

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“BIOFERTILIZANTES Y ESTIÉRCOL DE CAMÉLIDO COMBINADO
EN CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN CONDICIONES
DE INVERNADERO”**

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

GIANCARLO ANDRE FELIX BUSTOS

LIMA – PERÚ

2020

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA

**“BIOFERTILIZANTES Y ESTIÉRCOL DE CAMÉLIDO COMBINADO
EN CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN CONDICIONES
DE INVERNADERO”**

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

GIANCARLO ANDRE FELIX BUSTOS

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

Ing. Mg. Sc. Luis Beingolea Peña
PRESIDENTE

Dr. Constantino Calderón Mendoza
ASESOR

Dr. Sady Javier García Bendezú
MIEMBRO

Ing. Mg. Sc. Braulio La Torre Martínez
MIEMBRO

**Lima - Perú
2020**

DEDICATORIA

Para mis padres, Dina y Carlos.

Por su apoyo incondicional.

Todo lo que tengo se lo debo a ellos.

AGRADECIMIENTO

A mi señor por darme la oportunidad de poder culminar con mis estudios y con mi trabajo de investigación.

Al Dr. Constantino Calderón Mendoza por el apoyo incondicional para el desarrollo de la tesis, por haberme brindado su tiempo y paciencia.

Al Dr. Sady García Bendezú y el Ing. Braulio La torre Martínez por las correcciones y sugerencias para la mejora de la investigación.

Al Sr. Mario, trabajador del laboratorio de fertilidad de suelos “Sven Villagarcía Hermosa” por su apoyo brindado en el desarrollo de la parte experimental.

A la Sra. Jesus y Roger del departamento de suelos, por la paciencia y colaboración en los trámites necesarios para la tesis.

A la Universidad Nacional Agraria La Molina, la cual estoy muy orgulloso de pertenecer.

A mis amigos Christian Melchor y Carlos Diaz por el apoyo en las labores que se necesitaban en el desarrollo del experimento.

A mis padres Carlos Felix y Dina Bustos, mi hermano Gianfranco Felix por el apoyo y paciencia durante mis estudios, sin ellos no hubiera podido culminar mi tesis.

Al laboratorio de fertilidad de suelos de la UNALM que me dio la facilidad para realizar los análisis de nutrientes necesarios en la tesis.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 Pequeña agricultura en el Perú	2
2.2 Cultivo de maíz	2
2.2.1 Características de la planta de maíz	3
2.2.2 Nutrición mineral en cultivo de maíz	3
2.3 Investigaciones en fertilizantes orgánicos	3
2.4 Materia orgánica en el suelo	4
2.4.1 Relación carbono/nitrógeno	4
2.5 Estiércol	5
2.5.1 Efectos del estiércol en el suelo	5
2.5.2 Estiércoles tradicionales de granja	6
2.5.3 Fermentación del estiércol	6
2.6 Guano de isla	7
2.6.1 Contenido de nitrógeno del guano de isla	7
2.6.2 Tipos de guano de islas	8
2.6.3 Experimentos de uso de guano de isla combinado con estiércol	8
2.7 Biofertilizantes	10
2.7.1 Biohidrolizados de pescado	10
2.7.2 Microorganismos eficientes (E.M.)	11
2.7.3 AminoVigor	12
2.8 Relación peso seco parte subterránea/Aérea	12
2.9 Contribución de la raíz en el peso total de la planta	13
2.10 Extracción de nutrientes	14

2.10.1 Nitrógeno en la planta	14
2.10.2 Mineralización del nitrógeno orgánico en el suelo	15
2.10.3 Fósforo	15
2.10.4 Potasio	16
2.10.5 Macronutrientes y micronutrientes	16
2.11 Metales pesados	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1 Ubicación experimental	21
3.2 Condición climática	21
3.3 Abonos orgánicos	22
3.4 Sustratos	23
3.5 Agua para riego	24
3.6 Materiales empleados	25
3.6.1 Cultivo indicador	25
3.7 Manejo del ensayo experimental	26
3.8 Características de las unidades experimentales	28
3.9 Tratamientos del experimento	29
3.10 Diseño experimental	29
3.11 Análisis estadístico	30
3.12 Características evaluadas	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1 Efecto de los tratamientos en el crecimiento de la planta	31
4.2 Efecto de los tratamientos en las variables biométricas de la planta	33
4.3 Contribución de la raíz y relación parte subterránea/aérea	34
4.4 Extracción de nutrientes	36
4.5 Metales pesado	39

V. CONCLUSIONES	42
VI. RECOMENDACIONES	43
VII. BIBLIOGRAFÍA	44
VIII. ANEXOS	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Relación C/N de algunos materiales orgánicos	5
Tabla 02: Composición del guano de islas rico y pobre	8
Tabla 03: Rendimiento de papa (kg ha⁻¹) obtenidos con cantidades crecientes de guano de islas, con y sin estiércol de corral	9
Tabla 04: Efecto comparativo de rendimientos (kg ha⁻¹) con guano de isla y estiércol	.10
Tabla 05: Proceso de mineralización del nitrógeno	15
Tabla 06: Nivel normal de concentración de nutrientes en una planta entera de maíz	.17
Tabla 07: Estándares de calidad ambiental para el suelo	19
Tabla 08: Límites máximos de metales pesados en fertilizantes	19
Tabla 09: Límites de concentración de metales pesados en tejidos foliares	20
Tabla 10: Ubicación geográfica y política del experimento	21
Tabla 11: Condiciones meteorológicas del experimento	21
Tabla 12: Análisis químico de la composición de los abonos orgánicos	23
Tabla 13: Análisis completo de suelo y de la mezcla de arena y suelo	24
Tabla 14: Análisis fisicoquímico del agua utilizado para el riego	25
Tabla 15: Cantidad de humedad en los sustratos usados	27
Tabla 16: Características del ensayo experimental	28
Tabla 17: Tratamientos evaluados	29
Tabla 18: Cuadro de análisis de varianza DCA	29
Tabla 19: Efecto del estiércol y biofertilizantes en la altura de planta de maíz (<i>Zea mays</i> L.) La Molina 2017	31
Tabla 20: Efecto del estiércol y biofertilizantes en las variables biométricas de maíz (<i>Zea mays</i> L.) La Molina - 2017	33
Tabla 21: Efecto del estiércol y biofertilizantes sobre la contribución porcentual de la raíz y la relación entre la parte subterránea y aérea de maíz (<i>Zea mays</i> L.)	35

Tabla 22: Efecto del estiércol y biofertilizantes sobre la extracción de macro y micronutrientes en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) en La Molina - 2017	38
Tabla 23: Estándar de calidad ambiental para la concentración de metales pesados ...	39
Tabla 24: Comparación de fertilizantes con el límite máximo de metales pesados	39
Tabla 25: Efecto del estiércol y biofertilizantes en extracción de metales pesados en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) La Molina - 2017	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Efecto del estiércol y biofertilizantes en la altura de planta de maíz (<i>Zea mays</i> L.) La Molina - 2017	32
--	-----------

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01: Prueba de comparación Duncan de la altura de planta	51
Anexo 02: Análisis de varianza para el diámetro de tallo	52
Anexo 03: Análisis de varianza para el peso fresco aéreo	52
Anexo 04: Análisis de varianza para el peso fresco radicular	53
Anexo 05: Análisis de varianza para el peso seco aéreo	53
Anexo 06: Análisis de varianza para el peso seco radicular	53
Anexo 07: Resultado del análisis foliar para los 6 tratamientos evaluados	54
Anexo 08: Concentración de metales pesados en hojas para los seis tratamientos	55
Anexo 09: Plantas de maíz en el primer mes de crecimiento	56
Anexo 10: Planta de maíz en segundo mes de crecimiento	56
Anexo 11: Foto de planta de maíz en el tercer mes de crecimiento	57
Anexo 12: Secado de raíces	57
Anexo 13: Todos los tratamientos evaluados	58
Anexo 14: Comparación de testigo vs estiércol de camélido	58
Anexo 15: Comparación de testigo vs AminoVigor	59
Anexo 16: Comparación de testigo vs biohidrolizado de pescado	59
Anexo 17: Comparación de testigo vs Microorganismos eficientes	60
Anexo 18: Comparación de testigo vs Guano de isla	60
Anexo 19: Análisis completo de estiércol de camélido en LASPAF	61
Anexo 20: Análisis completo de guano de isla en LASPAF	62
Anexo 21: Análisis completo de biohidrolizado y E.M en LASPAF	63

RESUMEN

El estudio realizado en La Molina (Lima – Perú) tuvo como objetivo evaluar cuatro opciones técnicas para mejorar el efecto del estiércol de camélido en el crecimiento del cultivo de maíz, orientado principalmente a su uso en la pequeña agricultura. Para ello se ha medido los componentes principales del crecimiento de la planta, la extracción de nutrientes por la parte aérea, además, el contenido de metales pesados en los sustratos y en la planta. Los tratamientos fueron constituidos por el estiércol de camélido activado con cuatro fertilizantes orgánicos, tales como el guano de islas, biohidrolizado de pescado, Amino Vigor y microorganismos eficientes. Se evaluó altura de planta, biomasa y materia seca foliar y de raíces, relación de peso seco entre la parte subterránea y aérea, contribución de la raíz en el peso total de la planta, contenido de nutrientes en las hojas y contenido foliar de metales pesados. Realizado el análisis de varianza DCA y la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Los resultados estadísticamente significativos indican que los cuatro fertilizantes orgánicos enriquecen en diferente grado el efecto del estiércol en el crecimiento de la planta y aporte de nutrientes. Asimismo, se comprobó el efecto sinérgico del guano de islas y del biohidrolizado de pescado en las variables biométricas evaluadas. El biofertilizante de microorganismos eficientes no tuvo efecto significativo en el crecimiento, siendo su efecto semejante al tratamiento de estiércol solo. Por otro lado, el tratamiento con guano de isla presentó el mayor contenido foliar de nitrógeno, pero fue estadísticamente similar al tratamiento con biohidrolizado de pescado. Los metales pesados, están presentes en el sustrato en niveles mayores al permisible, pero los evaluados en la parte aérea de la planta, indicaron un efecto amortiguador, particularmente en la absorción del cadmio. Para el caso de cromo y plomo, la alta concentración de estos metales en la planta proviene del sustrato y guano de isla respectivamente.

Palabras clave: *Zea mays*, biofertilizantes, estiércol, camélido

ABSTRACT

The study evaluated in La Molina (Peru) aimed to evaluate four technical options to improve the effect of camelid manure on corn production, oriented mainly to its use in small agriculture. For this, the main components of plant growth and nutrient extraction in the cultivation of hard yellow corn var. Experimental Cinco. The treatments consisted of camelid manure activated with four organic fertilizers (island guano, fish biohydrolyzate, AminoVigor and E.M.). Plant height, biomass and foliar and root dry matter, dry weight ratio between the underground and aerial part, root contribution in the total weight of the plant, nutrient content in the leaves and foliar content of heavy metals were evaluated. Performed DCA analysis of variance and Tukey test ($P < 0.05$). Statistically significant results indicate that the four organic fertilizers enrich the effect of manure on plant growth and nutrient uptake to a different degree. The T5 treatment had no significant effect on growth, its effect being similar to the manure treatment alone. The T6 treatment had the highest foliar nitrogen content, but it was statistically similar to the T4 treatment. Heavy metals are present in the substrate at levels greater than the permissible, but those evaluated in the aerial part of the plant indicated a damping effect, particularly in the absorption of cadmium. In the case of chromium and lead, the high concentration of these metals in the plant comes from the substrate and island guano respectively.

Key words: *Zea mays*, biofertilizers, manure, camelid

I. INTRODUCCIÓN

La pequeña agricultura peruana provee aproximadamente el 70 por ciento de la demanda nacional de alimentos. De las 2.9 millones de unidades agropecuarias registradas en el año 2012; 2.13 millones (73.44 %) fueron clasificados como “unidades de pequeña agricultura familiar”. Para ellos la agricultura es un modo de vida, más que una actividad económica; por lo que en la programación de las siembras prevalece la seguridad y soberanía alimentaria y en caso se obtenga un exceso, se comercia para cubrir otras necesidades (Grillo, 1990; Van Der, 2011; Calderón, 2017a).

En el Perú, más de medio millón de familias altoandinas dependen de la crianza de camélidos sudamericanos que alcanza una población estimada de 6 400 000 ejemplares, equivalente al 87 por ciento del total mundial. Se estima que un camélido sudamericano adulto produce en promedio 1.1 toneladas de heces al año, y este es un recurso aprovechado como combustible o abono orgánico (White, 2010).

Calderón (2017b), menciona que, en la agricultura campesina, principalmente de nuestra serranía, existe un mayor uso de estiércol animal como abono en los terrenos agrícolas, debido a su bajo costo, sin embargo, los cultivos no aprovechan inmediatamente los nutrientes provenientes de fuentes orgánicas. En el presente estudio se evaluó el efecto de biofertilizantes adicionados al estiércol de camélido sobre el crecimiento y la absorción de elementos en el cultivo de maíz en La Molina (Lima – Perú).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Pequeña agricultura en el Perú

Según Baca (2011), siete de cada diez toneladas de alimento que consume el mercado nacional provienen de la pequeña agricultura; pero esta actividad recibe escaso presupuesto y atención del estado. El 75 % de la escasa inversión públicas en la pequeña agricultura se destina a financiar proyectos de riego localizado en pocas regiones (Cornejo & Baca, 2013). Las políticas agrarias se han concentrado en priorizar la exportación a los mercados globales y han dejado de lado a la pequeña agricultura que sigue excluida del crecimiento económico (González, 2012). Esta agricultura cada vez tiene menor participación en el presupuesto nacional; así, durante el periodo 2008 - 2012, disminuyó de 2.8 a 2.4 % (Cornejo & Baca, 2015).

La pequeña producción agropecuaria suele usar poca o ninguna tecnología de alto costo, pero hace uso de mucha mano de obra; es decir, es la que da mayor número de empleo. El auge gastronómico que se ha producido en los últimos años generó mayores oportunidades para los pequeños productores y es factor importante de asociatividad (INEI, 2009; Ginocchio, 2012).

Según Grillo (1990), si el total del territorio peruano fuera pequeña agricultura, con la misma tecnología campesina la producción de alimentos se multiplicaría cinco veces a nivel nacional; en la costa y selva se duplicaría y en la sierra incrementaría nueve veces. En suma, el desarrollo de la pequeña agricultura es muy importante en el país, porque generaría mayor empleo en las familias rurales y disminuiría la pobreza en el Perú.

2.2 Cultivo de maíz

El cultivo de maíz se viene utilizando en la alimentación peruana hace 4000 años. Los incas desarrollaron gran conocimiento sobre este cultivo, por lo que eran capaces de diferenciar los tipos de maíz según su calidad nutricional y distribución. Por ejemplo, el maíz amarillo duro era destinado para los guerreros que realizaban un mayor esfuerzo físico (Manrique, 1990).

2.2.1 Características de la planta de maíz

La planta de maíz tiene tallo hueco y cilíndrico, con 16 nudos, presenta entre 8 a 25 hojas por planta, son alargadas y su base forma una vaina alrededor del nudo, pero los extremos no están unidos. Posee cuatro tipos de raíces: las raíces seminales que sólo está presente las dos primeras semanas, las raíces definitivas que alcanzan hasta dos metros de profundidad, las raíces de soporte que le dan estabilidad a la planta y las raíces aéreas que no llegan alcanzar el suelo. La temperatura óptima para el crecimiento vegetativo del maíz varía entre 20 a 30 °C, las heladas y granizos pueden producir gran daño al cultivo (Lesur, 2005).

2.2.2 Nutrición mineral en cultivo de maíz

Rodríguez & De León (2008), mencionan que, durante la máxima producción de biomasa en la planta de maíz, ocurre una relación constante entre el contenido porcentual de nitrógeno, fósforo y potasio y la biomasa aérea total. Los porcentajes de N, P y K han sido calculados en 1.0, 0.17 y 1.0 % respectivamente y son denominados como requerimientos internos de la planta de maíz que, de no lograrse, no permitirían que la planta alcanzase el rendimiento máximo posible.

Por otro lado, Guerrero (2000), señala que la deficiencia de nitrógeno genera hojas pequeñas con amarillamiento en las puntas y este síntoma se va extendiendo por la hoja en forma de “V”. Por otro lado, indica que el 75 % del nitrógeno que necesita la planta de maíz es absorbido entre las cinco semanas que transcurren desde diez días antes de la floración hasta veinticinco o treinta días después de ella.

2.3 Investigaciones en fertilizantes orgánicos

La aplicación de fertilizantes naturales es esencial en la conservación de la calidad productiva del suelo, con ello los métodos utilizados por la agricultura orgánica garantizan la presencia de microorganismos benéficos que facilitan la disponibilidad y la absorción de nutrientes por las plantas. Los abonos de origen orgánico como el estiércol de diferentes fuentes, el humus de lombriz, la gallinaza, el guano de islas, los residuos de cosecha, los compost de diversos materiales, e incluso los lodos de las aguas residuales son comúnmente utilizados para reponer la fertilidad de los suelos y así mejorar los rendimientos de los cultivos agrícolas. Para el uso de esos abonos, de hecho, se requiere una evaluación sistemática de los contenidos de metales pesados, ya que pueden acumularse en los suelos y provocar la alteración en el equilibrio biológico de los mismos y subsecuentemente en la salud humana (Rodríguez *et al.*, 2012).

Álvarez, Gómez, León & Gutiérrez (2010), evaluaron el efecto del manejo integrado de fertilizantes sintéticos y abonos orgánicos en la actividad de fosfatasas y en el rendimiento de maíz. Entre los resultados se obtuvo que con una dosis alta de fertilización (60 de N y 120 P), el rendimiento de grano de maíz se incrementó 30.5, 21.9, 17.7 % con humus de lombriz, bocashi y compost respectivamente. Este experimento concluyó que el uso de fertilizantes orgánicos mejora el rendimiento del maíz.

Longoria (2000), realizó un experimento para probar el efecto de diferentes dosis y fechas de aplicación de estiércol bovino antes de la siembra de maíz. Se concluyó que estos dos factores evaluados interactúan en la producción de grano, pero la fecha de aplicación tiene un mayor efecto que la dosis en el rendimiento de maíz.

Cantarero & Martínez (2002), evaluaron dos fertilizantes orgánicos y uno mineral en el cultivo de maíz (gallinaza, estiércol de vacuno y fertilizante mineral). El tratamiento con aplicación de 2772.84 kg ha⁻¹ de gallinaza obtuvo el mejor rendimiento, generando 5848.86 kg ha⁻¹ y una tasa de retorno marginal de 662 %.

2.4 Materia orgánica en el suelo

La materia orgánica del suelo proviene de los restos vegetales y animales que se incorporan. Para que estos residuos puedan descomponerse se debe generar dos procesos: el primer proceso es la mineralización en donde una parte de los residuos se descompone rápidamente en sustancias minerales como agua, CO₂, nitratos, entre otros. La otra parte que no ha sido mineralizada se transforma en humus dando así al proceso de humificación; este humus se descompone lentamente en compuestos minerales (Fuentes, 2000).

Guerrero (2000), afirma que el humus se puede encontrar en dos formas: el humus joven que no está fijado a las partículas de suelo y el humus estable que está sólidamente unido a los agregados del suelo. Añade que la materia orgánica que se agrega al suelo genera el humus joven que se descompone de forma rápida para luego transformarse en humus estable; en este proceso la relación carbono/nitrógeno de la materia orgánica incorporada se va reduciendo.

2.4.1 Relación carbono/nitrógeno

Los microorganismos del suelo utilizan carbono y nitrógeno para producir estructuras celulares. La velocidad microbiana para descomponer la materia orgánica, generalmente dependerá de la relación carbono/ nitrógeno que esa contenga. Por ejemplo, cuando se incorpora paja de cereales de relación C/N entre 80-90, se genera la inmovilización del nitrógeno por la mayor capacidad competitiva microbiana frente a las plantas. En cambio,

cuando se aplica residuos de leguminosas como abono verde que posee una relación C/N entre 15-30, se tendrá la cantidad de nitrógeno necesario para el desarrollo de los microorganismos pudiendo incorporar al suelo el nitrógeno en exceso (Fuentes, 2000; Zavaleta, 1992; Davelouis, 1990; Wild, 1992; Brady, 1990). Zavaleta (1992) enlista la relación C/N de algunas materias orgánicas que comúnmente son incorporadas al suelo (Tabla 01).

Tabla 01: Relación C/N de algunos materiales orgánicos

Materiales orgánicos	Relación C/N
Humus del suelo	10
Alfalfa	13
Estiércol	20
Leguminosas maduras	22
Centeno verde	36
Bagazo de caña de azúcar	50
Rastrojo de maíz	60
Rastrojo de cereales	80
Aserrín	400

Fuente: Zavaleta (1992)

2.5 Estiércol

Los pequeños agricultores, especialmente de la zona andina del Perú hacen uso de estiércoles como abono orgánico en sus actividades agrícolas, prefiriendo del camélido o llama, seguido del ovino.

El estiércol es un producto de desechos de los animales que se reciclan al suelo. La calidad del estiércol dependerá de la especie de ganado y su régimen alimentario. Por ejemplo, animales alimentados con forraje generarán estiércol con alto nivel de nitrógeno; en cambio si su alimentación es a base de granos sus deyecciones serán ricas en fósforo (Fuentes, 2000; Simpson, 1986).

2.5.1 Efectos del estiércol en el suelo

El estiércol de corral es utilizado como fuente de nutrientes para las plantas, pero la concentración de nutrientes es muy baja si comparamos los aportes de los estiércoles con los fertilizantes sintéticos. Los estiércoles aportan buena cantidad de nutrientes como calcio, magnesio, azufre además de oligoelementos. Un gran porcentaje del contenido total de

nutrientes se encuentra en forma orgánica, el cual tiene que mineralizarse en el suelo para ser absorbido por la planta, por lo que el primer cultivo que sea instalado después de ser aplicado no necesariamente aprovechará todos los nutrientes que contiene (Wild, 1992; Simpson 1986). Wild (1992) refiere que los ensayos de campo demostraron durante el primer año que sigue a la aplicación de estiércol; la mayor parte de los fosfatos y potasio del estiércol tienen eficacia similar que los provenientes de los fertilizantes minerales, mientras que el nitrógeno presenta sólo 25 a 30 % de eficacia posiblemente debido al alto consumo de N por los microorganismos.

El estiércol también sirve como una fuente de materia orgánica, al ser descompuesto y transformado por microorganismos genera humus, el cual tiene efectos positivos en el suelo como mantener o elevar el pH de los suelos ácidos. Mejora la estructura del suelo, eleva la capacidad de retención de agua, mejora la aireación y aumenta la temperatura del suelo (Finck, 2009; Wild, 1992).

2.5.2 Estiércoles tradicionales de granja

Simpson (1986), señala que los estiércoles de granja tienen una alta relación carbono/nitrógeno por la presencia de materiales como aserrín, virutas de madera o la turba que es usada como cama para los animales. Para que estos residuos se conviertan en materia orgánica es necesario que se descompongan, para ello se necesita mucho más nitrógeno que el que contiene la paja y los otros materiales, sólo disponiendo de suficiente nitrógeno pueden multiplicarse los microorganismos.

Fuentes (1999), dice que la fermentación producida en el estiércol genera una pérdida importante de nitrógeno en forma de amoníaco que se libera hacia la atmósfera.

2.5.3 Fermentación del estiércol

Los microorganismos fermentan la paja, las excretas y la orina; este proceso de carácter aeróbico empieza en la cama o corral de los animales. El nitrógeno contenido en esta área se convierte en amoníaco y el carbono se pierde como dióxido de carbono. Una parte de este amoníaco es absorbido por el material en descomposición y otra parte se disipa en la atmósfera. Cuando los animales pisan la cama y los microorganismos acaban con el oxígeno fácilmente asimilable se genera una descomposición anaeróbica, en donde el estiércol se descompone mucho más lentamente y la temperatura disminuye (Simpson, 1986).

2.6 Guano de isla

El guano de las islas es un fertilizante completamente orgánico formado por las excretas de aves marinas acumuladas por el periodo de cinco a siete años. La falta de lluvia favorece a que el excremento pueda secar lentamente y la baja humedad impide la pérdida de los componentes con alto contenido de nitrógeno (Navarro, 2014). Estas condiciones se dan en la costa peruana, especialmente en las islas de Chincha donde habitan aves marinas como el guanay (*Phalacrocorax bouganinivilli* Lesson), el piquero (*Sula variegata* Tshudi) y el pelícano (*Pelecanus thagus*). Estas aves son las de mayor importancia en la producción de guano, debido a su hábito natural de gregarismo, formando grandes colonias en la superficie de las islas, de esta forma se concentra grandes cantidades de excremento (Gonzales, 1951).

El guano acumulado en la isla con el tiempo va perdiendo nitrógeno en forma amoniacal por volatilización, por acción de la humedad y de la flora microbiana que contiene, genera cambios en la estructura inicial. Al disminuir el contenido de nitrógeno se concentra la cantidad de ácido fosfórico; esto se llama guano de isla pobre (Gonzales, 1951). Al respecto Villagarcía (2014), expresa que la mejor forma de utilizarlo sería fabricando cuidadosamente abonos compuestos bien equilibrados que contengan una proporción suficiente de guano de islas intacto y elementos minerales como fósforo y potasio.

2.6.1 Contenido de nitrógeno del guano de isla

Gonzales (1951), señala que en el guano de isla podemos encontrar aproximadamente 69 % de N orgánico, 30 % de N amoniacal y 1 % de N nítrico. Estos dos últimos son directamente asimilables por las plantas, en cambio el nitrógeno orgánico empieza a mineralizarse por acción de los microorganismos en el suelo, permitiendo que la asimilabilidad del nitrógeno sea de un 80 % a un año de su aplicación.

- **Nitrógeno orgánico:** Se encuentra mayor cantidad en el guano de isla rico en forma de ácido úrico, purinas, xantinas y guaninas. Se estima que la tercera parte del nitrógeno total es ácido úrico. En los guanos de mayor antigüedad o pobres que contienen alta concentración de ácido fosfórico, disminuyen los niveles de nitrógeno orgánico, pero aumenta el nitrógeno amoniacal y nítrico.
- **Nitrógeno amoniacal:** Se encuentra como oxalato, cloruro, carbonato, sulfato y urato de amonio. Debido a la presencia de microorganismos, el nitrógeno amoniacal se volatiliza en forma de bicarbonato de amonio, lo cual le da un olor característico.

- **Nitrógeno nítrico:** Se encuentra en forma de nitrato, principalmente de amoniacó en muy baja proporci3n.

2.6.2 Tipos de guano de islas

a: Guano de islas rico: Villagarcía (2014), menciona que es el guano de mayor calidad y posee la siguiente composici3n:

- Contiene 9-15 % de nitr3geno total, del cual el 9-10 % est3 en forma org3nica y el 4 - 4.5 % se encuentra en forma amoniacal.
- Contiene 8 % de f3sforo total que se encuentra en forma de 3cido fosf3rico (90 % es r3pidamente asimilable).

b. Guano de islas pobre: Gonzales (1951), menciona que este tipo de guano presenta un mayor contenido de 3cido fosf3rico, porque el nitr3geno antes presente se volatiliz3.

Ambos tipos de guano de islas son caracterizados en la tabla 02.

Tabla 02: Composici3n del guano de islas rico y pobre

Composici3n	Guano de isla	
	Rico	Pobre
N total (%)	9 - 15	1 - 2
P ₂ O ₅ (%)	8	16 - 20
K ₂ O (%)	1 - 2	1 - 2
CaO (%)	7 - 8	16 - 19
MgO (%)	0.4 - 0.5	-
S (%)	1.5 - 1.6	-
Humedad (%)	20	12
pH	6.2 - 7	-

Fuente: Villagarcía (2014)

2.6.3 Experimentos de uso de guano de isla combinado con esti3rcol

Calzada (1956), realiz3 un experimento en la parte alta del Callej3n de Huaylas a 4450 m.s.n.m. Se sembr3 la variedad de papa “Casablanca” aplicando esti3rcol de corral en el fondo de surco, adem3s se aplic3 diferentes cantidades de guano de isla entre semilla y semilla. Los resultados se muestran en la Tabla 03.

Tabla 03: Rendimiento de papa (kg ha^{-1}) obtenidos con cantidades crecientes de guano de islas, con y sin estiércol de corral

Tratamientos	Equivalente en guano de islas (kg)	Rendimiento sin estiércol (kg ha^{-1})	Rendimiento con estiércol (kg ha^{-1})
Testigo sin N	0	4583	9900
60 kg de N	405	7800	14.367
120 kg de N	809	8017	14933
180 kg de N	1214	11617	16933
240 kg de N	1618	10217	17233

Fuente: Calzada (1956)

El resultado muestra claro efecto positivo que genera el estiércol combinado con guano de isla en el rendimiento de cultivo de papa. Cuando se aplicó la dosis de 809 kg de guano de islas con estiércol el rendimiento fue casi el doble que el tratamiento del guano de islas sin aplicación de estiércol. Además, el tratamiento con 1618 kg de guano de isla solo tuvo un rendimiento de 10217 kg, pero sumado a la aplicación de estiércol este rendimiento aumentó hasta 17233 kg (Tabla 03).

Asimismo, Zavaleta (1992) refiere un experimento en cinco lugares diferentes de la sierra peruana en el cultivo de papa (Tabla 04), para conocer el efecto comparativo en el rendimiento (t ha^{-1}) formulando los siguientes tratamientos:

T1: Testigo sin aplicación

T2: 560 kg ha^{-1} de guano de Islas (12.5 % N)

T3: 5000 kg ha^{-1} de estiércol de corral (1 % N total)

T4: 5000 kg ha^{-1} de estiércol combinado con 560 kg/ha guano de Islas

Se aplicó en suelos de cinco lugares diferentes cuyo contenido de materia orgánica era 1.55 % en promedio.

Tabla 04: Efecto comparativo de rendimientos ($kg\ ha^{-1}$) con guano de isla y estiércol

Tratamientos	Departamentos (kg/ha)					Incremento (%)
	Cajamarca	Ayacucho	Ancash	Puno	Junín	
Testigo	1376	4352	5389	5933	7741	100
Guano de islas	4972	8407	9056	9644	11870	220
Estiércol	2602	5889	14630	7311	11537	210
Guano y estiércol	8685	13815	22630	13511	15796	372

Fuente: Zavaleta (1992)

Estos resultados mostrados en la Tabla 04 indican que la aplicación de guano de islas es superior al testigo en todos los lugares, y también es superior al estiércol, excepto en Ancash. Y en ambos casos, la aplicación tanto de guano de islas como del estiércol por separado duplicó o fueron superiores al testigo en el rendimiento. Sin embargo, la aplicación combinada de guano de islas y de estiércol de corral ha sido altamente beneficiosa, y en promedio estuvo cerca de cuadruplicar el rendimiento. Posiblemente se deba a la actividad microbiana que acompaña al guano de isla al acelerar la mineralización de la materia orgánica (Zavaleta, 1992).

2.7 Biofertilizantes

2.7.1 Biohidrolizados de pescado

Sánchez (2008), señala que los residuos generados por la industria pesquera (vísceras, cabezas, piel, etc.) contaminan el medio ambiente. Sin embargo, esos residuos se pueden aprovechar para elaborar biofertilizantes mediante el ensilaje, el cual permite generar un producto rico en nutrientes. La elaboración de ensilado biológico comprende dos procesos distintos que se complementan: el primero corresponde a la hidrólisis de las proteínas y el segundo refiere a la acidificación que es producida por microorganismos (Martínez, 2003).

Zapata & Gutiérrez (2015) expresa que el biohidrolizado de pescado es la descomposición de las proteínas en péptidos de diferentes tamaños. En esta hidrólisis se generan péptidos de menor tamaño. La eficiencia de hidrólisis dependerá de la cantidad de enlaces péptidos que se pueda romper en el proceso, esto se puede acelerar con el uso de enzimas proteolíticas.

Juscamaita (2017), define el biohidrolizado de pescado como un biofertilizante líquido que proviene de los restos de pescado de la industria y/o de los terminales pesqueros que pasan por un proceso de fermentación láctica mediante un consorcio microbiano llamado “Biolac”

(bacterias ácido lácticas). De esta forma se produce la hidrólisis de los enlaces proteicos de este abundante insumo de la costa peruana.

En otras investigaciones, García (2008) logró obtener biohidrolizado de pescado con valores de pH cercanos a 4, buen olor y estable por más de seis meses, utilizando concentraciones de 15 por ciento de “Biolac”, 15 por ciento de melaza de caña y 70 por ciento de residuos de pescado (cabezas, vísceras, huesos, espinas) incubados a 40 °C por cuatro días en condiciones anaeróbicas, mediante un análisis químico se obtuvo los porcentajes de micronutrientes.

Bossio (2007), realizó un experimento para la obtención de un fertilizante orgánico basado en residuos de pescado biohidrolizado y enriquecido en fósforo con roca fosfórica (fosfato natural de Sechura), mediante un proceso de fermentación ácido láctica; y también evaluó su efectividad como biofertilizante en un ensayo en invernadero sobre el cultivo de maíz utilizando “Biolac” como fuente de bacterias y melaza como fuente de carbono para el proceso de hidrólisis de pescado. Los resultados mostraron que el ácido láctico fue ineficiente en solubilizar el fósforo, asimismo los resultados con los fertilizantes orgánicos basados en residuos de pescado obtuvieron rendimientos similares al tratamiento control.

Aguirre (2016), evaluó el efecto solubilizante del biohidrolizado de pescado sobre el fosfato natural de Sechura, y harina de huesos como fuente de fósforo; además usó la harina de cuernos y pezuñas de vacuno como fuente de nitrógeno. Los mismos fueron incubados durante 30 días a temperatura ambiente y se fue aplicando junto con los riegos en 3 fraccionamientos. No obtuvo diferencia significativa entre los niveles de los productos aplicados en combinación y mezclados con el biohidrolizado de pescado.

2.7.2 Microorganismos eficientes (E.M.)

El uso agrícola de E.M. es una alternativa para la práctica de una agricultura natural que no dañe el medio ambiente y aumente el rendimiento en los cultivos. Los microorganismos eficientes son un cultivo mixto de microorganismos beneficiosos para el suelo, generando un ambiente favorable para el crecimiento de las plantas. Desde 1980 el profesor Higa ha realizado muchas investigaciones sobre los efectos del E.M en las plantas tales como prevenir enfermedades en las plantas, mejorar la solubilidad de los minerales en el suelo, aumentar la eficiencia fotosintética y la fijación biológica del nitrógeno (Higa, 1990). Además, Noriega (2015) expresa que la función principal de estos microorganismos es promover la descomposición y la fermentación de la materia orgánica con tal de promover

la producción de sustancias útiles como aminoácidos, alcoholes, ácidos orgánicos y sustancias antioxidantes.

En un estudio realizado sobre elaboración de compost con residuos de cocina doméstica aplicando microorganismos eficientes, se encontró diferencia significativa entre el testigo y el compost con aplicación de E.M, al evaluar los parámetros de humificación, reducción de grasa y contenido de nitrógeno, siendo mayores en este último (Fan, Lee, Klemeš, Chua, Sarmidi & Leow, 2017).

Poma (2007), evaluó el efecto de E.M. en un programa de fertilización química y orgánica en el cultivo de maíz morado PMV 581 sobre el desarrollo, rendimiento y la concentración de antocianinas de la coronta. Según los resultados se pudo concluir que la aplicación de E.M. tuvo efecto en el rendimiento y concentración de antocianinas posiblemente al aumento de mineralización por parte de los microorganismos, obteniéndose los más altos valores de rentabilidad.

2.7.3 AminoVigor

AminoVigor es un bionutriente líquido, obtenido por hidrólisis enzimática de pescado mediante procesos fermentativos. Contiene alta concentración de aminoácidos biológicamente activos, péptidos, ácidos orgánicos, vitaminas, materia orgánica líquida, hormonas naturales, microorganismos benéficos, macro y micro elementos minerales en forma disponible (Ecocampo, 2016).

2.8 Relación peso seco parte subterránea/Aérea

La división de fotosintatos entre raíces y parte aérea con frecuencia se ha analizado como un equilibrio que influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Cada especie de planta puede tener diferentes patrones para el transporte y distribución de fotosintatos. Maturano (2002), dice que la asignación de fotosintatos y sus efectos sobre la distribución de materia seca está influenciada por varios factores ambientales, como la baja temperatura, el nivel hídrico y la deficiencia de nutrientes. La parte aérea de la planta depende de la raíz para obtener agua y nutrientes, mientras que las raíces dependen de la parte aérea para obtener carbohidratos (Barrios et al., 2014). El crecimiento de la raíz está estrechamente relacionado con el crecimiento total de la planta. Esta relación se llama alometría o crecimiento relativo (Fageria & Baligar, 2005).

Fageria & Baligar (2005), expresan que el estrés ambiental incrementa el peso relativo de las raíces comparado con el peso de la parte aérea. Aunque la deficiencia de numerosos nutrientes modifica esta relación, una limitación hídrica o nitrogenada son los factores que más frecuentemente alteran la relación raíz/órganos aéreos. Cuando una planta es deficiente en N, una mayor proporción de fotosintatos se alojan en las raíces, promoviendo su crecimiento y, consecuentemente, este mayor crecimiento aumenta su capacidad de absorber N. Esta mayor translocación de fotosintatos desde los órganos aéreos a las raíces, desarrolladas en condiciones deficitarias en N, es explicada por una mayor fuerza de las raíces como destinos, en comparación con otros órganos aéreos.

2.9 Contribución de la raíz en el peso total de la planta

Los cultivos pueden acumular productos fotosintéticos en sus tallos, hojas, granos y raíces. Para tal efecto, es necesario el desarrollo de un buen sistema radicular para producir buenos rendimientos de los cultivos. Un sistema de radicular bien desarrollado garantiza la absorción adecuada de agua y nutrientes.

La distribución de los fotosintatos en la raíz, el tallo y los granos se determina genéticamente, pero también varía con las condiciones ambientales. Poco se sabe sobre los efectos de las prácticas de manejo agronómico en el desarrollo de las raíces, ya que es difícil separarlas del suelo cuando están en crecimiento. La contribución de las raíces de los cultivos anuales al peso total de la planta varía de 10 - 20%, dependiendo de las especies y cultivares (Fageria & Baligar, 2005).

Maturano (2002), evaluó los efectos del agua, nitrógeno y economía del carbono asociados al crecimiento, desarrollo y formación del rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la zona de Pergamino (Argentina) y Albacete (España). Su experimento tuvo tratamientos con distintas dosis de fertilización nitrogenada y aplicaciones de riego en dos ciclos agrícolas 1999-2000. La relación raíz/parte aérea fue similar entre tratamientos en el ciclo 1999. Los valores medidos fueron de 6, 7 y 6 % para nitrógeno óptimo (Nop), nitrógeno convencional (NC) y testigo (T) respectivamente. En el año 2000, se encontraron diferencias entre el tratamiento testigo y los tratamientos fertilizados. Los valores medidos fueron de 5, 7 y 12 % para nitrógeno óptimo (Nop), nitrógeno convencional (NC) y testigo (T) respectivamente. Por otro lado, en el ciclo 1999 los valores para la contribución de la raíz (peso seco raíz/materia seca total) fueron 6, 7 y 6 por ciento para los mismos tratamientos. En el año

2000 también, se encontró una diferencia entre el testigo y los demás tratamientos, hallándose valores de 5, 7 y 11 para Nop, NC y T respectivamente.

Fageria & Baligar (2005), evaluaron cultivos de cobertura de leguminosas bajo tres niveles de fósforo; en el tratamiento testigo la contribución de las raíces al peso total de la planta varió entre 4.91 % y 21.50 % con un valor promedio de 12.98 %. Con 100 mg de fósforo por kg, la contribución de la raíz al peso total de la planta varió entre 11.30 % y 25.16 %, con un valor promedio de 18.93 %. A la tasa de 200 mg de fósforo por kg, la contribución de las raíces al peso total de la planta varió entre 6.36 % y 25.91 %, con un valor promedio de 14.79 %. En general, la contribución de la raíz al peso total de la planta puede estar asociado con la respuesta de las leguminosas a la fertilización con fósforo. En otro experimento se investigó la contribución de raíces de 20 genotipos de arroz de tierras altas cultivados a dos niveles de nitrógeno en un Oxisol brasileño. En este estudio, la interacción del genotipo con los niveles de nitrógeno fue significativa porque algunos genotipos fueron altamente sensibles a la aplicación de nitrógeno mientras que otros no. En el tratamiento control, la contribución de raíces al peso total de la planta varió entre 12 % y 30 %, con un valor promedio de 22 %. El tratamiento del suelo de 300 mg N por kg, la contribución del peso de la raíz al peso total de la planta varió de 3 % a 21 %, con un valor promedio de 14 %. Podemos observar que el porcentaje de la contribución de la raíz disminuye al tener un mayor crecimiento al igual que en el experimento presentado.

2.10 Extracción de nutrientes

2.10.1 Nitrógeno en la planta

El nitrógeno constituye las proteínas y otros compuestos orgánicos esenciales para la planta. También se encuentra en forma inorgánica como compuestos amónicos, nítricos y nitritos. Además, constituye aproximadamente el 2 % de la materia seca total de la planta, encontrándose una mayor concentración en los tejidos jóvenes. En los tejidos maduros disminuye al tiempo que aumenta el contenido de celulosa. Las hojas concentran la mayor cantidad de nitrógeno, pero su contenido es menor cuando la planta empieza a producir flores (Fuentes, 1999). Wild (1992) afirma que cuando se aumenta el suministro de nitrógeno se genera un aumento de proteínas, lo cual provoca un mayor crecimiento en las hojas y aumenta el área foliar. Sin embargo, si se tiene un aporte excesivo también es mayor la demanda de compuestos carbonatados, generándose células grandes con finas paredes celulares que vuelven la planta más susceptible al ataque de insectos y hongos. El nitrógeno

es absorbido por la planta en forma de iones nitrato y amonio. La forma nítrica es más abundante en la mayoría de suelos (Fuentes, 1999).

2.10.2 Mineralización del nitrógeno orgánico en el suelo

Según Wild (1992), la mineralización del nitrógeno es la transformación del nitrógeno orgánico a formas inorgánicas como amonio y nitrato (Tabla 05). Este proceso se lleva a cabo gracias a la presencia de microorganismos en el suelo. La mayor proporción de nitrógeno en el suelo está en forma orgánica y no puede ser asimilado por la planta, para ello debe transformarse a nitrógeno mineral (Tisdale, 1991).

Tabla 05: Proceso de mineralización del nitrógeno

Proceso	Transformación	Organismos
Aminización	Proteínas → aminas y aminoácidos	Bacterias y hongos heterótrofos en el ambiente aerobio
Amonización	Proteínas y aminoácidos → amonio	Heterótrofos saprófitos y depredadores incluyendo bacterias, hongos y protozoarios
Nitrificación	Amonio → nitrito → nitrato	Principalmente bacterias autótrofas

Fuente: Adaptado de Wild (1992) y Fuentes (1999)

2.10.3 Fósforo

Se encuentra disponible para la planta en dos formas ($H_2PO_4^-$ Y HPO_4^{2-}). En el caso del cultivo de maíz favorece una buena fecundación, buen desarrollo radicular y crecimiento del grano. La etapa de máxima absorción de nitrógeno coincide con la del fósforo (Guerrero, 2000). Por otro lado, Uhart & Echevarria (1997) mencionan que las deficiencias de fósforo pueden afectar la radiación interceptada por el cultivo y la partición de la materia seca hacia estructuras reproductivas. El fósforo es parte integrante de las enzimas fotosintéticas (Rubisco, PEP carboxilasa) y de compuestos tales como ATP, ADN, ARN e interviene en procesos como la fotosíntesis, absorción de iones, síntesis de proteínas y compuestos orgánicos, translocación de asimilados, etc.

Wild (1992) refiere que los fosfatos son esenciales para el desarrollo del tejido meristemático y la división celular; resalta que se puede notar increíble efecto del aporte de fósforo sobre las raíces en suelos que han tenido una fuerte carencia de este elemento.

2.10.4 Potasio

Es el más abundante de los cationes en los jugos celulares; participa en diferentes procesos fisiológicos de la planta, siendo uno de los más importantes la síntesis de proteínas. Asimismo, es importante en el transporte de los fotosintatos que se generan en las hojas y se distribuye hacia el resto de la planta. Por otro lado, es muy común encontrar suelos con cantidad insuficiente de potasio (Wild, 1992).

La deficiencia de potasio genera raíces pequeñas y débiles, con lo que la planta es más sensible al ataque de hongos y al encamado. También afecta el crecimiento de las mazorcas en maíz (Guerrero, 2000).

Jordan - Meille & Pellerin (2008) investigaron la respuesta morfológica del maíz a la deficiencia de potasio, sugiriendo que las funciones biofísicas se afectan primero. El maíz se cultivó en un invernadero bajo condiciones hidropónicas. Para la mitad de las plantas, se eliminó el potasio de la solución de nutrientes de la cuarta etapa de hojas visibles. El contenido de potasio en las plantas con déficit potásico disminuyó de 100 a 30 mM, y no se compensó por completo con un aumento en otros cationes. Las tasas de elongación de las hojas se redujeron en las plantas privadas de K, mientras que las tasas de elongación de la raíz axilar aumentaron ligeramente entre los 45 días y los 75 días después de iniciado el déficit potásico, y se redujeron posteriormente. Las funciones fisiológicas de la planta y la tasa de crecimiento de los órganos, son probablemente los primeros afectados con la deficiencia de K.

2.10.5 Macronutrientes y micronutrientes

En la Tabla 06, se muestran algunos de los elementos minerales relacionados con su metabolismo fisiológico. Así, el calcio es muy importante para el adecuado crecimiento y funcionamientos de los ápices radicales y los protege frente a desequilibrios iónicos. El magnesio funciona como cofactor en casi todas las enzimas que se necesitan para la fosforilación. Por otro lado, para poder formar proteínas en las plantas es necesario el azufre; su carencia afectaría muchas reacciones bioquímicas (Wild, 1992).

El cultivo de maíz puede presentar deficiencia de boro, sobre todo en suelos ácidos; esto se puede notar en la mazorca que solamente se arruga, por un lado. En terrenos arenosos puede presentarse falta de magnesio, la cual se puede corregir con una fertilización más completa (Guerrero, 2000).

El cobre es esencial para la fotosíntesis, porque es el constituyente principal de la plastocianina. El manganeso es necesario en los cloroplastos en un complejo que oxida agua para producir oxígeno molecular, iones hidrógeno y electrones. Respecto al zinc, desde hace muchos años se sabe que es importante en la síntesis de auxinas (Wild, 1992).

Tabla 06: Nivel normal de concentración de nutrientes en una planta entera de maíz

Elemento	Planta entera, con 3 ó 4 hojas
Ca (%)	0.9 - 1.6
Mg (%)	0.3 - 0.8
S (%)	0.2 - 0.3
B (ppm)	7 - 25
Cu (ppm)	7 - 20
Fe (ppm)	50 - 300
Mn (ppm)	50 - 160

Fuente: Rodríguez & De león (2008)

2.11 Metales pesados

Una gran cantidad de metales es liberada al suelo por la actividad humana. El exceso de plomo, cadmio, cromo entre otros generan toxicidad en las plantas; esto lo podemos encontrar particularmente en suelos ácidos. El exceso de metales pesados afecta el crecimiento de raíces laterales y secundarias. Tanto la acumulación del cadmio como el plomo pueden generar un peligro al ingresar en la cadena trófica. La toxicidad de metales pesados puede generar nuevos radicales libres y moléculas como el oxígeno en estado singlete (molécula de alta reactividad) que son altamente tóxicos para las células de las plantas. La toxicidad del plomo puede alterar el proceso de fotosíntesis en los cloroplastos, además puede provocar un desequilibrio en la absorción de nutrientes, bloqueando en las raíces el ingreso de cationes como K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} e iones nitrato (García, 2006).

El Al y el Cd inhiben la intensidad de los procesos de fotosíntesis y la transpiración, mientras que Zn, Pb y Cu causan una drástica reducción en la eficiencia del uso del agua, lo que sugiere que factores diferentes a los propios del cierre de estomas juegan un papel en la inhibición de la fotosíntesis (García, 2006)

Estudios realizados por Miranda, Carranza, Fischer, Rojas, Jerez & Zurita (2008) evaluaron los niveles de metales pesados en hortalizas. Este experimento se realizó en un fundo en Soacha, ubicada en la cuenca media del río Bogotá en Colombia. Encontraron que las concentraciones de cadmio en el agua del riego estuvieron cercanas a los límites establecidos por las normas vigentes nacionales e internacionales, mientras que los niveles en el suelo estuvieron dentro del rango normal. La lechuga y el apio, a los 74 días después de trasplante, con 0,40 y 0,43 mg kg⁻¹ peso fresco respectivamente, presentaron contaminación con cadmio superando el límite de la norma de la Unión Europea. En las dos hortalizas, las concentraciones de plomo superaron la concentración máxima permitida en alimentos para lactantes y niños de corta edad establecida por la Unión Europea. En general, la lechuga acumuló niveles más altos de metales pesados que las otras tres especies. En otro estudio realizado en Colombia, Peláez, Bustamante & Gómez (2016) investigaron la acumulación de cadmio y plomo en especies del género *Brachiaria* spp en una zona afectada por la industria petroquímica. Encontraron que los mayores niveles de bioacumulación de metales pesados en tejidos vegetales presentaron el siguiente orden: raíz > tallo > hojas. Quedó demostrada la adaptación de las pasturas *Brachiaria* a estos suelos con alta persistencia de metales pesados en sus primeros 5 cm. Por lo tanto, estas plantas presentan bioacumulación de cadmio y plomo sobre todo en las raíces.

Cuevas & Walter (2004), estudiaron la absorción y la distribución de metales pesados (cromo, plomo y cadmio) con tratamientos en diferentes dosis de compost de lodo residual en maíz. Los metales pesados analizados no presentaron ningún problema para la planta. En el caso del cadmio los valores hallados en tallo y hoja se encontraron lejos de los valores considerados críticos y en el caso del plomo y del cromo, el 100 % de estos elementos quedaron retenidos en las raíces y no pasaron a la parte aérea de la planta. Por otro lado, Ruiz & Armienta (2012) determinaron el impacto de los residuos mineros, estudiando las concentraciones de arsénico y metales pesados (plomo, zinc y cadmio) en cuatro sustratos bajo la influencia de los jales mineros. Evaluaron la acumulación y efectos en el desarrollo de plantas de maíz en invernadero bajo condiciones controladas por 70 días. Las plantas de maíz sembradas en los sustratos con mayores concentraciones de metales pesados mostraron

síntomas visibles de toxicidad como: necrosis, clorosis, reducción de lámina foliar y disminución del crecimiento. El plomo y zinc fueron los elementos con mayor concentración en los sustratos y en las plantas. En los sustratos, las concentraciones de plomo fueron 66.5 a 6166 mg kg⁻¹. A los 70 días de crecimiento la concentración de plomo en la parte aérea fue de 3.7 a 38.5 mg kg⁻¹.

Por otro lado, el Ministerio de la Presidencia de España (2013) resalta la importancia del cuidado que se debe dar al suelo agrícola, garantizando su fertilidad y valor agronómico, ya que su mal manejo puede tener posibles repercusiones en la salud y la seguridad de las personas y el medio ambiente. Dicho ministerio mediante el artículo 12 del Real Decreto N° 506 publicado en el boletín oficial de España, en marzo del 2013 establece los límites máximos de metales pesados para el suelo clasificado según el tipo de uso (Tabla 07).

Tabla 07: Estándares de calidad ambiental para el suelo

Parámetros	Usos del suelo (mg kg ⁻¹ de materia seca)		
	Suelo agrícola	Suelo de parques	Suelo industrial
Cadmio	1.4	10.0	22.0
Cromo	0.4	0.4	1.4
Plomo	70.0	140.0	1200.0

Fuente: Ministerio del Ambiente Español (2013)

En la Tabla 08 se muestra los límites máximos para la concentración de metales pesados en fertilizantes elaborados con materia prima de origen animal o vegetal, clasificadas según la rigurosidad en tres categorías.

Tabla 08: Límites máximos de metales pesados en fertilizantes

Metales pesados	Límites de concentración (mg kg ⁻¹)		
	Clase A	Clase B	Clase C
Cadmio	0.7	2	3
Cobre	70	300	400
Níquel	25	90	100
Plomo	45	150	200
Zinc	200	500	1000
Mercurio	0.4	1.5	2,5
Cromo	70	250	300

Fuente: Ministerio del Ambiente Español, 2013

Asimismo, se muestra en la Tabla 09 los límites de concentración de metales pesados en tejidos foliares para varias especies (Kabata - Pendias, 2000).

Tabla 09: Límites de concentración de metales pesados en tejidos foliares

Elemento	Concentración (mg/kg)		
	Suficiente o normal	Excesiva o tóxica	Tolerables en cultivos agrícolas
Cromo	0.1-0.5	5-30	2
Cadmio	0.05-0.2	5-30	0.05-0.5
Plomo	5-10	30-300	0.5-10
Níquel	0.1-5	10-100	1-10
Manganeso	30-300	400-1000	300
Mercurio	-	1-3	0.05-0.5
Cobre	5-30	20-100	5-20

Fuente: Kabata – Pendias (2000)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación experimental

La investigación se realizó en el Laboratorio e Invernadero de Fertilidad del Suelo del Departamento de suelos, facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria-La Molina, cuya ubicación geográfica se detalla en la Tabla 10.

Tabla 10: Ubicación geográfica y política del experimento

Latitud	12°05'16'' S
Longitud	76°57'00'' O
Altitud	246 m.s.n.m.
Departamento	Lima
Provincia	Lima
Distrito	La Molina

3.2 Condición climática

Las variables climáticas para los meses en los cuales se llevó a cabo el experimento se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11: Condiciones meteorológicas del experimento

Parámetros	Junio	Julio	Agosto
Temperatura máxima (°C)	20.40	19.30	19.13
Temperatura mínima (°C)	15.60	14.60	13.37
Temperatura promedio (°C)	17.50	16.80	15.70
Humedad relativa (%)	80.50	78.50	81.15
Precipitación (mm)	0.07	0.05	0.13

Fuente: Estación experimental Alexander Von Humbolt - UNALM

3.3 Abonos orgánicos

En el experimento se usó las siguientes fuentes de abonos orgánicos:

- **Estiércol de camélido:** Procedente del distrito de Oyolo de la provincia de Páucar del Sara Sara, Ayacucho.
- **Guano de islas:** Es un abono natural de alta calidad, procesado a partir de excrementos de las aves guaneras, proveniente del Ministerio de Agricultura.
- **Microorganismos eficientes:** Desarrollado por el Dr. Teruo Higa como acelerador de la mineralización. El producto pertenece a la empresa Bioem. El contenido mínimo de bacterias ácido lácticas, bacterias fototrópicas y levaduras es de 10^4 , 10^3 y 10^3 UFC/ml respectivamente.
- **Amino Vigor:** Producida por la empresa Ecocampo a partir de los residuos del pescado procedentes del terminal pesquero de Villa María del Triunfo, Lima. Es utilizado comercialmente como abono en la producción orgánica de diversos cultivos. El producto contiene un 28.13 % de materia orgánica además de 20.5 gr de N, 2.81 gr de P, 8.24 gr de K, 8.24 gr de Ca, 0.79 gr de Mg, 82.8 mg de Fe, 3.16 mg de Cu, 5.52 mg de Zn, 2.08 mg de Mn. 11.83 mg de boro y 15 % de aminoácidos libres.
- **Biohidrolizado enzimático de pescado:** Es un abono obtenido mediante el ensilado biológico de residuos de pescado, que se procesa en el laboratorio de biotecnología ambiental y biorremediación de la UNALM, a cargo del profesor Juan Juscamaita.

La caracterización química de la composición de los abonos orgánicos presentados para este experimento se describe en la Tabla 12, elaborado en base a los datos de análisis en el laboratorio LASPAF - UNALM.

Tabla 12: Análisis químico de la composición de los abonos orgánicos

Parámetros	Estiércol de camélido	Guano de islas	Amino vigor	Biohidrolizado de pescado	E.M.
pH	7.26	6.21	4.88	4.36	3.43
C.E (dS/m)	4.77	61.20	26.90	15.50	7.17
M.O. (%)	72.92	14.06	25.00	17.18	1.60
N (%)	1.71	1.52	2.30	1.75	0.03
P₂O₅ (%)	0.84	1.47	0.31	0.13	0.01
K₂O (%)	1.38	3.57	1.07	0.41	0.17
CaO (%)	1.77	10.75	0.34	0.019	0.06
MgO (%)	0.55	0.80	0.07	0.05	0.02
Na (%)	0.03	1.27	0.18	0.83	0.16
Fe (ppm)	3105.00	1700.00	31.65	11.65	5.20
Cu (ppm)	15.00	16.00	1.75	0.80	0.22
Zn (ppm)	61.00	200.00	9.15	5.95	0.62
Mn (ppm)	338.00	51.00	1.55	0.65	0.44
B (ppm)	27.00	33.00	6.27	0.06	0.70
Pb (ppm)	7.75	16.25	1.77	1.08	0.31
Cd (ppm)	2.75	6.5	0.23	0.22	0.08
Cr (ppm)	21.75	49.25	0.78	0.86	0.14

Fuente: LASFAP (2017)

3.4 Sustratos

Para el experimento se usó arena de río extraída de la zona de Cieneguilla y suelo del campo agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina de textura franco arcillo arenoso. Se mezcló 50 % de arena de río con 50 % de suelo de la UNALM en volumen. En la Tabla 13 se muestra la característica fisicoquímica del suelo, arena y la mezcla empleada en el experimento.

Tabla 13: Análisis completo de suelo y de la mezcla de arena y suelo

Parámetros	Suelo UNALM	Arena	50% arena con 50% de suelo UNALM
pH	7.46	7.63	7.22
C.E ds/m	1.05	0.50	0.93
CaCO₃ (%)	2.90	0.20	1.40
M.O (%)	1.31	0.11	1.05
P (ppm)	38.50	2.80	21.70
K (ppm)	277.00	54.00	209.00
Arena (%)	55	95	77
Limo (%)	21	3	9
Arcilla (%)	24	2	14
Clase Textural	Fr.Arc.A	Ar.	Fr.A.
CIC (meq/100 g)	11.52	4.80	17.51
Ca²⁺ (meq/100 g)	9.30	4.02	8.80
Mg²⁺ (meq/100 g)	1.42	0.50	7.16
K⁺ (meq/100 g)	0.70	0.14	1.07
Na⁺ (meq/100 g)	0.10	0.14	0.48
Al³⁺ + H⁺ (meq/100 g)	0.00	0	0.10
Pb (mg/kg)	61.76	3.25	34.35
Cr (mg/kg)	18.39	3.84	14.35
Cd (mg/kg)	1.91	0.51	1.19

Fuente: LASFAP (2017)

3.5 Agua para riego

Para el experimento se usó agua proveniente de la localidad de Huachipa (Lima), ésta presenta un pH ligeramente alcalino y está clasificada como C₃ - S₁ (Tabla 14) además, tiene un contenido moderado de sales solubles y bajo nivel de sodio, lo cual no presenta ningún riesgo para el desarrollo del cultivo.

Tabla 14: Análisis fisicoquímico del agua utilizado para el riego

Variables	Unidades	Valor
pH		7.52
C.E	dS/m	0.79
Calcio	meq/l	5.18
Magnesio	meq/l	1.22
Potasio	meq/l	0.20
Sodio	meq/l	2.48
Suma de cationes		9.08
Nitrato	meq/l	0.10
Carbonato	meq/l	0.00
Bicarbonato	meq/l	3.04
Sulfato	meq/l	2.90
Cloruro	meq/l	2.10
Suma de Aniones		8.14
Sodio	%	27.31
RAS		1.38
Boro	mg/L	0.62
Clasificación		C3-S1
Cobre	mg/l	0.01
Zinc	mg/l	0.24
Manganeso	mg/l	0.00
Hierro	mg/l	0.00

Fuente: LASFAP (2017)

3.6 Materiales empleados

Materiales:

- Cuaderno de apuntes
- 60 macetas de 3 litros de capacidad
- Arena
- Cinta métrica
- Bandejas de plástico
- Bolsas de papel kraft

- Tamiz de 2 mm de diámetro de abertura
- Semilla de maíz amarillo duro “Experimental 5”
- Etiquetas para rotular los tratamientos en las macetas
- Vernier
- Regla de 60 cm
- Cámara fotográfica

Materiales de laboratorio:

- Balanza eléctrica de precisión de 0.1 aprox.
- Estufa para secado de tejidos
- Papel filtro

3.6.1 Cultivo indicador

La planta usada como indicador fue una variedad de maíz amarillo duro “Experimental cinco” recomendada por el Programa de Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por el Ing. Julián Chura Chuquija. Es una semilla híbrida que posee las siguientes características:

- Adaptación: meses de invierno en costa central.
- Periodo vegetativo: 160-180 días.
- Altura de planta: 2.50-2.80 m.
- Resistente al tumbado.
- Mazorcas por plantas: 1.5.
- Potencial rendimiento: 12 toneladas por hectárea.

3.7 Manejo del ensayo experimental

En la investigación realizada se utilizó maíz amarillo duro var. Experimental cinco, sembrado en macetas, aplicando el estiércol de camélido en combinación con el guano de islas, biohidrolizado de residuos de pescado, microorganismos eficientes (E.M) y Aminovigor como activadores del estiércol. La proporción aplicada por maceta de estiércol de camélido combinado con el guano de las islas fue 20:1.

Respecto a los microorganismos eficientes, estos están en latencia dentro del producto comercial, fueron activados mezclando 10 ml de melaza con 18 ml de agua limpia sin cloro, luego se agregó 10 ml de E.M, conforme a la especificación técnica del producto. La cantidad de agua requerida para humedecer 100 gramos de estiércol es 237 ml, para obtener una concentración de 5 % de E.M se vertió 45 ml del producto activado (contiene 11.85 ml del producto comercial) en un recipiente y se enrasó a 237 ml. La incubación de E.M. en el estiércol se realizó por cinco días conforme lo indicado en la referencia técnica del producto.

Para poder conocer la cantidad de agua necesaria que humedezca completamente el estiércol seco al aire, se procedió a mojar 100 gramos hasta llevarlo al estado friable. Para lograrlo se agregó gradualmente aspersión localizada de agua hasta humedecerlo homogéneamente, alcanzando de manera práctica la consistencia de estado friable. Este estado se alcanzó con 237 ml de agua añadida.

Para realizar la incubación de los aceleradores de mineralización se mezcló 1 kg de estiércol de camélido con Amino Vigor, Biohidrolizado de pescado, E.M en cada tratamiento. La cantidad de agua añadida al estiércol de camélido para llevarlo a estado húmedo (friable) fue de 2370 ml. La concentración del E.M es de 5 % del volumen total de la mezcla de agua y el producto, la misma proporción de 5 % también para el biohidrolizado de pescado y amino Vigor. Para cada maceta se usó 11.85 ml de los biofertilizantes combinados con 100 g de estiércol según el tratamiento que corresponde.

Se dejó incubar por 10 días en el invernadero de malla antiáfido, luego de retirar la cubierta de los productos incubados, se esperó cinco días para que la mezcla pueda secarse lentamente y de esta forma facilitar la aplicación.

Luego se determinó la humedad de cada mezcla incubada; con esa referencia se tomó el peso correcto, tomando en cuenta el contenido de agua (Tabla 15).

Tabla 15: Cantidad de humedad en los sustratos usados

Mezcla	Porcentaje de humedad (%)	Peso a usar por maceta (g)
Amino Vigor + Estiércol	107.75	200
Hidrolizado de pescado + Estiércol	97	190
E.M + Estiércol	67.23	160

De estas mezclas se pesó la cantidad necesaria para cada maceta en sus respectivos tratamientos. Para instalar las macetas se utilizó 3.5 kg de suelo-arena en proporción volumétrica de 1:1 (1.75 kg de arena + 1.75 kg de suelo), a esto se le incorporó la mezcla incubada de acuerdo al tratamiento, y también el guano de isla según los tratamientos. Esta nueva mezcla fue debidamente homogenizada, conformándose de ese modo 10 repeticiones para cada uno de los seis tratamientos.

Se sembró cinco semillas en cada maceta. Las plántulas en promedio demoraron seis días en emerger. Una semana después se realizó el desahije, dejando 4 plantas por maceta.

La capacidad de campo del suelo se determinó a través del riego saturado de 6 macetas, una de cada tratamiento. El riego se detuvo en el momento que comenzaron a salir gotas de agua por la parte inferior de la maceta. Luego se pesaron las macetas cuando las gotas dejaron de salir. Se promedió el contenido de agua en las seis macetas evaluadas y se determinó que la cantidad de agua que llevaba a la capacidad de campo al suelo fue de 525 ml en promedio.

Los riegos eran tres veces por semana, la cantidad de agua aportada en cada riego se determinaba después de pesar cada maceta, la diferencia respecto al peso inicial de la maceta en capacidad de campo era la cantidad de agua que se reponía.

3.8 Características de las unidades experimentales

Cada unidad experimental estaba representada por una maceta y cuatro plantas de maíz, cada maceta tenía 3.5 kg de arena más los tratamientos. Las características de las unidades experimentales del presente trabajo se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16: Características del ensayo experimental

Número de plantas por maceta	4
Número total de macetas	60
Peso de cada maceta (kg)	0.2
Peso de suelo por maceta (kg)	3.6
Número de repeticiones	10
Número de tratamientos	6
Número de unidades experimentales	60

3.9 Tratamientos del experimento

Los tratamientos empleados en el experimento se presentan en la Tabla 17.

Tabla 17: *Tratamientos evaluados*

Tratamientos	Fuentes
T1	Sin estiércol
T2	Estiércol
T3	Estiércol + Aminovigor
T4	Estiércol + Biohidrolizado
T5	Estiércol + E.M.
T6	Estiércol + Guano de isla

3.10 Diseño experimental

Se empleó un diseño completamente al azar, con seis tratamientos y diez repeticiones. Las pruebas estadísticas realizadas fueron: Análisis de variancia y prueba de comparación de medias de Duncan al 5%. El modelo aditivo a emplear fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij} \quad i= 1,2,\dots,t \quad j= 1,2,\dots,r$$

Donde:

Y_{ij} = Valor observado en la j-ésima repetición para el i-ésimo tratamiento.

μ = Efecto de la media general.

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

e_{ij} = Efecto aleatorio del error experimental.

El cuadro de análisis de varianza para un diseño completamente al azar es el que sigue (Tabla 18).

Tabla 18: *Cuadro de análisis de varianza DCA*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado
Tratamiento	t-1	SCTrat	CMTrat	CMTrat/CMError
Error exp.	$\sum_{i=1}^T r_i - t$	SCErrror	CMError	
Total	$\sum_{i=1}^T r_i - 1$	SCTot		

3.11 Análisis estadístico

El análisis de variancia (ANVA) se realizó en todas las variables evaluadas, y en los casos donde el P-valor indique diferencias a niveles de tratamientos, se llevó a cabo la prueba de comparación de medias de Duncan con un nivel de significancia de 95 %, todos estos análisis se realizaron con el programa SAS versión 9.4 (SAS Institute Inc., 2013).

3.12 Características evaluadas

- **Altura de planta**

Con una cinta métrica se determinó la altura de una planta por unidad experimental.

- **Peso fresco y seco de la parte aérea**

Con una tijera se cortó cada planta para separar la parte aérea de las raíces, luego se cortó en pedacitos y colocados en una bolsa previamente pesada en una balanza digital, para obtener el peso fresco aéreo, luego la bolsa se colocó en la estufa por 48 horas a 75 °C, para obtener el peso seco de la parte aérea.

- **Peso fresco y seco de las raíces**

Con una tijera se cortó cada planta para separar las raíces de la parte aérea, se lavó el suelo de las raíces y se dejó secar al aire libre por cuatro horas, luego se cortó en pedacitos y colocó en una bolsa previamente pesada en una balanza digital, para obtener el peso fresco radicular, luego la bolsa se colocó en la estufa por 48 horas a 75 °C, para obtener el peso seco de la parte radicular.

- **Diámetro de tallo**

Previo a la cosecha se midió el diámetro a una altura de 3 cm de la base del tallo, de una planta por cada unidad experimental.

- **Relación peso seco raíz/parte aérea**

Se determinó la relación dividiendo el peso seco de la raíz entre el peso seco de la parte aérea del maíz.

- **Contribución de la raíz en el peso total de planta**

Se determinó dividiendo el peso de la raíz entre el peso total de la planta (área aérea + área radicular).

- **Análisis químico foliar completo**

Realizado por LASFAP – UNALM.

- **Análisis foliar y en el sustrato de metales pesados**

Realizado por LASFAP – UNALM.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Efecto de los tratamientos en el crecimiento de la planta

El efecto de los tratamientos en el crecimiento se observa en la Figura 01. Así, a los 20 días después de la siembra no se observó diferencias significativas entre los tratamientos; sin embargo, a los 32 días el estiércol con guano de islas superó a los demás tratamientos; en tanto las medias de los tratamientos con biohidrolizado de pescado, AminoVigor, microorganismos eficientes y estiércol, no mostraron diferencias significativas entre ellos, pero son superiores al testigo. Esta diferencia se mantuvo a los 45 días. A los 52, 62 y 68 días el estiércol con guano isla, AminoVigor y biohidrolizado de pescado son estadísticamente similares y superiores a los demás tratamientos; el estiércol con microorganismos eficientes y el estiércol son similares y superiores al testigo absoluto (Tabla 19).

Tabla 19: Efecto del estiércol y biofertilizantes en la altura de planta de maíz (*Zea mays L.*) La Molina 2017

Tratamientos	Altura de planta (cm) después del trasplante (DDS)					
	20	32	42	50	60	67
Testigo	26.49 c*	37.6 d*	41.86 d*	53.82 c*	60.36 c*	64.21 c*
Estiércol	28.33 abc	42.69 c	52.22 c	65.87 b	71.09 b	74.91 b
Estiércol + Aminovigor	28.86 ab	45.66 bc	58.93 b	78.35 a	84.53 a	88.76 a
Estiércol + Biohidrolizado	30.16 a	46.32 b	57.27 b	77.45 a	85.54 a	88.92 a
Estiércol + E.M.	27.98 bc	43.71 bc	55.9 bc	67.95 b	73.83 b	78.14 b
Estiércol + Guano de isla	28.51 ab	56.29 a	68.09 a	78.68 a	81.48 a	88.89 a
Promedio	28.39	45.38	55.71	70.35	76.14	80.64
CV (%)	4.21	13.60	15.44	13.97	12.69	12.54

* Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Duncan al 5 %

Esta tendencia (Figura 01) que empezó a diferenciarse a los 20 días después de la siembra, se mantuvo hasta la cosecha, lo que indica que en términos de aplicación en el campo tendría buenas perspectivas.

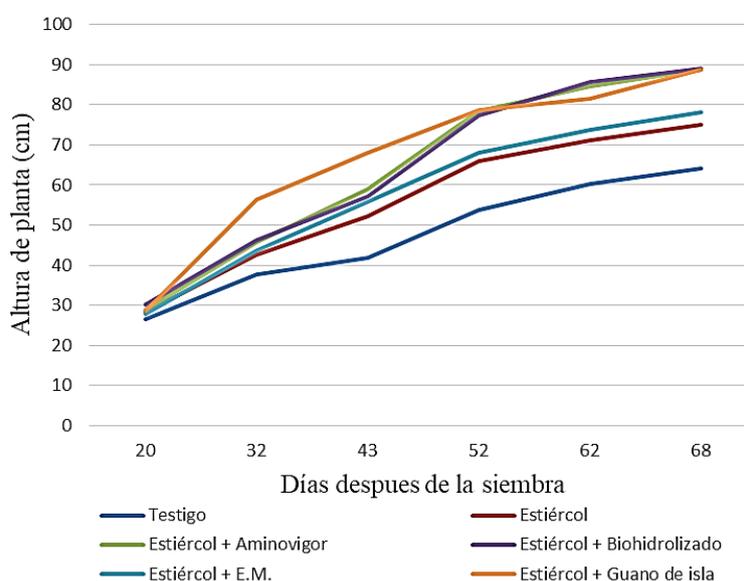


Figura 01: Efecto del estiércol y biofertilizantes en la altura de planta de maíz (*Zea mays* L.) La Molina - 2017

Por otro lado, consideramos que probablemente la mayor disponibilidad de nutrientes favoreció los procesos metabólicos de la planta, por lo tanto el crecimiento marco una diferencia en los tratamientos con biohidrolizado, E.M., guano de isla y AminoVigor, esto coincide con lo referido por Wild (1992) y Finck (2009), quienes mencionan que el estiércol promueve la actividad microbiana; además mejora la estructura y la aireación, eleva la capacidad para retener agua, y aumenta la temperatura del suelo.

A partir de las prácticas empíricas de la tradición Aymara (Cruz), las pruebas experimentales previas de Calzada (1956) y los referidos por Zavaleta (1992), esta investigación se centra en el concepto de que los tratamientos aplicados al estiércol, y el estiércol mismo, promueven la actividad rizosférica positiva del suelo, favorable al crecimiento de la planta (Zapater, 1982, apuntes de clase). Este enfoque es una opción a la tradición agronómica de aplicación de estiércol en el cultivo de maíz entre 10 y 20 t ha⁻¹ (Salhuana, Valdez, Scheuch & Davelouis, 2004; Brady, 1990) y guano de islas solo de 1.0 a 1.5 t ha⁻¹ (González, 1951), establecidos en función del aporte de nutrientes como el N, P y K (Brady, 1990) que esas fuentes puedan brindar a la planta cultivada. Zavaleta (1992), encuentra que, en el cultivo de papa el guano de isla combinado con estiércol, en una dosis muy parecida al usado en

este experimento, dio un rendimiento superior frente a las aplicaciones por separado, y frente al testigo cuadruplicó el rendimiento en todos los experimentos de campo.

4.2 Efecto de los tratamientos en las variables biométricas de la planta

Los efectos de los tratamientos de estiércol con biohidrolizado de pescado, guano de islas y amino vigor mostraron, a los 67 días, estadísticamente efecto similar en la altura de planta y diámetro de tallo, pero superiores al efecto de los tratamientos de estiércol con E.M. y estiércol (cuadro 20). Sin embargo, tanto en el peso fresco y peso seco aéreo, el estiércol tratado con biohidrolizado de pescado se mostró un efecto superior al tratamiento con guano de islas y amino vigor, siendo estos dos últimos estadísticamente similares. Aguirre (2016), no encontró diferencia estadística en el efecto sobre crecimiento y la materia seca aérea al aplicar biohidrolizado de pescado sobre fuentes orgánica como harina de hueso, harina de cuernos y pezuñas. Una de las posibles razones fue la dificultad para solubilizar estos materiales orgánicos, y el biohidrolizado de pescado no fue suficiente para ello.

Tabla 20: Efecto del estiércol y biofertilizantes en las variables biométricas de maíz (*Zea mays L.*) La Molina - 2017

Tratamientos	Peso seco (g)		Peso fresco (g)		Diámetro de tallo (cm)
	Aéreo	Radicular	Aéreo	Radicular	
Testigo	9.98 d*	6.79 d*	61.62 d*	11.10 d*	0.78 c*
Estiércol	15.81 c	8.79 c	93.88 c	18.35 c	0.89 b
Estiércol + Amino vigor	22.67 b	10.88 b	136.26 b	29.77 b	0.99 a
Estiércol + Biohidrolizado	26.48 a	12.94 a	158.91 a	37.16 a	1.01 a
Estiércol + E.M.	17.94 c	10.47 b	106.10 c	30.81 b	0.89 b
Estiércol + Guano de isla	23.42 b	11.65 ab	138.60 b	30.29 b	0.99 a
Promedio	19.38	10.25	115.90	26.25	0.93
CV (%)	31.02	21.25	30.64	36.56	9.57

* Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Duncan al 5 %

El efecto del estiércol con biohidrolizado de pescado en el peso fresco de raíces es estadísticamente superior al de estiércol con guano de islas, con AminoVigor y con E.M.; siendo a su vez estos tres últimos estadísticamente similares y superiores al tratamiento que solo contiene estiércol.

Los tratamientos de estiércol con biohidrolizado de pescado y con guano de islas no se diferenciaron estadísticamente en el peso seco de raíces; sin embargo, el estiércol con el biohidrolizado obtuvo la mayor media comparado con los otros tratamientos. Por otro lado, no hay diferencias significativas en el peso seco de raíces entre el estiércol tratado con guano de islas, con AminoVigor y con E.M., pero a su vez éstos son superiores al estiércol.

En trabajos similares Ramos (2002), comparó fertilizantes orgánicos, sintéticos y órgano-minerales en condiciones de invernadero para el cultivo de maíz; encontró que el peso seco de las raíces con súper guano concentrado (guano enriquecido con fertilizantes industrial) tuvo mejor efecto que el tratamiento con guano de isla rico de exportación. Zúñiga (2001), también obtuvo los mismos resultados usando el guano de isla rico para la rotación de maíz-acelga. Esto indica que el guano de isla debe ser complementado con otros fertilizantes de fuente orgánica o sintética.

Por otro lado, los resultados biométricos de la planta como altura, peso fresco aéreo, peso seco aéreo y diámetro de tallo, indican que no hay diferencias significativas entre los tratamientos de estiércol con E.M. (microorganismos eficientes) y solo estiércol. Sin embargo, la media de estos parámetros es mayor en el tratamiento con E.M. excepto en el diámetro de tallo. Por el contrario, muestra diferencias significativas en el peso fresco y seco de la raíz, siendo el estiércol con E.M. superior al estiércol. El testigo ejerció un buen control del experimento, dado que en todas las variables medidas (Tabla 20), mostraron medias inferiores respecto a los demás tratamientos.

4.3 Contribución de la raíz y relación parte subterránea/aérea

Fageria & Baligar (2005), expresan que es necesario el desarrollo de un buen sistema radicular, como sistema de absorción de agua y nutrientes, para producir buenos rendimientos. En ese sentido, dependiendo de la especie vegetal, se considera adecuado el valor de 10 - 20 % en la evaluación de la contribución de la raíz al total de la planta. En el cuadro 21 se observa que la contribución porcentual de la raíz al peso total varía entre 32.46 y 40.93 % siendo el tratamiento son estiércol el que presentó el mayor valor (40.93 %) y el tratamiento de estiércol más biohidrolizado de pescado el de menor media (32.46 %), el primer caso posiblemente se deba a el bajo crecimiento del maíz y el segundo al mayor crecimiento aéreo del maíz.

Tabla 21: Efecto del estiércol y biofertilizantes sobre la contribución porcentual de la raíz y la relación entre la parte subterránea y aérea de maíz (*Zea mays L.*)

Tratamientos	Contribución de la raíz (%)	Relación parte subterránea/aérea
Testigo	40.93 a*	0.70 a*
Estiércol	35.75 bc	0.56 cb
Estiércol + Amino vigor	32.85 d	0.49 c
Estiércol + Biohidrolizado	32.46 cd	0.48 c
Estiércol + E.M.	36.59 b	0.58 b
Estiércol + Guano de isla	33.04 cd	0.49 c
Promedio	35.27	0.55
CV (%)	9.21	15.34

* Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Duncan al 5 %

Respecto a la relación peso seco de raíz entre la parte aérea, los tratamientos de las combinaciones de estiércol con guano de islas, biohidrolizado de pescado y AminoVigor indicaron significativamente ser promotores de la mejor partición de los fotosintatos hacia mayor cosecha de la parte aérea. Mientras que el testigo destinó mayores fotosintatos al desarrollo del sistema radicular; pero a expensas de los fotosintatos de la parte aérea. Así, por cada 7 g de materia seca radicular tenemos 10 g de materia seca de la parte aérea (0.7 de relación raíz/parte aérea). Si es comparado con el tratamiento de biohidrolizado de pescado que obtuvo 4.8 g de materia seca radicular por cada 10 g de materia seca de parte aérea (0.48 de relación raíz/parte aérea), Posiblemente una menor relación indique una mejor tasa fotosintética y por ende una mayor producción. Camargo y Rodríguez (2006), realizó diferentes experimentos sobre la asignación de biomasa. Planteó la teoría del equilibrio funcional, la cual sugiere que las plantas cambian su asignación hacia la parte aérea, si la ganancia de carbono de la parte aérea es perjudicada por un nivel bajo de recursos sobre el suelo, tal como luz o CO₂. Similarmente, las plantas cambiarían su asignación hacia la raíz en respuesta a un nivel bajo de los recursos del suelo, tal como nutrientes y agua, por lo tanto, una planta creciendo en un suelo bajo en nutrientes tiene mayor acumulación de materia seca en la raíz que creciendo en suelo rico en nutrientes.

4.4 Extracción de nutrientes

Se analizaron macroelementos, microelementos y metales pesados de una muestra foliar por cada tratamiento y son mostrados en la Tabla 22. Para el caso del nitrógeno podemos observar que el guano de isla ($248.38 \text{ mg maceta}^{-1}$) presentó la mayor extracción de nitrógeno, y fue estadísticamente similar al tratamiento con biohidrolizado de pescado ($77.37 \text{ mg maceta}^{-1}$); le sigue en cantidad los tratamientos con microorganismos eficientes y AminoVigor (155.98 y $178.59 \text{ mg maceta}^{-1}$ respectivamente). Esa respuesta posiblemente se deba a que el guano de islas contiene nitrógeno de calidad sostenida (González, 1951), que la ser combinado con el estiércol de llama, ambos en dosis baja de los usual, resulta en mayor aprovechamiento de dicho nutriente. Según González (1951), el 39 % del contenido de nitrógeno del guano de islas está en forma amoniacal, la cual es rápidamente mineralizada. El biohidrolizado de pescado también contiene nitrógeno en similar proporción que el guano de islas (Tabla 12), y está en forma de aminoácidos que se mineraliza constantemente a nitrato, y es absorbido fácilmente por la planta (Juscamaita, 2017).

Para el caso del fósforo, a pesar de diferencias significativas entre tratamientos, los contenidos son similares en los tratamientos de estiércol combinado con AminoVigor, biohidrolizado de pescado y E.M., en el caso de guano de islas, la extracción de fósforo fue similar al estiércol, ambos por debajo de los anteriores. Moya (2009) probó el efecto solubilizante de la roca fosfatada en incubación con biohidrolizado de pescado obteniendo resultados positivos en la extracción de fósforo por la planta solo por debajo del tratamiento con fertilización química, comprobando así el efecto que tiene el biohidrolizado para solubilizar el fósforo y pueda ser absorbido por la planta.

En el caso del potasio, los tratamientos de estiércol combinado con guano de islas, biohidrolizado de pescado y AminoVigor promueven mayor extracción de este elemento en comparación del estiércol combinado con E.M., estiércol y el testigo. Jordan-Meille y Pellerin (2008), basados en resultados experimentales, afirman que la deficiencia de este elemento afecta primero las funciones biofísicas del maíz. En ese sentido, los resultados indican que el efecto de los activadores en estudio, favorecen mejor el desarrollo de la planta conforme se observa en la altura de plantas y la materia seca aérea.

La extracción de calcio fue favorecida en la misma intensidad superior por el guano de islas y el biohidrolizado de pescado; seguida por el aminovigor y E. M. en cambio, el magnesio y el azufre se extraen más del estiércol combinado con guano de islas (79.63 y 54.81 mg

maceta¹ respectivamente), seguido del biohidrolizado de pescado y AminoVigor junto al E.M. Los oligoelementos extraídos Cu, Zn y Mn son favorecidos cuando se combina el estiércol con biohidrolizado de pescado, seguido del guano de islas.

En la Tabla 12 antes presentado se observa que el guano de isla usado en el experimento posee una alta concentración de micro y macro elementos (10.75 % de calcio y 0.8 % de magnesio) en comparación con las otras fuentes usadas, a pesar de eso fue superado por el biohidrolizado de pescado en la asimilación de Na, Cu, Zn y Mn. El tratamiento con E.M tuvo una baja concentración foliar de nutrientes, en algunos casos fue igual al tratamiento con solo estiércol (azufre, sodio, manganeso), posiblemente se debe a la poca cantidad de macro y microelementos presente en este biofertilizante (Tabla 12).

Tabla 22: Efecto del estiércol y biofertilizantes sobre la extracción de macro y micronutrientes en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en La Molina - 2017

Tratamiento	Elemento (mg)									
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Sodio	Cobre	Zinc	Mn
Testigo	77.37 c*	12.79 d*	209.90 d*	109.66 c*	31.91 d*	19.94 e*	8.71 d*	0.40 d*	0.88 d*	0.81 d*
Estiércol	99.10 c	23.01 bc	331.95 c	98.63 c	37.73 d	27.86 de	12.62 c	0.70 cd	1.52 d	0.95 cd
Estiércol + Amino vigor	178.59 b	31.17 a	540.90 b	142.65 b	46.01 c	35.17 cd	15.57 b	0.99 bc	2.25 bc	1.38 b
Estiércol + Biohidrolizado	236.34 a	28.21 ab	660.53 a	192.31 a	68.21 b	44.66 b	18.45 a	1.75 a	2.30 a	1.77 a
Estiércol + E.M.	155.98 b	25.52 abc	403.61 c	125.95 cb	48.88 c	37.33 bc	11.50 c	0.80 c	1.57 c	1.09 c
Estiércol + Guano de isla	248.38 a	20.85 c	607.24 ab	205.47 a	79.63 a	54.81 a	16.41 b	1.25 b	2.14 b	1.38 d
Promedio	165.96	23.59	459.02	145.78	52.06	36.63	13.88	0.98	1.78	1.23
CV (%)	42.03	27.27	37.80	30.15	35.20	33.51	25.81	48.06	31.26	28.62

* Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 %

4.5 Metales pesado

En el suelo usado para el experimento la concentración de cadmio y plomo está por debajo de los estándares de calidad ambiental para suelos agrícolas establecidos por el Ministerio del Ambiente de España, en cambio la concentración de cromo total en el suelo sobrepasa los estándares mencionados (Tabla 23).

Tabla 23: Estándar de calidad ambiental para la concentración de metales pesados

Metales Pesados	Metales pesados (mg/kg de M.S.)		
	Pb total	Cd Total	Cr total
Estándar de calidad ambiental para suelos agrícolas	70	1.4	0.4
Suelo usado en el experimento	34.35	1.19	14.35
Suficiente o normal*	0.1-0.5	5-10	0.05-0.2
Excesiva-toxica*	5-30	30-300	5-30

*Fuente: Estándar de calidad ambiental: Ministerio del Ambiente (2013)

Por otro lado, en la Tabla 24 se observa los fertilizantes orgánicos usados en el experimento en comparación con los límites más exigentes de la clase A del Real decreto 506/2013. (Ministerio de la Presidencia de España 2016). Podemos ver que el contenido del plomo y cromo está por debajo de los límites máximos en todos los insumos usados en el experimento. En cambio, la concentración de cadmio en el estiércol de camélido y guano de isla sobrepasa los niveles máximos establecidos.

Tabla 24: Comparación de fertilizantes con el límite máximo de metales pesados

Biofertilizante	Metales pesados (mg/kg)		
	Pb	Cd	Cr
Estiércol de camélido	21.75	7.75	2.75
Amino vigor	0.78	1.77	0.23
Biohidrolizado de pescado	0.86	1.08	0.22
E.M	0.14	0.31	0.08
Guano de islas	49.25	16.25	6.50
Límite de concentración*	70	45	0.7

*Fuente: Ministerio de la Presidencia de España (2013)

Los resultados del análisis foliar realizado para cada tratamiento y comparado con los límites máximos de metales pesados en tejidos de hojas maduras (Kabata-Pendias, 2000) se presenta en la Tabla 25.

Tabla 25: Efecto del estiércol y biofertilizantes en extracción de metales pesados en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) La Molina - 2017

Tratamientos	Análisis foliar (ppm)		
	Pb	Cd	Cr
Testigo	4.95 a*	15.55 b*	0.85 a*
Estiércol	4.35 b	15.00 b	0.59 b
Estiércol + Aminovigor	4.25 b	15.70 b	0.51 bc
Estiércol + Biohidrolizado	3.60 c	13.45 c	0.37 bc
Estiércol + E.M.	3.40 c	14.25 bc	0.08 d
Estiércol + Guano de isla	2.70 d	17.20 a	0.35 c
Promedio	3.88	15.19	0.46
CV (%)	20.66	8.52	56.58
Suficiente o normal**	0.1-0.5	5-10	0.05-0.2
Excesiva-toxica**	5-30	30-300	5-30

*Medias seguidas con la misma letra no son diferentes estadísticamente según la prueba de Duncan al 5 %.

**Limite según Kabata-Pendias, 2000.

La concentración de plomo en el tejido foliar para todos los tratamientos sobrepasa el intervalo normal sin llegar a ser tóxico (Kabata-Pendias, 2000). Probablemente es debido a que el estiércol de camélido contiene un alto nivel de plomo (7.75 ppm) (Tabla 12). García (2006) realizó un conjunto de ensayos para ver cómo afecta el crecimiento de la planta diferentes niveles de plomo, reportó que la concentración radicular fue mayor comparado con la parte aérea. Este metal es altamente tóxico hasta en bajas concentraciones, afecta la fotosíntesis, incluso el crecimiento radicular antes de actuar sobre la acumulación de materia seca. Al evaluar la concentración de cromo foliar encontramos que solo el tratamiento de estiércol de camélido combinado con E.M. está dentro del rango normal, los demás tratamientos se encuentran por encima de este rango, posiblemente se debe a que la fuente de estiércol de camélido y guano de isla tienen alta concentración de Cromo, lo cual fue

asimilado por la planta. Además, se sabe que el cromo tiene mayor movilidad que el plomo y el cobre en el suelo, ya que posee una baja afinidad con las formas adsorbentes (Reyes & Barreto, 2011). En este caso si se encontró diferencias significativas entre los tratamientos. Podemos ver que el testigo tiene mayor concentración de cromo en las hojas que el hidrolizado de pescado y guano de isla. Por lo que es probable que sea debido al aporte de materia orgánica de los biofertilizantes que amortiguan la absorción de cromo por la planta. Bonomelli, Bonilla & Valenzuela (2003), explican que el cromo se une a las cargas negativas de la materia orgánica formando quelatos lo cual disminuye la disponibilidad del cromo en la solución suelo. La concentración de cadmio en la planta fue superior al rango normal en todos los tratamientos (Tabla 25), y se encontró diferencias significativas entre ellos. Se observa que la concentración de cadmio en el suelo utilizado como sustrato en este experimento tuvo un valor de 14.35 mg kg^{-1} de materia seca, superando los límites establecidos. Esto pudo haber influido en una mayor absorción de cromo por la planta. La media del testigo fue mayor en comparación con los demás tratamientos, lo cual nos indica que la materia orgánica influye en la absorción del cromo en el suelo, al parecer la retiene, como lo hace por ejemplo con Al^{3+} intercambiable (Hargrove & Thomas, 1981; Brady, 1990), y con Al^{3+} en la solución suelo (Davelouis, 1990). Cuevas & Walter (2004) también dan cuenta, precisamente en el cultivo de maíz, del efecto controlador de la materia orgánica sobre los metales pesados en cuestión; y esto es refrendado por el experimento de Ruíz & Armienta (2012), quienes comprobaron que mayores concentraciones, en el suelo, de esos metales provenientes de residuos rocosos mineros, pasan holgadamente hacia la planta de maíz.

V. CONCLUSIONES

El análisis e interpretación de los resultados en el presente estudio conduce a las siguientes conclusiones:

- Los tratamientos evaluados influyeron significativamente en el crecimiento del maíz. El estiércol de camélido combinado con el biohidrolizado de pescado generó mayor crecimiento del maíz durante el experimento.
- Los tratamientos evaluados influyeron significativamente los parámetros biométricos del maíz. El estiércol de camélido combinado con el biohidrolizado de pescado generó las mayores medias de peso fresco y seco de raíces y órganos aéreos, así como del diámetro del tallo.
- El tratamiento sin estiércol generó el mayor porcentaje de peso de raíz respecto al peso total, así como la mayor relación entre raíz y parte aérea.
- Los análisis foliares indican que el tratamiento de estiércol combinado con guano de isla tuvo una mayor media de absorción de N, Ca, Mg y S. respecto al P, el estiércol más AminoVigor obtuvo la mayor media de absorción. Respecto al K, Na, Cu, Zn y Mn, el tratamiento de estiércol combinado con biohidrolizado obtuvo las mayores medias de absorción de estos elementos.
- El estiércol combinado con guano de isla obtuvo la mayor media de absorción de cadmio total. Por otro lado, la mayor cantidad de cromo total y el plomo total se obtuvo con en el tratamiento sin estiércol.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar el mismo ensayo en condiciones de campo, y comparar el efecto en otros cultivos, variedades y localidades.
- Realizar un mayor número de ensayos en un mismo campo, con el fin de evaluar el efecto de estos diferentes tratamientos a largo plazo.
- Realizar diferentes pruebas de dosis de biofertilizantes combinado con el estiércol.
- Hacer extensivo los resultados del ensayo a los pequeños agricultores que usan guano de isla y estiércol en condiciones similares al del presente ensayo, mediante pequeños ensayos en sus campos.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, J.; Gómez, D.; León, N. & Gutiérrez, F. (2010). Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia*. 44 (5). Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952010000500007
2. Aguirre, G. (2016). Exploración de fuentes orgánicas y minerales no convencionales como alternativas para la fertilización de cultivos. Tesis para optar el grado de doctor en Agricultura Sustentable. Escuela de Post Grado – Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. 118 pp. Recuperada de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2708/F04-A348-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. Baca, E. (2011). El eslabón perdido del “boom” agroexportador. OXFAM; Pobreza, desigualdad y desarrollo en el Perú. 28 – 38 pp. En Informe anual 2010 - 2011. Recuperado de https://www.servindi.org/pdf/Informe_peru_2010_2011.pdf
4. Barrios, M.; Buján, A.; Debelis, S.; Sokolowski, A.; Blasón, Á.; Rodríguez, H.; López, S.; De Grazia, J.; Mazo, C. & Gagey, M. (2014). Relación de raíz/biomasa total de soja (*Glycine max*) en dos sistemas de labranza. *Terra Latinoamericana*. 32 (3) : 221 – 230 pp. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792014000300221
5. Bonomelli, C.; Bonilla, C. & Valenzuela, A. (2003). Efecto de la fertilización fosforada sobre el contenido de cadmio en cuatro suelos de Chile. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 38 (10) : 1179 – 1186 pp. Recuperado de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2003001000007
6. Bossio, F. (2007). Obtención de un fertilizante orgánico basado en residuos orgánicos y roca fosfatada. Tesis para optar el grado biólogo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. 80 pp.

7. Brady, N. (1990). The nature and properties of soils. Editorial Mc Millan. Decima edición. United States of America.
8. Calderón, C. (2017a, 10 de noviembre). Pequeños productores. Comunicación personal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
9. Calderón, C. (2017b, 10 de noviembre). Agricultura campesina. Comunicación personal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
10. Calzada, J. (1956). Efecto del guano de islas y del estiércol de corral en el cultivo de papa. Boletín de la compañía administradora del guano de isla. 32 (2) : 11 – 13 pp. Disponible en https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/IMAR_8e5190b7302c6a2cd50b5aa31d97411c
11. Camargo, I. & Rodríguez, N. (2006). Nuevas perspectivas para el estudio de la asignación de biomasa y su relación con el funcionamiento de plantas en ecosistemas neotropicales. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga - Colombia. 90 pp.
12. Cantarero, R. & Martínez, O. (2002). Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno, y un fertilizante mineral) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Universidad Nacional Agraria de Nicaragua. 80 p. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/1853/>
13. Cornejo, C. & Baca, E. (2013). Políticas públicas y Presupuesto para la pequeña agricultura. Editorial Grupo Propuesta Ciudadana. Lima - Perú. 58 pp. Recuperado de <http://propuestaciudadana.org.pe/sites/default/files/publicaciones/archivos/Pol%C3%ADticas%20Publicas%20y%20Pt%20Pequ%C3%B1a%20Agricultura.pdf>
14. Cornejo, C. & Baca, E. (2015). La pequeña agricultura en el Perú. Un sector importante pero históricamente olvidado. Editorial Grupo Propuesta Ciudadana. Lima - Perú. 53 pp. <http://propuestaciudadana.org.pe/wp-content/uploads/2016/10/Reporte-9-Peque%C3%B1a-agricultura.pdf>
15. Cuevas, G. & Walter, I. (2004). Metales pesados en maíz (*Zea mays* L.) cultivado en un suelo enmendado con diferentes dosis de compost de lodo residual. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 20 (2) : 59 – 68 pp. Disponible en <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/23120/21928>
16. Davelouis, J. (1990). Green manure applications to minimize aluminum toxicity in the peruvian amazon. Tesis Phd, North Carolina State University. 112 pp.

17. Ecocampo. (2016). AminoVigor Premium para agricultura orgánica. Ficha técnica. <http://www.ecocampo.com.pe>. Revisado: 6 de octubre 2016
18. *E.M*®. 2106. Certificado de calidad. Soluciones de microorganismos eficientes.
19. Fageria, N. & Baligar, V. (2005). Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy* 88 (1) : 97 – 185 pp. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(05\)88004-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(05)88004-6)
20. Fan, Y.; Lee, C.; Klemeš, J.; Chua, L.; Sarmidi, M. & Leow, C. (2018). Evaluation of Effective Microorganisms on home scale organic waste composting. *Journal of Environmental Management*. 216 (1) : 41 – 48 pp. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.019>
21. Finck, A. (2009). Fertilizantes y fertilización. Editorial Reverté. Barcelona - España. 434 pp.
22. Fuentes, J. (2000). Manual práctico sobre utilización de suelo y fertilizantes. Madrid, España. Editorial Mundi-Prensa. 352 p.
23. García, D. (2006). Efectos fisiológicos y compartimentación radicular en plantas de *Zea mays* L. Expuestas a la toxicidad por plomo. Tesis para optar el grado de doctor. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona - España. 120 pp. Recuperada de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/3676/dgv1de1.pdf?sequence=1>
24. García, L. (2008). Uso de bacterias probióticas en el ensilado de residuos de pescado. Tesis para optar el grado de biólogo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. 127 pp.
25. Ginocchio, L. (2012). Pequeña agricultura y gastronomía. APEGA. Lima - Perú. 44 pp. Disponible en <https://es.scribd.com/document/358306746/Pequena-Agricultura-y-Gastronomia>
26. Gonzáles, D. (2012). Canasta campesina: el rol de la pequeña agricultura en la alimentación nacional. Recuperado el 30 de marzo del 2017 en: <http://www.larevistaagraria.org/sites/default/files//revista/LRA136/LRA-136.pdf>
27. Gonzáles, O. (1951). Mejor utilización del Guano de Islas. Tesis para optar el grado de ingeniero agrónomo. Escuela Nacional Agraria. Lima - Perú. 162 pp.
28. Grillo, E. (1990). Población, agricultura y alimentación en el Perú. Cultura andina y salud de la naturaleza y la sociedad. PRATEC. 89 pp.
29. Guerrero, A. (2000). El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. 2da edición Bilbao - España. Editorial Mundi-Prensa. 204 pp.

30. Higa, T. (1990). Studies on the application of microorganisms in nature farming. The practical application of effective microorganisms in Japan. Presentado en la 8va conferencia internacional IFOAM, Budapest, Hungaria.
31. Hargrove, W. & Thomas, G. (1981). Extraction of aluminum from aluminum-organic matter complexes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45 (1) : 151 – 153 pp. Recuperado de <https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/45/1/SS0450010151>
32. Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI). (2009). Perfil demográfico del departamento de Cusco. Censo 2007. XI de población. VI de Vivienda. Revisado el 20 julio 2018 de <http://censos.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados/>
33. Jahncke, J. (1998). Las poblaciones de aves guaneras y sus relaciones con la abundancia de anchoveta y la ocurrencia de eventos El Niño en el mar peruano. *Bol.Inst.Mar Perú edroc17* (1) : 1 – 13 pp. Disponible en <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/960>
34. Jordan-Meille, L. & Pellerin, S. (2008). Shoot and root growth of an hydroponic grown maize (*Zea mays* L.) as influenced by K deficiency. *Plant Soil* 265 (1) : 75 – 92 pp. Disponible en <https://www.jstor.org/stable/42951816?seq=1>
35. Juscamaita, J. (2017, 18 de septiembre). Biohidrolizado de pescado. Comunicación personal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
36. Kabata-Pendias, A. (2000). Trace elements in soils and plants. Thir edition. CRC Press, Boca Raton, USA. 413 pp.
37. Lesur, L. (2005). Manual del cultivo de maíz. 1ra edición. Editorial Trillas. Ciudad de México – México. 80 pp.
38. Manrique, A. (1990). El maíz en el Perú. Fondo de la cultura agraria. Lima - Perú. 344 pp.
39. Martínez, R. (2003). Producción de un ensilado biológico a partir de vísceras de pescado de las especies *Prochilodus mariae* (coporo) y *Phractocephalus* spp (cajaro). Tesis para optar el gardo de ingeniero. Universidad Nacional de Colombia. Arauca - Colombia. 80 pp. Disponible en <https://es.scribd.com/document/360635614/PRODUCCION-DE-UN-ENSILADO-BIOLOGICO-A-PARTIR-DE-VISCERAS-DE-PESCADO-DE-LAS-ESPECIES-Prochilodus-mariae-coporo-Pseudoplatystoma-fasciatum-bagre-ray>
40. Martínez, G. (2011). Comparativo de fuentes orgánicas en la fertilización del cultivo de maíz en suelo arenoso de invernadero. Tesis para optar el grado de ingenieror. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. 95 pp.

41. Maturano, M. (2002). Estudio del uso del agua y del nitrógeno dentro del marco de una agricultura sostenible en las regiones maiceras Castellano - Manchega y Argentina. Tesis para optar el grado de doctor. Universidad de Castilla-La Mancha. Albacete - España. 120 pp. Recuperada de [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/7310afb32c62918a032579030053e4a5/\\$FILE/Agua%20y%20N%20en%20maiz%20Tesis%20M.%20Maturano.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/7310afb32c62918a032579030053e4a5/$FILE/Agua%20y%20N%20en%20maiz%20Tesis%20M.%20Maturano.pdf)
42. Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM). (2013). Estándares de calidad ambiental para el suelo. Decreto supremo. El Peruano. Lima, Perú. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/D-S-N-002-2013-MINAM.pdf>
43. Ministerio de la Presidencia de España. (2013). Real Decreto N° 506/2013. Sobre productos fertilizantes. Boletín Oficial del Estado. España. 28 junio. Disponible en <https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-7540-consolidado.pdf>
44. Miranda, L; Carranza, C.; Fischer, G.; Rojas, C.; Jerez, C. & Zurita, J. (2008). Acumulación de metales pesados en suelo y planta de cuatro cultivos hortícolas, regados con agua del río Bogotá. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. <https://doi.org/10.17584/rcch.2008v2i2.1186>
45. Moya, A. (2009). Evaluación agronómica de la acción solubilizante de residuos hidrolizados en fuentes fosfatadas naturales en el cultivo de maíz en condiciones de invernadero. Tesis para optar el grado de ingeniero. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. 70 pp.
46. Navarro, G. (2014). Fertilizantes. Química y Acción. Universidad de Murcia, España. 229 pp.
47. Noriega, A. (2015). Microorganismos eficientes en la producción de tomates. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina.
48. Longoria, C. (2000). Fertilización orgánica con estiércol bovino en diferentes fechas y dosis de aplicación en maíz blanco Hualahuises. Tesis para optar el grado de magister. Universidad Autónoma de Nueva León. Nueva León - México. 80 pp.
49. Peláez, M.; Bustamante, J. & Gómez, E. (2016). Presencia de cadmio y plomo en suelos y su bioacumulación en tejidos vegetales en especies de *Brachiaria* en el Magdalena Medio colombiano. Revista Luna Azul, 43 (1) : 82 – 101 pp. Recuperada de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n43/n43a05.pdf>

50. Poma, I. (2007). Efecto de la fertilización química y orgánica con y sin aplicación de microorganismos eficientes en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays*). Tesis para optar el grado de ingeniero. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 90 pp.
51. Ramos, C. (2002). Evaluación de fertilizantes compuestos orgánicos, sintéticos y órgano-minerales, sobre cultivo de maíz y col bajo condiciones de invernadero, en suelos arenosos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 87 pp.
52. Reyes, M. & Barreto, L. (2011). Efecto de la materia orgánica del suelo en la retención de contaminantes. Revista ÉPSILON.
53. Rivera, J. (2013). Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. Guía de manejo de microorganismos eficientes.
54. Rodríguez, M.; Muñiz, O.; Calero, B.; Montero, A.; Martínez, J.; Limeres, T.; Orphee, M. & De Aguilar, A. (2012). Contenido de metales pesados en abonos orgánicos, sustratos y plantas cultivadas en organopónicos. Revista Cultivos Tropicales. 33 (2) : 5 – 12 pp. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362012000200001
55. Rodríguez, R. & De León, C. (2008). El Cultivo de Maíz. Temas selectos. Primera edición. Editorial MundiPrensa. Cuauhtemoc - México. 130 pp.
56. Ruíz, E. & Armienta, M. (2012). Acumulación de arsénico y metales pesados en maíz en suelos cercanos a jales o residuos mineros. Universidad Nacional Autónoma de México. Contam. Ambiental. 28 (2) : 103-117 pp.
57. Salhuana, W.; Valdez, A.; Scheuch, F. & Davelouis, J. (2004). Cincuenta años del Programa Cooperativo de Investigación en Maíz. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.
58. Sánchez, H; Juscamaita, J. & Vargas, J. (2008). Producción de la Microalga *Nannochloropsis oculata* en medios enriquecidos con ensilado biológicos de pescado. Revista Ecología Aplicada. 7 (1) : 149 – 158 pp. Recuperado http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162008000100018&script=sci_abstract
59. Simpson, K. (1986). Fertilizers and Manures. London, England: Longman Group Limited. 237 pp.
60. Tisdale, S. (1991). Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial Limusa. México. 150 pp.

61. Uhart, S. & Echevarria, H. (1997). El rol del nitrógeno y fósforo en la producción del maíz. Recuperado de http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDAS/dh_0032/0901b8038003272b.pdf
62. Van Der, J. (2010). Nuevos campesinos. Campesinos e imperios alimentarios. Perspectiva ecológica. Junta de Andalucía: Icaria Editorial. 461 pp. Recuperado de <https://edepot.wur.nl/424202>
63. Villagarcía, S. (2014). Manual de uso de fertilizantes para las condiciones del Perú. Editorial UNALM. Lima – Perú. 168 pp.
64. White, S. (2010). Alpacas y llamas como herramientas de conservación del páramo. *Journal of Field Archaeology*. 17 (1) : 49 – 68 pp. Recuperado de http://infoalpacas.com.pe/wp-content/uploads/2016/01/STUART_Alpacas_y_Llamas_como_Herramientas_de_Conservaci_n_del_P_ramoversi_n_final_Foro_P_ramos.pdf
65. Wild, A. (1992). *Russell Soil Conditions and Plant Growth*. London, England. Longman Group Limited. Eleventh edition. 600 pp.
66. Zapata, J. & Gutiérrez, C. (2015). Hidrolizado de pescado. Producción beneficios y nuevos avances en la industria. *Acta Agronómica*. 66 (3) : 311 – 322 pp. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169951832003>
67. Zavaleta, A. (1992). El suelo en relación a la producción. CONCYTEC. Lima - Perú. 150 pp.
68. Zúñiga, M. (2001). Evaluación de abonos orgánicos sintéticos hecho a base de Guano de islas en dos tipos de suelo, para la rotación de maíz, acelga como cultivos indicadores bajo condiciones de invernadero. Tesis para optar el título de ingeniero. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.

VIII. ANEXOS

Anexo 01: Prueba de comparación Duncan de la altura de planta

20 días después de la siembra					32 días después de la siembra				
Prueba Duncan	Media	N	Trat		Prueba Duncan	Media	N	Trat	
A	30.1600	10	D		A	56.296	10	F	
A					B	46.318	10	D	
B	28.8610	10	C		B				
B					C	45.660	10	C	
B	28.5110	10	F		C	43.707	10	E	
B					C				
B	28.3250	10	B		C	42.691	10	B	
B					C				
B	27.9810	10	E		D	37.601	10	A	
C									
C	26.4950	10	A						
45 días después de la siembra					52 días después de la siembra				
Prueba Duncan	Media	N	Trat		Prueba Duncan	Media	N	Trat	
A	68.094	10	F		A	78.676	10	F	
B	58.934	10	C		A				
B					A	78.352	10	C	
B	57.270	10	D		A				
B					A	77.445	10	D	
C	55.904	10	E		B	67.950	10	E	
C					B				
C	52.223	10	B		B	65.865	10	B	
					C				
D	41.860	10	A		C	53.821	10	A	

62 días después de la siembra			
Prueba Duncan	Media	N	Trat
A	85.543	10	D
A			
A	84.531	10	C
A			
A	81.484	10	F
B	73.833	10	E
B			
B	71.098	10	B
C	60.356	10	A

68 días después de la siembra			
Prueba Duncan	Media	N	Trat
A	88.922	10	D
A			
A	88.897	10	F
A			
A	88.763	10	C
B	78.135	10	E
B			
B	74.910	10	B
C	64.214	10	A

Anexo 02: Análisis de varianza para el diámetro de tallo

Normalidad si cumple

Homogeneidad si cumple

Fuente	G.L	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F Value	Pr > F
Modelo	5	0.38550813	0.07710163	11.94	<.0001
Error	54	0.34867860	0.00645701		
Total	59	0.73418673			

ns=no significativo; *=significativo al 0.05 de probabilidad; **=altamente significativo al 0.01 de probabilidad.

Anexo 03: Análisis de varianza para el peso fresco aéreo

Normalidad si cumple

Homogeneidad si cumple

Fuente	G.L	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F Value	Pr > F
Modelo	5	63068.02404	12613.60481	57.77	<.0001
Error	54	11790.05220	218.33430		
Total	59	74858.07624			

ns=no significativo; *=significativo al 0.05 de probabilidad; **=altamente significativo al 0.01 de probabilidad.

Anexo 04: Análisis de varianza para el peso fresco radicular

Normalidad si cumple

Homogeneidad si cumple

Fuente	G.L	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F Value	Pr > F
Modelo	5	4386.000168	877.200034	24.46	<.0001
Error	54	1936.961250	35.869653		
Total	59	6322.961418			

ns=no significativo; *=significativo al 0.05 de probabilidad; **=altamente significativo al 0.01 de probabilidad.

Anexo 05: Análisis de varianza para el peso seco aéreo

Normalidad si cumple

Homogeneidad si cumple

Fuente	G.L	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F Value	Pr > F
Modelo	5	1807.105373	361.421075	50.24	<.0001
Error	54	388.496120	7.194373		
Total	59	2195.601493			

ns=no significativo; *=significativo al 0.05 de probabilidad; **=altamente significativo al 0.01 de probabilidad.

Anexo 06: Análisis de varianza para el peso seco radicular

Normalidad si cumple

Homogeneidad si cumple

Fuente	G.L	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F Value	Pr > F
Modelo	5	237.5835933	47.5167187	15.17	<.0001
Error	54	169.1113000	3.1316907		
Total	59	406.6948933			

ns=no significativo; *=significativo al 0.05 de probabilidad; **=altamente significativo al 0.01 de probabilidad.

Anexo 07: Resultado del análisis foliar para los 6 tratamientos evaluados

Tratamiento	%Nitrogeno	%P	%K	%Ca	%Mg	%S	%Na	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	Fe ppm	B ppm
T1R1	0.53	0.12	2.20	0.92	0.29	0.16	0.06	26.00	72	61	371	5
T1R2	0.78	0.12	2.00	0.95	0.28	0.19	0.08	45.25	69	79	1290	22
T1R3	0.90	0.12	1.78	1.00	0.34	0.16	0.08	35.25	93	74	618	28
T1R4	0.43	0.11	2.05	1.27	0.31	0.23	0.09	38.75	109	82	730	26
T1R5	0.87	0.12	1.70	0.93	0.25	0.18	0.09	36.00	66	74	637	35
T2R1	0.31	0.15	2.20	0.67	0.22	0.17	0.08	41.75	86	66	777	50
T2R2	0.76	0.14	1.90	0.52	0.23	0.17	0.08	42.00	114	54	614	53
T2R3	0.53	0.13	2.05	0.59	0.21	0.15	0.08	40.25	98	61	603	9
T2R4	0.87	0.14	2.15	0.72	0.29	0.18	0.07	42.75	96	60	812	21
T2R5	0.62	0.15	1.98	0.56	0.22	0.19	0.08	51.75	76	52	624	19
T3R1	0.81	0.14	2.23	0.52	0.18	0.17	0.07	35.50	104	62	566	12
T3R2	0.67	0.13	2.50	0.92	0.21	0.18	0.07	37.50	101	66	492	12
T3R3	0.73	0.13	2.23	0.54	0.21	0.13	0.06	45.00	90	48	380	10
T3R4	0.73	0.15	2.48	0.52	0.19	0.16	0.07	46.50	97	63	511	17
T3R5	0.95	0.13	2.35	0.61	0.21	0.13	0.07	50.50	99	62	631	12
T4R1	0.87	0.04	2.23	0.80	0.25	0.18	0.07	42.00	88	77	268	14
T4R2	0.90	0.12	2.63	0.86	0.25	0.2	0.06	53.50	54	61	470	132
T4R3	0.92	0.11	2.73	0.62	0.26	0.13	0.07	72.25	94	56	549	8
T4R4	0.73	0.11	2.33	0.59	0.21	0.17	0.06	71.50	90	61	504	13
T4R5	0.81	0.12	1.88	0.58	0.25	0.12	0.07	71.25	86	62	560	50
T5R1	0.98	0.10	2.08	0.71	0.28	0.23	0.06	41.25	93	71	233	28
T5R2	0.67	0.15	2.58	0.69	0.26	0.21	0.06	60.75	85	54	434	22
T5R3	0.84	0.15	2.55	0.75	0.28	0.18	0.06	42.25	85	61	971	17
T5R4	0.90	0.16	2.23	0.75	0.27	0.22	0.07	40.75	114	65	587	14
T5R5	0.95	0.15	1.80	0.61	0.27	0.20	0.07	36.75	62	54	535	30
T6R1	1.29	0.08	3.08	0.80	0.33	0.18	0.07	62.25	79	49	450	29
T6R2	1.09	0.09	2.45	0.84	0.37	0.30	0.07	44.50	94	61	502	34
T6R3	0.92	0.10	2.05	0.99	0.33	0.21	0.07	42.25	93	57	480	18
T6R4	0.87	0.08	2.35	0.76	0.30	0.21	0.06	55.75	76	47	366	143
T6R5	0.81	0.07	2.23	0.75	0.27	0.20	0.06	46.00	89	63	596	26

Anexo 08: Concentración de metales pesados en hojas para los seis tratamientos

Tratamiento	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
T1R1	9.50	0.69	6.25
T1R2	22.25	1.13	5.75
T1R3	18.50	1.09	5.00
T1R4	13.50	0.84	3.25
T1R5	14.00	0.53	4.50
T2R1	15.00	0.91	4.75
T2R2	13.75	0.63	4.75
T2R3	14.25	0.62	3.75
T2R4	20.00	0.54	4.50
T2R5	12.00	0.18	4.00
T3R1	16.00	0.30	4.00
T3R2	15.25	0.51	3.50
T3R3	15.50	0.65	5.25
T3R4	16.00	0.48	4.50
T3R5	15.75	0.65	4.00
T4R1	16.25	0.58	3.75
T4R2	11.75	0.26	4.00
T4R3	12.25	0.36	3.50
T4R4	12.00	0.08	4.25
T4R5	15.00	0.30	2.50
T5R1	10.00	0.13	3.75
T5R2	13.50	0.01	3.75
T5R3	17.00	0.12	3.25
T5R4	14.75	0.49	3.50
T5R5	16.00	0.09	2.75
T6R1	17.75	0.38	3.25
T6R2	19.00	0.30	2.25
T6R3	16.00	0.35	2.75
T6R4	15.75	0.55	3.50
T6R5	17.50	0.38	1.75

Anexo 09: Plantas de maíz en el primer mes de crecimiento



Anexo 10: Planta de maíz en segundo mes de crecimiento



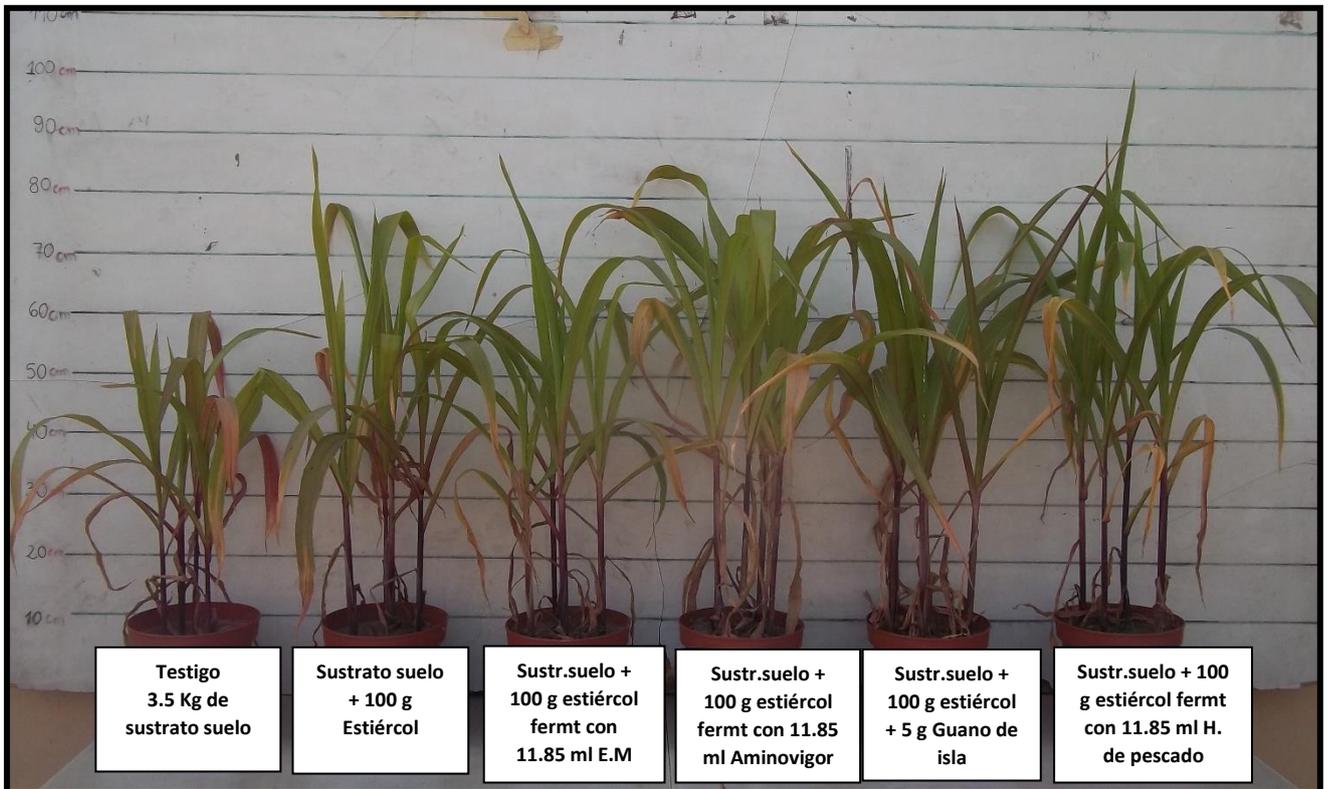
Anexo 11: Foto de planta de maíz en el tercer mes de crecimiento



Anexo 12: Secado de raíces



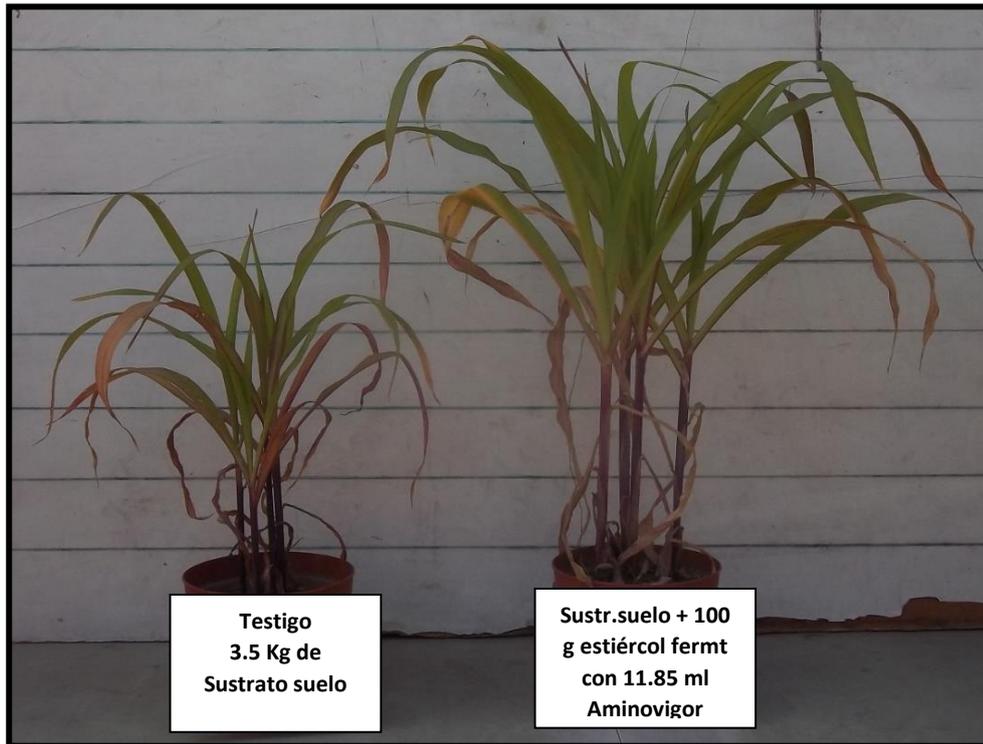
Anexo 13: Todos los tratamientos evaluados



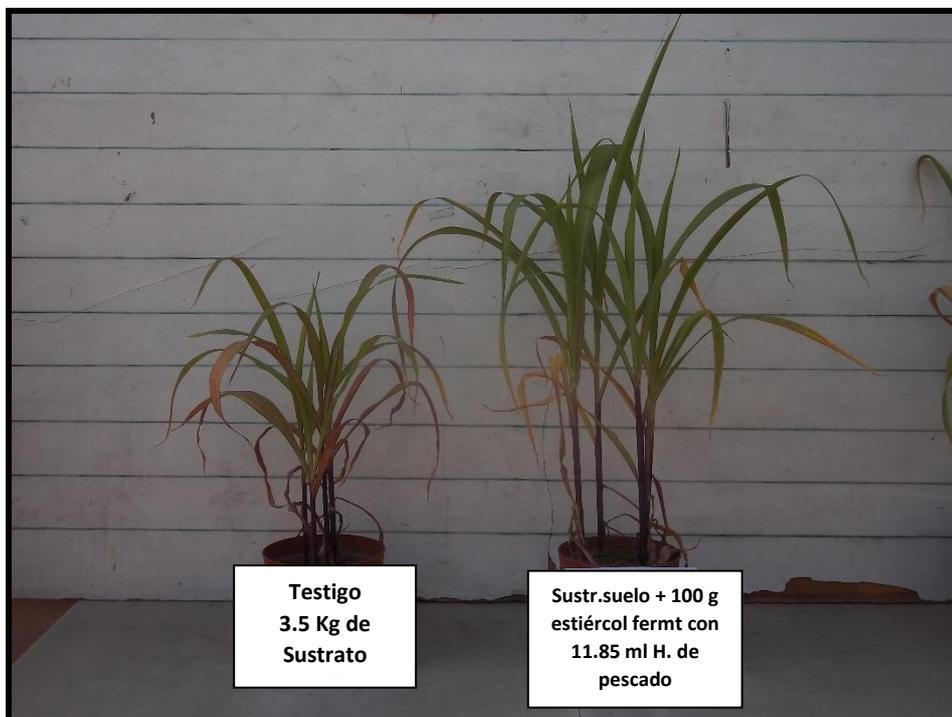
Anexo 14: Comparación de testigo vs estiércol de camélido



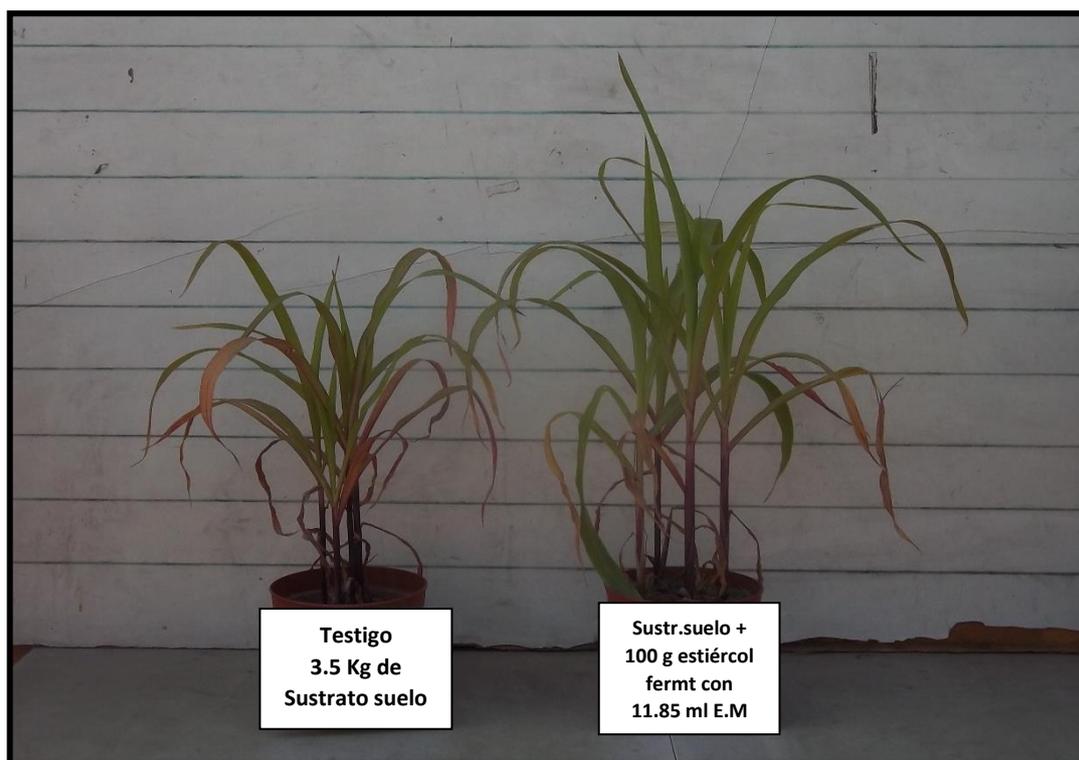
Anexo 15: Comparación de testigo vs AminoVigor



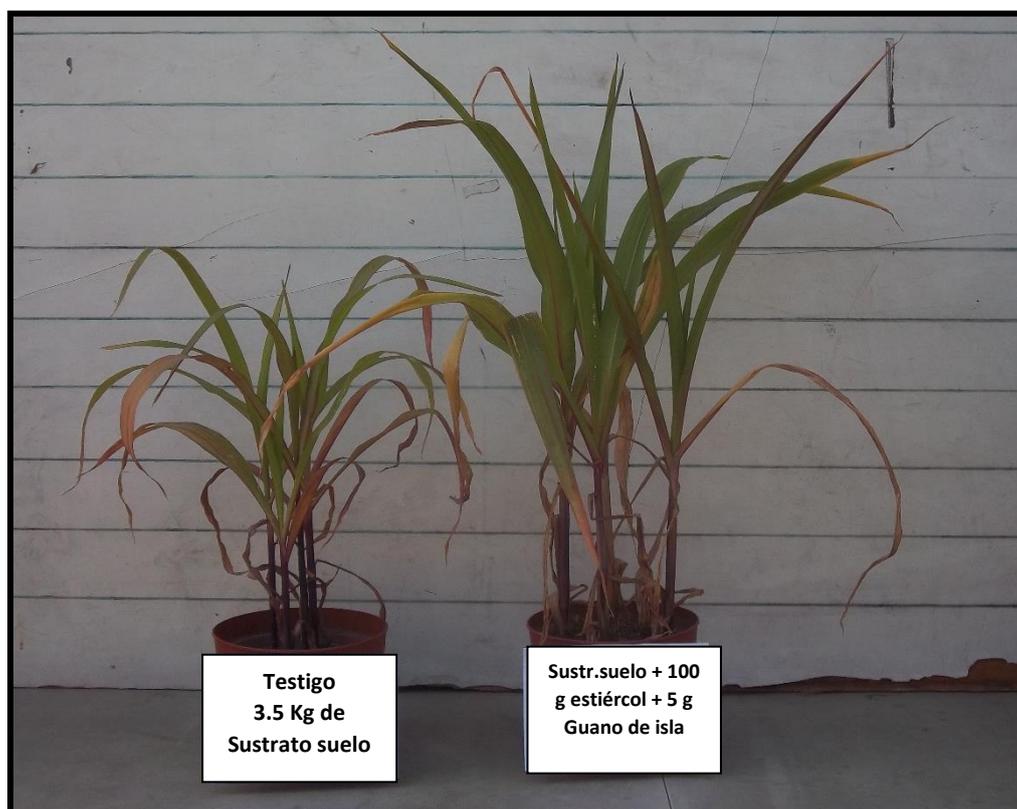
Anexo 16: Comparación de testigo vs biohidrolizado de pescado



Anexo 17: Comparación de testigo vs Microorganismos eficientes



Anexo 18: Comparación de testigo vs Guano de isla



Anexo 19: Análisis completo de estiércol de camélido en LASPAF



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : DR. CONSTANTINO CALDERÓN
 PROCEDENCIA : AYACUCHO
 MUESTRA DE : ESTIÉRCOL
 REFERENCIA : H.R. 59001
 FECHA : 21/06/17

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
383	Estiércol I Solo	7.26	4.77	72.92	1.71	0.84	1.38

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
383	Estiércol I Solo	1.77	0.55	6.63	0.03

Nº LAB	CLAVES	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm
383	Estiércol I Solo	3105	15	61	338	27

Nº LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
383	Estiércol I Solo	7.75	2.75	21.75



Dr. Saúl García Bendezú
 Jefe de Laboratorio

Anexo 20: Análisis completo de guano de isla en LASPAF



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : DR. CONSTANTINO CALDERÓN
 PROCEDENCIA : LA LIBERTAD
 MUESTRA DE : GUANO DE ISLA
 REFERENCIA : H.R. 59000
 FECHA : 30/06/17

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
382		6.21	61.20	14.06	15.23	14.70	3.57

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
382		10.75	0.80	7.74	1.27

Nº LAB	CLAVES	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm
382		1700	16	200	51	33

Nº LAB	CLAVES	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
382		16.25	6.50	49.25



Sady García Bendezú
 Jefe de Laboratorio

Anexo 21: Análisis completo de biohidrolizado y E.M en LASPAF



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : DR. CONSTANTINO CALDERÓN
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LA MOLINA
 MUESTRA DE : BIOL
 REFERENCIA : H.R. 60173
 FECHA : 29/08/17

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	Sólidos Totales g/L	M.O. en Solución g/L	N Total mg/L	P Total mg/L	K Total mg/L
582	Hidrolizado pescado (H.P.)	4.36	15.50	189.55	171.80	17556.00	1346.77	4130.00
583	(E.M.)	3.43	7.17	22.68	15.99	308.00	17.42	1730.00

Nº LAB	CLAVES	Ca Total mg/L	Mg Total mg/L	Na Total mg/L	Pb Total mg/L	Cd Total mg/L	Cr Total mg/L
582	Hidrolizado pescado (H.P.)	193.50	500.00	8300.00	1.08	0.22	0.86
583	(E.M.)	611.00	216.00	1560.00	0.31	0.08	0.14

LAB	CLAVES	Fe Total mg/L	Cu Total mg/L	Zn Total mg/L	Mn Total mg/L	B Total mg/L
582	Hidrolizado pescado (H.P.)	11.65	0.80	5.95	0.65	0.06
583	(E.M.)	5.20	0.22	0.62	0.44	0.70



Dr. Sady García Bendezu
 Jefe de Laboratorio