

ARTÍCULO ORIGINAL

## Evaluación de un abono orgánico (humus) preparado a base de materias primas de Piura comparado con algunos abonos orgánicos comerciales

Evaluation of organic fertilizer (humus) prepared from different raw materials from Piura compared to several commercial organic fertilizers

Luis Conrado Guzmán Farfán <sup>1a</sup>, Hortencia Edda Guerra Soto <sup>1b</sup>, Arturo Adolfo Arbulú Zuazo <sup>2c\*</sup>, Miguel Buenaventura Castro Sánchez <sup>3d</sup>, Fabiola del Rosario Ubillús Albán <sup>1e</sup>, Gastón Eduardo Cruz Alcedo <sup>1f</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú

<sup>2</sup> Asociación Civil Promoción de la Agroindustria de Piura (PROAgroindustria), Piura, Perú

<sup>3</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura, Piura, Perú

<sup>a</sup> Iguzman\_59@hotmail.com, <sup>b</sup> eddaguerra2005@gmail.com, <sup>c</sup> arturo.arbulu@citeagropiura.org,

<sup>d</sup> miguel.castro@udep.edu.pe, <sup>e</sup> fabiola.ubillus@udep.edu.pe, <sup>f</sup> gaston.cruz@udep.edu.pe

\* Autor de correspondencia

| Recibido: 05/10/22 |

| Arbitrado por pares |

| Aceptado: 26/01/23 |

### Resumen

El presente trabajo muestra los análisis de calidad de los diferentes abonos orgánicos, tanto líquidos (bioles), como sólidos (tipos de humus), de la provincia de Piura en su estado natural, así como el diseño de un abono orgánico (humus) en el que la obtención de compost, es a partir de las diversas materias primas disponibles en la zona para su enriquecimiento en macro y micro nutrientes. La lombriz utilizada para este proyecto fue



la “lombriz roja” Californiana (*Eisenia foetida*).

Los tipos de humus analizados son los correspondientes a la materia prima de guano de “vacuno” (*Bos primigenius Taurus*), “caprino” (*Capra aegagrus hircus*), “caballo” (*Equus ferus caballus*) y “burro” (*Equus africanus asinus*), para poder comparar con cuál de ellos se obtiene el producto de mayor calidad. Las distintas materias primas adicionadas para la elaboración del compost fueron el puño (hojas y flores secas de *Prosopis sp.*), la grama (Bermuda grass-*Cynodon dactylon L.*) y la totora (Bulrush-*Typha latifolia L.*) que se encuentran en gran abundancia en nuestra región y dependiendo de los micronutrientes que aportan pueden ser muy útiles en determinados cultivos.

Se ha considerado como la mejor materia prima para la producción de humus el guano de ganado caprino. El que se recomienda mezclar con grama, totora o puño en razón de generar los máximos valores en N(2.14%), P(2.88%) y K(1.12%). La adición de grama al compost aumenta el contenido de Fósforo. Así mismo, el contenido promedio de ácidos fulvicos y húmicos es de 3.2 y 9.2% respectivamente. El contenido promedio porcentual de Nitrógeno, Fósforo y Potasio del humus de nuestra región es de 1.7, 0.7 y 0.25 respectivamente.

**Palabras claves:** Humus de lombriz, macronutrientes, micronutrientes, agricultura orgánica

## Abstract

The present work shows the quality analyzes of different organic fertilizers as liquids (bioles) and as solids (types of humus) from the province of Piura in its natural status and the design of an organic fertilizer (humus) in which the compost is obtained from different raw materials available in the zone to be enrichment in macro and micronutrients. The worm utilized in this project was the Californian red worm (*Eisenia foetida*).

The Humus types analyzed were the correspondants to cattle guano as a raw material, goat, horse and donkey in order to compare which one of them gets the best quality product. The different raw materials added for compost preparation were the dried leaves and flowers of *Prosopis sp.* (“puño”), the Bermuda grass (*Cynodon dactylon L.*) and totora (Bulrush-*Typha latifolia L.*) which are in great abundance in our region and depending of the micronutrients content to be usable in determined crops.

It was considered as the best raw material to produce humus the goat guano. It is recommended to mix with Bermuda grass, totora and dried leaves and flowers of *Prosopis* sp. because got the high values of N(2.14%), P(2.88%) y K(1.12%). The addition of Bermuda grass to the compost increases the amount of phosphorus. Also, the average content of fulvic and humic acids is 3.2 and 9.2% respectively. The percent average content of Nitrogen, Phosphorus and Potassium of the humus of our region is 1.7, 0.7 and 0.25, respectively.

**Keywords:** Humus of worm, macronutrients, micronutrients, organic agriculture

## Introducción

La Región Piura se está convirtiendo en un foco importante para el desarrollo de la agricultura sostenible en nuestro país. Cabe resaltar que el Perú nunca antes había sido exportador de banano y mango orgánico como lo es ahora. En el año 2001 se inició el cultivo del banano orgánico a gran escala en Tumbes, Piura y la Libertad. (MINAGRI, 2014). El Banano orgánico local ya llega a 15 destinos, siendo Holanda, Estados Unidos y Alemania los que concentran el 85% de las ventas. Su cultivo pasó de 140 mil hectáreas en 2004 a 162 mil en el 2014, ante mayor demanda del producto y, además, el volumen de exportación saltó de 82 mil toneladas en el 2009 a 160 mil en el 2014, un incremento de 94% (MINAGRI, 2015). En cuanto al mango, las exportaciones han experimentado una marcada tendencia creciente durante los años 2005-2014. En los últimos cinco años se han incrementado los ingresos en miles de dólares, pasando de tener un ingreso por exportación en el 2010 de 89 a 137 miles de dólares FOB en el 2014 (Estrella & Hidalgo, 2015). Otros importantes cultivos orgánicos de exportación en Piura son: café, cacao y caña de azúcar (panela).

A nivel internacional, existe actualmente gran demanda de productos orgánicos, libre de insumos químicos, que puedan estar relacionados con el origen de muchas enfermedades, siendo este mercado muy atractivo para el Perú, por la diversidad de suelos, clima y adopción de cultivos orgánicos. Dada la abundancia de insumos naturales, para este efecto en nuestra región, su bajo costo, su accesibilidad y la fácil preparación de dichos insumos, los cultivos orgánicos se presentan como una excelente alternativa económica y de alimentación para una vida saludable.

En este sentido se necesitarán grandes cantidades de abonos orgánicos, aspecto deficiente en el momento actual. Existiendo en nuestra región algunos pocos y dispersos

productores de humus de lombriz que ejecutan tal labor, pero como una actividad secundaria, con la finalidad de ingresos extras o de la aplicación del uso de productos de desecho como reciclaje. El trabajo llevado de esta forma no permite tener grandes volúmenes de venta y por ello solamente suelen ser empleados por los agricultores en algunas ocasiones.

Por otro lado, un efecto secundario de la utilización del guano, en grandes volúmenes, es el guano crudo, producto empleado por su bajo costo, en tierras vírgenes, utilizando, en el caso del melón, hasta 600 sacos por hectárea, con la peligrosa consecuencia de la permanencia de bacterias fecales u otras dañinas y que sobrevivan sobre los frutos, siempre que el guano no es procesado o sometido a proceso de fermentación aeróbica o anaeróbica. El control de calidad para exportación procura alimentos libres de microorganismos que afecten al consumidor; en su proceso elimina muchas bacterias dañinas.

Este trabajo se desarrolla por la siguiente razón:

La calidad de los insumos orgánicos disponibles en la zona difiere en su constitución- composición, por ende, su efectividad varía, por lo que se lograrán menores producciones o calidad en los productos, generando menor oferta y mayores costos unitarios, afectando al consumidor final.

Esto nos ha llevado a los siguientes objetivos:

1) Estudiar la calidad del humus y abonos líquidos disponibles en la zona por diferentes procesadores de la Región.

2) Preparar y recomendar un abono orgánico, basado en la combinación de insumos, a partir de distintas materias primas disponibles en la zona, que produzcan un humus de mejor calidad, con mejores niveles de Nitrógeno(N), Fósforo(P), Potasio(K) y Materia Orgánica (M.O.).

## **Material y métodos**

### *Materiales*

A) Fueron consideradas 08 muestras comerciales de abonos, 02 líquidas y 06 sólidas:

- 1) Muestra Líquida # 1
- 2) Muestra Líquida # 2
- 3) Humus Miraflores-Medio Piura
- 4) Humus Tallan-Medio Piura

- 5) Humus Chulucanas-Alto Piura
- 6) Humus UNP -Medio Piura
- 7) LEORGANICS-Bajo Piura
- 8) Rabanal-Bajo Piura

B) Las muestras de estiércol consideradas para el Abono ideal con insumos de la región:

- 1) Estiércol de caprino (solo)
- 2) Estiércol de caballo (solo)
- 3) Estiércol de vacuno (solo)
- 4) Estiércol de burro (solo)

C) Las mezclas que contienen insumos de materia orgánica de la región:

- 1) Vacuno + Puño (hojas y flores secas de *Prosopis sp*)
- 2) Vacuno + Grama (Bermuda grass-*Cynodon dactylon L.*)
- 3) Vacuno + Totora (*Bulrush-Typha latifolia L.*)
- 4) Caprino + Puño
- 5) Caprino + Grama
- 6) Caprino + Totora
- 7) Caballo + Puño
- 8) Caballo + Grama
- 9) Caballo + Totora
- 10) Burro + Puño
- 11) Burro + Grama
- 12) Burro + Totora

## Metodología

### *Compostaje y proceso de producción de humus*

Este trabajo se llevó a cabo en la Empresa LEORGANICS, ubicada en el Bajo Piura, Piura. Para la labor del Compostaje se utilizaron las 12 mezclas orgánicas mencionadas anteriormente, las cuales se individualizaron en espacios separados empleándose el sistema de pilas. El Compost obtenido de cada mezcla fue empleado en las camas de lombricultura como alimento de la Lombriz “roja” Californiana para la producción del Humus respectivo de cada mezcla y que permita seleccionar el abono-humus de mejor calidad luego de hacer las evaluaciones comparativas.

### *Determinaciones principales*

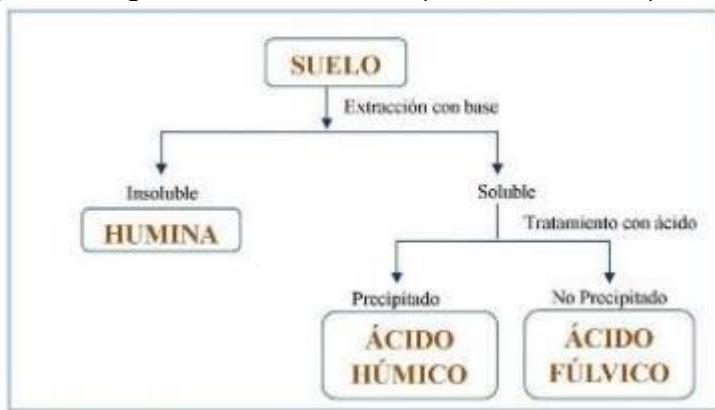
Se tomaron muestras comerciales en sus propios envases y muestras del Humus producido por las mezclas en estudio, y se enviaron seguidamente al Laboratorio de la Universidad de Piura (UDEP) y el laboratorio Valle Grande para su determinación físico-química, para las muestras líquidas se realizaron las medidas directamente del producto, siendo sometidas según el caso a las siguientes determinaciones y métodos:

- 1) Conductividad eléctrica (25°C). (dS/m)  
Medido con conductivímetro, en extracto saturado
- 2) pH.  
Medido con pHmetro, en extracto saturado
- 3) Contenido de materia orgánica. (%)  
Método Walkley & Black, materia orgánica fácilmente oxidable.
- 4) Contenido de Nitrógeno. (%)  
Método Kjeldahl
- 5) Contenido de Calcio total. (% CaO)  
Método de espectroscopía de absorción atómica, partiendo del extracto de las cenizas totales
- 6) Contenido de Potasio total. (%K<sub>2</sub>O)  
Método de espectroscopía de absorción atómica, partiendo del extracto de las cenizas totales
- 7) Contenido de Fósforo total. (% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)  
Método colorimétrico, partiendo del extracto de las cenizas totales
- 8) Contenido de Ácidos Fúlvicos. (%)  
9) Contenido de Ácidos Húmicos. (%)

Para el caso de estos dos (2) últimos se utilizó el procedimiento de la Sociedad Internacional de Sustancias Húmicas (IHSS), como se muestra en la Figura 1.

**Figura 1**

*Componentes generales del Humus, (Stevenson, 1994)*



\**Extracción de ácidos húmicos y fúlvicos*

La extracción es el primer paso para aislar y caracterizar las sustancias húmicas, evitando la extracción indirecta de otro tipo de sustancias con características no húmicas (carbohidratos, grasas y aminoácidos) que puedan interferir. Aún no existe un extractante que pueda cumplir el 100% de los objetivos necesarios.

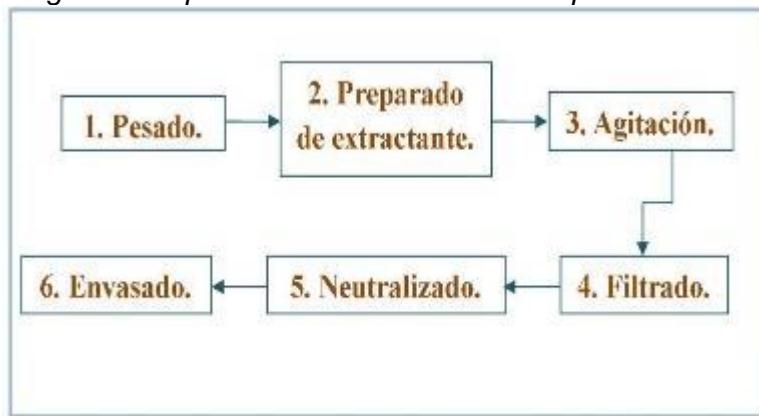
Debe considerarse que el proceso que se realice a nivel de laboratorio, será trasladado a escala industrial, y para determinar el proceso adecuado debe:

- 1) Determinar el diagrama del proceso a realizar en laboratorio los posibles inconvenientes, así como las alternativas de solución.
- 2) Efectuar una Prueba inicial con las correcciones propuestas del proceso; y
- 3) Determinar los parámetros de mejor rendimiento y aplicarlos a las muestras restantes.

Para el trabajo de extracción de sustancias húmicas en el Laboratorio, se estableció el diagrama que se visualiza en la Figura 2:

**Figura 2**

*Diagrama del procesamiento de la muestra para la obtención de Ácidos Húmicos*



#### *Pruebas de extracción de sustancias húmicas*

##### *A. Prueba preliminar en el Laboratorio de extracción de ácidos húmicos y fúlvicos*

1. **Pesado.-** Se pesa la cantidad deseada de muestra (100 gramos) en una balanza electrónica de precisión.
2. **Preparado de extractante.-** Dependiendo de la cantidad de muestra que se tenga del paso anterior se prepara el extractante (NaOH), tomando en cuenta la relación de extracción P/V (peso/volumen) 1:2 con una concentración de 0.1M.
3. **Agitación.-** La mezcla, suelo - extractante, es sometida a agitación aplicando variaciones de temperatura.
4. **Filtrado.-** Luego de la agitación y el aumento de temperatura dados durante un periodo fijado con anterioridad, la mezcla es filtrada (AL-M-0026 PAPEL FILTRO 962 RAPIDO HOJA 45X45 CM “AHLSTROM” USA).
5. **Neutralizado.-** Una vez filtrada la mezcla, los sólidos son apartados y el extracto líquido obtenido se coloca en un depósito para su neutralización (hasta obtener pH=5), para lo cual se utilizará HCl (ácido clorhídrico) de concentración 1:5. Y para la medida de pH usamos papel de pH (provisionalmente).
6. **Envasado.-** El extracto ya neutralizado es colocado en botellas de plástico para su respectivo análisis de laboratorio. Determinación de ácidos húmicos y fúlvicos.

Esta prueba inicial (preliminar) descrita anteriormente se aplicó a todos los abonos ofertados en la región, que se constituyeron en 8 muestras, 2 líquidas y 6 sólidas

*B. Determinación de parámetros de mejor rendimiento\**

1. **Pesado.-** La muestra (100 gramos) se pesa en balanza electrónica de precisión.
  2. **Preparado de extractante.-** Se prepara el extractante, Soda cáustica (NaOH), relación de extracción P/V (peso/vol.) 1:2 con una concentración de 0.1M. Por cada 4 gramos de soda (al 99.9%) se agrega 1 litro de agua, obteniéndose 1 litro de extractante a 0.1M.
  3. **Agitación.-** La mezcla, suelo-extractante, se somete a agitación aplicando variaciones de temperatura (se pasa de T° ambiente a 80°C máximo) por un periodo de 6 horas.
  4. **Filtrado.-** Filtración con bomba de vacío y papel de filtro rápido (AL-M-0026 PAPEL FILTRO 962 RAPIDO HOJA 45X45 CM "AHLSTROM" USA).
  5. **Neutralizado.-** Uso de HCl (ácido clorhídrico), para nuestro caso de concentración 1 a 5, acidificamos (pH = 5) los extractos y para la medida del pH usaremos un pH-metro.
  6. **Envasado.-** El extracto ya neutralizado es colocado en botellas de plástico para su respectivo análisis de laboratorio (determinación de ácidos húmicos y fúlvicos).
- La aplicación de parámetros de mejor rendimiento para la extracción de sustancias húmicas se hizo a las muestras restantes (Sin Mezclas).

Estiércol de caprino (sin mezcla)  
Estiércol de caballo (sin mezcla)  
Estiércol de vacuno (sin mezcla)  
Estiércol de burro (sin mezcla)

*C. Procesamiento de las Mezclas*

Finalmente, las mezclas preparadas, se sometieron a la evaluación de los parámetros efectuados a todas las muestras anteriores (A, y B).

Los resultados fueron emitidos por el Laboratorio de Química de la Universidad de Piura, que indican los parámetros evaluados, la porción de sustancias húmicas (ácidos húmicos y ácidos fúlvicos) obtenidas a partir de las pruebas realizadas, así como los factores más favorables, que se deben tener en cuenta en las etapas que se han determinado para que sean fijados en el proceso industrial. Es preciso mencionar que la extracción de materia orgánica con álcali y la separación en las fracciones de ácido húmico y ácido fúlvico es una técnica común para separar y examinar la materia orgánica (Anderson y Schoenau, 1993 citando a Kononova, 1966, Anderson et al., 1974,

Schnitzer, 1978, Schoenau y Bettany, 1987, Roberts et al., 1989, Schnitzer y Schuppli, 1989), sin embargo, este método ha sido criticado (Schnitzer y Schuppli, 1989) citado por Anderson y Schoenau (1993). Las principales preocupaciones son la aparición de factores extraídos debido a la hidrólisis y oxidación (Stevenson, 1982) y la arbitraria separación natural de las fracciones de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos.

#### *Descripción del proceso final para aplicación industrial*

Como resultado de las pruebas realizadas durante la extracción de sustancias húmicas, para el proceso industrial se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones dentro de las etapas que se describen a continuación:

1. **Pesado.-** Peso de muestra en una balanza electrónica.
2. **Preparado de extractante.-** Se prepara soda cáustica (NaOH) en una relación de extracción P/V (peso/volumen) 1:2 con una concentración de 0.1M. Por cada 4 gramos de soda (al 99.9%) se agrega 1 litro de agua destilada para obtener un 1 litro de extractante a 0.1M.
3. **Agitación.-** Mezclar, suelo-extractante, someter a agitación aplicando variaciones de temperatura (se pasa de T° ambiente a 80°C máximo) por un periodo de 6 horas.
4. **Filtrado.-** Filtración del extracto por centrifugación, esto reduce costos y tiempos de procesos a nivel industrial. La etapa de filtrado en las pruebas de laboratorio han sido el cuello de botella, ahora este debe ser eliminado en la escala industrial.
5. **Neutralizado.-** Para el neutralizado se debe tener HCl (ácido clorhídrico) de concentración según se disponga, acidificamos (pH = 5) los extractos y para la medida del pH se debe usar un pH-metro electrónico.
6. **Envasado.-** El extracto ya neutralizado es colocado en bidones de plástico se toma una muestra para su respectivo análisis en el laboratorio (determinación de ácidos húmicos y fúlvicos) para control del proceso.

## **Resultados y discusión**

#### *Evaluación de las muestras ofrecidas en la región y las mezclas en estudio*

La tabla 1, presenta los resultados de los análisis practicados a las muestras sólidas (humus) y las muestras líquidas disponibles en la región. Asimismo, los resultados obtenidos en todas las mezclas preparadas con los distintos tipos de estiércoles vaca, cabra, caballo y burro mezclados con distintas materias como puño, grama y totora ensayados en el experimento. Todo esto con el fin de evaluar los aportes de cada uno de ellos a la calidad del humus.

**Tabla 1**

*Composición química de los abonos orgánicos disponibles en la región y de los abonos orgánicos (mezclas) preparados con materias primas de la región °*

Ensayo	C.E 25°C dS/m	pH a 25°C	M.O %	N %	Ca total %CaO	K total %K <sub>2</sub> O	P total %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	A. Fúlvicos %	A .Húmicos %
<b>Muestra líquida #1</b>	42.60	8.95	0.00	2.50	0.00	0.12	0.01	13.00	0.00
<b>Muestra líquida #2</b>	27.50	6.90	0.00	0.00	0.04	0.53	0.00	5.00	0.00
<b>Humus Miraflores</b>	16.90	7.20	14.80	1.66	1.78	0.39	0.70	20.00	1.40
<b>Humus Tallán</b>	15.50	6.50	12.50	1.73	1.36	0.27	0.53	16.10	2.75
<b>Humus Chulucanas</b>	5.00	7.40	14.20	1.66	1.90	0.26	0.71	15.00	1.70
<b>Humus UNP</b>	10.00	6.80	13.40	1.99	1.90	0.17	0.85	16.10	1.90
<b>Leorganics</b>	7.40	7.10	12.00	1.70	1.34	0.30	0.73	15.00	1.70
<b>Bajo Piura</b>									
<b>Rabanal Bajo Piura</b>	9.90	7.00	14.00	1.56	1.60	0.30	0.65	12.50	1.40
<b>Guano Vaca solo</b>	9.96	7.80	43.22	1.74	2.94	0.80	2.17	4.60	9.00
<b>Guano vaca +puño</b>	9.14	7.78	44.84	2.06	3.43	0.89	2.06	0.80	12.50
<b>Guano vaca + grama</b>	6.75	7.86	48.43	1.98	3.58	0.94	2.70	4.30	8.50
<b>Guano vaca + totora</b>	6.66	7.85	45.62	1.97	3.42	0.77	2.16	2.20	11.00
<b>Guano cabra solo</b>	8.87	8.26	39.96	1.74	4.30	0.87	2.56	3.80	8.00
<b>Guano cabra + puño</b>	16.29	7.31	42.54	2.07	4.58	1.13	2.70	1.50	10.40
<b>Guano cabra + grama</b>	13.28	7.76	44.82	2.19	4.51	0.99	3.09	3.10	9.20
<b>Guano cabra + totora</b>	17.89	7.62	43.11	2.17	4.51	1.23	2.84	5.20	8.00
<b>Guano caballo solo</b>	8.94	7.39	30.40	1.24	3.59	0.41	1.50	3.50	6.20
<b>Guano caballo + puño</b>	6.50	7.15	29.61	1.37	3.04	0.27	1.42	3.40	7.00
<b>Guano caballo + grama</b>	7.90	7.16	25.79	1.34	2.77	0.31	1.34	3.70	6.90
<b>Guano caballo + totora</b>	8.49	7.36	31.33	1.36	3.06	0.36	1.75	4.00	8.40

<b>Guano burro solo</b>	5.19	7.53	28.82	1.30	2.77	0.35	1.38	0.90	11.00
<b>Guano burro + puño</b>	5.42	7.61	31.38	1.43	3.14	0.36	1.56	3.70	6.90
<b>Guano burro + grama</b>	8.10	7.30	30.62	1.46	3.07	0.43	1.74	4.20	6.10
<b>Guano burro + totora</b>	6.10	7.74	32.75	1.45	3.02	0.37	1.82	2.00	8.00

° Valores numéricos promedio

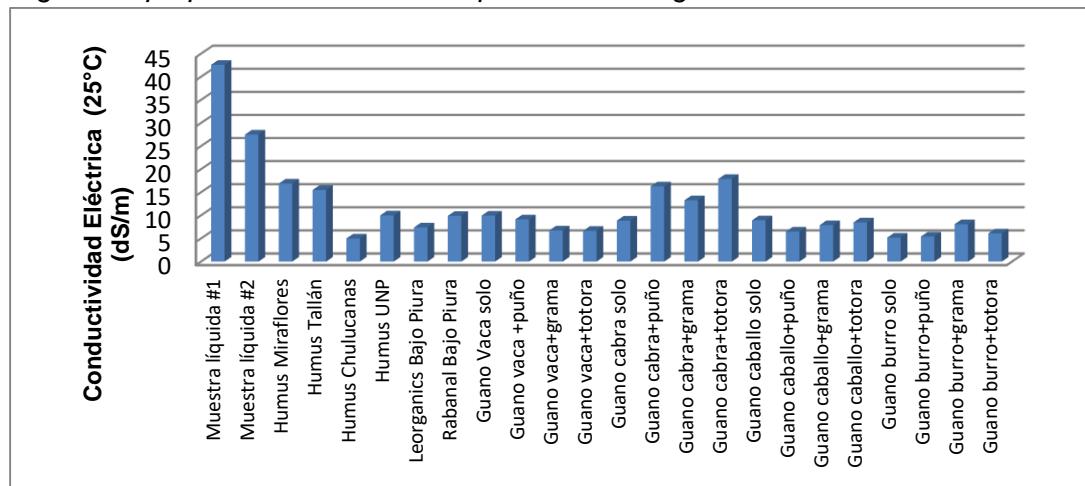
En las siguientes figuras se hace la interpretación de los resultados obtenidos para cada parámetro de evaluación del experimento y la respectiva comparación evaluativa entre las muestras ofrecidas en la región con las mezclas ensayadas y que contienen materias primas que existen en la Región, como son el puño, la grama y la totora compostadas en estiércoles de vacuno, caprino, caballo y burro; las que sometidas al proceso de lombricultura dieron lugar al humus respectivo.

#### I) *Conductividad eléctrica*

La Figura 3 nos visualiza los niveles de conductividad eléctrica en los productos orgánicos disponibles en la zona y los abonos orgánicos preparados con materias primas de la región. Se observa a la muestra líquida #1, correspondiente a un abono preparado de forma artesanal con orina de cuyes, con el valor más alto para este parámetro, correspondiente a 42,06 dS/m, mientras que la muestra líquida #2, que es un Biol, resultado de la descomposición de guano tratado para ser convertido en Compost bajo condiciones de humedad, ostenta el segundo valor un poco mayor de 27,50 dS/m. Estas altas concentraciones indican la presencia de sales que pueden inhibir la germinación de las semillas y además pueden provocar una salinización del suelo o problemas de toxicidad en las plantas (Jaramillo, 2002 citado por Rivas y Silva, 2020).

**Figura 3**

Niveles de conductividad eléctrica de las muestras comerciales de la zona y de los abonos orgánicos preparados con materias primas de la región



Las demás muestras correspondientes a los productores de humus de las restantes zonas de la provincia de Piura arrojaron valores inferiores a 17,00 dS/m., valores muy por debajo de las Muestras Líquidas #1 y #2. Es preciso señalar que los humus de Chulucanas, UNP, LEORGANICS y Rabanal muestren valores menores a 10 dS/m.

La misma figura presenta los niveles de conductividad eléctrica alcanzados por las muestras preparadas para experimentar y que ofrezcan una alternativa orgánica para el productor. En la mayoría de las mezclas ensayadas, los niveles de conductividad eléctrica son menores a 12 dS/m, excepto las mezclas de *caprino con puño* o *caprino con totora* que alcanzaron 16.29 y 17.89 dS/m, respectivamente, lo que se debió al uso de agua potable para humedecer la materia prima, pues incorporó sales durante la maduración del compost. Esto no sucede cuando se usa el agua de canal.

En el comparativo, podemos afirmar que la mayoría de los humus producidos por el experimento se pueden considerar potencialmente como alternativas para ser ofrecidos en la región, ya que mostraron valores similares (< 12 dS/m) a los que presentaron los abonos ya ofrecidos.

## II) pH

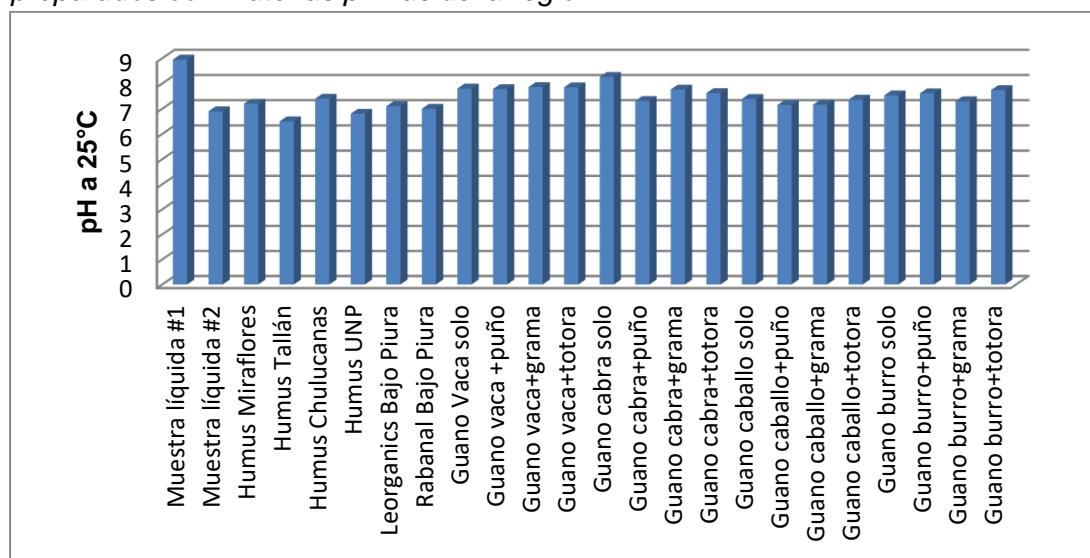
En la Figura 4 observamos que casi todos los abonos ofrecidos en la región tienen un

pH de 7.0, a excepción de la muestra # 1 que tuvo un pH de 9.0, recomendándose ajustar este nivel a un valor ligeramente alcalino.

En el caso de las mezclas experimentadas, se muestra que casi todas tienen un nivel de pH ligeramente alcalino entre 7.10 y 7.80, lo cual es muy importante para su uso. Aquí el estiércol de *caprino con puño*, al igual que el de *caballo con puño* y *caballo con grama* ofrecen la mejor opción por poseer un pH cercano a la neutralidad, ideal para la actividad microbiana (Guzmán 2009), mientras que el *caprino puro* es muy alcalino.

**Figura 4**

*Niveles de pH de las muestras comerciales disponibles en la zona y de los abonos orgánicos preparados con materias primas de la región.*



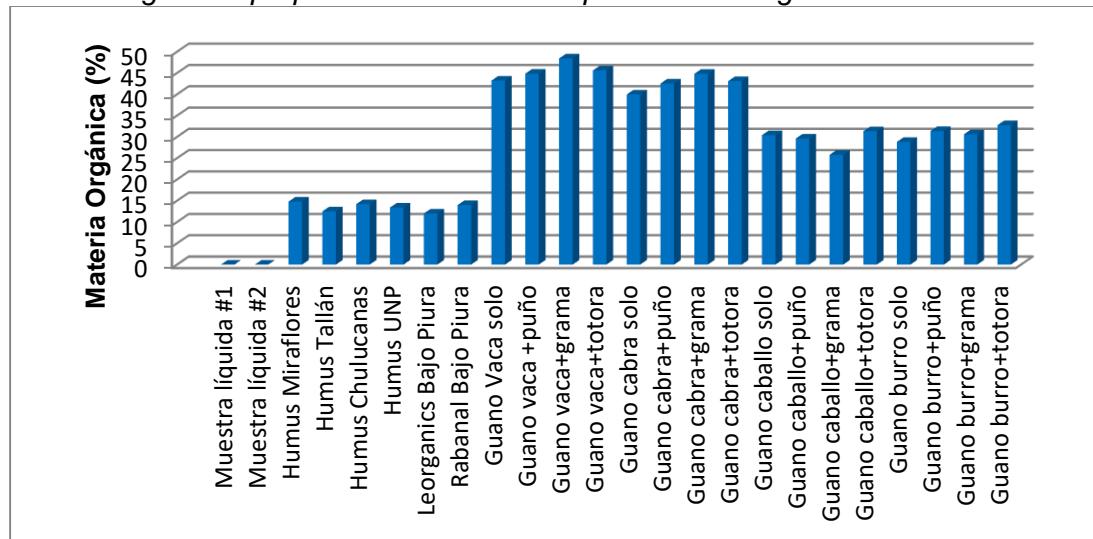
Además, estos resultados coinciden con los obtenidos por Polo et al. (2012) con valores cercanos al pH neutro y sugiriendo como adecuados para una enmienda orgánica (Zucconi et al., 1981) citado por Polo et al. (2012).

### III) Materia Orgánica

Con respecto al contenido de este parámetro, la Figura 5 revela que las muestras líquidas no contienen materia orgánica, en cambio, las muestras sólidas que se ofrecen en la región contienen entre 12 y 14%.

**Figura 5**

*Contenido de materia orgánica de las muestras comerciales disponibles en la zona y de los abonos orgánicos preparados con materias primas de la región*



Por otro lado, la misma figura visualiza para todas las muestras en estudio valores de materia orgánica que oscilan entre 25.79 y 48.43%, un contenido muy importante para el mejoramiento de suelos. Las mayores concentraciones se dan para las mezclas de *vacuno* y de *caprino con puño, grama o totora*, cuyos niveles están por encima del 40.00%.

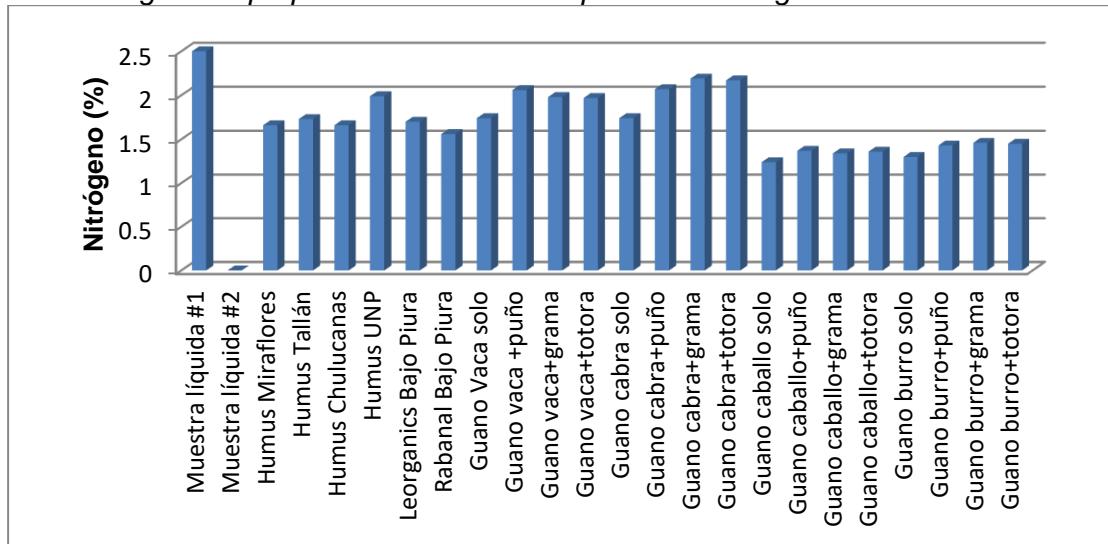
Comparativamente las mezclas ensayadas tienen mayor contenido de materia orgánica, constituyéndose en enmiendas de primer orden para los cultivos, y que concuerdan con los resultados obtenidos por Polo et al. (2012), que utilizando desechos de comida y restos de poda de plantas mezclado con estiércol de equino obtuvo valores que oscilaron entre 40 a 55%. Los bajos niveles de la materia orgánica de los humus ofrecidos en la región son similares a los reportados por Mulet et al. (2008) e INFOAGRO (2012), y que lo atribuyen a un exceso de lavado del humus empleado y a un tiempo prolongado de exposición de sol, antes de ser utilizado como dieta de las lombrices.

#### IV) Nitrógeno

En la Figura 6 se observa que la muestra Líquida #1 tiene el mayor contenido de Nitrógeno, 2.50%, no así la muestra #2 que no contiene Nitrógeno, debido entre otras razones a que se trata de un Biol obtenido por lixiviación de humus. También puede observarse un comportamiento casi homogéneo de las muestras sólidas, teniendo un repunte mayor el Humus UNP con 1.99%.

**Figura 6**

*Contenido de materia orgánica de las muestras comerciales disponibles en la zona y de los abonos orgánicos preparados con materias primas de la región*



También presenta el mayor contenido de Nitrógeno en las mezclas de estiércol de *caprino*, lo cual indicaría que éste sigue perfilándose como la mejor opción por su contenido de Nitrógeno, que arroja un valor mayor al 2 %, muy satisfactorio para un cultivo (Guzmán, 2009) y superando al contenido de Nitrógeno (0.34-0.44%) encontrado en otros estudios (Mulet et al., 2008 y Polo et al., 2012).

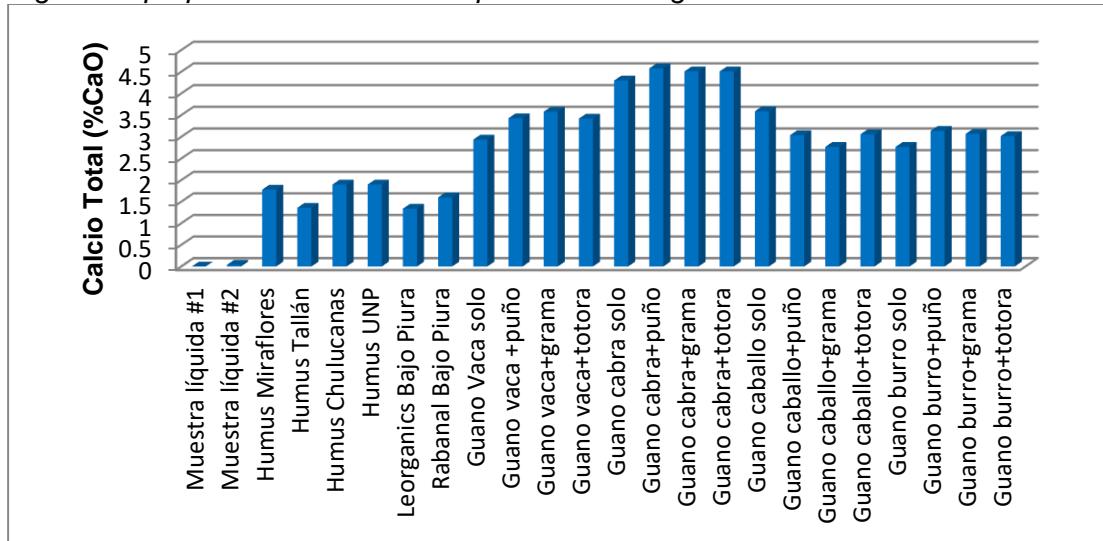
#### V) Calcio Total

En cuanto se refiere al contenido de Calcio total, la Figura 7, presenta los niveles alcanzados por las muestras ofrecidas en la región. Las muestras líquidas # 1y # 2 muestran un porcentaje casi nulo de Calcio total, en cambio las muestras sólidas alcanzan niveles que oscilan entre 1.34 y 1.90%.

Para el caso de las mezclas ensayadas en este trabajo, todas alcanzan niveles de Calcio total que oscilan en un rango entre 2.77 y 4.58 %, superior a los obtenidos por los humus ofrecidos en la región. Las mezclas de estiércol de *caprino con puño, grama y totora* presentaron los niveles más altos, con 4.58%, 4.51% y 4.51%, respectivamente, y que se encuentran dentro del rango entre 2-8% de Calcio total (INFOAGRO, 2012).

**Figura 7**

Niveles de Calcio total en las muestras comerciales disponibles en la zona y de los abonos orgánicos preparados con materias primas de la región

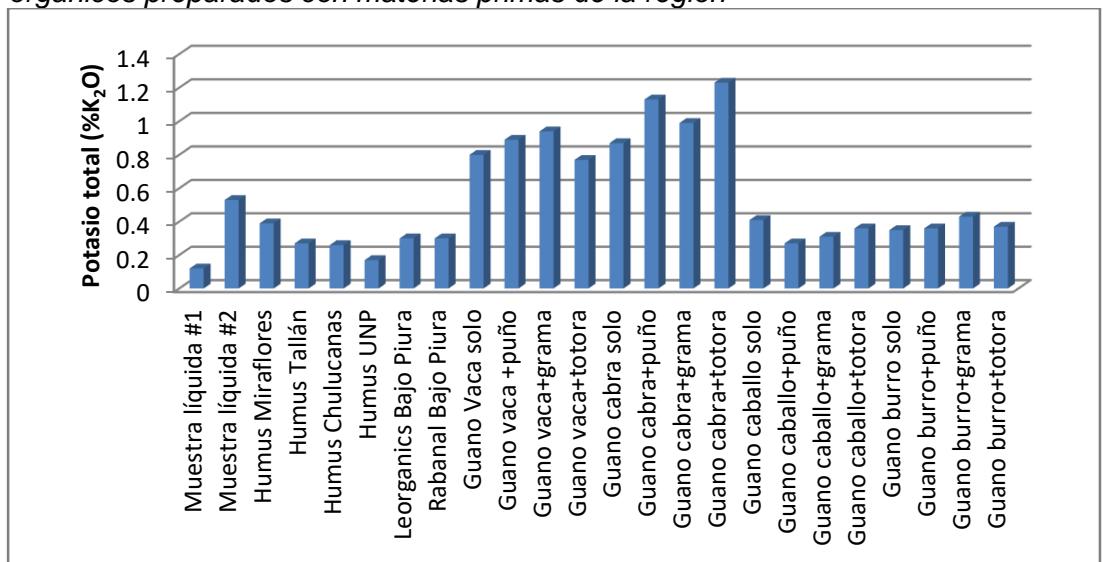


## VI) Potasio Total

Aquí se observa que las Muestras de Humus Miraflores y LEORGANICS, Figura 8, presentan los más altos contenidos de 0.39 y 0.30% de K<sub>2</sub>O, respectivamente. Las muestras líquidas tienen un contenido muy escaso.

**Figura 8**

Contenido de Potasio total de las muestras comerciales disponibles en la zona y de los abonos orgánicos preparados con materias primas de la región



De las mezclas en estudio, podemos afirmar que el estiércol de *caprino con puño, grama y totora* alcanzan los niveles más altos de Potasio total, 1.13%, 0.99% y 1.23% respectivamente, coincidiendo con otros estudios (Ortega, 2014 y Chávez et al, 2017).

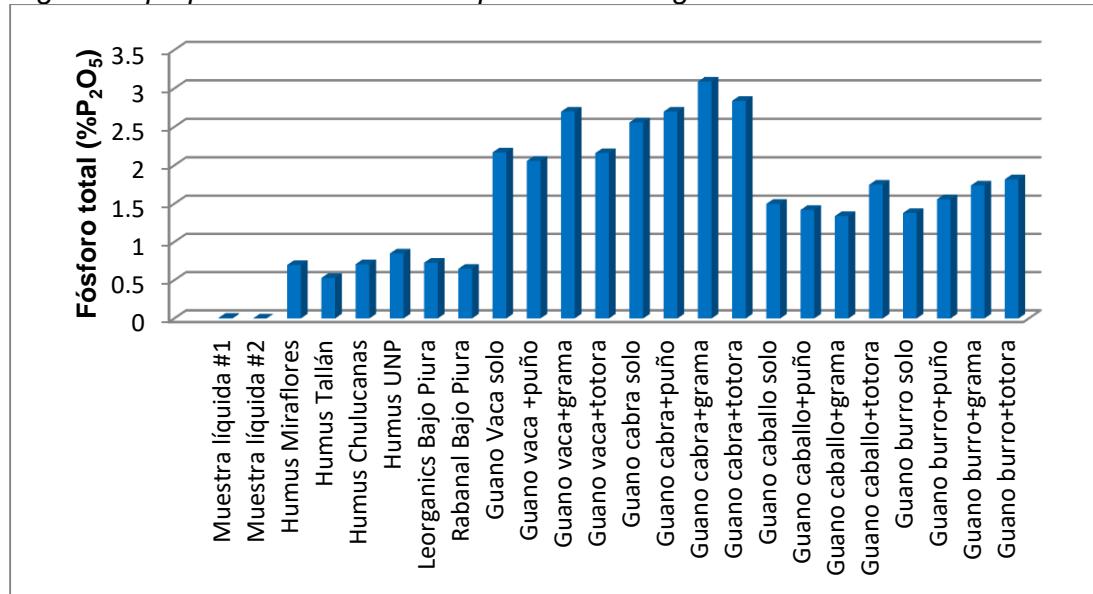
## VII) Fósforo Total

El mejor resultado en contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para los abonos orgánicos disponibles en la zona lo presentan las muestras Humus UNP con 0.85% y LEORGANICS con 0.73%, Figura 9, superiores ligeramente a Humus Miraflores y Humus Chulucanas, que alcanzaron 0.71% y 0.70 %, respectivamente.

Además, se observa que todas las mezclas del experimento tienen un contenido superior de Fósforo total que las muestras ofrecidas en la región. Las mezclas de estiércol de *caprino con puño, grama o totora* seguidas por las mezclas de estiércol de *vacuno con puño, grama o totora* alcanzaron los niveles más altos en rangos entre 3.09% y 2.06% de Fósforo total, lo que evidencia que son valores superiores a los obtenidos por otros estudios (Mulet et. al., 2008) que solo alcanza 1.2% y se considera dentro del rango admisible para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

**Figura 9**

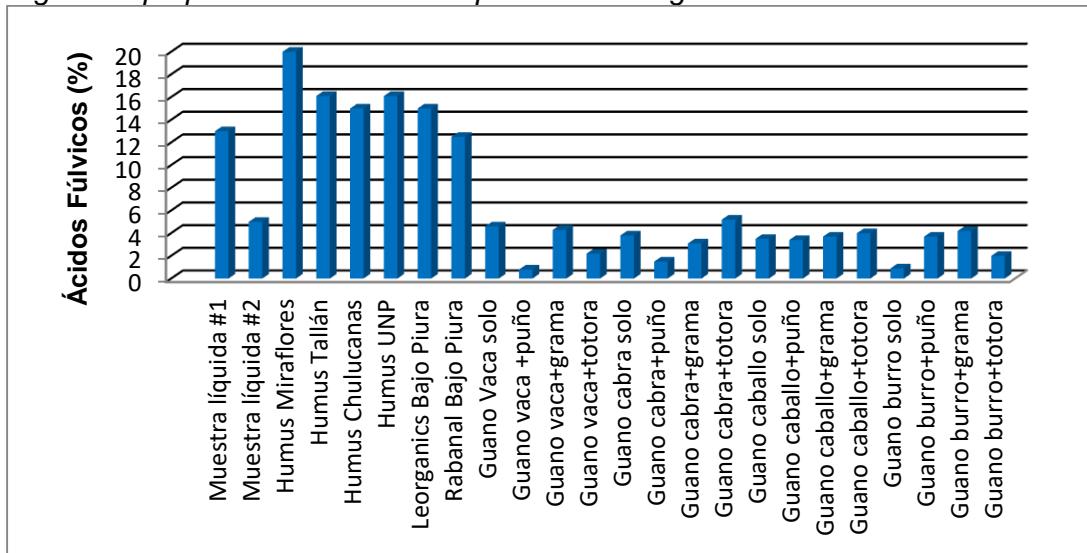
*Contenido de Fósforo total de las muestras comerciales disponibles en la zona y de los abonos orgánicos preparados con materias primas de la región*



## VIII) Ácidos Fúlvicos

**Figura 10**

Contenido de ácidos fúlvicos de las muestras comerciales disponibles en la zona y de los abonos orgánicos preparados con materias primas de la región



A excepción de la Muestra Líquida #2, Figura 10, de los abonos orgánicos disponibles en el área, el contenido de ácidos fúlvicos en Humus Miraflores es el más alto con 20%, los restantes alcanzan niveles ligeramente superiores y/o equivalentes en contenido al 15%.

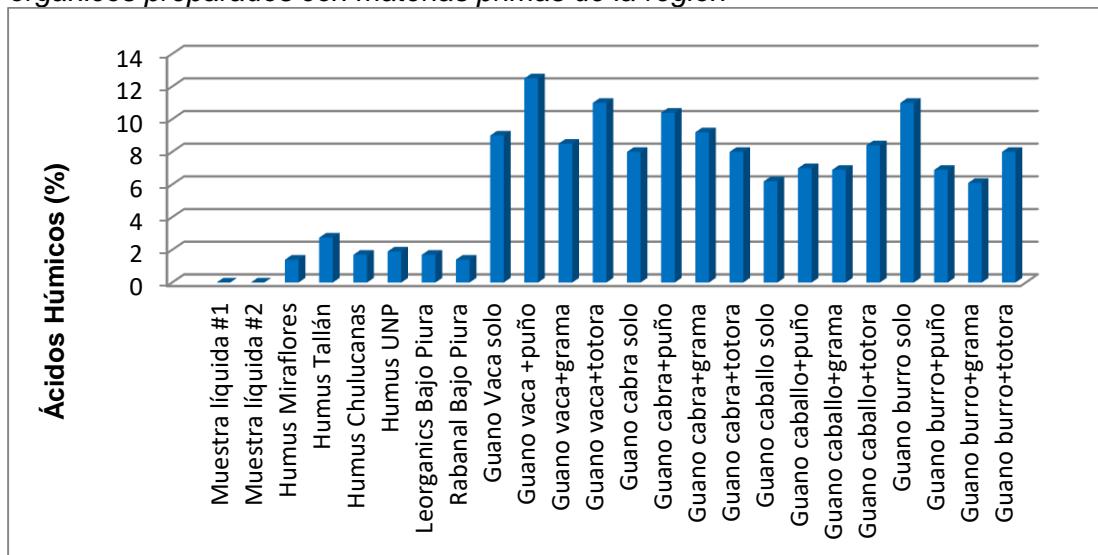
Observando el contenido de ácidos fúlvicos de las mezclas estudiadas como alternativas para obtener un abono orgánico (humus) prometedor, tenemos a la mezcla *caprino con totora* con la mayor concentración de ácidos fúlvicos, 5%, en cambio, la mezcla de caprino con puño sólo alcanza 1.5% similar a lo reportado por Ortega (2014). Estos ácidos son excelentes quelatantes e intercambiadores catiónicos, propiedades de vital importancia en la nutrición de toda clase de plantas. Según lo manifestado por Stevenson (1994), los ácidos fúlvicos son más solubles que los ácidos húmicos y pueden tener una función especial respecto al destino de los compuestos orgánicos aplicados al suelo como los plaguicidas. También pueden ser particularmente eficaces para disolver silicatos y catalizar la descomposición de los contaminantes tóxicos.

Asimismo, observamos una variación apreciable en la medida del ácido fúlvico en las muestras. Esto se debe a que no está bien detallada en la bibliografía la reproductividad de estos métodos. Aún es materia de investigación en varias universidades e institutos del mundo.

## IX) Ácidos Húmicos

**Figura 11**

*Contenido de ácidos húmicos de las muestras comerciales disponibles en la zona y de los abonos orgánicos preparados con materias primas de la región*



Humus Tallan, reporta un valor cercano al 3% y le siguen Humus UNP, LEORGANICS y Chulucanas, con valores por encima del 1.6% en los abonos comerciales de la zona, Figura 11. En cambio, todas las mezclas experimentales superan en su concentración de ácidos húmicos a las muestras ofrecidas en la región. Las mezclas de estiércol de vacuno con puño, caprino con puño y burro con puño presentan los valores más altos de ácidos húmicos, entre 11-13%, superiores a los encontrados por Ortega (2014) de 5.1%.

Los resultados presentados muestran que el contenido de ácidos fulvicos y de ácidos húmicos de los abonos sólidos (Humus) preparados en la región tienen, (a excepción de los líquidos, cuya razón podría ser, la antigüedad en el tiempo de preparación, las condiciones de almacenamiento, aspectos que pueden investigarse puntualmente) un contenido considerado desde aceptable, adecuado a óptimo (Cheng 1977, Vicente, 2009) pudiendo sumarse a este aspecto, otra características de los insumos encontrados y analizados.

En la evaluación de resultados el producto(s) final que se recomendaría como materia prima de mejor calidad sería la combinación estiércol de cabra + puño o cabra + totora, pudiendo también considerarse el estiércol de vaca + grama en razón de que aportarían el mayor contenido de materia orgánica y de macronutrientes principales N, P y K.

## Conclusiones

- Los abonos orgánicos preparados superaron en la composición química a los abonos orgánicos disponibles en la región.
- La mejor materia prima para humus es el estiércol de ganado caprino. Este guano mezclado con grama, totora o puño dan los máximos valores en NPK.
- Así mismo el contenido promedio de ácidos fulvicos y húmicos de las mezclas mencionadas es de 3.2 y 9.2%, respectivamente.
- La adición de grama al compost aumenta el contenido de Fósforo en el humus. En cambio, el contenido de Nitrógeno se ve aumentado por la adición de puño que se obtiene de la hoja del algarrobo.
- El contenido promedio porcentual de Nitrógeno, Fósforo y Potasio del humus de nuestra región es de 1.7, 0.7 y 0.25, respectivamente.

## Agradecimientos e información de financiamiento

Agradecemos al Instituto Regional de Ciencia y Tecnología “IRCyT”, por el financiamiento del proyecto y por premiar al proyecto con el primer lugar en el segundo concurso para el financiamiento de proyectos de investigación con impacto en el ámbito del Gobierno Regional Piura.

## Contribución de autoría

Este artículo ha sido basado en el trabajo realizado por la Dr. Edda Guerra de Guzmán, con el trabajo de adaptación al formato y recopilación de información del M. Sc. Ing. Luis Guzmán Farfán; el Dr. Miguel Castro con aportes como parte técnica de la empresa donde se desarrolló el proyecto; Ing. Arturo Arbulú con aportes en la adaptación al formato, parte del equipo técnico del proyecto y encargado de correspondencia; el Dr. Gastón Cruz, con aportes como parte del equipo técnico del proyecto; Fabiola Ubillús, con aportes como responsables del laboratorio de química donde se desarrollaron los análisis y en la recopilación de datos.

## Conflictos de interés

No existe ningún conflicto de interés, el M. Sc. Luis Guzmán, junto al “CITEagro Piura” han sido los promotores de esta publicación, como homenaje a su fallecida esposa.

## Referencias bibliográficas

- Anderson, D. W. y Schoenau J.J . (1993). Soil Humus Fractions, Chapter 52, en M. R. Carter (Ed.) *Soil Sampling and methods of Analysis* (pp. 675-680). Edit. Canadian Society of Soil Science, Lewis Publisher.  
[https://www.researchgate.net/profile/Darwin-Anderson/publication/281428432\\_Soil\\_Humus\\_Fractions/links/59bc04a5a6fdcca8e56246db/Soil-Humus-Fractions.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Darwin-Anderson/publication/281428432_Soil_Humus_Fractions/links/59bc04a5a6fdcca8e56246db/Soil-Humus-Fractions.pdf)
- Chávez P., A., Velásquez C., Y. L. y Casallas O., N.D. (2017). Características físicas químicas de humus obtenido de biosólidos provenientes de procesos de tratamiento de aguas residuales. *Informativo Técnico (Colombia)*. 81(2), 122-130. <http://doi.org/10.23850/22565035.939>
- Cheng B. T. (1977). Soil Organic Matter as Plant Nutrient, en *Soil Organic Matter Studies*, Vol. I. Proceedings of a Symposium. Braunschweig. Austria, 6-10 Sept. 1976. Vienna. (pp. 31-39). IAEA. [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/08/344/8344357.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/08/344/8344357.pdf)
- Estrella M., S.K. & Hidalgo R., S.M. (2015). *Alternativas de Mercado para la exportación de mango fresco (Mangifera indica L.)*. [Trabajo de Titulación, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2072>
- Guzmán A., J. J. (2009). *Efecto de la aplicación de ácidos húmicos al suelo y dosis crecientes de Nitrógeno sobre el cultivo de maíz amarillo duro (Zea mays L.) híbrido star, en el valle de Tumbes*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura]. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/386>
- Hayes M.H.B. and Himes F.L. (1986). Nature and Properties of Humus-Mineral Complexes, en P.M. Huang and M. Schnitzer (Eds.), *Interactions of Soil Minerals with Natural Organics and Microbes* (Vol. 17, pp. 104-158), Soil Science Society of America, Madison. <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2136/sssaspecpub17.c5>
- INFOAGRO. (18 de mayo de 2012). El compostaje (1<sup>a</sup>. Parte). <http://www.infoagro.com/abonos/compostaje.htm>
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), (2014). *El banano peruano. El producto estrella de exportación*. Dirección General de Políticas Agrarias. <https://bibliotecavirtual.midagri.gob.pe/index.php/analisis-economicos/estudios/2014/22-el-banano-peruano/file>
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), (2015). *Exportación de banana orgánico peruano creció 94% en últimos 5 años*. <https://doi.org/10.54353/ritp.v3i2.e009>

[https://www.midagri.gob.pe/portal/noticias-anteriores/notas-2015/12218-minagri-exportacion-de-banano-organico-peruano-crecio-94-en-ultimos-5-anos#:~:text=Noticias%20anteriores2015-  
Minagri%3A%20Exportaci%C3%B3n%20de%20banano%20org%C3%A1nic%20peruano%20creci%C3%B3%2094%25%20en%20%C3%BAltimos,el%2085%25%20de%20las%20ventas](https://www.midagri.gob.pe/portal/noticias-anteriores/notas-2015/12218-minagri-exportacion-de-banano-organico-peruano-crecio-94-en-ultimos-5-anos#:~:text=Noticias%20anteriores2015-Minagri%3A%20Exportaci%C3%B3n%20de%20banano%20org%C3%A1nic%20peruano%20creci%C3%B3%2094%25%20en%20%C3%BAltimos,el%2085%25%20de%20las%20ventas)

Mulet, Y., Díaz A., M. y Vélchez L., E. (2008). Determinación de algunas propiedades físico-mecánicas, químicas y biológicas del humus de lombriz en condiciones de la vaquería de la finca Guayabal, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(1), 27-30. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93217106>

Odzoba, D.M., Blyth, J.C., Engler, R.F., Dinel, H. & Schnitzer, M. (2001). Leonardite and humified organic matter. en Ghabbour, E.A. & Davies, G. (eds.) *Humic Substances: Structures, Models and Functions (Special Publication)*. Royal Society of Chemistry.

Ortega A., G. (2014). *Efecto de Coadyuvantes de la Nutrición y Diagnóstico Nutricional del Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en un sistema hidropónico de Raíz flotante*. [Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro] <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/5748>

Polo H., A. M., Marcano, L. y Martínez, R. (2012). Evaluación de la calidad del humus producido por *Eisenia andrei* a partir de tres sustratos orgánicos. *Boletín del Centro de Investigaciones biológicas*, 46(3). 263-282. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/view/3923/3922>

Rivas N., M. y Silva A., R. (2020). Calidad física y química de tres compost, elaborados con residuos de jardinería, pergamo de café y bora (*Eichhornia crassipes*). *Revista Ciencia UNEMI*, 13(36), 87-100. <https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/1007/1015>

Stevenson, F.J., (1982). *Humus chemistry*. Wiley.

Stevenson, F.J., (1994), *Humus chemistry; genesis, composition, reactions*. (2nd Ed.). John Wiley & Sons.

Vicente, J. J. (2009). *Evaluación productiva del frijol caupi (*vigna unguiculata* l.walp) bajo el efecto comparativo de dosis de ácidos húmicos* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura].

## Anexos

### Anexo 1

Envasado de sustancias húmicas



### Anexo 2

Envasado de huminas



**Anexo 3**

Pasta sólida de humus



**Anexo 4**

Imagen de pasta filtrada de humus



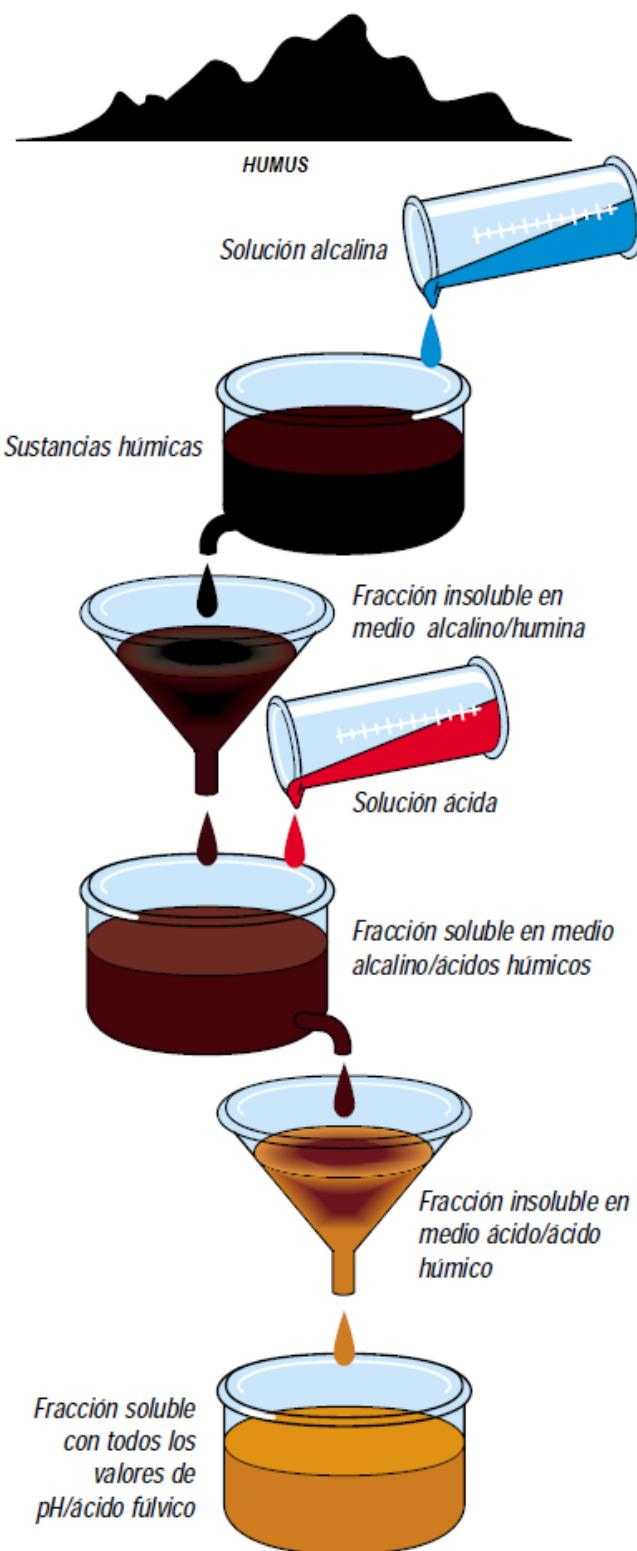
**Anexo 5**

Imagen de los ácidos fúlvicos obtenidos



## Anexo 6

### Aislamiento de ácidos húmicos y fúlvicos



**Anexo 7**

Compost listo para cosecha



**Anexo 8**

Camas para lombricultura



**Anexo 9**

Imagen de una lombriz

