

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN SUELOS



**“INTRODUCCIÓN DE UN HIDROLIZADO LÍQUIDO DE
GALLINAZA COMO FERTILIZANTE EDÁFICO Y ESTIMULADOR
DEL CRECIMIENTO RADICULAR”**

Presentada por:

KHAROLYN ELIZABETH SANTANDER HIDALGO CANDIA

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN SUELOS**

Lima - Perú

2018

DEDICATORIA

A mis padres, Néstor y Elizabeth por su amor y apoyo incondicional. A mis hermanos Maruzhella, Néstor y Guido, por estar siempre conmigo.

AGRADECIMIENTOS

- A los ingenieros participes en el desarrollo del presente trabajo, por su constante apoyo en el planeamiento y ejecución de la misma.
- Al LASPAF, por brindarme su apoyo a lo largo de la realización de la parte experimental
- A todos mis familiares y amigos, que han colaborado de alguna manera en la culminación de este trabajo. Gracias.

INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA AVICULTURA.....	3
2.1.1.	Características de la gallinaza.....	3
2.1.2.	El sector avícola en el Perú.....	4
2.2.	MATERIAS ORGÁNICAS LÍQUIDAS	5
2.3.	HIDRÓLISIS	5
2.3.1.	Clasificación	6
2.4.	FERMENTACIÓN LÁCTICA	7
2.4.1.	Definición	7
2.4.2.	Bacterias lácticas	8
2.4.3.	El género Lactobacillus	8
2.5.	AMINOÁCIDOS	9
2.5.1.	Asimilación de aminoácidos por las plantas	9
2.6.	FERTILIZACIÓN EDÁFICA	10
2.7.	ESTIMULANTES RADICULARES	11
III.	HIDROLIZADO LÍQUIDO DE GALLINAZA	13
3.1.	Características químicas del hidrolizado líquido de gallinaza (HLG).....	13
3.2.	Características físicas del hidrolizado líquido de gallinaza (HLG)	16
3.2.1.	Densidad del HLG	16
3.2.2.	Contenido de las partículas en suspensión	16
3.2.3.	Compatibilidad con fertilizantes solubles.....	16
3.3.	Conclusiones	16

3.4.	Recomendaciones	16
IV.	ENSAYO DE LA APLICACIÓN EDÁFICA DEL HLG SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA	17
4.1.	Finalidad de la prueba	17
4.2.	Ubicación del ensayo	17
4.3.	Características del suelo experimental.....	17
4.4.	Materiales empleados	19
4.5.	Procedimiento	19
4.6.	El cultivo: Papa var. Única	20
4.6.1.	Abonamiento y fertilización en el cultivo de papa.....	20
4.6.2.	El nitrógeno en el cultivo de papa	21
4.7.	Tratamientos ensayados	22
4.8.	Parámetros evaluados	22
4.8.1.	Rendimiento total	23
4.8.2.	Rendimiento comercial.....	23
4.9.	Análisis estadístico	23
4.9.1.	Diseño experimental	23
4.10.	Tratamiento estadístico	24
4.11.	Resultados y discusión	24
4.11.1.	Rendimiento total (t/ha).....	24
4.11.2.	Rendimiento comercial (t/ha)	26
4.12.	Conclusiones	28
4.13.	Recomendaciones.....	28
V.	ENSAYO DE EFECTIVIDAD DEL HLG EN INVERNADERO COMO PROMOTOR DEL CRECIMIENTO RADICULAR.....	29
5.1.	Finalidad de la prueba	29
5.2.	Ubicación del ensayo	29
5.3.	Características del suelo experimental.....	29

5.4.	Materiales empleados	30
5.5.	Procedimiento	30
5.6.	El cultivo: Coliflor (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>)	30
5.7.	Tratamientos ensayados	31
5.8.	Parámetros evaluados	31
5.8.1.	Materia fresca y seca producida de raíces (g).....	31
5.8.2.	Longitud máxima, mínima de raíces (cm).....	32
5.8.3.	Área radicular	32
5.8.4.	CE (dS/m) y pH del sustrato.....	35
5.9.	Análisis estadístico	35
5.9.1.	Diseño experimental:.....	35
5.9.2.	Tratamiento estadístico.....	35
5.10.	Resultados y discusión	36
5.10.1.	Materia fresca y seca producida de raíces en el cultivo de coliflor.....	36
5.10.2.	Longitud máxima y mínima en cm de las raíces en el cultivo de Coliflor	37
5.10.3.	Área radicular en el cultivo de Coliflor.....	38
5.10.4.	CE (dS/m) y pH del sustrato.....	40
5.11.	Conclusiones	41
5.12.	Recomendaciones.....	41
VI.	CONCLUSIONES GENERALES.....	42
VII.	RECOMENDACIONES GENERALES.....	43
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	44
IX.	ANEXOS.....	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Población de animales vivos por crianza según año, diciembre 2011-2015 (miles de unidades).....	4
Cuadro 2: Análisis físico químico del HLG.....	14
Cuadro 3: Contenido de aminoácidos en el HLG.....	15
Cuadro 4: Contenido de formas de nitrógeno y aniones en el HLG.....	16
Cuadro 5: Características físicas y químicas del suelo en el campo experimental.....	19
Cuadro 6: Tratamientos y cantidad de HLG requerido.....	24
Cuadro 7: Categoría de clasificación según su diámetro.....	25
Cuadro 8: Efecto de diferentes dosis de HLG sobre el rendimiento total del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) var. Única.....	26
Cuadro 9: Efecto de diferentes dosis de HLG sobre el rendimiento comercial del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) var. Única.....	29
Cuadro 10: Características físicas y químicas del suelo en el campo experimental.....	33
Cuadro 11: Dosis y concentración del HLG para aplicación vía edáfica.....	35
Cuadro 13: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre el peso fresco y seco de las raíces de plantas de coliflor (<i>Brassica oleracea</i> var. botrytis).....	48
Cuadro 14: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre la longitud máxima y mínima de las raíces de plantas de coliflor (<i>Brassica oleracea</i> var. botrytis).....	40
Cuadro 15: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre el peso fresco y seco de las raíces de plantas de coliflor (<i>Brassica oleracea</i> var. botrytis).....	43
Cuadro 16: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre la CE y el p H del sustrato utilizado en las raíces de plantas de coliflor (<i>Brassica oleracea</i> var. botrytis).....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Croquis de distribución de las parcelas del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) var. Única, La Molina 2014.....	20
Figura 2: Clasificación de los tubérculos según su diámetro.....	24
Figura 3: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre el rendimiento total en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) var. Única.....	27
Figura 4: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre el rendimiento comercial en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) var. Única.....	29
Figura 5: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre el rendimiento comercial en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) var. Única.....	30
Figura 6: Captura del proceso de evaluación de imágenes con el software ASSESS.....	37
Figura 7: Captura del proceso de evaluación de imágenes con el software ASSESS.....	38
Figura 8: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre el peso seco y fresco de las raíces en plantas de coliflor (<i>Brassica oleracea</i> var. botrytis).....	41
Figura 9: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre el peso seco y fresco de las raíces en plantas de coliflor (<i>Brassica oleracea</i> var. botrytis).....	42
Figura 10: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre el área de las raíces en plantas de coliflor (<i>Brassica oleracea</i> var. botrytis).....	43

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Evaluación de la determinación de la densidad del HLG.....	51
Anexo 2: Resultados de la prueba de determinación de partículas en suspensión del HLG.....	51
Anexo 3: Resultados registrados de la prueba de determinación de compatibilidad con fertilizantes solubles.....	52
Anexo 4: Resultados registrados en el Ensayo de la aplicación del HLG sobre el rendimiento del cultivo de papa.....	52
Anexo 5: Resultados registrados en el Ensayo de efectividad del HLG en invernadero como promotor del crecimiento radicular.....	54
Anexo 6: Panel fotográfico.....	56

RESUMEN

Dentro de las últimas décadas, el sector avícola en el Perú ha experimentado un rápido crecimiento. Ello implica la producción de grandes volúmenes de desechos orgánicos que deben ser reciclados. Estos desechos orgánicos poseen altos contenidos de nutrientes que pueden ser disponibles para las plantas. Entre las diversas tecnologías generadas para su reciclaje, están los hidrolizados. En el presente trabajo, se hicieron pruebas a nivel de campo e invernadero en el uso de un hidrolizado líquido de gallinaza (HLG), el cual fue producido mediante la hidrólisis enzimática de excretas de gallinas ponedoras (gallinaza) por bacterias acidolácticas, empleando sobrenadante de levadura como medio líquido y melaza como fuente adicional de energía. La hidrólisis de las proteínas contenidas en la excreta de gallina resultó en la liberación de aminoácidos, otorgándole potencial como fertilizante edáfico y estimulante del crecimiento vegetal.

El efecto de la aplicación de las diferentes dosis del HLG sobre el rendimiento y el crecimiento de la raíz se evaluó en dos cultivos: papa (experimento en campo), y coliflor (experimento en macetas). En campo se aplicaron dosis de 0, 25, 50, 100 y 200 l/ha, con cuatro (04) repeticiones por tratamiento. Entre los parámetros evaluados se consideró el rendimiento total y el rendimiento comercial del cultivo. El diseño estadístico utilizado para la medición del efecto de estos tratamientos fue el de Bloques Completamente al Azar con cuatro (04) tratamientos y cuatro repeticiones (04). De los resultados obtenidos, se observó que la aplicación del HLG genera un incremento progresivo en el rendimiento del cultivo de papa conforme se incrementan las dosis del producto aplicadas al suelo, es decir se obtuvo un menor rendimiento en el tratamiento testigo (sin aplicar), y mayor rendimiento con la mayor dosis aplicada. Si bien los resultados no son estadísticamente diferentes, sí demostraría el efecto positivo de la aplicación del HLG como estimulante del crecimiento vegetal. En macetas se aplicaron dosis de 0, 10, 25, 50 y 100 ml/maceta, con cuatro (04) repeticiones por tratamiento; lo cual corresponde a 0, 20, 50, 100 y 200 ppm de nitrógeno contenido en el HLG. Entre los parámetros evaluados se consideraron: materia fresca y seca producida de raíces (g), longitud de las raíces (cm), área radicular de las raíces (cm²) y; CE (dS/m) y el pH del sustrato en el que se trabajó. El diseño estadístico utilizado para la medición del efecto de estos tratamientos fue el de Bloques Completamente al Azar con cinco (05) tratamientos y cuatro repeticiones (04). De los resultados obtenidos, se observa que para ninguno de los parámetros evaluados hubo

diferencias estadísticamente significativas, sin embargo se evidencia un efecto positivo pero a dosis bajas y medias, ya que a la mayor dosis T5 (dosis muy alta), el efecto fue perjudicial, indicando que esta concentración causa efectos adversos a los cultivos. Las distintas pruebas realizadas permiten recomendar el uso del HLG como fertilizante edáfico; sin embargo para obtener óptimos rendimientos se debe aplicar como complemento de la fertilización mineral. Así también, la aplicación al suelo del HLG resulta en un efecto positivo como promotor del crecimiento vegetal; sin embargo, éste debe ser aplicado en forma fraccionada, para no ocasionar problemas adversos en los cultivos, por las características propias del producto. Por lo tanto el HLG representa una alternativa que podría ser adoptada por el agricultor como parte de su manejo agronómico.

Palabras claves: Hidrolizado liquido de gallinaza, fertilizacion, estimulador del crecimiento radicular

ABSTRACT

In recent decades, the poultry sector in Peru has grown rapidly. This implies the production of large volumes of organic waste that must be recycled. These organic waste possess high contents of nutrients that can be available to plants. Among the diverse technologies generated for recycling, are the hydrolyzed. In the present work, tests were carried out at the field and greenhouse level based on the use of a liquid hydrolyzed layer manure (LHM), which was produced through the enzymatic hydrolysis of manure from laying hens (layer manure) by means of lactic acid bacteria, employing yeast supernatant as a liquid medium, and molasses as an additional source of energy. The hydrolysis of the proteins contained in the layer manure resulted in the release of amino acids, thereby giving it potential as an edaphic fertilizer and stimulant for the plant growth.

The effect of the application of the different doses of LHM on the yield and root growth was evaluated in two crops: Potato (field experiment), and cauliflower (pot experiment). On field, doses of 0, 25, 50, 100 and 200 l/ha were applied, with four (04) repetitions per treatment. Among the parameters evaluated the total yield and the commercial yield of the crop were considered. A randomized complete block design with four (04) treatments and four (04) repetitions was used to measure the effect of treatments. The results obtained showed that the application of LHM generates a progressive increase on the crop yield of potato as the doses of the product applied to the soil increase, that is, a lower yield in the control treatment (without application) was obtained, and an higher performance with the highest dose applied. Although the results are not statistically different, it would demonstrate the positive effect of the application of LMH as a stimulant for the plant growth. In pots, doses of 0, 10, 25, 50 and 100 ml/pot were applied, with four (04) repetitions per treatment; which corresponds to 0, 20, 50, 100 and 200 ppm of nitrogen contained in the LMH. Among the parameters evaluated were considered: Fresh and dry matter produced from roots (g), root length (cm), root area (cm²) and; EC (dS/m) and the pH of the used substrate. A randomized complete block design with five (05) treatments and four (04) repetitions was used to measure the effect of these treatments. The results obtained show that for any of the evaluated parameters there were statistically significant differences, however, there is indication of a positive effect, but at low and medium doses, because employing the highest dose T5 (very high dose), the effect was deleterious, indicating that this concentration causes adverse effects to crops.

Individual tests carried out allow to recommend the use of LMH as an edaphic fertilizer; however, to obtain optimum performance, it should be applied as a complement to mineral fertilization. Likewise, the application of the LMH to the soil results in a positive effect as a promoter of plant growth; however, this must be applied by instalments, so as not to cause adverse problems in crops, due to the inherent characteristics of the product concerned. Therefore, the LMH represents an alternative that could be adopted by the farmer as part of his agronomic management.

Key words: Liquid hydrolyzed layer manure, fertilization, root growth stimulator

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de las últimas décadas, el sector avícola en el Perú ha experimentado un rápido crecimiento y desarrollo, ésta incluye la producción de carne de aves (pollo, pato, pavo, gallina) y la producción de huevos para consumo (gallina y codorniz). Así la avicultura tiene una participación del 25 % de toda la producción agropecuaria del país, y del 60 % del total de la producción pecuaria (APA, 2017). En el mes de Marzo del año 2017, la producción avícola presentó un incremento del 5.3 % respecto a lo obtenido en similar mes del año anterior. Este incremento estuvo impulsado principalmente por la producción de pollo (6.1 %) y huevo de gallina para consumo (5.4 %) (MINAGRI, 2017).

La crianza de aves de corral es fuente de gran cantidad de residuos orgánicos. Se estima que se produce 150 g de excretas por gallina al día (García et al., 2007), con lo cual se obtiene una cantidad considerable de residuos al año. Si estos residuos no son tratados adecuadamente, pueden desencadenar problemas medioambientales en la atmósfera, en el suelo y en el agua. Por ello resulta importante desarrollar tecnologías que permitan realizar una adecuada gestión de estos grandes volúmenes de desechos generados.

La gallinaza como fertilizante es muy rica en elementos nutritivos para las plantas. El uso de la gallinaza como abono es la opción más ventajosa para su empleo, tanto porque constituye una forma de reciclaje natural como por su bajo costo. Sin embargo, el uso de gallinazas frescas, pueden producir efectos adversos en el suelo y en las plantas, por ello se recomienda su procesamiento (Estrada, 2005).

En la actualidad existen diversas tecnologías para el tratamiento de estos residuos orgánicos, una de ellas son los hidrolizados líquidos, que constituyen proteínas química o enzimáticamente rotas a péptidos de varios tamaños (Rustad, 2004), así su utilización conlleva a grandes beneficios en la agricultura, entre los cuales se pueden nombrar: rápida absorción y traslación de los aminoácidos por las plantas, actúan como transportadores de micronutrientes; y tienen poder catalizador y regulador del crecimiento actuando en los mecanismos enzimáticos fundamentales.

En el presente trabajo, se hizo pruebas a nivel de invernadero y campo en el uso de un hidrolizado líquido gallinaza como fertilizante edáfico. El hidrolizado constituye un abono orgánico líquido preparado mediante la hidrólisis enzimática de excretas de gallinas ponedoras (gallinaza) por bacterias acidolácticas, empleando sobrenadante de levadura como medio líquido y melaza como fuente adicional de energía. La hidrólisis de las proteínas contenidas en la excreta de gallina resulta en la liberación de aminoácidos, otorgándole potencial como fertilizante edáfico y estimulante del crecimiento vegetal.

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la aptitud del hidrolizado líquido de gallinaza (HLG) como fertilizante nitrogenado y estimulador del crecimiento vegetal.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto de la aplicación vía edáfica del HLG sobre el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) a nivel de campo; y coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*) a nivel de invernadero.
- Determinar el efecto del HLG como promotor del crecimiento radical en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) a nivel de campo; y coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*) a nivel de invernadero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA AVICULTURA

Uno de los aspectos ambientalmente relevantes en la industria avícola es la disposición de los desperdicios procedentes de su producción. En la actualidad, las técnicas de procesamiento de subproductos avícolas han variado mucho, siendo posible obtener una gran variedad de productos de forma económica.

A medida que la industria avícola crece y se expande, la cantidad de subproductos generados aumenta y se hace necesario pensar en nuevos e innovadores sistemas de procesamientos de residuos que no afecten el medio ambiente, lo que se traduce en el desarrollo de nuevas tecnologías para un mejor manejo de estos residuos, y de este modo poder preservar la calidad del agua, del suelo y los aspectos de sanidad humana y animal, promoviendo así un medio ambiente más limpio (Bakle *et al.*, 2001; citado por Herrera, 2008).

El estiércol de diferentes animales es la principal fuente de abono orgánico y su apropiado manejo es una excelente alternativa para ofrecer nutrientes a las plantas y a la vez mejorar las características físicas y químicas del suelo. Solo la quinta parte del alimento que consume es utilizada para su producción, el resto es eliminado en el estiércol y la orina (Tapia y Fries, 2007). Respecto a la gallina, la cantidad del estiércol que puede producir en un día depende de factores como tipo de alimentación, crianza y especie. Se estima que cada gallina produce entre 150 g/día de estiércol aproximadamente (García y Lon, 2007).

2.1.1. Características de la gallinaza

La gallinaza, considerada como un abono orgánico, es la principal fuente de nitrógeno de los abonos fermentados, igualmente aporta fósforo, potasio, calcio, magnesio, zinc, cobre y boro (Bongcam, 2003).

La gallinaza es la mezcla de heces y orina que se obtiene de la gallina enjaulada o de piso (Estrada, 2005); a esta se une la porción no digerible de alimentos, microorganismos de la biota intestinal, plumas y huevos rotos (Carhuancho, 2010).

El estiércol de gallina generalmente tiene un contenido mayor de materia seca y NPK, 6.1 % de nitrógeno, 5.2 % de fósforo y 3.2 % de potasio, (Peralta, 2010). Por otro lado, la composición y calidad de estiércol depende del tipo de alimentación, crianza, la edad de las aves y del tiempo de permanencia (Estrada, 2005), su composición cambia de acuerdo al momento de recolección y al tipo de almacenamiento.

2.1.2. El sector avícola en el Perú

El sector avícola en nuestro país, representa el 25 % de toda la producción agropecuaria, alcanzando en los últimos diez años un crecimiento promedio de 8 % (APA, 2017), por lo cual constituye una de las actividades más importantes del sector, en comparación con los subsectores vacuno, ovino, caprino, alpaca, llama y porcino. En el Cuadro 1 se observa la población de animales vivos por crianza según año durante el periodo 2011 – 2015, siendo la población de pollos poco más del 50 % del total.

Cuadro 1: Población de animales vivos por crianza según año, diciembre 2011-2015 (miles de unidades)

Crianza	2011	2012	2013	2014	2015
Vacuno	5 589	5 661	5 556	5 578	5 571
Ovino	14 050	12 184	11 831	11 652	11 987
Caprino	1 946	1 950	1 929	1 905	1 896
Alpaca	4 322	3 927	4 005	4 316	4 311
Llama	1 227	1 194	1 234	1 212	1 195
Porcino	3 263	2 987	3 846	3 203	3 240
Pollo	77 247	90 423	88 367	93 078	98 190
Otras aves	51 696	48 131	49 813	51 626	53 066

Fuente: SIEA (Sistema Integrado de Estadística Agraria)

En el mes de marzo del año 2017, la producción avícola presentó un crecimiento del 5.3 % respecto a lo obtenido en similar mes del año anterior. Este incremento estuvo impulsado principalmente por la producción de pollo (6.1 %) y huevo de gallina para consumo (5.4 %).

El desarrollo de este sector ha conllevado al establecimiento de múltiples granjas, principalmente de pollos, patos, pavos, gallinas y codornices a fin de satisfacer la demanda de carne, huevos, plumas, entre otros. El incremento de la avicultura intensiva se debe al incremento del consumo de carnes y huevos.

2.2. MATERIAS ORGÁNICAS LÍQUIDAS

Existen diversos productos orgánicos líquidos que pueden ser empleados en agricultura, entre ellos destacan los bioles, purines y los hidrolizados ácidos. Éstos mejoran las características fisicoquímicas y biológicas de los suelos; y por ende el rendimiento y calidad de los cultivos.

El biol es la fase líquida o producto efluente de la degradación anaeróbica de la materia orgánica compleja en elementos simples por acción de diversos microorganismos. Esta degradación se lleva a cabo en depósitos herméticamente cerrados conocidos como digestores (Guerrero, 1993).

En un experimento realizado en la Molina (Barrios, 2001), se observó que el biol aplicado al suelo y vía foliar en diferentes concentraciones incrementó los rendimientos y la calidad del producto cosechado en el cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.).

Los purines son los estiércoles líquidos del sector porcino, el cual está compuesto por deyecciones, aguas de lavado y restos de alimentos.

Los hidrolizados son proteínas química o enzimáticamente rotas a péptidos de varios tamaños (Rustad, 2004).

2.3. HIDRÓLISIS

Se define la hidrólisis como un proceso en el cual se transforman moléculas de gran tamaño en productos más sencillos y fácilmente degradables. Los efectos de este proceso se traducen en una reducción del tamaño molecular así como cambios en la estructura y en la polaridad de las proteínas. La obtención de hidrolizados proteicos puede ser llevada a cabo mediante métodos físicos, químicos o enzimáticos. Estos últimos son utilizados preferentemente para producir hidrolizados con finalidades nutricionales, ya que el tratamiento térmico bajo

condiciones ácidas o básicas, puede producir la pérdida de L-aminoácidos. En cambio, la hidrólisis enzimática, realizada en condiciones moderadas de pH y temperatura (pH 5 - 9; temperaturas entre 40 - 60 °C), mantiene inalterada la calidad nutricional de los aminoácidos (Millán *et al.*, 2000).

En este proceso se emplean ácidos y enzimas proteolíticas provenientes de diferentes fuentes, como la papaína, ficina y bromelina extraídas de plantas; la pepsina, la renina y quimiotripsina de tejidos animales, así como las enzimas de origen microbiano (hongos o bacterias) que son producidas por fermentación de microorganismos, éstas representan aproximadamente el 90 % de todas las enzimas producidas para los procesos industriales. En general las enzimas se clasifican según su carácter: ácido, neutro o básico, dependiendo del pH al cual exhiban su mayor actividad (Adler-Nissen, 1976).

Los hidrolizados de proteína ejercen acciones diferentes en cada cultivo y variedad. Por ejemplo, algunos aminoácidos como la prolina juegan un papel fundamental en los equilibrios hídricos, especialmente cuando las plantas sufren a causa de alguna alteración fisiológica.

Entre los beneficios de los hidrolizados se pueden nombrar: la rápida absorción y traslación de los aminoácidos por las plantas, actúan como transportadores de los microelementos, tienen poder catalizador y regulador del crecimiento actuando en los mecanismos enzimáticos fundamentales.

En un estudio realizado en Colombia se evaluó el potencial del hidrolizado de plumas de gallina como fuente de peptona en la producción de biomasa láctica. Se observó que existe un gran potencial de las plumas de gallina en la producción de biomasa, convirtiéndose así, en una alternativa de uso de este residuo orgánico (Serna *et al.*, 2012).

2.3.1. Clasificación

Existen tres formas de hidrolisis: ácida, alcalina y enzimática

a. Hidrólisis ácida

Se basa en la ebullición prolongada de la proteína con soluciones ácidas fuertes (HCl y H₂SO₄). Este método destruye completamente el triptófano y parte de la serina y la treonina (Bossio, 2007).

b. Hidrolisis alcalina

Respetando los aminoácidos que se destruyen por la hidrólisis anterior, pero con gran facilidad forma racematos. Normalmente se utiliza NaOH y Ba(OH)₂ (Bossio, 2007).

c. Hidrólisis enzimática

Se utilizan enzimas proteolíticas cuya actividad es lenta y a menudo incompleta, sin embargo no se produce racemización y no se destruyen los aminoácidos, por lo tanto es muy específica. Es un proceso muy eficiente, con lo cual la calidad nutricional de los aminoácidos se mantiene prácticamente inalterada (Bossio, 2007). Éste proceso se da a través de un conjunto de etapas: **proteínas: proteasas: peptonas: péptidos: aminoácidos**. Estas etapas se diferencian básicamente en su solubilidad. La proteasa actúa sobre el enlace peptídico rompiéndolo y liberando el grupo amino y el grupo carboxilo. Los grupos amino y carboxilo pueden estar parcialmente ionizados, dependiendo del pH del proceso de hidrolisis (Guadix *et al.*, 2000).

En la hidrólisis enzimática de proteínas hasta péptidos o aminoácidos, por acción de enzimas proteolíticas, la composición final y; por tanto, el uso de los hidrolizados dependerá principalmente de la fuente proteica, del tipo de proteasa usada, de las condiciones de hidrólisis y del grado de hidrólisis alcanzado en la reacción. La materia prima se somete a un proceso de hidrolisis controlada, hasta obtener un líquido pardo fácilmente miscible en agua (Bossio, 2007).

La hidrólisis enzimática es el único proceso de hidrólisis en el que se obtiene un elevado grado de aminoácidos libres y en forma L; es decir, biológicamente activos.

2.4. FERMENTACIÓN LÁCTICA

2.4.1. Definición

Una fermentación es una reacción de oxidación-reducción interna equilibrada en la que algunos átomos de la fuente de energía (donador de electrones) se reducen mientras otros se oxidan, y la energía se produce por la fosforilación a nivel de sustrato (Madigan *et al.*, 2004).

En la fermentación láctica, el azúcar es transformada hasta ácido láctico (Leveau *et al.*, 2000). Existen dos tipos de fermentación láctica: la fermentación **homoláctica** en la cual el ácido láctico es prácticamente el único producto formado, se emplea para esto la vía de Embden-Meyerhof-Parnas; y la fermentación **heteroláctica** cuando se forman también otros productos como ácido acético, etanol, CO₂, en este caso se emplea la vía de las pentosas fosfato.

2.4.2. Bacterias lácticas

La fermentación láctica es producida por las bacterias acidolácticas. Este grupo reúne un número de géneros que se caracteriza por su capacidad de fermentar los glúcidos produciendo ácido láctico. Éstas se agrupan por ser bacterias Gram positivas, por lo general inmóviles, que no esporulan. Su capacidad de biosíntesis es débil. Además son anaeróbicas facultativas, microaerófilas, capaces únicamente de fermentar tanto en aerobiosis como en anaerobiosis.

Las bacterias acidolácticas producen ácido láctico como su principal y único producto de fermentación. Los principales géneros de estas bacterias son *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* (Leveau *et al.*, 2000).

2.4.3. El género Lactobacillus

La mayoría de especies dentro de éste género son homofermentadores; sin embargo hay algunas que son heterofermentadoras (Madigan *et al.*, 2004). Los homofermentadores convierten la glucosa, de modo casi cuantitativo, en ácido láctico; los heterofermentadores la convierten en una mezcla equimolecular de ácido láctico, etanol, y CO₂ (Stainer *et al.*, 1996).

Las especies se desarrollan en medios muy diferentes, debido a la gran variedad que presenta este género. Los mesófilos (*L. casei* subsp. *Casei*, *L. planctarum*, *L. curvatus*, *L. brevis*) se caracterizan por un amplio espectro de fermentación y están presentes en la leche y quesos como el Cheddar, en los vegetales fermentados como el Choucroute (*L. bavaricus*), la cerveza (*L. malefermentans*) y los productos de panificación (*L. sanfrancisco*), etc. Los termófilos tienen un espectro estrecho de fermentación es más limitada; en las leches fermentadas (*L. delbruckii* subsp. *Bulgaricus*) en el yogurt (*L. acidophilus*) y en ciertos quesos fabricados a una temperatura superior a 40 °C (Leveau *et al.*, 2000).

2.5. AMINOÁCIDOS

Los aminoácidos son sustancias nutritivas de fácil absorción y asimilación por vía foliar y radicular. Se transportan a los diferentes órganos como brotes, flores y frutos, en los que existe una mayor demanda debido a su actividad y son utilizados como cimientos o pilares. Las plantas sintetizan sus propias proteínas, ahorrando una serie de procesos metabólicos que son altamente consumidores de energía, que serían necesarios para la elaboración de aminoácidos a partir de nitrógeno nítrico o amoniacal. Los aminoácidos crean sitios de quelación de nutrientes como cobre, manganeso y zinc, que facilitan la absorción y transporte de los mismos (Jie *et al.*, 2008).

2.5.1. Asimilación de aminoácidos por las plantas

Las plantas sintetizan sus propios aminoácidos a partir de nitrógeno inorgánico. El proceso incluye la transformación del nitrato en nitrito y amonio, y su posterior incorporación a una molécula orgánica dando lugar al ácido glutámico. A partir de este aminoácido la planta sintetiza todos los demás, a través de los procesos de transaminación.

El proceso se realiza con un elevado costo de energía, por lo que en momentos de estrés para la planta, la aplicación exógena de los aminoácidos permite que ésta disponga de la energía necesaria para otros procesos fisiológicos más productivos. Los aminoácidos pueden estar presentes en forma libre o unidos formando proteínas. La mayoría de proteínas están formadas por cadenas de entre 100 y 5 000 aminoácidos. Una proteína está formada por aminoácidos unidos por enlaces peptídicos.

La incorporación de aminoácidos a las plantas puede producirse por vía foliar o radicular. En condiciones naturales la vía radicular es el mecanismo más usual de ingreso de aminoácidos externos. Los aminoácidos se encuentran libres en el suelo y pueden acceder al apoplasto radicular por difusión, y ser absorbidos por las células epidérmicas y por el parénquima cortical de la raíz. Los aminoácidos libres además de constituir un nutriente, son un factor regulador del crecimiento para las plantas (Espasa, 1983).

Los aminoácidos biológicamente activos son los α -L-aminoácidos, son los únicos que son activos biológicamente; las plantas pueden absorberlos tanto por vía radicular como por vía foliar.

La obtención de aminoácidos puede obtenerse de dos formas: por hidrólisis (partición de una proteína ya existente) o por síntesis (creación de un aminoácido "de novo").

a. Método por hidrólisis

Se parte de una proteína existente y lo que se hace es romperla en diferentes trozos hasta conseguir aminoácidos. Dentro de este método existen varias formas: hidrólisis ácida, hidrólisis ácida controlada, hidrólisis enzimática.

b. Método de síntesis

Este método es apropiado para la obtención de algún aminoácido específico. El inconveniente que tiene es que mediante este sistema se obtiene una mezcla racémica (tanto en formas L como D), es decir, sólo el 50 % son biológicamente activos. Los aminoácidos que se utilizan en agricultura fabricados por este sistema son muy poco.

2.6. FERTILIZACIÓN EDÁFICA

La fertilización de los cultivos cumple dos funciones importantes: proveer a la planta los nutrientes necesarios para su crecimiento y mantener los niveles de fertilidad del suelo (Sierra, 2002).

Las sales minerales en la solución del suelo constituyen el alimento necesario para las plantas, las cuales proceden bien de la mineralización de las reservas del suelo, o bien del aporte orgánico. No existe oposición fundamental entre lo orgánico y lo mineral, que corresponde a dos fases sucesivas, igualmente útiles, para la alimentación de las plantas (Gros *et al.*, 1992)

Los fertilizantes son de dos tipos:

2.6.1 Orgánicos

Los abonos orgánicos provienen generalmente de los residuos y desperdicios de la vida vegetal y animal. Su contenido de nutrientes es muy variable, dependiendo en gran medida de su fuente y contenido de humedad (Mengel *et al.*, 2001).

Son productos de naturaleza orgánica que aplicados al suelo son abastecedores de nutrientes, para ello este producto debe ser descompuesto en un tiempo relativamente corto. La

descomposición normalmente se realiza en un lapso de tres meses, durante este tiempo los elementos van liberándose en forma paulatina (Loli, 2013).

Los microorganismos transforman los materiales orgánicos, como el estiércol, el suero, la leche, el jugo de caña o de frutas, las pajas y las cenizas, y producen vitaminas, aminoácidos, ácidos y minerales complejos indispensables al metabolismo y perfecto equilibrio nutricional de la planta. Las sustancias originadas son muy ricas en energía libre. Los biofertilizantes tienen todos los aminoácidos posibles, producidos por los microorganismos en cantidades muy variables, formando macromoléculas (Restrepo, 2001).

Los biofertilizantes son fertilizantes de origen orgánico, producto de la fermentación de un sustrato orgánico por medio de la actividad de microorganismos vivos. La fermentación se realiza en forma anaeróbica o aeróbica. Las fuentes orgánicas, ricas en nutrientes, pueden ser plantas verdes, estiércoles de animales o materiales minerales sometidos a la acción de microorganismos o levaduras para obtener un material rico en nutrientes. El biofertilizante es una especie de vida muy fértil, que se origina a partir de la intensa actividad de los microorganismos (Restrepo, 2001).

2.6.2 Inorgánicos o sintéticos

Son productos preparados industrialmente, que tienden a aportar los nutrientes en forma soluble (Loli, 2013). Generalmente, cuanto más intensivo es un sistema de cultivo, más altos son los rendimientos y mayor será la cantidad de nutrientes a aplicar al suelo para mantener su fertilidad, así para la mayoría de los suelos el uso de fertilizantes inorgánicos es casi esencial (Mengel *et al.*, 2001).

2.7. ESTIMULANTES RADICULARES

Las raíces, o más exactamente los pelos absorbentes muy finos que llevan las raicillas, extraen del suelo el agua y ciertos elementos parcialmente disueltos en las soluciones del suelo: nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio, calcio y los diversos microelementos. La solución suelo, contiene no solamente pequeñas cantidades de elementos nutritivos disueltos, sino también gas carbónico y otros elementos ácidos procedentes de la descomposición del estiércol y de los residuos orgánicos, gracias a los cuales ciertos cuerpos insolubles en el agua pura pueden pasar progresivamente a la solución. Las mismas raíces

segregan sustancias ácidas capaces de atacar a ciertas sales difícilmente solubles, haciéndolas así más asimilables. Estas soluciones están muy poco concentradas y se empobrecen o se enriquecen de acuerdo con la absorción de las raíces y la aportación de abonos por intercambio con los elementos fijados bajo forma de iones en el complejo coloidal arcilloso – húmico del suelo (Gros *et al.*, 1992).

El desarrollo de los sistemas radiculares, más allá de su expresión genética determinada, está condicionado fundamentalmente por cuatro factores: temperatura, humedad, aireación y resistencia mecánica del suelo. Sin embargo, a estos cuatro factores principales se debe añadir las variables biológicas, fitosanitarias en el caso de plagas y enfermedades, pero también la actividad de los llamados microorganismos benéficos del suelo. Estos últimos cobran cada vez mayor importancia agronómica y están concentrando gran cantidad de investigación por su enorme potencial como herramientas de alta tecnología para impulsar el desarrollo sustentable de las raíces de los cultivos. Hoy en día se viene desarrollando diversas tecnologías basadas principalmente en el estudio de las interacciones de los microorganismos del suelo y los sistemas radiculares de las plantas (Red Agrícola, 2013). Los bioestimulantes son compuestos orgánicos no hormonales, constituidos a base de aminoácidos activados de medio y bajo peso molecular, estos se encuentran en la naturaleza como metabolitos primarios constituyendo las proteínas. Sirven como precursores y activadores de múltiples rutas metabólicas, que van a dar lugar a nuevos productos estructurales, metabolitos primarios, como aminoácidos de proteínas comunes, enzimas de procesos comunes, nucleótidos y ácidos carboxílicos, lípidos, glicéridos, etc., y secundarios como fitohormonas, enzimas, vitaminas, fotosintatos, alcaloides, terpenoides, flavonoides, aceites esenciales, oligosacáridos, etc. (Gros *et al.*, 1985).

Los bioestimulantes son complejos aminoácidos y orgánicos obtenidos por hidrólisis enzimática. Tienen la propiedad de intensificar la actividad de las enzimas que influyen sobre la regulación del equilibrio bioquímico aumentando los procesos metabólicos y activando la síntesis natural de las hormonas, siendo por lo tanto útiles para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Lúcar, 1994).

Los bioestimulantes contienen otros aminoácidos y compuestos afines como aspargina, cisteína, glutamina, folcisteína, presentándose en cultivos como el frijol, papa y tomate (Hermann, 1991; citado por Sarabia, 1998).

III. HIDROLIZADO LÍQUIDO DE GALLINAZA

Es un abono orgánico preparado mediante la hidrólisis enzimática de excretas de gallinas ponedoras (gallinaza) por bacterias acidolácticas, empleando sobrenadante de levadura como medio líquido y melaza como fuente adicional de energía. Luego de la hidrólisis, el producto es filtrado para obtener la fracción solubilizada.

3.1. Características químicas del hidrolizado líquido de gallinaza (HLG)

El análisis químico del producto se reporta en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Análisis físico químico del HLG

Características	Valor	Calificación	
pH	(----)	4.16	Moderadamente ácido
C.E.	(dS/m)	26.9	Fuertemente salino
Sólidos totales	(g/L)	233.5	Elevado
M.O. en solución	(g/L)	137.7	”
N	(g/L)	7.53	Elevado
P ₂ O ₅	”	4.86	”
K ₂ O	”	11.10	”
CaO	”	14.55	”
MgO	”	2.20	”
Na	”	1.28	”
Fe	(mg/L)	189.9	Elevado
Cu	”	11.4	Normal
Zn	”	101.7	Elevado
Mn	”	107.3	”
B	”	24.5	”

Fuente: LASPAF-UNALM

El hidrolizado líquido de gallinaza presenta un pH moderadamente ácido, lo cual es ideal para la solubilidad de otros fertilizantes. La conductividad eléctrica (CE) es de 26.9 dS/m, valor que lo califica como fuertemente salino, siendo imprescindible que el producto sea diluido a fin de evitar daños en las hojas. El contenido de nitrógeno total es elevado, así como la cantidad de fósforo. El potasio resulta muy elevado, probablemente debido a la melaza que es rica en este elemento.

El aminograma del hidrolizado líquido de gallinaza se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Contenido de aminoácidos en el HLG

Aminoácidos	Contenido	
	Total (mg/100 g)	Porcentual (%)
Triptófano	30	0.73
Histidina	40	0.98
Treonina	100	2.46
Valina	190	4.67
Metionina	70	1.72
Isoleucina	120	2.95
Leucina	330	8.11
Fenilalanina	110	2.70
Lisina	300	7.37
Ácido aspártico	400	9.83
Ácido glutámico	530	13.02
Alanina	90	2.21
Serina	90	2.21
Glicina	220	5.41
Arginina	1090	26.78
Prolina	220	5.40
Tirosina	140	3.44

Fuente: Laboratorio de evaluación nutricional de alimentos (LENA)

La concentración de aminoácidos en el hidrolizado líquido de gallinaza es similar a la de otros hidrolizados de proteína comerciales, otorgándole potencial como fertilizante edáfico y estimulante del crecimiento vegetal. Entre los aminoácidos presentes, se tiene en mayor porcentaje a la arginina con un 26.78 %, cuyo rol principal es la síntesis de clorofila, además de ser estimulador del crecimiento de las raíces; contiene 13.02 % de ácido glutámico, este aminoácido participa en procesos metabólicos importantes, entre los que se encuentran la asimilación del amonio y procesos de transaminación (Taiz *et al.*, citado por Serna, 2011); y 8.11% de leucina, el cual promueve la síntesis de fitohormonas de crecimiento llamadas giberelinas, quien es la responsable a su vez de inducir el crecimiento en altura (Jordán, 2006).

Cuadro 4: Contenido de formas de nitrógeno y aniones en el HLG

Muestra	Sulfatos (mg/L)	Cloruros (mg/L)	Amonio (mg/L)	Nitrato (mg/L)
HLG	947.49	8919.37	2144	683

Fuente: LASPAF-UNALM

La aplicación de HLG al suelo, especialmente en dosis elevadas o en forma directa, puede elevar el contenido de sales de este medio, lo que tendría un efecto adverso sobre la germinación y el crecimiento de los cultivos. Los sulfatos y cloruros son los principales aniones responsables de los cambios en la CE. En el Cuadro 4, se muestra el contenido de formas de nitrógeno y aniones en el HLG. Los cloruros, especie que generalmente no es adsorbida o muy poco retenida por los minerales y el complejo de cambio del suelo, es uno de los iones más móviles siendo fácilmente lixiviado. El otro anión responsable mayoritariamente de los cambios en la CE es el sulfato, bastante móvil y lixiviable también. (Guerrero *et al.*, 1997).

Respecto a la tasa de mineralización del nitrógeno del HLG, se observa que ésta es alta, correspondiendo a un 37.5 %, siendo éste rápidamente disponible para las plantas. El termino mineralización se usa normalmente para describir la transformación de nitrógeno orgánico en inorgánico, ya sea este en forma de NH_4^+ o NO_3^- (Black, 1975).

Cuanta más rica en nitrógeno sea la materia orgánica mayor es la posibilidad de que el éste se mineralice. El nitrógeno fácilmente mineralizable procede principalmente de la biomasa, oscilando las cantidades de nitrógeno mineralizado entre 1.2 y 7.4 % del total de nitrógeno orgánico del suelo (Mengel *et al.*, 2001).

3.2. Características físicas del hidrolizado líquido de gallinaza (HLG)

Santander Hidalgo, 2015, en un trabajo de investigación previo, determinó las características físicas del HLG, entre las que se encuentran, la densidad, el contenido de partículas en suspensión y la compatibilidad con fertilizantes solubles.

3.2.1. Densidad del HLG

La densidad del HLG, determinada a 20° C, fue de 1.11 g/cm³.

3.2.2. Contenido de las partículas en suspensión

El mayor porcentaje (66.65 %) de partículas suspendidas presentan un diámetro entre 53 y 11 µm, mientras que el menor porcentaje (5.22 %) pertenece a las partículas con diámetros mayores a 104 µm.

3.2.3. Compatibilidad con fertilizantes solubles

Se determinó que la combinación del HLG con fertilizantes solubles, incrementó el peso de los precipitados en el producto, en comparación con los obtenidos con el agua destilada. Sin embargo, solo cuatro fertilizante (urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio y ácido fosfórico) resultaron en una precipitación estadísticamente diferente al agua destilada.

3.3. Conclusiones

- El HLG presenta características químicas y físicas adecuadas para ser utilizado en la aplicación de cultivos, por lo tanto califica como un producto con potencial como fertilizante edáfico y estimulador del crecimiento vegetal.

3.4. Recomendaciones

- Realizar ensayos de la aplicación del hidrolizado líquido de gallinaza al suelo, para validar su potencial como fertilizante edáfico y estimulante del crecimiento radicular.

IV. ENSAYO DE LA APLICACIÓN EDÁFICA DEL HLG SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA

4.1. Finalidad de la prueba

La finalidad de este ensayo fue evaluar el potencial del HLG como estimulante del crecimiento vegetal, mediante la determinación de la dosis adecuada a partir de la cual se puedan obtener mayores rendimientos de los cultivos en campo. Se trabajó con papa (*Solanum tuberosum*) como cultivo experimental.

4.2. Ubicación del ensayo

El ensayo de aplicación al suelo del HLG se realizó en los campos frente a los laboratorios de Fitopatología de la Facultad de Agronomía de la UNALM.

4.3. Características del suelo experimental

El análisis de caracterización del suelo donde se realizó el ensayo de campo, se observa en el Cuadro 5.

Cuadro 5: Características físicas y químicas del suelo en el campo experimental

Característica	Unidad	Valor	Clasificación
Arena	%	53	--
Limo	%	27	--
Arcilla	%	20	--
Clase textural	--	--	Franco arcillo arenoso
pH (H ₂ O)	--	7.72	Ligeramente alcalino
CE _(1:1)	dS m ⁻¹	1.21	No salino
CaCO ₃	%	5.30	Moderadamente calcáreo
Materia orgánica	%	1.39	Bajo
Fósforo disponible	mg kg ⁻¹	5.4	Bajo
Potasio disponible	mg kg ⁻¹	139	Medio
CIC	cmol _c kg ⁻¹	12.32	Bajo
Ca ²⁺	cmol _c kg ⁻¹	9.18	Alto
Mg ²⁺	cmol _c kg ⁻¹	2.13	Medio
K ⁺	cmol _c kg ⁻¹	0.84	Alto
Na ⁺	cmol _c kg ⁻¹	0.17	Bajo
PSB	%	100.0	Elevado

Fuente: LASPAF-UNALM, 2014

Se trata de un suelo de textura franco arcillo arenoso con un nivel bajo de materia orgánica, dando lugar a un bajo contenido de nitrógeno, con un pH medianamente alcalino, y una CE es de 2.42 dS/m, valor que lo califica como no salino ($CE < 2$). El contenido de fósforo es bajo, mientras que el de potasio es medio. El nivel de carbonatos es ligeramente alto. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es baja, denotando con ello una baja fertilidad potencial del suelo.

Los cationes de cambio (Ca y Mg) saturan el complejo de cambio en un 91 % en cuanto a las relaciones catiónicas se tiene lo siguiente:

- Ca/Mg = 4.3 bajo en Ca
- Ca/K = 14.7 normal
- Mg/K = 2.5 normal

Lo cual muestra que hay un ligero desbalance de calcio respecto al magnesio.

4.4. Materiales empleados

- Semillas de papa var. Única
- Abonos: guano de isla y guano de vacuno
- Otros: materiales de oficina (libretas, papel, cinta métrica, cinta de impresión, etc.); material fotográfico.

4.5. Procedimiento

Se trabajó con papa (*Solanum tuberosum*), como cultivo experimental. El ensayo fue realizado en un área experimental de 400 m² el cual fue dividido en 20 unidades experimentales de 20 m² cada uno, como se muestra en la Figura 1.

T1 R1	T5 R2	T3 R3	T2 R4
T2 R1	T3 R2	T4 R3	T1 R4
T4 R1	T1 R2	T2 R3	T5 R4
T3 R1	T2 R2	T5 R3	T4 R4
T5 R1	T4 R2	T1 R3	T3 R4

Figura 1: Croquis de distribución de las parcelas del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) var. Única, La Molina 2014

El ensayo se realizó empleando papa var. Única. El distanciamiento de siembra fue de 1.0 m entre surcos y 0.4 m entre golpes. Luego del surcado, se marcaron parcelas de 4 surcos de ancho y 5 m. de largo determinando un área de 20 m².

Se aplicó estiércol seco de vacuno sobre el fondo de los surcos, en una cantidad aproximada de 10 t/ha. Los tubérculos-semilla fueron sembrados a un distanciamiento de 40 cm, colocándose dos tubérculos por golpe. Se aplicó guano de islas por puyados entre golpes de siembra, en una cantidad aproximada de 1 t/ha.

La cantidad calculada de HLG para cada parcela, fue disuelta en un balde de 4 litros de agua y rociada sobre los tubérculos semilla. Se procedió al tapado de tubérculos y fertilizantes.

Las labores culturales se realizaron de acuerdo con el grado de incidencia de estas y de las necesidades del cultivo. Así se evaluó el aspecto general de la planta y su estado sanitario para el control oportuno de enfermedades, plagas y malezas. Se hizo tres aplicaciones químicas de Ridomil Gold ® (Mancozeb; Metalaxil-M), para controlar al hongo *Phytophthora infestans*. Los deshierbos fueron manuales, realizándose dos deshierbos en total.

La cosecha se realizó el 19 de septiembre del 2014, a los 133 días después de la siembra. Esta labor se realizó de forma manual.

4.6. El cultivo: Papa var. Única

La variedad de papa Única, fue desarrollada en el Perú por la División de Mejoramiento y Utilización de Recursos Genéticos del Centro Internacional de la Papa (CIP). Entre sus principales atributos, destacan la resistencia a virus, tolerancia al calor, moderada resistencia al nematodo *Meloidogyne* spp., su precocidad, estabilidad de rendimiento en varias épocas de siembra y su leve tolerancia a sales (Gutiérrez *et al.*, 2007).

4.6.1. Abonamiento y fertilización en el cultivo de papa

Esta práctica consiste en la aplicación al suelo de materia orgánica y fertilizantes, para que el cultivo disponga de nutrientes minerales y otras sustancias, va depender de la demanda del cultivo, que se estima según el rendimiento esperado; y el suministro del suelo. Es necesario mencionar que el uso debe obedecer a una política de uso sostenible del suelo.

Debido a que el suelo es el ambiente en el que las plantas toman sus nutrientes y en donde se desarrollan los tubérculos, es necesario que el medio edáfico provea los nutrientes minerales y el agua requerido por el cultivo. En esta necesidad, la presencia de materia orgánica adquiere gran importancia para el cultivo de papa (Egúsquiza, 2014).

Los abonos son fuente de nutrientes cuyo origen es orgánico. Como abonos orgánicos se puede usar residuos, como estiércol de animales, restos vegetales derivados de cultivos, abonos verdes, desechos urbanos y subproductos de la agroindustria. Antes de que los

nutrientes de los abonos orgánicos queden disponibles para las plantas, necesitan pasar por un proceso de mineralización, el cual ocurre mediante un proceso de descomposición realizado por los microorganismos. La fermentación y elevación de la temperatura por acción de bacterias, hongos y otros organismos producen compuestos inorgánicos de los nutrientes, especialmente humus, un residuo orgánico estable. (Pumisacho *et al.*, 2002). Los fertilizantes son compuestos químicos sintéticos que contienen uno o más nutrientes minerales que requiere la planta (Egúsquiza, 2014). Para obtener rendimientos altos en siembras comerciales es conveniente aplicar conjuntamente abonos orgánicos y sintéticos.

Para una correcta fertilización en papa, se debe considerar el rendimiento obtenido en relación con los nutrientes extraídos del suelo, la producción esperada estará directamente relacionada con variables como: el potencial genético de la planta y las condiciones donde se desarrolle el cultivo como son el suelo, clima y el agua (Oltra *et al.*, 2006).

El cultivo de papa se desarrolla adecuadamente en la mayoría de suelos, bien preparados, siendo más convenientes los suelos sueltos, ya que ofrecen menos resistencia al crecimiento de los tubérculos, profundos, bien drenados y con un pH de 5.5 a 8.

Experimentos han demostrado que las dosis necesarias de NPK para el cultivo de papa en los diferentes suelos y climas del Perú varían en las siguientes cantidades de nitrógeno (kg/ha N), fósforo (kg/ha P₂O₅), potasio (kg/ha K₂O): Costa: 120-140 N, 120-200 P, 80-150 K y Sierra: 120-200 N, 80-200 P, 40-160 K (Egúsquiza, 2014).

4.6.2. El nitrógeno en el cultivo de papa

El nitrógeno del suelo puede provenir de materiales orgánicos, fertilizantes sintéticos y del aire. Debido a su alta movilidad se pierde rápidamente por lixiviación y volatilización. Como resultado, las cantidades disponibles en el suelo son en general insuficientes para cubrir la demanda de la mayoría de los cultivos (Pumisacho *et al.*, 2002).

El nitrógeno es considerado como uno de los elementos más importantes en la nutrición de las plantas. Es constituyente de la clorofila y está involucrado en el proceso de fotosíntesis. Es componente de las vitaminas y aminoácidos que constituyen las proteínas. El cultivo de papa puede absorber nitrógeno en forma nítrica (NO₃⁻) y amoniacal (NH₄⁺). Sin embargo, la planta presenta mayores tasas de crecimiento cuando hay mayor disponibilidad de nitratos.

La deficiencia de nitrógeno reduce la producción de clorofila y produce clorosis en las hojas viejas de la planta. Según la severidad de la deficiencia, la clorosis avanza a las hojas más jóvenes y finalmente puede afectar el crecimiento total de la planta. Dosis excesivas de nitrógeno en papa pueden prolongar el ciclo vegetativo, reducir el porcentaje de materia seca de los tubérculos y aumentar la susceptibilidad de la planta a enfermedades. En algunos casos favorece el crecimiento exagerado del follaje, reduciendo la producción de tubérculos (Pumisacho *et al.*, 2002).

4.7. Tratamientos ensayados

Para el cálculo de las dosis de aplicación, se tomó en cuenta el contenido de nutrientes determinado en el análisis químico realizado al producto, en el cual se reportó un aporte de 7,5 g de N, 4.8 g de P₂O₅ y 11.1 g de K₂O por cada litro de HLG aplicado. Se aplicará dosis crecientes del HLG. Los tratamientos se detallan en el Cuadro 6.

Cuadro 6: Tratamientos y cantidad de HLG requerido

Tratamiento	Dosis de HLG		Aporte NPK (kg/ha)
	litros/ha	ml/parcela 20 m ²	
Control	0	0	0 – 0 – 0
Muy baja	25	50	0.19 – 0.12 – 0.28
Media	50	100	0.38 – 0.24 – 0.56
Alta	100	200	0.75 – 0.48 – 1.11
Muy alta	200	400	1.50 – 0.96 – 2.22

De acuerdo a las dosis propuestas, el aporte de N, P₂O₅ y K₂O se incrementará proporcionalmente, pero es muy bajo en comparación a los requerimientos totales del cultivo. Por ello, la fertilización del cultivo de papa se basará en guano de islas (10 – 10 – 2) y estiércol de vacuno (1.6% N). El HLG será aplicado como un complemento nutricional y estimulante del crecimiento. La dosis total será aplicada al momento de la siembra.

4.8. Parámetros evaluados

Se evaluó el rendimiento del cultivo al momento de la cosecha. Los tubérculos fueron clasificados de acuerdo a su calibre en cinco categorías: extra, primera, segunda tercera y cuarta (chancho o malogrado), como se muestra en el cuadro 7 y Figura 2.

Cuadro 7: Categoría de clasificación según su diámetro

Categoría	Diámetro ecuatorial
Extra	≥ 6 cm
Primera (selecta)	5.1 – 5.9 cm
Segunda (comercial)	4.5 – 5.0 cm
Tercera (Domestica)” *	3.4 – 4.4 cm
Cuarta *	2.6 – 3.3 cm

*Tercera y cuarta son no comerciales



Figura N° 2: Clasificación de los tubérculos según su diámetro

4.8.1. Rendimiento total

Se cosecharon los dos surcos centrales de cada parcela, restándole medio metro a cada lado, generando una área muestra de 8 m². Se hizo el registro de la cantidad cosechada por parcela.

4.8.2. Rendimiento comercial

Representado por tubérculos clasificados como extra, primera y segunda.

4.9. Análisis estadístico

4.9.1. Diseño experimental

El diseño estadístico utilizado para la medición del efecto de estos tratamientos fue el de Bloques Completamente al Azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{(ij)} = \mu + t_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$i = 1, 2, 3, \dots, t$ (número de tratamientos)

$j = 1, 2, 3, \dots, r_i$ (número de bloques)

$Y_{(ij)}$ = Valor observado en la parcela ubicada en el j -ésimo bloque a la cual se aplicará el i -ésimo tratamiento.

μ = Efecto de la media general.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

β_j = efecto del j -ésimo bloque.

ε_{ij} = Efecto del error experimental ocurrida en la parcela ubicada en el j -ésimo bloque a la cual se aplicará el i -ésimo tratamiento.

4.10. Tratamiento estadístico

Los valores hallados en cada una de las evaluaciones fueron sometidos al análisis de varianza (ANVA), con un nivel de significación de 0.05, además los promedios obtenidos en cada evaluación se compararon con la prueba de comparación de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. El análisis estadístico se realizó empleando el paquete *Agricolae* del ambiente para cómputo estadístico R versión 3.0.3 (R Core Team, 2013).

4.11. Resultados y discusión

4.11.1. Rendimiento total (t/ha)

El efecto de la aplicación de concentraciones crecientes del hidrolizado líquido de gallinaza sobre el rendimiento total del cultivo de papa se muestra en el Cuadro 8 y Figura 3. De acuerdo al análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas entre los resultados registrados.

Los rendimientos totales promedios varían entre 16.1 y 18.6 t/ha (menor y mayor rendimiento total respectivamente). De los datos obtenidos, se observa un incremento progresivo conforme se incrementa la dosis de aplicación al suelo, es decir se obtuvo un menor rendimiento en el tratamiento testigo (sin aplicar), y mayor rendimiento con la mayor dosis aplicada del hidrolizado líquido de gallinaza. Si bien los resultados no son

estadísticamente diferentes, si demostraría el efecto positivo de la aplicación del HLG como estimulante del crecimiento vegetal.

Cuadro 8: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre el rendimiento total del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) var. Única

Dosis	Aplicación (l/ha)	Rendimiento total (t/ha)
Control	0.0	16.1 a
Baja	25.0	16.3 a
Media	50.0	16.8 a
Alta	100.0	17.3 a
Muy alta	200.0	18.6 a
C.V. (%)		26.8

Valores dentro de una columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba HSD de Tukey

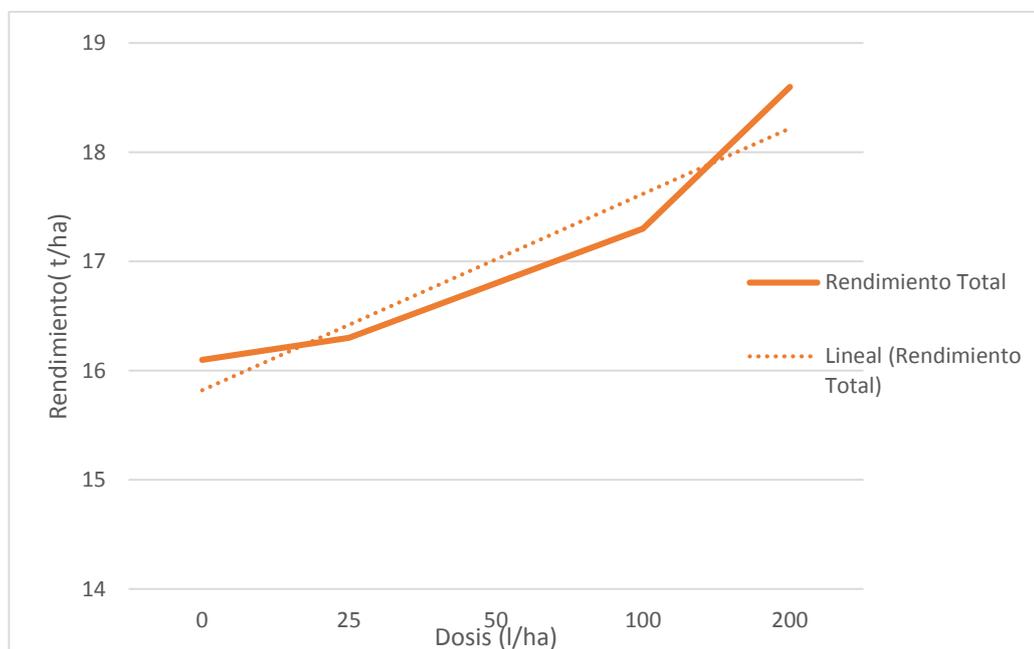


Figura 3: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre el rendimiento total en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) var. Única

4.11.2. Rendimiento comercial (t/ha)

El efecto de la aplicación de concentraciones crecientes del hidrolizado líquido de gallinaza sobre el rendimiento comercial del cultivo de papa se muestra en el Cuadro 9 y Figura 4. De acuerdo al análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas entre los resultados registrados.

Los rendimientos comerciales promedios fluctúan entre 10.27 y 13.02 t/ha, (menor y mayor rendimiento total obtenido respectivamente). De los datos obtenidos, se observa un incremento progresivo conforme se incrementa la dosis de aplicación del hidrolizado líquido de gallinaza al suelo, es decir se obtuvo un menor rendimiento en el tratamiento testigo sin aplicación, y mayor rendimiento con la mayor dosis aplicada, la cual corresponde a 200 l/ha.

Cuadro 9: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre el rendimiento comercial del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) var. Única

Dosis	Aplicación (l/ha)	Rendimiento comercial (t/ha)
Control	0.0	10.27 a
Baja	25.0	10.22 a
Media	50.0	10.78 a
Alta	100.0	11.12 a
Muy alta	200.0	13.02 a
C.V. (%)		34.4

Valores dentro de una columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba HSD de Tukey

Pese a que no se registraron diferencias estadísticamente significativas, con la mayor dosis de aplicación se alcanzó un incremento de 26.7 % más respecto al testigo, lo que significa 2750 kg/ha adicional. El costo de producción del HLG, es bajo y accesible al agricultor, siendo este de 40 soles por cada 100 litros de producto; por lo tanto, si se mantienen constantes los demás costos, se obtendría aproximadamente 2500 soles adicionales en el tratamiento T5 respecto al control, con una inversión de 80 soles.

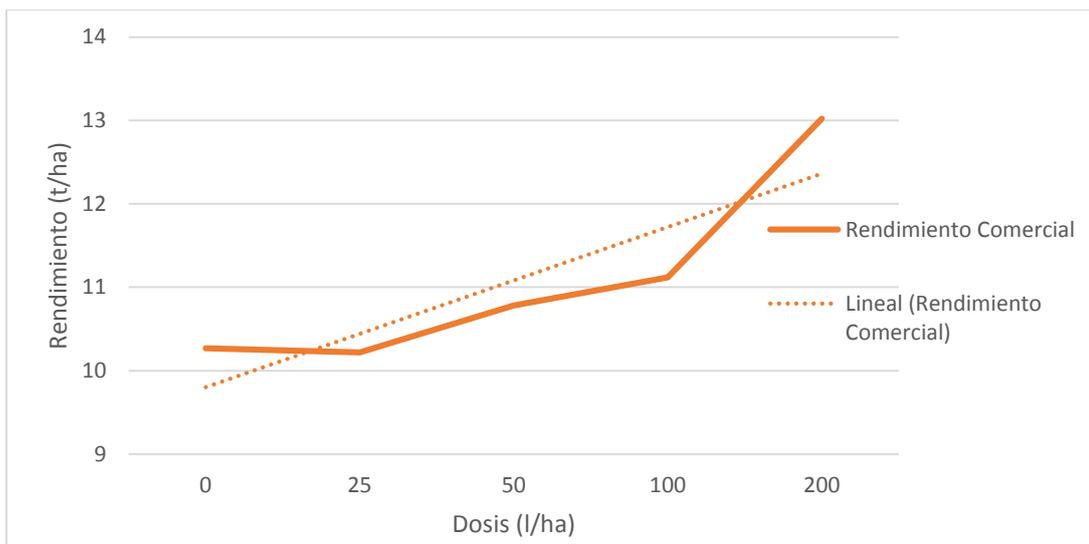


Figura 4: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre el rendimiento comercial en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) var. Única

Estos resultados muestran el efecto benéfico de la aplicación de HLG al suelo, sin embargo debido a la tendencia de la respuesta de la aplicación del producto sobre el rendimiento del cultivo, se requiere de dosis mayores para un efecto significativo, como se muestra en la Figura 5.

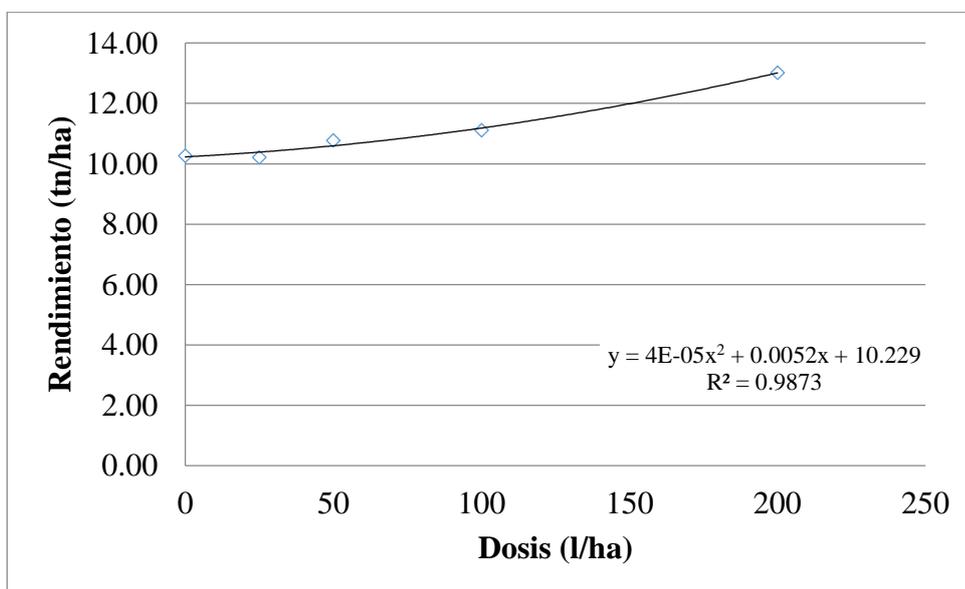


Figura 5: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre el rendimiento comercial en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) var. Única

En general, el rendimiento promedio alcanzado fue bajo, según el MINAGRI, al finalizar el año 2015 el rendimiento promedio nacional de papa fue de 14.9 t/ha, por su parte Lima registró en promedio 18.1 t/ha; si bien es cierto el mayor rendimiento alcanzado en el presente trabajo es bajo comparado con el potencial de la zona, es consistente con la producción orgánica.

4.12. Conclusiones

- La aplicación al suelo del hidrolizado líquido de gallinaza, si bien, no incrementó significativamente el rendimiento del cultivo de papa en campo, si resulto en un incremento progresivo en relación a las dosis aplicadas, observándose una tendencia creciente.
- Existe un efecto benéfico de la aplicación del hidrolizado líquido de gallinaza sobre los rendimientos de los cultivos.

4.13. Recomendaciones

- Incrementar las dosis de aplicación del hidrolizado líquido de gallinaza al suelo en cultivos experimentales, y evaluar el rendimiento de los mismos.
- Hacer la aplicación del hidrolizado líquido de gallinaza como complemento a la fertilización orgánica y mineral en cultivos experimentales.
- Aplicar las dosis propuestas del hidrolizado líquido de gallinaza como nutriente en forma fraccionada durante el establecimiento de los cultivos.

V. ENSAYO DE EFECTIVIDAD DEL HLG EN INVERNADERO COMO PROMOTOR DEL CRECIMIENTO RADICULAR

5.1. Finalidad de la prueba

La finalidad de este ensayo fue determinar el efecto del HLG como estimulador del crecimiento de raíces y su potencial como fuente de nutrientes. Se trabajó con coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*) como cultivo experimental.

5.2. Ubicación del ensayo

El ensayo de efectividad del HLG se llevó a cabo en el invernadero de fertilidad de suelos de la UNALM.

5.3. Características del suelo experimental

El análisis de caracterización del suelo donde se realizó el ensayo de campo, se observa en el Cuadro 10.

Cuadro 10: Características físicas y químicas del suelo en el campo experimental

Característica	Unidad	Valor	Clasificación
Arena	%	95	--
Limo	%	5	--
Arcilla	%	0	--
Clase textural	--		Arenosa
pH (H ₂ O)	--	8.04	Moderadamente alcalino
CE _(1:1)	dS m ⁻¹	0.59	No salino
CaCO ₃	%	1.90	Medio
Materia orgánica	%	0.34	Bajo
Fósforo disponible	mg kg ⁻¹	3.8	Bajo
Potasio disponible	mg kg ⁻¹	116	Medio
CIC	cmol _c kg ⁻¹	5.12	Bajo
Ca ²⁺	cmol _c kg ⁻¹	4.07	Medio
Mg ²⁺	cmol _c kg ⁻¹	0.5	Bajo
K ⁺	cmol _c kg ⁻¹	0.3	Medio
Na ⁺	cmol _c kg ⁻¹	0.24	Bajo
PSB	%	100	Alto

Fuente: LASPAF-UNALM, 2014

Se trata de un suelo de textura arenosa con un nivel bajo de materia orgánica, dando lugar a un bajo contenido de nitrógeno, con un pH moderadamente alcalino, y una CE es de 0.59 dS/m, valor que lo califica como no salino. El contenido de fósforo y potasio disponible es bajo. El nivel de carbonatos es medio. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es baja, denotando con ello una baja fertilidad potencial del suelo utilizado como sustrato.

5.4. Materiales empleados

- 20 macetas de plástico, de 4kg de capacidad
- Plántulas de coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*)
- Fertilizantes edáficos: Nitrato de amonio, fosfato monoamonico, sulfato de potasio
- Probetas
- Otros: materiales de oficina (libretas, papel, cinta métrica, cinta de impresión, etc.); material fotográfico, bolsas de papel Kraft.

5.5. Procedimiento

Se instalaron 20 macetas de 4kg, utilizando arena fina lavada como sustrato, cuyo análisis de caracterización se mostró en el Cuadro N° 5.1. Las plántulas de coliflor fueron trasplantadas a las dos semanas después de la germinación.

Se aplicó una dosis base de fertilización edáfica al suelo experimental en todos los tratamientos, el cual consistió en una dosis de N – P – K (250 ppm– 200 ppm – 300 ppm). El fósforo fue aplicado antes de la siembra, en mezcla con el sustrato, mientras que el potasio y el nitrógeno se aplicó en forma fraccionada, en tres partes: a la primera, segunda y tercera semana después del trasplante. El riego se realizó frecuentemente con agua procedente de la localidad de Huachipa, manteniendo un adecuado contenido de humedad en las macetas.

El HLG fue aplicado en drench, dirigido al área de crecimiento de las raíces, realizándose una sola aplicación a los 5 días después del trasplante. El producto fue aplicado según los tratamientos propuestos, detallados en el Cuadro N°5.2.

5.6. El cultivo: Coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*)

Es una planta de ciclo anual o bienal. El sistema radical, es reducido, con una raíz pivotante de cerca de 50 cm de largo y raíces laterales relativamente pequeñas, provistas de numerosos

pelos radicales, la capacidad de exploración del suelo es, por lo mismo, muy restringida. Necesita suelos francos y francos arcillosos, con un pH neutro (Martínez, et al., 2003).

5.7. Tratamientos ensayados

Los tratamientos ensayados se muestran en el Cuadro N° 11:

Cuadro 11: Dosis y concentración de HLG para aplicación vía edáfica

Tratamientos	Dosis HLG	Preparación (ml/maceta)
T1	Control	0.0
T2	Baja	10.0
T3	Media	25.0
T4	Alta	50.0
T5	Muy alta	100

Cada solución preparada fue aplicada en drench sobre cada uno de los tratamientos correspondientes con sus cuatro repeticiones, procurando cubrir uniformemente el área de crecimiento de raíces.

Considerando el contenido de nitrógeno del HLG, se aplicó 0, 20, 50, 100 y 200 ppm en los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 respectivamente, lo cual es consistente con las leyes de fertilización recomendadas.

5.8. Parámetros evaluados

Las plantas de coliflor fueron cosechadas a los treinta días después del trasplante. Los parámetros evaluados fueron:

5.8.1. Materia fresca y seca producida de raíces (g)

Las raíces fueron cortadas y lavadas para registrar el peso fresco, posteriormente se llevaron a estufa a 75°C hasta peso constante, siendo pesadas nuevamente para determinar el peso seco.

5.8.2. Longitud máxima, mínima de raíces (cm)

La medición de la longitud máxima y mínima de las raíces se utilizó el software de análisis de imágenes para la cuantificación de enfermedades de plantas Assess 2.0 (Lamari, 2008); para lo cual las raíces de las plantas previamente, lavadas y secadas al aire; fueron colocadas sobre un papelógrafo blanco para la toma de una fotografía digital perpendicular al papel a una altura aproximada de 1.0 m. Se utilizó como escala de referencia un cuadrado de papel de 6cm de lado (Post it 3M®), de color contrastante.

5.8.3. Área radicular

Esta evaluación también se realizó utilizando el software Assess 2.0 (Lamari, 2008), descrito en el punto anterior.



Figura 6: Captura del proceso de evaluación de imágenes con el software ASSESS

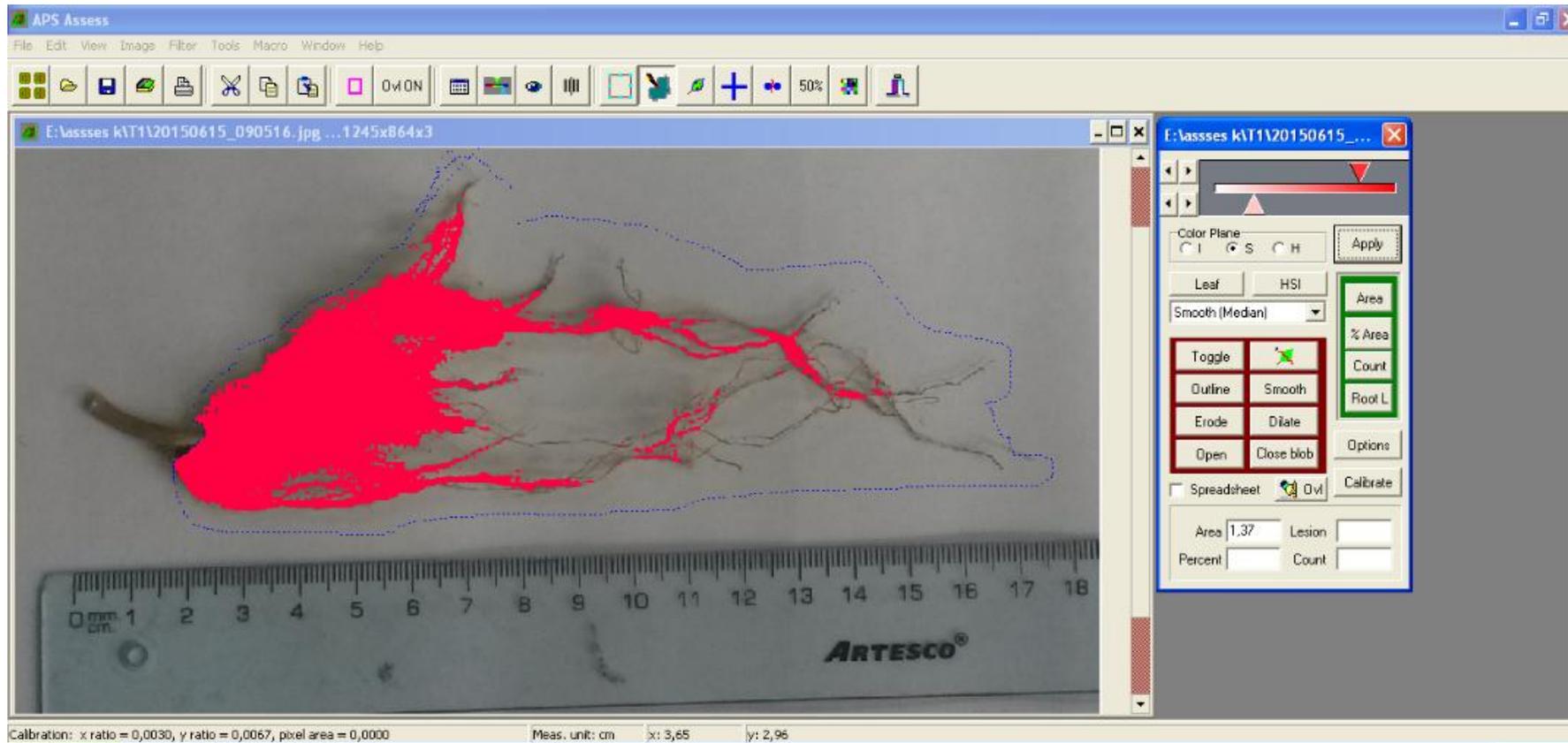


Figura 7: Captura del proceso de evaluación de imágenes con el software ASSESS

5.8.4. CE (dS/m) y pH del sustrato

El método empleado en la determinación de la conductividad eléctrica fue la lectura del extracto de saturación en celda eléctrica, mientras que para la determinación del pH, se utilizó el método del potenciómetro (1:1).

5.9. Análisis estadístico

5.9.1. Diseño experimental:

El diseño estadístico utilizado para la medición del efecto de estos tratamientos fue el de Diseño Completamente al Azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones. El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{(ij)} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$i = 1, 2, 3, \dots, t$ (número de tratamientos)

$Y_{(ij)}$ = Valor observado en la parcela a la cual se aplicará el i -ésimo tratamiento.

μ = Efecto de la media general.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

ε_{ij} = Efecto del error experimental ocurrida en la parcela a la cual se aplicará el i -ésimo tratamiento

5.9.2. Tratamiento estadístico

Los valores hallados en cada una de las evaluaciones fueron sometidos al análisis de varianza (ANVA), además los promedios obtenidos en cada evaluación se compararon con la prueba de comparación de la diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. El análisis estadístico se realizó empleando el paquete Agricolae del ambiente para cómputo estadístico R versión 3.0.3 (R Core Team, 2013).

5.10. Resultados y discusión

5.10.1. Materia fresca y seca producida de raíces en el cultivo de coliflor

El efecto de la aplicación de concentraciones crecientes del hidrolizado líquido de gallinaza sobre el peso fresco y seco de las raíces de plantas de coliflor a los 30 días después de trasplante (ddt) se muestra en el Cuadro 13 y Figura 8.

Según el análisis estadístico la aplicación al suelo del hidrolizado líquido de gallinaza no afectó significativamente el peso seco ni fresco de las raíces de coliflor; sin embargo, se observa un ligero incremento en los tratamientos T2 y T3 (dosis baja y media respectivamente) respecto al control con agua y al tratamiento T4 (dosis alta). El tratamiento T5 (dosis muy alta) no fue evaluado, ya que después de la aplicación al suelo del producto, las plantas mostraron síntomas de quemaduras, siendo imposible su recuperación; indicando que esta concentración causa efectos adversos a los cultivos.

Cuadro 13: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre el peso fresco y seco de las raíces de plantas de coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*).

Tratamientos	Dosis (ml/L)	Dosis (ml/maceta)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Control	0.0	0.0	2.46 a	0.40 a
Baja	20	10.0	3.84 a	0.57 a
Media	50	25.0	3.34 a	0.50 a
Alta	100	50.0	1.99 a	0.28 a
Muy alta	200	100.0	-----	-----

Valores dentro de una columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba HSD de Tukey

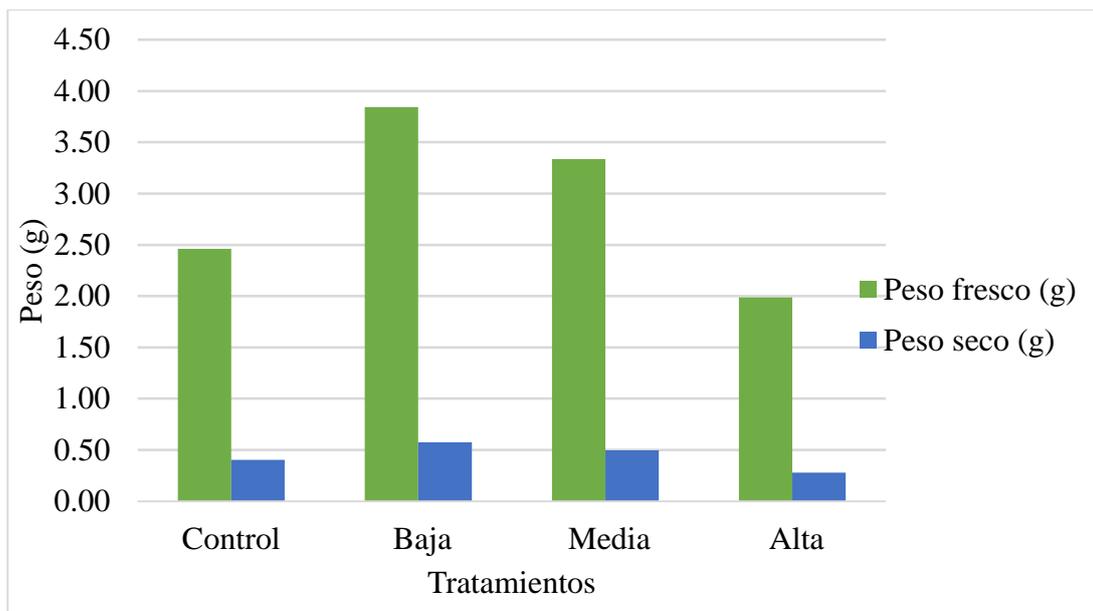


Figura 8: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre el peso seco y fresco de las raíces en plantas de coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*).

5.10.2. Longitud máxima y mínima en cm de las raíces en el cultivo de Coliflor

El efecto de la aplicación de concentraciones crecientes del hidrolizado líquido de gallinaza sobre la longitud máxima y mínima de las raíces de plantas de coliflor a los 30 días después de trasplante (ddt) se muestra en el Cuadro 14 y Figura 9.

Según el análisis estadístico la aplicación al suelo del hidrolizado líquido de gallinaza no afectó significativamente la longitud máxima ni mínima de las raíces de coliflor; sin embargo, se observa un ligero incremento en el tratamiento T2 (dosis baja) respecto a los demás. Las dosis T3 y T4, resultaron con menores longitudes, tanto máxima como mínima, esto debido a la concentración aplicada del producto, evidenciando con ello que a estas dosis se puede causar efectos adversos en el desarrollo normal de los cultivos.

Cuadro 14: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre la longitud máxima y mínima de las raíces de plantas de coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*).

Tratamientos	Dosis (ml/L)	Dosis (ml/maceta)	Long. Máx. (cm)	Long. Mín. (cm)
Control	0.0	0.0	15.69 a	5.22 a
Baja	20	10.0	16.58 a	6.89 a
Media	50	25.0	14.36 a	4.49 a
Alta	100	50.0	14.20 a	4.26 a
Muy alta	200	100.0	-----	-----

Valores dentro de una columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba HSD de Tukey

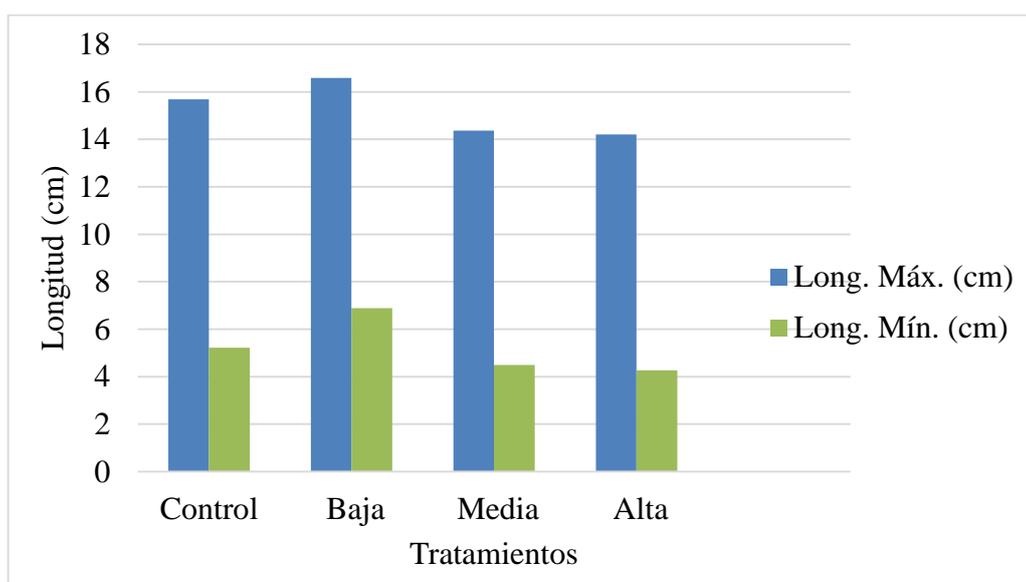


Figura 9: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre la longitud máxima y mínima de las raíces en plantas de coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*).

5.10.3. Área radicular en el cultivo de Coliflor

El efecto de la aplicación de concentraciones crecientes del hidrolizado líquido de gallinaza sobre el área de las raíces de plantas de coliflor a los 30 días después de trasplante (ddt) se muestra en el Cuadro 15 y Figura 10.

Según el análisis estadístico la aplicación al suelo del hidrolizado líquido de gallinaza no afectó significativamente área ocupada por las raíces de coliflor; sin embargo, al igual que el caso de la longitud, se observa un ligero incremento en el tratamiento T2 (dosis baja) respecto a los demás. Estos resultados ratifican los hallados anteriormente.

Cuadro 15: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre el área de las raíces de plantas de coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*).

Tratamientos	Dosis (ml/L)	Dosis (ml/maceta)	Área (cm ²)
Control	0.0	0.0	27.66 a
Baja	20	10.0	30.61 a
Media	50	25.0	24.75 a
Alta	100	50.0	19.66 a
Muy alta	200	100.0	-----

Valores dentro de una columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba HSD de Tukey

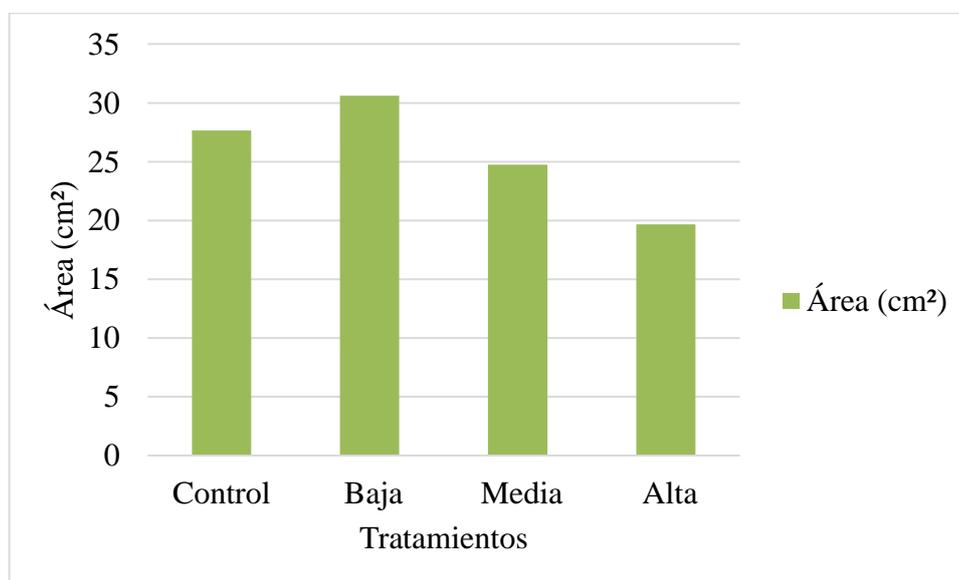


Figura 10: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre el área de las raíces en plantas de coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*).

Los resultados obtenidos en los tres parámetros evaluados anteriormente, muestran aproximadamente el mismo patrón de respuesta, siendo el tratamiento T2 (dosis baja) el que mejor comportamiento presenta. Sin embargo, según el objetivo planteado para este ensayo, la cantidad de N aplicado resulta muy bajo para ser considerado como nutriente, ya que solo equivale a 20 ppm de N.

Si bien, se esperaba mejores resultados a mayores dosis, estos no se dieron posiblemente debido a que la aplicación se realizó una sola vez y en forma directa. Considerando el alto contenido de sales en el HLG, la aplicación debió haber sido en forma fraccionada, y en una cantidad no mayor a 25 ml/maceta o 50 ppm de N por aplicación, hasta llegar a los 200 ppm de N, para no causar problemas de toxicidad a la plantas.

5.10.4. CE (dS/m) y pH del sustrato

El efecto de la aplicación de concentraciones crecientes del hidrolizado líquido de gallinaza sobre sobre la CE y el pH del sustrato utilizado en las plantas de coliflor se muestra en el Cuadro 16.

Según el análisis estadístico la aplicación al suelo del hidrolizado líquido de gallinaza no afectó significativamente el pH del sustrato utilizado; sin embargo la evaluación de la conductividad eléctrica si evidenció diferencias significativas, siendo el tratamiento T5 (dosis muy alta) estadísticamente diferente a los tratamientos restantes.

Se observa un incremento progresivo de la CE conforme se incrementa la dosis de aplicación al suelo, llegando a valores de 6.41 dS/m considerado como ligeramente salino. Respecto al pH, la aplicación del producto al suelo disminuyo el pH inicial del sustrato con el que se trabajó, paso de ser moderadamente alcalino a ligeramente alcalino, con lo cual se tendría una mejor disponibilidad de los nutrientes para las plantas.

Cuadro 16: Efecto de diferentes dosis del HLG sobre la CE y el pH del sustrato utilizado en las plantas de coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*).

Tratamientos	CE (dS/m)	pH
Control	1.25 b	7.60 a
Baja	1.74 b	7.51 a
Media	2.38 b	7.61 a
Alta	3.17 b	7.57 a
Muy alta	6.41 a	7.45 a

Valores dentro de una columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba HSD de Tukey.

5.11. Conclusiones

- La aplicación del hidrolizado líquido de gallinaza si resulto en un efecto positivo sobre las raíces de los cultivos, pero a dosis bajas y medias.
- No es conveniente el uso de este producto a cantidades mayores; ya que causa fitotoxicidad a las raíces.

5.12. Recomendaciones

- Hacer la aplicación del hidrolizado líquido de gallinaza en forma fraccionada y diluida durante el establecimiento de los cultivos.

VI. CONCLUSIONES GENERALES

Bajo las condiciones en que se llevó el presente trabajo de investigación se puede concluir lo siguiente:

1. El hidrolizado líquido de gallinaza presenta características físicas y químicas adecuadas para ser aplicado vía edáfica; sin embargo, para obtener rendimientos óptimos, se recomienda la aplicación del producto como complemento de la fertilización mineral.
2. Los resultados obtenidos permiten calificar al hidrolizado líquido de gallinaza como un producto con potencial como fertilizante edáfico y estimulante del sistema radicular de los cultivos.
3. Debido a la alta disponibilidad de nitrógeno del HLG, su aplicación al suelo resulta en un efecto positivo como promotor del crecimiento vegetal; sin embargo, éste debe ser aplicado en forma fraccionada, para no ocasionar problemas adversos en los cultivos, por las características propias del producto.

VII. RECOMENDACIONES GENERALES

1. Aplicar el HLG como enmienda orgánica cuando se requiere de una rápida respuesta, ya sea durante el crecimiento vegetativo, brotamiento, floración o fructificación.
2. Como fertilizantes se debe seguir investigando, hasta alcanzar la dosis adecuada según el cultivo.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Adler-Nissen, J. (1976). Enzymatic hydrolysis of proteins for increased solubility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 24(6): 1090-1094.
- Assess (Image Analysis Software for Plant Disease Quantification) 2.0. 2008. Lakhdar Lamari
- Asociación Peruana de Avicultura (APA). 2013. Acerca de APA, aportes [En línea] <<http://www.apa.org.pe/html/nuestros-servicios-estadistica.php>> [Consulta: 22 de mayo del 2017].
- Barrios, F. 2001. Efecto de diferentes concentraciones de biol aplicados al suelo y foliarmente en el cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris L.*). Tesis Ing. Agr. UNALM. Lima-Perú.
- Black, C. 1975. Relaciones suelo-planta. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires. Argentina.
- Bongcam, E. 2003. Guía para compostaje y manejo de suelos. Editorial Siglo Del Hombre Editores S. A.
- Bossio, P., F.A. 2007. Obtención de un biofertilizantes basado en residuos de pescado y roca fosfatada. Tesis Biólogo UNALM. Lima-Perú.
- Carhuancho, F. 2010. Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración de biol en biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuos avícolas. Tesis Ing. Ambiental UNALM. Lima-Perú.
- Egúsquiza, R. 2014. La papa en el Perú. Editorial Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- Estrada, M. 2005. Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Revista Lasallista de investigación*. Antioquia, Colombia. 2 (1):43-48.

- Espasa, R. 1983. La fertilización foliar con aminoácidos. *Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: fruta, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros*. 12:33-35.
- García, Y.; Ortiz, A.; Lon Wo, E. 2007. Efecto de los residuales avícolas en el ambiente.[Enlínea]<<http://www.fertilizando.com/articulos/Eecto%20Residuales%20Avicolas%20Ambiente,asp>> [Consulta: 20 de agosto del 2013].
- Gros, A. 1985. Introducción al Estudio de los productos naturales. Informe sectorial general OEA.USA
- Gros, A. 1992. Abonos (Guía práctica de la fertilización) versión española de Alonso Domínguez. Editorial Mundi Prensa. Madrid-España.
- Guadix, A.; E. Guadix; M. Paez – Dueñas; P. Gonzales-Tello; F. Camacho 2000. Procesos tecnológicos y métodos de control en la hidrólisis de proteínas. *Ars Pharmaceutica* 41(1): 79-89.
- Guerreo, C.; Gómez, I.; Mataix, J; Díaz-Crespo, C.; Moral, R. 1997. Aplicación de un compost a un suelo forestal quemado: evolución de la conductividad eléctrica, sulfatos y cloruros. *Boletín de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo* 3(1): 109-115.
- Guerrero, J. 1993 Abonos orgánicos. Tecnologías para el manejo ecológico del suelo. Editorial RAAA. Lima.
- Gutiérrez, R.; Espinoza, J.; Bonierbale, M. 2007. Única: Variedad Peruana para mercado fresco y papa frita con tolerancia y resistencia para condiciones climáticas adversas. *Revista Latinoamericana de la Papa* 14(1):41-50.
- Herrera, M, 2008, Aprovechamiento de los subproductos o residuos en la industria avícola para la producción de harinas de origen animal. *Revista Virtualpro* 82: 1-16, Bogotá, Colombia.
- Jie, M.; Raza, W.; Xu, Y. & Shen, Q. 2008. Preparation and optimization of aminoacid chelated micronutrient fertilizer by hydrolyzation of chicken waste feathers and the effects on growth of rice. *Journal of Plant Nutrition* 31, 571-582.

- Jordán, M. & Casaretto, J. 2006. Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas (en línea). La Serena: Ediciones Universidad de La Serena. Disponible en <http://listas.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal.pdf>
- Leveau, J. Boux, M. 2000. Microbiología industrial de los microorganismos de interés industrial. Editorial Acribia S.A. España. 578p.
- Loli, O. 2013. Fertilización en el cultivo de papa. Guía técnica. Agrobanco. Cusco – Perú.
- Lúcar, J. 1994. Biogen Bioestimulante. Manual técnico de Biotecnagro SRL. Lima.
- Madigan, M.; Martinko, J.; Parker, J. 2004. Biología de los microorganismos según Brock. Décima edición. Pearson Educación, S.A. Madrid.
- Martínez, A.; Lee, R.; Chaparro, D.; Páramo, S. 2003. Postcosecha y mercadeo de hortalizas de clima frío bajo prácticas de producción sostenible. Cuadernos del centro de investigaciones y asesorías agroindustriales. Editor Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá
- Mengel, K.; Kirkby, E. 2001. Principles of plant nutrition. 5th Edition. Editor International Potash Institute. Suiza
- Millán, F.; Vioque, J.; Sánchez-Vioque, R.; Clemente, A.; Pedroche, J.; Bautista, J. 2000. Hidrolizados proteicos para la preparación de alimentos específicos. En: Vioque, J.; Clemente, A.; Bautista, J.; Millán, F. (eds). Jornada internacional sobre proteínas alimentarias. Secretariado de Publicaciones – Universidad de Sevilla. Sevilla-España. 169 p.
- Ministerio de Agricultura y Riego del Perú. (MINAGRI) Papa. Principales Aspectos Agroeconómicos [En línea] <<http://www.minag.com.pe>> [Consulta: 01 de junio del 2016].
- Ministerio de Agricultura y Riego del Perú. (MINAGRI) Boletín Estadístico Mensual del Sector Avícola – 2017 [En línea] < <http://www.minagri.gob.pe/portal/boletin-estadistico-mensual-de-la-produccion-y-comercializacion-avicola/sector-avicola-2017>> [Consulta: 01 de mayo del 2017].
- Ministerio de Agricultura y Riego del Perú. (MINAGRI) Anuario Estadístico de la Producción Agrícola y Ganadera 2015 [En línea] <

http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario_produccion_agricola_ganadera2015.pdf> [Consulta: 01 de mayo del 2017].

- Oltra, M.; Mangas, V.; Garmendia, I.; Llopis, A.; Martínez, J. 2006. La nutrición mineral de la papa. Memorias del primer congreso Ecuatoriano de la papa. Ambato-Ecuador.
- Peralta, V. 2010. Determinación de parámetros óptimos en la producción de fast biol usando las excretas del ganado lechero del establo de la UNALM. Tesis Biólogo UNALM. Lima-Perú.
- Pumisacho, M.; Sherwood, S. 2002. El cultivo de la papa en Ecuador. Primera Edición. INIAP. Ecuador.
- R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Red Agrícola. 2013. Manejos y Productos para potenciar el desarrollo radicular. Completar referencias
- Restrepo, J. 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares. Experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil. IICA. San José-Costa Rica.
- Rustad, T. 2004. Utilization of marine by-products. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry* 2: 1-6
- Santander Hidalgo, K. 2015. Desarrollo técnico de un hidrolizado líquido de gallinaza como fertilizante foliar. Tesis Ing. Agr. UNALM. Lima-Perú.
- Saravia, V. 1998. Efecto de bioestimulantes y ácidos húmicos en el cultivo de espárrago cv. "UC 157 F1". Tesis Ing. Agr. UNALM. Lima-Perú.
- Serna C., L., Rengifo G., C.A., Rojas R., M.A. 2012. Hidrolizado de plumas de gallina como fuente de peptona para la producción de biomasa láctica. *Vitae* 19 (Suplemento 1): 162 - 164. [En línea] <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914045>> ISSN 0121-4004. [Consulta: 24 de octubre del 2013].
- Serna, J.; Aplicación foliar del ácido glutámico en plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Rev. Chapingo Ser. Hortic. [En línea]. 2011. 17:9-13. Disponible

en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2011000100003&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2007-4034.

Sierra, B. 2002. Fertilización en el cultivo de la papa en la zona sur de Chile. Boletín INIA N°76.

Stainer, R.; Ingraham, J.; Wheelis, M.; Painter, P. 1996. Microbiología. Traducción al español por Julio Villanueva. España. Editorial Reverte.

Tapia, M.; Fries, A. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO. Lima, Perú. 198p.

IX. ANEXOS

ANEXO 1: Evaluación de la determinación de la densidad del HLG

Magnitud	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
Volumen	99.84	99.65	99.62	99.86
Peso	181.14	178.26	183.23	170.02
Densidad	1.15	1.15	1.15	1.15

Fuente: Santander Hidalgo, 2015

ANEXO 2: Resultados registrados de la prueba de determinación de partículas en suspensión del HLG

Repeticiones	140 mesh	270 mesh	Papel filtro
R1	0.46	0.56	0.06
R2	0.57	0.57	0.16
R3	0.56	0.56	0.36
R4	0.73	0.45	0.15

Fuente: Santander Hidalgo, 2015

ANEXO 3: Resultados registrados de la prueba de determinación de compatibilidad con fertilizantes solubles

Repetición	Urea	Nitrato de amonio	Sulfato de amonio	Fosfato monoamónico	Nitrato de potasio	Ácido fosfórico	Sulfato de potasio	Agua
R1	1.34	14.81	13.00	4.90	4.50	9.66	3.52	2.90
R2	8.49	14.30	16.08	5.92	3.34	9.22	3.59	2.18
R3	8.93	14.45	7.33	4.07	5.41	10.27	3.16	1.85
R4	6.39	12.71	15.65	6.03	4.10	9.91	3.23	0.44
R5	5.95	13.98	10.24	5.99	3.74	3.05	2.69	1.31

Fuente: Santander Hidalgo, 2015

ANEXO 4: Resultados registrados en el Ensayo de la aplicación del HLG sobre el rendimiento del cultivo de papa

Tratamiento	EXTRA	PRIMER A	SEGUNDO A	TERCER A	CUARTA	MALGRADO
Testigo	2.3	2.4	1.9	1.5	0.9	3.1
HLG-5	0.7	0.9	1.2	0.8	1.0	0.6
HLG-10	2.2	1.4	0.9	2.0	0.7	1.0
HLG-20	1.8	2.1	1.5	1.8	0.8	1.3
HLG-40	0.0	1.9	1.5	1.6	0.8	0.2
Testigo	0.5	1.2	1.4	1.4	0.4	0.4
HLG-5	1.4	2.1	1.7	1.7	0.9	1.7
HLG-10	0.7	1.9	1.1	1.0	0.9	0.9
HLG-20	1.4	1.8	2.7	1.6	2.3	1.0
HLG-40	1.8	3.2	1.8	1.0	1.3	2.7
Testigo	0.4	1.4	1.9	2.0	0.4	0.6
HLG-5	1.4	2.1	2.4	1.3	1.2	0.5
HLG-10	0.3	1.0	2.3	1.5	0.8	0.6
HLG-20	1.0	0.6	0.6	1.0	0.9	0.1
HLG-40	1.7	2.8	2.2	1.5	0.8	0.5
Testigo	0.2	1.0	1.9	2.2	0.5	2.4
HLG-5	0.0	1.3	1.4	2.0	1.0	0.1
HLG-10	0.9	2.3	2.3	2.2	0.5	0.8
HLG-20	0.8	1.7	2.1	1.1	0.5	0.6
HLG-40	0.8	1.6	1.7	1.0	1.0	0.8

ANEXO 5: Resultados registrados en el Ensayo de efectividad del HLG en invernadero como promotor del crecimiento radicular

- **Peso fresco, peso seco, longitud máxima, longitud mínima, área de raíces**

Tratamiento	Repetición	Peso fresco	Peso seco	Long. Max	Long. Min.	Área de raíces	
T1	Testigo	1	2.69	0.467	14.32	3.9	27.59
T1	Testigo	2	1.94	0.238	14.09	4.8	19.57
T1	Testigo	3	2.504	0.409	14.14	7.3	30.07
T1	Testigo	4	2.717	0.46	20.2	4.9	33.46
T2	HLG-10	1	3.469	0.533	17.49	5.2	34.75
T2	HLG-10	2	4.052	0.456	10.13	5.7	27.34
T2	HLG-10	3	4.299	0.701	25.36	11.8	36.53
T2	HLG-10	4	3.553	0.605	13.35	4.8	23.81
T3	HLG-25	1	3.558	0.559	6.83	3.2	22.8
T3	HLG-25	2	4.645	0.757	13.9	3.1	22.73
T3	HLG-25	3	3.089	0.377	26.85	7.8	36.02
T3	HLG-25	4	2.064	0.287	9.23	2.9	17.44
T4	HLG-50	1	0.518	0.064	13.97	2.9	20.85
T4	HLG-50	2	3.093	0.426	16.63	6.4	24.66
T4	HLG-50	3	1.075	0.172	8.46	3.7	7.95
T4	HLG-50	4	3.266	0.463	18.4	4.9	25.18

- **Conductividad eléctrica y pH del sustrato**

Tratamiento	Repetición	CE (dS/m)	pH
T1 Testigo	1	1.18	7.49
T1 Testigo	2	0.87	7.59
T1 Testigo	3	1.57	7.71
T1 Testigo	4	1.48	7.61
T2 HLG-10	1	0.9	7.6
T2 HLG-10	2	0.83	7.47
T2 HLG-10	3	0.72	7.53
T2 HLG-10	4	1.03	7.46
T3 HLG-25	1	1.38	7.62
T3 HLG-25	2	1.43	7.59
T3 HLG-25	3	1.25	7.62
T3 HLG-25	4	0.71	7.64
T4 HLG-50	1	1.42	7.58
T4 HLG-50	2	2.43	7.48
T4 HLG-50	3	1.01	7.54
T4 HLG-50	4	1.49	7.69
T5 HLG-100	1	3.51	7.46
T5 HLG-100	2	2.94	7.5
T5 HLG-100	3	3.14	7.53
T5 HLG-100	4	3.24	7.34

ANEXO 6: Panel Fotográfico

Foto 1: Campo de papa – siembra



Foto 2: Cultivo de papa - Tratamientos



Foto 3: Cultivo de papa – Tratamientos



Foto 4: Cultivo de papa – Cosecha



Foto 5: Cultivo de Coliflor – Tratamientos



T4

T3

T2

T1

- T1 :Control





- T2: Baja





- T3: Media





- T4: Alta





- T5: Muy alta



