SC	CM	FC
Bloques	2	0,15	0,075	4,68
Tratamiento	3	11,1	3,7	231,25* *
Error	6	0,1	0,016	-
Total	11	11,35	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Se puede ver en la tabla 8 que el análisis de varianza para el fósforo entre los tratamientos es altamente significativo entre su promedio porque Fc es 231.25 y supera a Ft = 4,75 y 9,78 ello al 95% y 99 % de probabilidad.

Tabla 9. ANOVA para el Nitrógeno de los tratamientos.

F. de V.	GL	SC	CM	FC
Bloques	2	0,12	0,06	0,65
Tratamiento	3	0,67	0,223	2,45
Error	6	0,55	0,091	-
Total	11	1,34	-	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 el análisis de varianza para el Nitrógeno muestra que no existe diferencias significativas entre los valores promedios de los mismos al 95% de probabilidad, dado que el F calculado= 2,45 no supera al F tabulado que es 4,75.

Tabla 10. ANOVA para el CIC de los tratamientos.

F. de V.	GL	SC	CM	FC
Bloques	2	3,5	1,75	0,06
Tratamiento	3	13 537,66	4 512,55	144,15**
Error	6	187,83	31,305	-
Total	11	13 759,00	-	-

Nota: Elaboración propia.

En la tabla 10 se observa que el análisis de varianza para la Capacidad de Intercambio catiónico denota que existen diferencias altamente significativas al 95 % y 99 % de probabilidad, porque F calculado = 144,15, supera a 4,75 y 9,78.

Tabla 11. ANOVA para el pH de los tratamientos.

F. de V.	GL	SC	CM	FC
Bloques	2	0,47	0,235	3,30
Tratamiento	3	0,40	0,133	1,87
Error	6	0,43	0,071	-
Total	11	1,3	-	-

Fuente: Elaboración propia

Respecto al análisis de varianza para el pH demuestra que entre los promedios de los tratamientos en estudio no se hallan diferencias significativas, por lo tanto presentan promedios similares.

CONCLUSIONES

- Los valores de la determinación de los residuos orgánicos generados en el mercado Santa Rosa

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sarabia Meléndez Withaker J. Principios enzimológicos de la ciencia de los alimentos Nueva York: Marcel Dekker; 1994.
2. Cardona A. Biodegradación de residuos orgánicos de plazas de mercado. Biotecnología. 2004; p. 75-82.
3. Salas, J.& Giraldo, E. Aprovechamiento económico de los desechos sólidos municipales: modelo de análisis para la evaluación financiera: reciclaje y compostación aeróbica vs reciclaje y digestión anaeróbica alta en sólidos. Memos de investigación. 1996;: p. 78-83.
4. Tchobanoglus G&VS. Gestión de residuos sólidos Madrid: McGraw Hill; 1994.

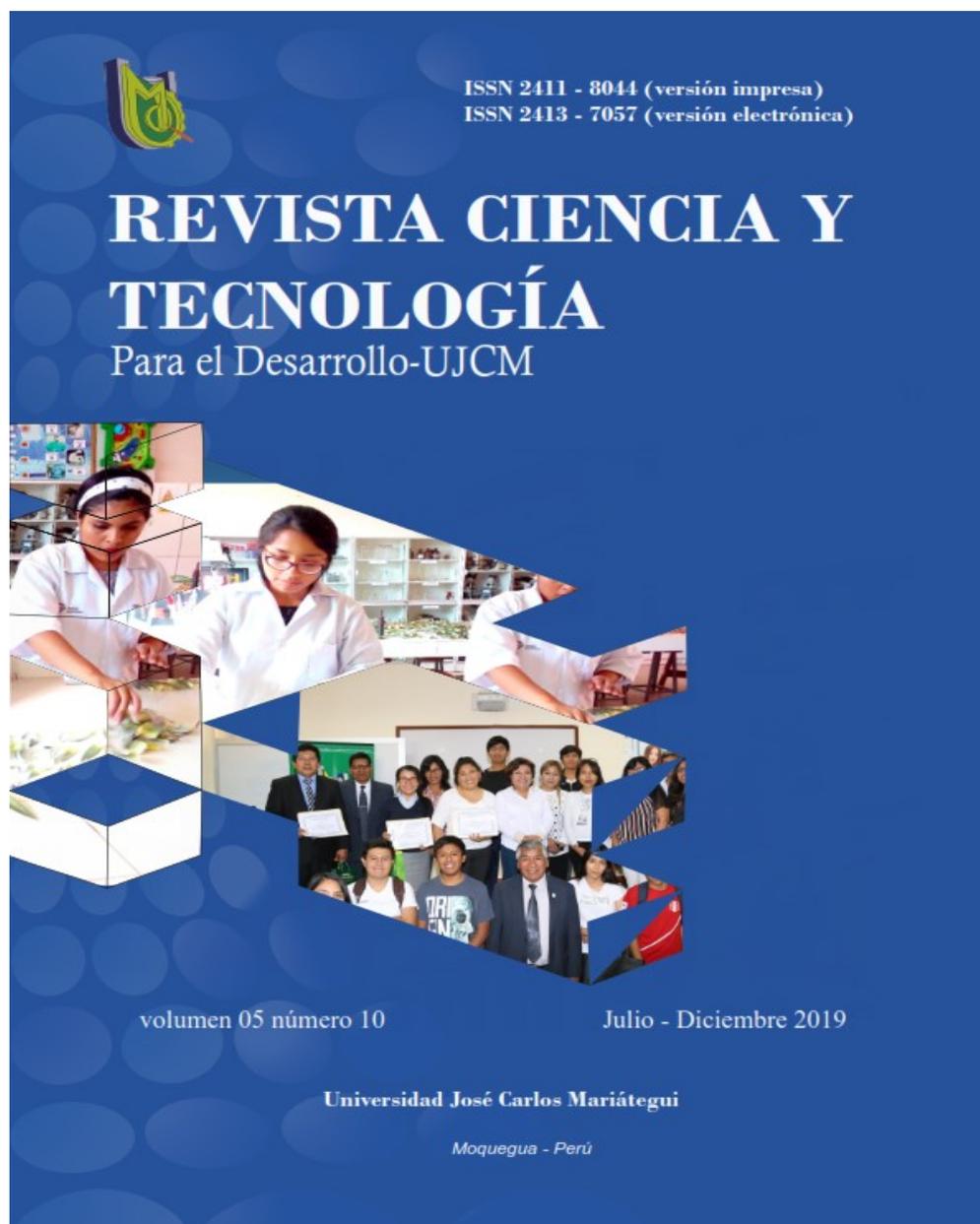
fueron los siguientes; densidad 0,38 g/cc, Humedad 40,40 %, cenizas 4,6 %.

- Los parámetros de obtención del biofertilizante fueron N, P, K, CIC, Relación C/N y pH para los tratamientos en mención, como los más importante dado la función que cumple en el proceso de elaboración y aporte nutritivo al suelo y planta respectivamente.
- Al comparar cuantitativamente la calidad de los biofertilizantes fueron; el % de N está dentro de los parámetros establecidos para los bioabonos y no presentan diferencias significativas al 95 % de probabilidad entre los tratamientos en estudio, obteniendo el T2 el mejor valor de 3,1%, el Fósforo está dentro del rango establecido y presenta diferencias altamente significativas entre los tratamientos, obtenido el valor más alto el tratamiento T1 con 5,1 %; asimismo respecto al potasio, los promedios de los tratamientos no presentan diferencias significativas al 95 % de probabilidad, presentando el tratamiento T1 con 4,0 %; respecto al pH es ácido dado que límite está entre 6,8-7,2 y los tratamientos tienen valores de 4-5. Los promedios de los tratamientos no presentan diferencias significativas respecto a este parámetro. Asimismo, las diferencias de valores de los promedios de CIC son altamente significativos, existiendo una variabilidad entre los mismos respecto a este parámetro, el T2 es el que mejor valor logró con 239 meq/100 g.
- Respecto a la relación C/N se obtuvo variabilidad entre los promedios de los tratamientos siendo éste altamente significativo al 95 % de probabilidad, el tratamiento T3 con 9,19 es el que mayor valor presentó.

5. Castillo E. Estudio de las condiciones de operación para la digestión anaerobia de residuos sólidos urbanos. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 2014;; p. 65-73.
6. Orozco A. Desechos sólidos Bogotá: Universidad de Santo Tomás USTA; 1990.
7. Castillo, E.; Cristancho, D. & Arellano, V. Estudio de las condiciones de operación para la digestión anaerobia de residuos sólidos urbanos. Colombia: Biotecnología; 2003.
8. Álvarez A. Producción anaeróbica de biogás, aprovechamiento de los residuos del proceso anaeróbico. Instituto de investigaciones en procesos químicos. 2004;; p. 13-64.
9. Byron C. Evaluación de diferentes dosis de Microorganismos eficientes en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) híbrido atar Ha-435. *Revista Ecuatoriana de la Universidad de Guayaquil*. 2004;; p. 89-95.

Se invita a los investigadores de la región y el país, a presentar sus artículos científicos, especiales y de revisión para las ediciones semestrales de la Revista CYTD - UJCM.

CONVOCATORIA



ISSN 2411 - 8044 (versión impresa)
ISSN 2413 - 7057 (versión electrónica)

REVISTA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Para el Desarrollo-UJCM

volumen 05 número 10

Julio - Diciembre 2019

Universidad José Carlos Mariátegui
Moquegua - Perú

Correspondencia: Amelia Cristina Mamani Huanca.

Dirección: Facultad de Ciencias Empresariales de la Universidad Privada de Tacna.

Correo electrónico: amimahu22@hotmail.com; leninramos@hotmail.com