

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“DESARROLLO TÉCNICO DE UN HIDROLIZADO LÍQUIDO DE  
GALLINAZA COMO FERTILIZANTE FOLIAR”**

Presentado por:

**KHAROLYN ELIZABETH SANTANDER HIDALGO CANDIA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Lima – Perú

2015

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA  
MOLINA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**“DESARROLLO TÉCNICO DE UN HIDROLIZADO LÍQUIDO DE  
GALLINAZA COMO FERTILIZANTE FOLIAR”**

**Presentado por:**

**KHAROLYN ELIZABETH SANTANDER HIDALGO CANDIA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:**

---

**Ing. M.S. Andrés Casas Díaz  
PRESIDENTE**

---

**Dr. Sady García Bendezú  
PATROCINADOR**

---

**Ing. Mg. Sc. Braulio La Torre Martínez  
MIEMBRO**

---

**Dr. Oscar Loli Figueroa  
MIEMBRO**

**Lima - Perú  
2015**

F04.  
5358  
T

## ÍNDICE 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 .....	8
2.5.1.	Asimilación de aminoácidos por las plantas .....	9
2.6.	FERTILIZACIÓN FOLIAR .....	10
2.6.1.	Factores endógenos .....	11
2.6.2.	Factores exógenos .....	13
2.6.3.	Fertilizantes foliares .....	14
2.6.4.	Uso de bioestimulantes en la agricultura .....	15
2.7.	EL CULTIVO DE VAINITA .....	15
2.7.1.	Morfología .....	15
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
3.1.	HIDROLIZADO LÍQUIDO DE GALLINAZA .....	17

43944

3.1.1.	Características químicas del hidrolizado líquido de gallinaza .....	17
3.2.	DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS.....	19
3.2.1.	Finalidad de las pruebas.....	19
3.2.2.	Ubicación del experimento.....	19
3.2.3.	Materiales de laboratorio.....	19
3.2.4.	Determinación de la densidad .....	20
3.2.5.	Determinación de partículas en suspensión .....	20
3.2.6.	Determinación de la compatibilidad con fertilizantes solubles.....	21
3.3.	PRUEBA DE FITOTOXICIDAD DEL PRODUCTO .....	22
3.3.1.	Finalidad de la prueba.....	22
3.3.2.	Ubicación del experimento.....	22
3.3.3.	Características del suelo experimental.....	22
3.3.4.	Materiales empleados.....	24
3.3.5.	Procedimiento.....	24
3.3.6.	Tratamientos ensayados .....	25
3.3.7.	Parámetros evaluados.....	25
3.3.8.	Análisis estadístico .....	26
3.4.	BIOENSAYO DE ASPERSIÓN FOLIAR EN CAMPO .....	27
3.4.1.	Finalidad de la prueba.....	27
3.4.2.	Ubicación del bioensayo de aspersión foliar.....	27
3.4.3.	Características del suelo experimental.....	28
3.4.4.	Materiales empleados.....	29
3.4.5.	Procedimiento.....	29
3.4.6.	Tratamientos ensayados .....	30
3.4.7.	Parámetros evaluados.....	31
3.4.8.	Análisis estadístico .....	32
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33

4.1.	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL HLG .....	33
4.2.	DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN DEL HLG.....	33
4.3.	DETERMINACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD CON FERTILIZANTES SOLUBLES.....	34
4.4.	BIOENSAYO DE FITOTOXICIDAD .....	35
4.4.1.	Cultivo de tomate.....	35
4.4.2.	Cultivo de maíz.....	37
4.5.	BIOENSAYO DE RESPUESTA A LA ASPERSIÓN FOLIAR EN CAMPO	38
4.5.1.	Rendimiento total (kg/ha) .....	38
4.5.2.	Rendimiento por cosecha (kg/ha) .....	39
4.5.3.	Producción total de materia seca cosechada (kg/ha) .....	40
4.5.4.	Número de vainitas por metro cuadrado.....	41
4.5.5.	Longitud y diámetro de vainas .....	42
V.	CONCLUSIONES .....	44
VI.	RECOMENDACIONES .....	45
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	46
VIII.	ANEXOS .....	50

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Análisis químico del hidrolizado líquido de gallinaza.....	17
Cuadro 2: Contenido de aminoácidos en el hidrolizado líquido de gallinaza.....	18
Cuadro 3: Concentración de los fertilizantes ensayados en agua .....	21
Cuadro 4: Características físicas y químicas del suelo empleado.....	23
Cuadro 5: Dosis y concentración de HLG para aplicación vía foliar en macetas.....	25
Cuadro 6: Características físicas y químicas del suelo en el campo experimental.....	28
Cuadro 7: Dosis y concentración de HLG para aplicación vía foliar en campo.....	31
Cuadro 8: Determinación de partículas en suspensión del HLG .....	33
Cuadro 9: Efecto de la combinación de soluciones fertilizantes solubles con HLG sobre los precipitados del producto. ....	34
Cuadro 10: Efecto de la aplicación de concentraciones crecientes del HLG sobre la altura, peso fresco y seco de hojas, peso fresco y seco de frutos, número de hojas y área foliar en plantas de tomate (62 dds).....	36
Cuadro 11: Efecto de la aplicación de concentraciones crecientes del HLG sobre la altura, peso fresco y seco de hojas y área foliar en plantas de maíz (62 dds).....	37
Cuadro 12: Efecto de diferentes concentraciones del HLG sobre el rendimiento total y por cosechas en el cultivo de vainita ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv. Bush Blue Lake 47 ..	38
Cuadro 13: Efecto de diferentes concentraciones del HLG sobre la producción total de materia seca cosechada en el cultivo de vainita ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv. Bush Blue Lake 47.....	41
Cuadro 14: Efecto de diferentes concentraciones del HLG sobre el número total y por cosechas de vainitas ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv. Bush Blue Lake 47 .....	42
Cuadro 15: Efecto de diferentes concentraciones del HLG sobre la longitud y diámetro de vainas ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv. Bush Blue Lake 47 por cosecha .....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Croquis de distribución de las parcelas del cultivo de vainita ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv Bush Blue Lake 47, La Molina 2014 .....	29
Figura 2: Efecto de diferentes concentraciones del HLG sobre el rendimiento total en el cultivo de vainita ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv. Bush Blue Lake 47.....	39
Figura 3: Efecto de diferentes concentraciones del HLG sobre la distribución del rendimiento promedio obtenido durante las cosechas parciales en el cultivo de vainita ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) cv. Bush Blue Lake 47 .....	40

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Evaluación de la determinación de la densidad del HLG.....	50
ANEXO 2: Densidad del agua en función de la temperatura.....	50
ANEXO 3: Resultados registrados de la prueba de determinación de partículas en suspensión del HLG.....	51
ANEXO 4: Resultados registrados de la prueba de determinación compatibilidad con fertilizantes solubles.....	52
ANEXO 5: Resultados registrados del bioensayo de fitotoxicidad en el cultivo de maíz .....	53
ANEXO 6: Resultados registrados del bioensayo de fitotoxicidad en el cultivo de tomate.....	54
ANEXO 7: Resultados registrados de la evaluación de rendimiento (kg/ha), materia seca (kg/ha) y número de vainitas por cosechas.....	56
ANEXO 8: Resultados registrados de la evaluación del parámetros de calidad: longitud y diámetro de vainas. ....	57
ANEXO 9: Panel fotográfico.....	61



## RESUMEN

El sector avícola en el Perú viene experimentando un gran crecimiento, constituyendo la actividad más importante del subsector pecuario del país. 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 realizó el desarrollo técnico de un hidrolizado líquido derivado de gallinaza (HLG), producido mediante la hidrólisis enzimática de excretas de gallinas ponedoras (gallinaza) por bacterias acidolácticas, como fertilizante para la aplicación foliar. El análisis preliminar de la composición química del HLG, permitió estimar que el producto tiene una alta calidad como fertilizante orgánico, en base a ello la hipótesis planteada fue determinar si el HLG presenta características físicas y biológicas que lo hacen adecuado como fertilizante foliar, incrementando el rendimiento de los cultivos.

Se realizaron dos pruebas; físicas y biológicas. Entre las pruebas físicas se determinó la densidad, el contenido de partículas en suspensión y la compatibilidad con fertilizantes solubles del HLG, realizadas para la mejor caracterización del producto. Las pruebas biológicas consistieron en los ensayos de fitotoxicidad y de aplicación vía foliar del HLG sobre el rendimiento de cultivos experimentales. La prueba de fitotoxicidad se realizó en macetas en cultivos de tomate y maíz, aplicándose dosis crecientes del producto. Las dosis trabajadas fueron: 0 %, 1 %, 5 %, 10 % y 20 %, con cinco repeticiones por tratamiento, entre los parámetros evaluados se consideró la altura de plantas, número de hojas, peso seco y fresco de hojas, área foliar, y peso fresco y seco de frutos (tomate). El bioensayo de la aplicación foliar del HLG sobre el rendimiento de cultivos experimentales, se llevó a cabo en vainita, trabajado a las dosis de 0 %, 5 %, 10 % y 20 % v/v, entre los parámetros evaluados se consideró el rendimiento total y por cosechas de cultivo, producción de materia seca producida, número de vainitas producidas y la calidad del producto cosechado.

El análisis físico del HLG mostró un líquido viscoso, más denso que el agua, de color pardo muy oscuro y olor sutil a azúcar fermentada. Se determinó que las partículas en suspensión mayores de 106  $\mu\text{m}$  fueron 1.8 g/L, entre 106 – 53  $\mu\text{m}$  fueron 9.7g/L, entre 53 - 11  $\mu\text{m}$  fueron 23 g/L. Partículas mayores a 53  $\mu\text{m}$  puede sedimentar rápidamente cuando el producto es diluido en agua, formando sedimentos en los tanques de preparación de fertilizantes y mochilas de aplicación. Aquellas menores de 53  $\mu\text{m}$  no representan riesgo de obturación de goteros, pero son muy grandes para ser absorbidas vía foliar. En cuanto a la prueba de compatibilidad se determinó que la combinación del HLG con los fertilizantes solubles ensayados incrementó el peso de los precipitados en el producto, en comparación con los obtenidos en agua destilada.

Del ensayo de fitotoxicidad, los resultados obtenidos en tomate, permiten establecer que el HLG puede ser aplicado sin riesgo de causar fitotoxicidad hasta una concentración de 10% v/v. También, se apreció un aumento significativo del peso de frutos cosechados a esta misma concentración, comprobando el efecto de la aplicación del producto sobre el rendimiento de los cultivos, siendo mayor cuando es aplicado a un 10 %. En el cultivo de maíz, no se apreció ningún efecto fitotóxico hasta la concentración de 20 % v/v. lo cual se asocia a la mayor tolerancia de las gramíneas a las aspersiones foliares concentradas.

La aplicación foliar en campo del HLG no incrementó significativamente el rendimiento del cultivo de vainita, pero resultó en un incremento numérico hasta una dosis de 213.22 L/ha que corresponde a una concentración de 16% v/v en cuatro aplicaciones, lo que podría representar una mejor productividad y por tanto un margen importante en el incremento de los ingresos a los agricultores. Cabe señalar, que la aplicación del HLG no afectó la calidad del fruto comercial.

Los resultados obtenidos en las distintas pruebas realizadas permiten recomendar el uso del HLG como fertilizante foliar y estimulante del crecimiento de los cultivos, siendo una alternativa que podría ser adoptada por el agricultor como parte de su manejo agronómico.

**Palabras claves:** Hidrolizado de gallinaza, fertilización foliar, dosis de aplicación.

## I. INTRODUCCIÓN

La producción en el sector avícola de nuestro país ha experimentado un crecimiento explosivo dentro de las últimas décadas. Este crecimiento se ha reflejado en el incremento de la producción de carne de aves (pollo, pato, pavo, gallina) y de huevos para consumo (gallina y codorniz).

La crianza de aves de corral produce gran cantidad de residuos orgánicos que poseen altos contenidos de nutrientes, por lo cual tienen gran demanda como abonos para la agricultura. Se estima que se produce 150 g de excretas por gallina al día (García y Lon, 2007), con lo cual se obtiene una cantidad considerable de residuos al año. Un cálculo realizado a partir de la población de individuos registrada y controlada por el MINAG (Carhuacho, 2010), permite estimar una producción media de 0.8 Mt/año de residuos orgánicos en el Perú. Sin embargo, 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.

Una de estas tecnologías lo constituyen los hidrolizados líquidos, que permiten dar un valor agregado a los residuos orgánicos, como una excelente fuente de aminoácidos para la nutrición de los cultivos, siendo una alternativa económica y ambiental a su manejo.

Los hidrolizados orgánicos pueden ser suministrados a los cultivos por medio de fertilización foliar. Se sabe que las raíces no son los únicos órganos capaces de absorber los elementos minerales, sino que también las hojas y los tallos pueden asimilar las sustancias nutritivas tanto minerales como orgánicas, principalmente aminoácidos (Gros, 1976). La fertilización foliar es comúnmente utilizada para proveer nutrientes que se encuentran deficientes, mejorar el estado nutricional de las plantas y, por tanto el aumento en el rendimiento de los cultivos y su calidad.

En el presente trabajo, se realizaron pruebas físicas y biológicas para el desarrollo de un hidrolizado líquido de gallinaza como fertilizante foliar. Teniendo como hipótesis determinar si el hidrolizado líquido de gallinaza presenta características físicas y biológicas que lo hacen adecuado como fertilizante foliar, incrementando el rendimiento de los cultivos. Para ello se plantea los siguientes objetivos:

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la aptitud del hidrolizado líquido derivado de gallinaza como fertilizante para la aplicación foliar.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las propiedades físicas del producto que pudieran limitar su aplicación vía foliar.
- Determinar el rango adecuado de concentración del producto para la máxima absorción vía foliar.

## **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).

#### **2.1.1. Características de la gallinaza**

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 150g/día de estiércol aproximadamente (García y Lon, 2007).

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) comparativamente con los estiércoles de cerdo y vaca (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.

Respecto al aporte de macro y micronutrientes en diferentes concentraciones, depende de su origen (Restrepo, 2001).

### **2.1.2. El sector avícola en el Perú**

Durante el año 2013 el subsector pecuario, tuvo un comportamiento dinámico, creciendo 2.77 %, como resultado de la mayor producción de aves, huevos, vacunos, porcinos y leche fresca (INEI, 2013).

El sector avícola ha experimentado un explosivo crecimiento en los últimos 20 años. La avicultura tiene una participación de 23 % del total de la producción agropecuaria en el Perú y del 56 % del total de la producción pecuaria (APA, 2013).

Según un estudio elaborado por Apoyo Consultoría (APA, 2013), el Perú figura entre los 20 principales productores avícolas del mundo, superando a países como Venezuela, Colombia y Australia.

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.

En el año 2013, la producción de huevo aumentó en 11.39 %, situación que se observó en los departamentos de Lima, La Libertad, Lambayeque y Arequipa. Este comportamiento es el resultado de las mayores colocaciones de gallinas ponedoras en las granjas, aunado al mayor rendimiento obtenido (INEI, 2013).

## 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 protéicos puede ser llevada a cabo mediante métodos físicos, químicos o enzimáticos, realizados en condiciones moderadas de pH y temperatura (pH 5-9; temperaturas entre 40-60 °C), manteniendo inalterada la calidad nutricional de los aminoácidos (Vioque 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 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Este método destruye completamente el triptófano y parte de la serina y la treonina (Bossio, 2007).

#### **b. Hidrolisis alcalina**

Respeto los aminoácidos que se destruyen por la hidrólisis anterior, pero con gran facilidad forma racematos. Normalmente se utiliza NaOH y Ba(OH)<sub>2</sub> (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 hidrólisis (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 hidrólisis 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 elevadísimo grado de aminoácidos libres y en forma L, es decir, biológicamente activos (Bossio, 2007).

## 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, CO<sub>2</sub>, 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 bacterias 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).

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, ahorrándose 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.

### **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 biológicamente activos son los  $\alpha$ -L-aminoácidos, son los únicos que son activos biológicamente; las plantas pueden absorberlos tanto por vía radicular como por vía foliar.

La mayoría de productos a base de aminoácidos se obtienen mediante procesos que degradan la proteína con fuertes ataques químicos (ácidos o alcalinos). Debido a ello, se obtienen formulados con un bajo porcentaje de aminoácidos libres respecto al total de la proteína original. Se puede dar una racemización de las formas L y formas D, perdiendo su actividad biológica. En este proceso, los aminoácidos más lábiles (triptófano, histidina y cisteína principalmente) se degradan fácilmente con estos métodos más agresivos.

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 FOLIAR**

La fertilización foliar es definida como la aplicación de sustancias nutritivas al follaje de las plantas cultivadas, los cuales de penetrar son capaces de iniciar funciones metabólicas (Salas, 1977). Se sabe que las raíces no son los únicos órganos capaces de absorber los elementos minerales, sino que también las hojas y los tallos pueden asimilar las sustancias nutritivas tanto minerales como orgánicas, principalmente aminoácidos (Gros, 1976).

La fertilización foliar es comúnmente utilizada para suministrar nutrientes que se encuentran deficientes, mejorar el estado nutricional de las plantas y, por tanto el aumento en el rendimiento de los cultivos y su calidad. También, dependiendo de las especies de plantas, factores ambientales y el manejo agronómico, la fertilización foliar puede ser usada para otros fines, como la mitigación de los efectos negativos de las condiciones de estrés: sequía, daños por heladas, etc. (Sylwester, 2012).

La fertilización foliar no puede reemplazar o sustituir a la fertilización edáfica, donde las raíces de las plantas absorben los nutrientes esenciales para su óptimo crecimiento y desarrollo, así la aplicación foliar de elementos minerales no es tan eficaz como para

cubrir requerimientos nutricionales totales de los cultivos; sin embargo dependiendo de las especies, de las plantas, una parte significativa de sus necesidades nutricionales (principalmente microelementos) pueden ser suministrados por vía foliar. Además de los nutrientes minerales, la fertilización foliar es capaz de suministrar también a las plantas compuestos nutricionales: azúcares simples, disacáridos, aminoácidos, cadenas de péptidos, ácidos orgánicos, reguladores de crecimiento y estimuladores (Szewczuk y Michałojć, 2003; citado por Sylwester, 2012).

La eficacia de la nutrición foliar es afectada por numerosos factores endógenos, exógenos. La aplicación simultánea de la fertilización foliar y bioestimulantes del crecimiento vegetal permite el aumento de rendimiento de los cultivos y la mejora de su calidad.

### **2.6.1. Factores endógenos**

Cuando los factores endógenos son considerados, la eficiencia de absorción de los nutrientes aplicados foliarmente dependerá del grosor de las células epidérmicas que recubre la cutícula (brotes verdes, haz y envés de las hojas), así como del número de poros cuticulares y ectodesmata, ubicado en esta capa. Además, está relacionada con la distribución de tricomas y estomas en hojas acompañados de la más alta ocurrencia de los poros de la cutícula (Franke et al., 1961; citado por Sylwester, 2012). Así, existirán diferencias significativas en la posibilidad de llevar a cabo la nutrición foliar y su eficiencia; estas diferencias son el resultado de diferencias en la anatomía foliar, fisiológica y los procesos bioquímicos y periodo de cultivo.

#### **a. La cutícula**

La cutícula protege a las plantas contra transpiración excesiva, plagas y enfermedades, así como la pérdida excesiva de solutos orgánicos e inorgánicos por lixiviación. Es una membrana sólida de lípidos formada por cutina, ceras y algunos polisacáridos. La cutícula constituye la barrera principal que deben superar los solutos para iniciar el proceso de absorción dentro de la planta (Radosevich et al., 1997). Su grosor va depender de la especie de la planta, de la posición de la hoja en el tallo, así como la exposición a la luz solar, las hojas que crecen a la sombra tienen la cutícula más delgada que aquellas que crecen a la luz (Marschner, 1995).

La cutícula es de naturaleza hidrofóbica, aunque también posee componentes hidrofílicos; está compuesta por bipolímeros de alto peso molecular como cutina y pectina, y por ceras epicuticulares hidrofóbicas y ceras incrustadas (Holloway, 1993).

A través de la cutícula, sustancias polares solubles en agua (cationes, aniones) son transportados por el "camino hidrofílico," mientras que los compuestos apolares soluble en lípidos a través de "camino lipofílico" (Franke, 1961).

La cutícula presenta carga negativa, esto contribuye a una translocación más eficiente de moléculas apolares (urea) y cationes en vez de aniones. Por esa razón, se observa una menor eficiencia para la nutrición foliar de nutrientes minerales en forma de aniones ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{MoO}_4^{2-}$ ,  $\text{BO}_3^{3-}$ ) que de cationes ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{4+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ). La velocidad de penetración a través de cationes por la cutícula disminuye con el aumento de valencia. Para ambos tipos de iones, cationes y aniones, la translocación de nutrientes a partir de las partes externas a las internas de las hojas es mayor que en la dirección opuesta. Sin embargo, estas diferencias son menos distintas para moléculas orgánicas (Yamada et al., 1964; citado por Sylwester, 2012).

La cutícula seca es casi impermeable al agua; sin embargo, al humedecerse se hincha y aumenta su permeabilidad, permitiendo, de esta forma, la penetración de los nutrientes (Crocomo et al., 1965).

#### **b. Poros cuticulares y ectodesmata**

Los ectodesmos o ectodesmata, son canales que atraviesan la membrana y la pared celular. Tales estructuras son zonas ubicadas entre la cutícula y la membrana celular de las células epidérmicas donde la deposición de las ceras, cutina, pectina celulosa, etc., ha sido eliminada, lo que forma una especie de canal conector entre la superficie de la cutícula y la célula, por donde se facilita el flujo de solutos (Trinidad et al., 2000). Se cree que estos canales especializados y no pasivos, actúan como compuertas que facilitan y regulan la comunicación y el transporte de sustancias como agua, nutrientes, metabolitos y macromoléculas entre las células vegetales.

Estructuras foliares como células guardianas, pelos cónicos, paredes anticlinales y las células epidérmicas adyacentes a las venas de las hojas se han mostrado de forma consistente por contener un gran número de ectodesmata. El ectodesmata puede ser la vía para el transporte de sustancias desde el exterior hacia el interior de los tejidos y viceversa. Se cree que los nutrientes aplicados a la superficie de las hojas entran por las mismas vías, es decir, por el ectodesmata, como aquellas en las que la penetración puede ser detectada visiblemente (Franke, 1961). El transporte de nutrientes a través de la cutícula se produce en las regiones en contacto con ectodesmata (Michałowicz y Szewczuk, 2003; citado por Sylwester, 2012).

Los poros cuticulares, dependiendo de su tamaño, son permeables a compuestos de diversos pesos moleculares, tales como nutrientes minerales, microelementos quelatados y azúcares (Marschner, 1995).

#### **2.6.2. Factores exógenos**

Entre los factores exógenos más importantes que afectan la fertilización foliar se tiene: luz, temperatura, viento, hora del día, fotoperiodo, humedad, cantidad e intensidad de precipitación, suelo, sequía, y el estrés por nutrientes. Cada uno de estos factores tiene una influencia directa sobre la fisiología y bioquímica de los procesos de las plantas, al mismo que afectan la eficiencia de la fertilización foliar.

Si la fertilización foliar se lleva a cabo a plena luz solar, las gotas líquidas caen sobre la superficie de la hoja a manera de lentes en miniatura, causando necrosis de las mismas. Con altas temperaturas, se observa pérdida de turgencia de la planta, lo cual reduce la tasa de reacciones bioquímicas y perjudica la absorción de los compuestos aplicados. Así, en condiciones de alta luz solar y temperatura, las plantas pueden ser incapaces de absorber en forma efectiva y utilizar los compuestos suministrados mediante la fertilización foliar. En contraste a las raíces, la absorción de nutrientes minerales por las partes verdes de la planta es estimulada por la luz. Además, la tasa de absorción de nutrientes por las hojas es más alto durante el día que durante la noche (Marschner, 1995).

Con el aumento de la humedad relativa ambiental se posibilita la mayor permanencia de las gotas de solución en la superficie foliar, aumentando las probabilidades de su absorción (Rodríguez, 1996).

### **2.6.3. Fertilizantes foliares**

El suelo puede contener todos los elementos necesarios para la nutrición pero estos pueden estar en forma no disponible para la absorción radicular, tal es el caso frecuente del hierro y el fósforo cuando el suelo es alcalino, o sea que tiene un pH elevado. En esos casos se realiza una fertilización con estos elementos a nivel foliar constituyendo una nutrición o fertilización complementaria (Rodríguez, 1996). El objetivo de la fertilización foliar es por lo tanto alcanzar el óptimo teórico del rendimiento cuando todos los factores de la producción se encuentran a niveles óptimos. Los objetivos de la estimulación de la fertilización pueden ser particularmente fuertes reflejándose en incrementos en la producción, solo si las fertilizaciones foliares son aplicadas en proporciones adecuadas y a tiempo.

El uso más importante de las pulverizaciones foliares en agricultura ha sido en la aplicación de micronutrientes; las pulverizaciones foliares son un excelente suplemento en las aplicaciones al suelo de la mayor parte de los nutrientes. Los micronutrientes se prestan por sí mismos más fácilmente a las aplicaciones pulverizadas a causa de las pequeñas cantidades que se requieren (Tisdale, 1991).

La efectividad de un abono foliar, se encuentra, entre otros, directamente relacionado con la calidad de su formulación. La formulación de fertilizantes foliares es un proceso complejo, cuyo resultado obedecerá a diversos factores tales como (Shimabukuro, 1996):

- Tipo de sal empleada
- Pureza y tamaño de las partículas
- Coadyuvantes empleados y su compatibilidad en relación a las sales

A la hora de preparar la formulación foliar se debe controlar el pH de la disolución, utilizar agentes tensoactivos y adherentes, y regular el tamaño de la gota del fertilizante líquido. En general, si se fertiliza utilizando dosis altas del soluto, se favorecerá una mayor y más rápida absorción, ya que se favorece el establecimiento del gradiente de concentraciones. Sin embargo, si se aplican concentraciones excesivamente altas de sales, se podría dañar la epidermis de la hoja, al deshidratar sus células y causar necrosis foliar. En este sentido, se hace muy importante determinar la dosis óptima para facilitar la absorción del soluto, sin dañar el tejido foliar (Trinidad et al., 2000).



#### **2.6.4. Uso de bioestimulantes en la agricultura**

En los últimos años, se observa en el mercado de insumos agrícolas una oferta creciente de productos a base de micronutrientes y sustancias orgánicas como alternativas para mejorar los rendimientos. Muchos de estos productos son obtenidos por procesos de descomposición industrial de materias orgánicas como turbas, leonarditas, algas o residuos industriales como plumas, residuos orgánicos, entre otros.

### **2.7. EL CULTIVO DE VAINITA**

La vainita es una planta originaria del Perú, Ecuador y Bolivia y de la zona de México, su cultivo se conoce aproximadamente 7 000 años. Se trata de una especie herbácea de climas templados o subtropicales.

La vainita es un cultivo cuyo periodo vegetativo dura de 55 a 77 días y su periodo de cosecha puede durar entre 20 a 30 días, su temperatura óptima se encuentra entre los 18 y 24 °C; el tipo de siembra es directa a un distanciamiento de 0.8 m entre surcos y 0.2 a 0.3 m entre plantas a doble hilera. Requiere de suelos sueltos y con buen drenaje. Se recomienda la incorporación de materia orgánica a la preparación del terreno y una dosis base de fertilización. Los riegos deben ser frecuentes y ligeros, especialmente durante la floración y desarrollo de vainas.

#### **2.7.1. Morfología**

El sistema radical tiende a ser fasciculado y fibroso. En condiciones favorables, las raíces pueden profundizar más de un metro en el suelo. La vainita presenta nódulos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radical. Los nódulos tienen forma poliédrica y un diámetro de 2 a 5 mm, son colonizados por bacterias del género *Rhizobium*, las cuales fijan el nitrógeno atmosférico, contribuyendo a satisfacer los requerimientos de este elemento a la planta.

El tallo es herbáceo y con sección cilíndrica o levemente angular, debido a pequeñas corrugaciones de la epidermis. Puede ser erecto, semi-postrado o postrado, según el hábito de crecimiento de la variedad.

Las hojas son compuestas y constan de tres folíolos ovalados con el margen interno

Las inflorescencias aparecen sobre pedúnculos, en forma de racimo en las axilas de las hojas, algunas aisladas y otras en el extremo de un ginóforo (pedúnculo del grupo de flores) bastante corto (de 1 a 3 cm). Las flores son completas, están formadas por cinco sépalos, cinco pétalos, el androceo que está formado por nueve estambres soldados y uno libre, y el gineceo que súpero con un ovario, un estilo y un estigma.

El fruto, llamado vaina, corresponde al órgano de consumo en estado inmaduro. Es prácticamente indehisciente, de sección transversal y color característico para cada variedad. Van desde formas de sección aplastadas hasta claramente cilíndricas. Las longitudes comerciales del fruto oscilan entre 10 y 20 cm (López y Rodríguez, 1976). Las semillas tienen forma arriñonada y miden de 1 a 2 cm de largo por 0.7 cm de ancho. El color depende del cultivar.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. 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.

##### 3.1.1. Características químicas del hidrolizado líquido de gallinaza

El análisis químico del producto se reporta en el cuadro 1.

**Cuadro 1: 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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	”	4.86	”
K <sub>2</sub> 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 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 altamente elevado, muy probablemente debido a la melaza que es rica en este elemento.

El aminograma del hidrolizado líquido de gallinaza se presenta en el cuadro 2.

**Cuadro 2: 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 foliar y estimulante del crecimiento vegetal.

## **3.2. DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS**

### **3.2.1. Finalidad de las pruebas**

Las propiedades físicas del hidrolizado líquido de gallinaza, son necesarias para la mejor caracterización del producto. Se determinó la densidad, el contenido de partículas en suspensión y la compatibilidad con fertilizantes solubles del hidrolizado líquido de gallinaza.

La determinación de la densidad del producto es importante para determinar los volúmenes de aplicación, así nos permite relacionar las unidades masa-volumen respecto a las dosis propuestas.

El contenido de partículas en suspensión en el hidrolizado líquido de gallinaza, es importante para determinar la presencia de partículas que pudieran obturar filtros de sistemas de riegos, goteros y boquillas de mochilas de aspersión, así partículas mayores a 50  $\mu\text{m}$  pueden limitar el uso del hidrolizado líquido de gallinaza como fertilizante foliar.

La finalidad de la prueba de compatibilidad con fertilizantes solubles, es determinar si la combinación del hidrolizado líquido de gallinaza con fertilizantes solubles incrementa el peso de los precipitados en la mezcla final, ya que la formación de éstos podría obstruir goteros o boquillas de aplicación. Además, los nutrientes en la solución podrían no estar completamente disponibles para las plantas.

### **3.2.2. Ubicación del experimento**

Las pruebas se realizaron en el laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes (LASPAF) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

### **3.2.3. Materiales de laboratorio**

- 04 fioles de 100 mL
- 02 vasos de 600 mL
- 20 botellas de vidrio de 500 mL
- 01 juego de tamices de 140 y 270 mesh (104 y 53  $\mu\text{m}$  de luz)
- 08 crisoles de porcelana

- 04 pipetas de 10 mL
- 01 vaso precipitado
- 01 piceta con agua destilada
- 01 bandeja de plástico
- 01 balanza de precisión
- 01 termómetro
- Soluciones fertilizantes

#### **3.2.4. Determinación de la densidad**

Fue realizada con cuatro repeticiones. Cuatro fioles de 100 mL de capacidad fueron rotuladas y pesadas, posteriormente se enrasaron con agua destilada y se pesaron nuevamente. Previamente, en un vaso precipitado de 600 mL de capacidad se determinó la temperatura del agua destilada, con este valor se registró la densidad del agua en función de su temperatura (anexo 2). Con el peso del agua destilada y la densidad del agua a la temperatura dada se calibró el volumen exacto de cada una de las fioles. Posteriormente, porciones del hidrolizado líquido de gallinaza se pesaron en fioles de 100 mL previamente rotuladas. Se calculó la densidad del producto con el peso del hidrolizado líquido de gallinaza y el volumen calculado de cada fiola.

#### **3.2.5. Determinación de partículas en suspensión**

Porciones de 10 mL del hidrolizado líquido de gallinaza fueron colocados en frascos de vidrio de 450 mL de capacidad, y enrazados con agua destilada. Se agitó y dejó reposar durante 24 horas. Posteriormente se apilaron dos tamices de 140 y 270 mesh (104 y 53  $\mu\text{m}$  de luz, respectivamente) sobre una bandeja de plástico.

Las partículas retenidas en cada tamiz fueron secadas a 75 ° C por 24 horas y pesadas en balanza analítica con aproximación de 0.01 g. Se colectó el filtrado y llevó a centrifuga durante 10 minutos a 150 RPM. El líquido fue posteriormente filtrado empleando papel filtro Whatman grado uno de alto tránsito (11  $\mu\text{m}$ ). Este papel es frecuentemente empleado en la separación de precipitados y clarificación de líquidos. Los sólidos retenidos en el papel fueron asimismo secados y pesados.

De cada uno de estos filtrados se obtuvo una fracción sólida correspondiente a cada rango de tamaño de partículas. Se trabajó con cuatro repeticiones.

Los rangos de diámetro de partícula trabajados son los siguientes:

- Mayores de 104  $\mu\text{m}$ ,
- Entre 104 – 53  $\mu\text{m}$ ,
- Entre 53 y 11  $\mu\text{m}$

### 3.2.6. Determinación de la compatibilidad con fertilizantes solubles

Se prepararon soluciones de fertilizantes solubles concentradas, disolviendo en agua destilada las cantidades listadas en el cuadro 3. En frascos de vidrio de 300 mL de capacidad se colocó de 100 mL de cada solución preparada, agregándole 25 mL del hidrolizado líquido de gallinaza y enrasando el frasco con agua destilada. Se agitó enérgicamente para uniformizar durante un minuto y dejó reposar por 20 minutos. Como se observó la presencia de precipitados, se vertió el contenido de los frascos en un tamiz de 53  $\mu\text{m}$  de luz, colectándose los precipitados en crisoles. Finalmente se llevó los precipitados a estufa a 75 °C por 24 horas y fueron pesados en una balanza con aproximación a 0.01 g, para realizar el cálculo del porcentaje de precipitados a partir del volumen original del hidrolizado líquido de gallinaza empleado. Se calculó el porcentaje de precipitados a partir de un volumen conocido del hidrolizado líquido de gallinaza empleado. Se realizaron cinco repeticiones.

**Cuadro 3: Concentración de los fertilizantes ensayados en agua**

Fertilizante	Fórmula	Concentración (g/L)
Urea	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	250
Nitrato de amonio	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	225
Sulfato de amonio	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	187.5
Fosfato monoamónico	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	87.5
Ácido fosfórico	$\text{H}_3\text{PO}_4$	400
Sulfato de potasio	$\text{K}_2\text{SO}_4$	40
Nitrato de potasio	$\text{KNO}_3$	100

### **3.3. PRUEBA DE FITOTOXICIDAD DEL PRODUCTO**

#### **3.3.1. Finalidad de la prueba**

La primera etapa en el uso del hidrolizado líquido de gallinaza en aplicación foliar fue la determinación de la concentración máxima no dañina para las plantas. Debido a que la conductividad eléctrica del producto concentrado es elevada, éste tuvo que ser diluido hasta un nivel que no lesione el follaje de las plantas pero permita la máxima dosis de nutrientes en cada aplicación. En esta prueba se trabajó con dos cultivos: tomate y maíz. Las plantas de tomate como cultivo indicador sensible a las aspersiones foliares, y plantas de maíz como indicador tolerante.

#### **3.3.2. Ubicación del experimento**

El ensayo de fitotoxicidad se llevó a cabo en el Laboratorio de Fertilidad de Suelos de la UNALM.

#### **3.3.3. Características del suelo experimental**

El análisis de caracterización del suelo con el cual se realizó el ensayo de fitotoxicidad del producto (en macetas), se puede observar en el cuadro 4.



**Cuadro 4: Características físicas y químicas del suelo empleado**

Característica	Unidad	Valor	Clasificación
Arena	%	53	--
Limo	%	31	--
Arcilla	%	16	--
Clase textural	--	--	Franco Arenoso
pH (H <sub>2</sub> O)	--	7.12	Ligeramente alcalino
CE <sub>(1:1)</sub>	dS m <sup>-1</sup>	3.25	Moderadamente salino
CaCO <sub>3</sub>	%	4.00	Moderadamente calcáreo
Materia orgánica	%	1.50	Bajo
Fósforo disponible	mg kg <sup>-1</sup>	20.8	Alto
Potasio disponible	mg kg <sup>-1</sup>	329	Alto
CIC	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	14.40	Baja
Ca <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	10.95	Alto
Mg <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	2.02	Medio
K <sup>+</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	1.23	Alto
Na <sup>+</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0.21	Bajo
Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0.00	--
PSB	%	100.0	Elevado

Fuente: LASPAF-UNALM, 2014

Se trata de un suelo de textura franco arenoso con un nivel bajo de materia orgánica, dando lugar a un bajo contenido de nitrógeno, típico de costa, con un pH medianamente alcalino, y una CEes de 6.50 dS/m, valor que lo califica como moderadamente salino (CE > 4). Los contenidos de fósforo y potasio son altos, mientras que el nivel de carbonatos es medio. 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 90 % en cuanto a las relaciones catiónicas se tiene lo siguiente:

- Ca/Mg = 5.4 normal
- Ca/K = 8.9 hipo Cálxico
- Mg/K = 1.6 hipo Magnésico

Lo cual demuestra nuevamente una elevada disponibilidad de potasio en el suelo.

#### **3.3.4. Materiales empleados**

- 50 macetas de plástico, de 4 kg de capacidad
- Semillas de maíz cv PM 104
- Semillas de tomate cv Río Grande
- Fertilizantes edáficos: urea, fosfato diamónico, cloruro de potasio.
- Cuatro aspersores de mano
- Otros: materiales de oficina (libretas, papel, cinta de impresión, etiquetas, etc.); material fotográfico, bolsas de papel Kraft.

#### **3.3.5. Procedimiento**

Se instalaron 25 macetas para cada cultivo con suelo experimental de La Molina, cuyo análisis de caracterización se mostró en el cuadro 4. Debido a que el suelo resultó como moderadamente salino, se procedió a lavar el suelo hasta llegar a una CEes de 1.8 dS/m, resultando en un suelo no salino. Las semillas de tomate fueron germinadas en almácigo y dos plántulas fueron trasplantadas a las macetas a los 15 días después de la germinación. Mientras que las semillas de maíz fueron sembradas en las macetas respectivas. Siete días después de la germinación se procedió al desahíje, dejando tres plantas por maceta.

Los dos cultivos recibieron una dosis base de fertilización edáfica de N – P – K (160, 80 y 160 ppm, respectivamente). El fósforo y potasio fueron aplicados a la siembra, mientras que el nitrógeno fue fraccionado en dos partes, a la segunda y cuarta semana después de la siembra. El riego se realizó frecuentemente con agua procedente de la localidad de Huachipa, manteniendo un adecuado contenido de humedad en las macetas.

La aplicación foliar del hidrolizado líquido de gallinaza se inició a los 20 días después de la siembra o trasplante. El producto fue diluido en agua para la aspersión foliar y aplicado a cinco distintas diluciones, detalladas en el cuadro 5.

### 3.3.6. Tratamientos ensayados

En esta prueba se ensayaron dosis crecientes del hidrolizado líquido de gallinaza de acuerdo al cuadro 5.

**Cuadro 5: Dosis y concentración de HLG para aplicación vía foliar en macetas**

Tratamientos	Dosis HLG	Concentración (%v/v)	Preparación (mL/L)
Testigo	Control	0.0	0.0
HLG al 1 %	Muy baja	1.0	10.0
HLG al 5 %	Media	5.0	50.0
HLG al 10 %	Alta	10.0	100.0
HLG al 20 %	Muy alta	20.0	200.0

Cada solución preparada fue asperjada sobre cada uno de los tratamientos correspondientes con sus 5 repeticiones, procurando cubrir uniformemente el follaje con el menor desperdicio de solución. Las aplicaciones se hicieron durante 6 semanas, una vez por semana.

### 3.3.7. Parámetros evaluados

Las plantas de tomate y maíz fueron cosechadas luego de completar las aplicaciones foliares (42 días después del inicio de las aplicaciones). Los parámetros evaluados fueron:

#### a. Altura de planta (cm)

Tanto para maíz como para tomate, se midió la altura de cada una de las plantas, partiendo desde su base hasta la punta de la hoja más larga.

#### b. Peso fresco y seco de las hojas (g)

Ambos cultivos fueron cortados al ras del suelo, y separados en hojas y tallos. Las hojas se pesaron por separado, y posteriormente se llevaron a estufa a 75 °C hasta peso constante, siendo pesadas nuevamente para determinar el peso seco.

### c. Peso fresco y seco de frutos de tomate (g)

Se pesaron los frutos frescos de las plantas de tomate, y posteriormente se llevaron a estufa a 75 °C hasta peso constante, siendo pesadas nuevamente para determinar el peso seco.

### d. Área foliar (dm<sup>2</sup>)

Para el caso del tomate, el área foliar fue calculada a partir del peso seco de las hojas y peso seco de secciones cuadradas de hoja de área conocida, 20 cm<sup>2</sup>, (modificación del método del sacabocado). Los cuadrados fueron colocados en estufa para determinar su peso seco. Finalmente teniendo el peso seco de las hojas, y peso seco de los cuadrados, mediante una regla de tres simple se estimó el área foliar.

Para el caso del maíz, las plantas fueron cortadas al ras de suelo. El área foliar fue calculada por la fórmula de Montgomery:

$$A_f = \sum_1^n \frac{3}{4} * L * A$$

Donde Af = área foliar, n = número de hojas, L = longitud de la hoja, A = ancho máximo de la hoja.

## 3.3.8. Análisis estadístico

### a. Diseño experimental:

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

El modelo aditivo lineal es el siguiente:

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

Dónde:

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

$j = 1, 2, 3, \dots, r_i$  (número de repeticiones en el  $i$ -ésimo tratamiento)

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

$\mu$  = Efecto de la media general.

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$\epsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental en la  $j$ -ésima maceta que recibirá el el  $i$ -ésimo tratamiento.

#### **b. 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).

### **3.4. BIOENSAYO DE ASPERSIÓN FOLIAR EN CAMPO**

#### **3.4.1. Finalidad de la prueba**

La segunda etapa en el uso del hidrolizado líquido de gallinaza en aplicación foliar fue la determinación de la dosis adecuada a partir de la cual se puedan obtener mayores rendimientos de los cultivos en campo, considerando los resultados obtenidos en la prueba de fitotoxicidad. Se trabajó con el cultivo de vainita como planta indicadora.

#### **3.4.2. Ubicación del bioensayo de aspersión foliar**

El ensayo de aspersión foliar se realizó en los campos frente a los laboratorios de Fitopatología de la Facultad de Agronomía de la UNALM.

### 3.4.3. Características del suelo experimental

El análisis de caracterización del suelo donde se realizó el ensayo de campo, se puede observar en el cuadro 6.

**Cuadro 6: 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 <sub>2</sub> O)	--	7.72	Ligeramente alcalino
CE <sub>(1:1)</sub>	dS m <sup>-1</sup>	1.21	No salino
CaCO <sub>3</sub>	%	5.30	Moderadamente calcáreo
Materia orgánica	%	1.39	Bajo
Fósforo disponible	mg kg <sup>-1</sup>	5.4	Bajo
Potasio disponible	mg kg <sup>-1</sup>	139	Medio
CIC	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	12.32	Bajo
Ca <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	9.18	Alto
Mg <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	2.13	Medio
K <sup>+</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0.84	Alto
Na <sup>+</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	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<sub>s</sub> 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.

#### 3.4.4. Materiales empleados

- Semillas de Vainita: cv. Bush Blue Lake 47.
- Abonos: guano de isla y guano de vacuno
- Otros: materiales de oficina (libretas, papel, cinta métrica, cinta de impresión, etc.); material fotográfico, bolsas de papel Kraft.

#### 3.4.5. Procedimiento

Se trabajó con vainita como cultivo indicador. El ensayo fue realizado en un área experimental de 240 m<sup>2</sup> el cual fue dividido en 16 unidades experimentales de 15 m<sup>2</sup> cada uno, como se muestra en la figura 1.

T4	T2	T3	T1
T1	T3	T4	T2
T2	T4	T1	T3
T3	T1	T2	T4

**Figura 1: Croquis de distribución de las parcelas del cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv Bush Blue Lake 47, La Molina 2014**

La preparación del terreno se realizó en forma mecanizada y en la cual se hizo la aplicación de guano de isla y de vacuno a todo el campo, en una cantidad aproximada de 1 t/ha y 10 t/ha respectivamente. El surcado se realizó a un distanciamiento de 0.80 m.

La siembra se efectuó, en forma directa y con una humedad proveniente de un riego de enseño. La vainita se sembró en la costilla del surco con un distanciamiento entre golpes de aproximadamente 0.20 m y tres semillas por golpe.

No se realizó la aplicación de ningún producto químico durante el manejo del cultivo. Los deshierbos fueron manuales, realizándose dos deshierbos en total.

Se realizaron cuatro aplicaciones semanales del hidrolizado líquido de gallinaza durante el periodo vegetativo del cultivo, la primera aplicación se realizó a los 25 días después de la siembra (dds), la segunda a los 32 dds, la tercera a los 39 dds y la cuarta a los 46 dds.

La cosecha se inició a los 60 días después de la siembra, realizando tres cosechas en total con un intervalo de siete días, siendo la última a los 81 días después de la siembra. Esta labor se realizó de forma manual.

#### **3.4.6. Tratamientos ensayados**

El producto fue diluido en agua para la aspersion foliar y aplicado a 4 distintas diluciones, detalladas en el cuadro 7.



**Cuadro 7: Dosis y concentración de HLG para aplicación vía foliar en campo**

<b>Tratamientos</b>	<b>Dosis HLG</b>	<b>Concentración (%v/v)</b>	<b>Preparación (mL/L)</b>
Testigo	Control	0.0	0.0
HLG al 1 %	Baja	5.0	50.0
HLG al 5 %	Media	10.0	100.0
HLG al 10 %	Alta	20.0	200.0

### **3.4.7. Parámetros evaluados**

Los parámetros evaluados fueron:

#### **a. Rendimiento**

*Cosechas parciales:* Se cosecharon los dos surcos centrales de cada parcela, restándole medio metro a cada lado. Se hizo el registro de la cantidad cosechada por parcela durante tres semanas. Se determinó la distribución de la producción cosechada.

*Rendimiento total:* Con la suma de los rendimientos acumulados en las cosechas parciales de cada parcela, se obtuvo el rendimiento total, con ello se determinó la producción total por hectárea.

#### **b. Materia seca**

Se pesó 100 g de producto cosechado de cada una de las parcelas durante las tres cosechas, y según el rendimiento obtenido, se estimó la cantidad de materia seca cosechada.

#### **c. Número total de vainas**

Es la suma del número de vainas obtenidas en cada cosecha parcial por parcela.

#### **d. Longitud y diámetro de vaina**

*Longitud de vainitas:* Se muestrearon diez vainitas tomadas al azar de cada parcela, de las cuales se midió la longitud, para luego obtener un promedio por parcela.

*Diámetro de vainitas*: Para cada parcela se tomaron diez vainitas al azar y se midió el diámetro en la parte central del fruto, luego se obtuvo el promedio por parcela.

### 3.4.8. Análisis estadístico

#### a. 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:

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

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.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\tau_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque.

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

#### b. 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 estadísticos se realizó empleando el paquete *Agricolae* del ambiente para cómputo estadístico R versión 3.0.3 (R Core Team, 2013).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL HLG

La densidad del producto, determinada a 20 °C, fue de 1.11 g/cm<sup>3</sup>. Siendo un líquido viscoso y denso, de color pardo muy oscuro y olor sutil a azúcar fermentada.

### 4.2. DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN DEL HLG

Los resultados de la determinación del contenido y diámetro de partículas en suspensión del hidrolizado líquido de gallinaza se reportan en el cuadro 8.

**Cuadro 8: Determinación de partículas en suspensión del HLG**

Rango	Unidad	Valor determinado	Porcentaje (%)
Mayores de 106 µm	(g/L)	1.8	5.22
Entre 106 – 53 µm	”	9.7	28.13
Entre 53 y 11 µm	”	23.0	66.65
Total	”	34.5	100

Se determinó que 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. Cabe señalar que toda partícula mayor de 53 µm puede sedimentar rápidamente cuando el producto es diluido en agua. Estas partículas pueden formar sedimentos en los tanques de preparación de fertilizantes y mochilas de aplicación, pudiendo también causar obturación de goteros en sistemas de riego localizado.

Las partículas menores de 53 µm no representan riesgo de obturación de goteros, por lo que no limitan el uso del producto como fertilizante edáfico; sin embargo, estas partículas son muy grandes para ser absorbidas vía foliar, por lo que corresponden a una fracción de nutrientes que no sería aprovechable en aspersiones foliares. En el fertilizante líquido, estas partículas permanecen en suspensión debido a la alta

viscosidad del producto, la cual es aparentemente causada por el contenido de melaza en el producto final.

#### **4.3. DETERMINACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD CON FERTILIZANTES SOLUBLES**

Los resultados de la determinación de la compatibilidad con fertilizantes solubles se reportan en el cuadro 9.

La combinación del hidrolizado líquido de gallinaza con los fertilizantes solubles ensayados incrementó el peso de los precipitados en el producto, en comparación con los obtenidos en agua destilada. Sin embargo, solo cuatro fertilizantes (urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio y ácido fosfórico) resultaron en una precipitación estadísticamente diferente al agua destilada.

Por otro lado, se muestra que las partículas gruesas no se distribuyen uniformemente en el producto. Puede apreciarse que la precipitación es proporcional a la cantidad de fertilizante disuelto y no a la naturaleza del mismo. Así, se obtuvo mayor precipitación con fertilizantes nitrogenados que son los más solubles.

**Cuadro 9: Efecto de la combinación de soluciones fertilizantes solubles con HLG sobre los precipitados del producto.**

<b>Fertilizante</b>	<b>Peso de precipitado de HLG (g /L)</b>	<b>Comparación respecto al agua</b>
Agua	1.58	1.00
Urea	5.66	3.56*
Nitrato de amonio	12.77	8.06*
Sulfato de amonio	11.33	7.15*
Fosfato monoamónico	4.89	3.08
Ácido fosfórico	7.66	4.83*
Sulfato de potasio	2.94	1.85
Nitrato de potasio	3.83	2.42

Los valores marcados son estadísticamente diferentes de los obtenidos con agua de acuerdo a la prueba de comparación de Tukey.

#### **4.4. BIOENSAYO DE FITOTOXICIDAD**

##### **4.4.1. Cultivo de tomate**

El efecto de la aplicación de concentraciones crecientes del hidrolizado líquido de gallinaza sobre la altura, peso fresco y seco de las hojas, peso fresco y seco de frutos, número de hojas y área foliar de plantas de tomate 62 días después de la siembra (dds) se muestran en el cuadro 10.

Según el análisis estadístico la aplicación foliar del hidrolizado líquido de gallinaza no afectó significativamente la altura, peso seco de las hojas, número de hojas ni el área foliar de las plantas de tomate. Si bien en este último parámetro se apreció un ligero incremento con respecto al control con agua. Las dosis desde 1 hasta 10 % del hidrolizado líquido de gallinaza tuvieron un comportamiento similar indicando que no se presenta un efecto tóxico del producto hasta la dosis de 10 % v/v. La dosis de 20 % redujo el peso fresco significativamente, y muy ligeramente el peso seco, indicando que esta concentración podría causar efectos adversos.

Si bien no se apreciaron efectos en el follaje, si se notaron diferencias en la producción de frutos. La aplicación del hidrolizado líquido de gallinaza incrementó el peso seco de los frutos de tomate con respecto al control con agua. Este efecto fue significativo para la dosis de 10 %. Si bien estos resultados se obtuvieron cuando los frutos estaban inmaduros, pueden indicar un efecto favorable del producto aplicado vía foliar hasta esta concentración.

**Cuadro 10: Efecto de la aplicación de concentraciones crecientes del HLG sobre la altura, peso fresco y seco de hojas, peso fresco y seco de frutos, número de hojas y área foliar en plantas de tomate (62 dds).**

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Hojas		Frutos		Número de hojas	Área foliar (dm <sup>2</sup> )
		Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)		
Testigo	58.1 a	50.68 ab	10.31 a	36.61 b	2.62 b	15.0 a	97.18 a
HLG al 1%	61.6 a	48.91 ab	9.72 a	76.72 ab	6.25 ab	14.0 a	123.27 a
HLG al 5%	67.6 a	50.84 ab	8.61 a	101.52 ab	6.98 ab	14.4 a	114.34 a
HLG al 10%	64.8 a	57.31 a	9.46 a	115.61 a	8.08 a	13.8 a	155.61 a
HLG al 20%	65.1 a	32.67 b	6.83 a	88.41 ab	5.36 ab	13.7 a	121.43 a
C.V. (%)	12.8	23.1	29.5	46.67	48.47	19.6	32.9
Significación	n.s.	*	n.s.	*	*	n.s.	n.s.

Valores dentro de la misma columna con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de comparación de medias HSD de Tukey

#### 4.4.2. Cultivo de maíz

El efecto de la aplicación de concentraciones crecientes del hidrolizado líquido de gallinaza sobre la altura de planta, los pesos fresco y seco de hojas, número de hojas y área foliar de plantas de maíz a los 62 días de la siembra (62 dds) se muestran en el cuadro 11.

Según el análisis estadístico, la aplicación foliar del hidrolizado líquido de gallinaza no afectó significativamente el número de hojas. Mientras que para los parámetros altura de planta, peso fresco y seco de hojas, y área foliar si se apreció diferencias entre los tratamientos.

En general, las variables evaluadas no presentaron un mismo patrón de respuesta frente a las dosis crecientes de aplicación del producto. El peso fresco y seco del follaje y el área foliar resultaron máximos a la dosis de 1 %. Estos resultados parecen descartar el efecto fitotóxico o adverso de la aplicación foliar del hidrolizado líquido de gallinaza en gramíneas, hasta 20 % de concentración.

**Cuadro 11: Efecto de la aplicación de concentraciones crecientes del HLG sobre la altura, peso fresco y seco de hojas y área foliar en plantas de maíz (62 dds).**

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Peso hojas (g)		Número de hojas	Área foliar (dm <sup>2</sup> )
		Fresco	Seco		
Testigo	101.7 b	18.61 b	4.92 b	10.6 a	217.22 b
HLG al 1%	113.0 b	24.54 a	7.01 a	11.2 a	273.14 a
HLG al 5%	130.4 a	20.33 ab	5.04 b	10.6 a	243.01 ab
HLG al 10%	113.3 b	18.31 b	4.91 b	10.6 a	221.84 b
HLG al 20%	111.1 b	20.54 ab	6.15 ab	11.1 a	251.91 ab
C.V. (%)	7.41	14.2	11.7	5.7	9.7
Significación	*	*	*	n.s.	*

Valores dentro de la misma columna con la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de comparación de medias HSD de Tukey

#### 4.5. BIOENSAYO DE RESPUESTA A LA ASPERSIÓN FOLIAR EN CAMPO

##### 4.5.1. Rendimiento total (kg/ha)

El efecto de la aplicación de concentraciones crecientes del hidrolizado líquido de gallinaza sobre el rendimiento total del cultivo de vainita se muestra en el cuadro 12 y figura 2. De acuerdo al análisis estadístico, no se encontraron diferencias significativas entre los resultados registrados.

Los rendimientos promedios fluctuaron entre 2 783 y 4 361 kg/ha (menor y mayor rendimiento obtenido respectivamente), se observa una relación directa entre los rendimientos obtenidos con las dosis crecientes de aplicación, es decir se obtuvo menor rendimiento en el tratamiento testigo sin aplicación y mayor rendimiento con la mayor dosis de aplicación del hidrolizado líquido de gallinaza al 20 %, la cual corresponde a 266 L/ha en cuatro aplicaciones. Esto nos lleva a pensar que en aplicaciones foliares, el efecto del hidrolizado líquido de gallinaza es más notorio cuanto más concentrado se encuentra, por lo que se podría deducir que la absorción foliar en menores concentraciones no son del todo efectivas y las pequeñas cantidades que la planta logra absorber de la solución aplicada solo tienen efecto cuando más puro o concentrado es el producto, probablemente por el mayor contenido nutricional propio del hidrolizado.

**Cuadro 12: Efecto de diferentes concentraciones del HLG sobre el rendimiento total y por cosechas en el cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Bush Blue Lake 47**

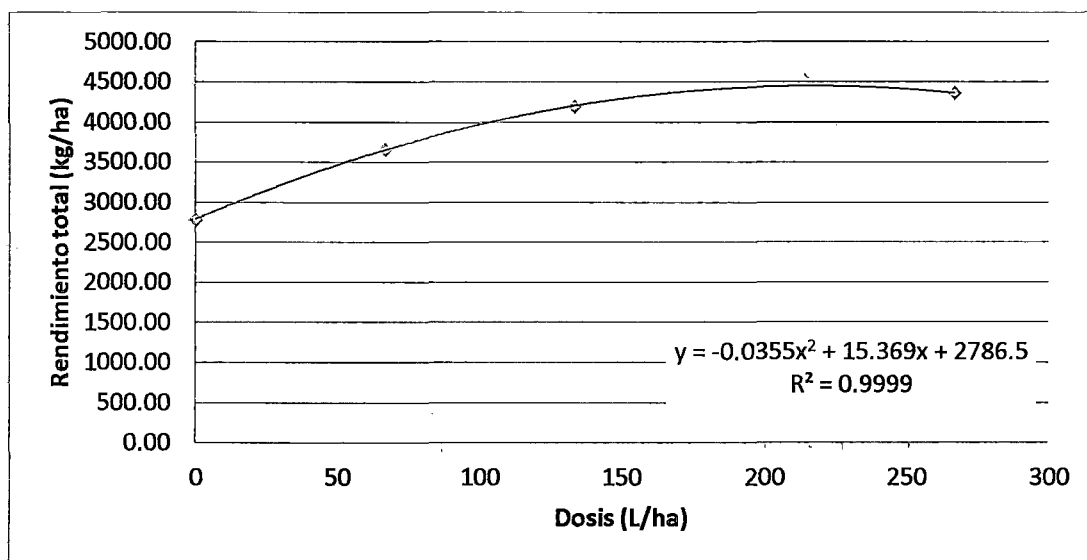
Tratamientos	1era Cos.	2da Cos.	3era Cos.	Total
	(kg/ha)			
Testigo	997.2 a	789.4 a	996.7 a	2783.3 a
HLG al 1%	1343.3 a	1030.6 a	1287.8 a	3661.7 a
HLG al 5%	1405.6 a	1277.2 a	1515.6 a	4198.3 a
HLG al 10%	1383.3 a	1441.7 a	1536.7 a	4361.6 a
C.V. (%)	36.36	29.28	26.63	19.34
Significación	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

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



A pesar que el análisis estadístico arrojó un resultado sin diferencias significativas, concentraciones del hidrolizado líquido de gallinaza al 20 % dieron un aumento de 56.7 % en relación al testigo (sin aplicación). Estas diferencias fueron aproximadamente de 1 578 kg/ha, lo que podría representar una mejor productividad y por tanto un margen importante en el incremento de los ingresos a los agricultores.

Por otro lado, los rendimientos promedios de todos los tratamientos llevados a kg/ha, muestran que alcanzaron rendimientos por debajo del promedio nacional que está en 5 t/ha (Ugás et al., 2000), esto se debe principalmente al manejo realizado en campo, habiéndose aplicado solo guano de isla como abonamiento de fondo, buscando evidenciar únicamente el efecto del producto sobre el rendimiento del cultivo.



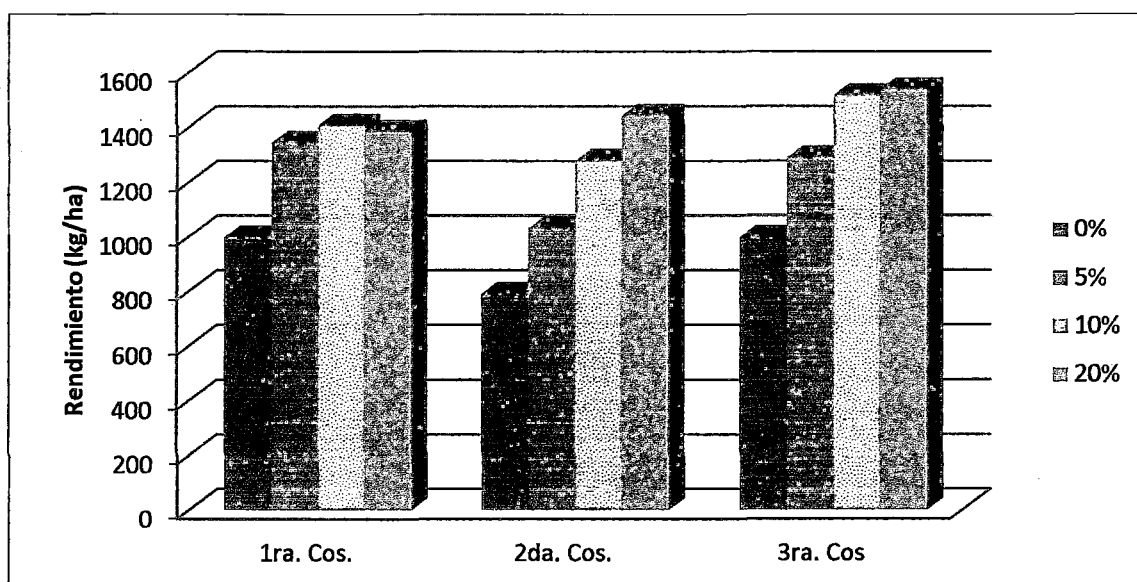
**Figura 2: Efecto de diferentes concentraciones del HLG sobre el rendimiento total en el cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Bush Blue Lake 47**

#### 4.5.2. Rendimiento por cosecha (kg/ha)

El efecto de la aplicación de concentraciones crecientes del hidrolizado líquido de gallinaza sobre el rendimiento por cosechas del cultivo de vainita se muestra en el cuadro 12 y figura 3. De acuerdo al análisis estadístico, no se encontraron diferencias significativas entre los resultados registrados.

La frecuencia de cosecha fue cada siete días, realizando un total de tres cosechas parciales. La distribución de los rendimientos promedios obtenidos durante las cosechas parciales siguen un patrón similar para todos los tratamientos, es decir, se muestra que el máximo rendimiento promedio se obtuvo con la mayor dosis aplicada (aplicación del producto al 20 %), y el mínimo rendimiento con el tratamiento testigo (sin aplicación); a excepción de la primera cosecha, donde se observa mayor rendimiento con la aplicación del hidrolizado líquido de gallinaza al 10 %, lo que se muestra en la figura 3.

En promedio la mayor cosecha se obtuvo en la tercera recolección con el tratamiento de aplicación del hidrolizado líquido de gallinaza al 20 % (35 % del promedio total), y la menor cosecha se logró en la segunda recolección con el tratamiento sin aplicar (28 % del promedio total).



**Figura 3: Efecto de diferentes concentraciones del HLG sobre la distribución del rendimiento promedio obtenido durante las cosechas parciales en el cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Bush Blue Lake 47**

#### **4.5.3. Producción total de materia seca cosechada (kg/ha)**

El efecto de la aplicación de concentraciones crecientes del hidrolizado líquido de gallinaza sobre la producción total de materia seca cosechada se muestra en el cuadro 13. Según el análisis de variancia no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

El mayor valor total de materia seca cosechada 3 924 kg/ha se obtuvo con la mayor dosis de aplicación del hidrolizado líquido de gallinaza, siendo el incremento del orden del 56.49 % en relación al tratamiento testigo 2 507 kg/ha.

**Cuadro 13: Efecto de diferentes concentraciones del HLG sobre la producción total de materia seca cosechada en el cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Bush Blue Lake 47**

Tratamientos	1era Cos.	2da Cos. (kg/ha)	3era Cos.	Total
Testigo	930.9 a	723.7 a	853.1 a	2507.7 a
HLG al 1%	1249.5 a	949.9 a	1080.8 a	3280.2 a
HLG al 5%	1310.6 a	1160.7 a	1297.6 a	3768.9 a
HLG al 10%	1289.6 a	1302.2 a	1332.5 a	3924.3 a
C.V. (%)	36.33	29.23	26.89	19.53
Significación	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

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

#### 4.5.4. Número de vainitas por metro cuadrado

En el cuadro 14 se puede observar que no hubo diferencias significativas para el parámetro número de vainas totales y por cosecha parcial. El mayor número total de vainitas se obtuvo con la aplicación del hidrolizado líquido de gallinaza al 20 %, lo cual representa un incremento del 41 % respecto al testigo. Podría afirmarse entonces que el mayor rendimiento en el tratamiento T4 (aplicación del producto al 20 %) se debe a la producción de un mayor número de vainitas, considerando que las parcelas tuvieron la misma población de plantas.

**Cuadro 14: Efecto de diferentes concentraciones del HLG sobre el número total y por cosechas de vainitas (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Bush Blue Lake 47**

Tratamientos	1era Cos.	2da Cos.	3era Cos.	Total
	(unidades/m <sup>2</sup> )			
Testigo	27.3 a	12.3 a	14.3 a	53.7 a
HLG al 1%	32.0 a	12.0 a	17.3 a	61.7 a
HLG al 5%	34.1 a	17.6 a	23.0 a	74.3 a
HLG al 10%	35.4 a	20.6 a	20.3 a	75.7 a
C.V. (%)	24.95	26.48	23.70	12.85
Significación	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

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

#### 4.5.5. Longitud y diámetro de vainas

Dentro de los componentes de rendimiento el diámetro de vaina como la longitud son características influenciadas por caracteres genéticos más que por condiciones de fertilización. (Sagha y Sahdhu, 1974; citados por Ojeda, 1994).

La longitud de vaina es una característica propia del cultivar (alta heredabilidad) aunque también influenciada por el medio ambiente (Poehlman y Allen, 2003).

En el cuadro 15 se presentan los valores promedios obtenidos en cada una de las cosechas. Según el análisis de variancia sólo hubo diferencias significativas entre los tratamientos para el parámetro diámetro de vaina.

La longitud promedio de vainas fue 15.02 cm, siendo la mínima longitud 14.9 para el tratamiento T1 (sin aplicación) y 14.9 cm para el tratamiento T4 (aplicación al 20 %). No existe una relación directa entre las dosis crecientes de aplicación del hidrolizado líquido de gallinaza y la longitud de las vainas.

El diámetro promedio fue de 2.78 cm. No existe una relación directa entre las dosis crecientes de aplicación del hidrolizado líquido de gallinaza y la longitud de las vainas.

**Cuadro 15: Efecto de diferentes concentraciones del HLG sobre la longitud de vainas (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Bush Blue Lake 47 por cosecha**

Tratamientos	Longitud (cm)	Diámetro
Testigo	14.9 a	2.7 a
HLG al 1%	15.2 a	2.8 a
HLG al 5%	15.0 a	2.8 a
HLG al 10%	14.9 a	2.7 a
C.V. (%)	5.9	6.5
Significación	n.s.	*

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

## V. CONCLUSIONES

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 adecuadas para ser aplicado vía foliar, sin embargo se debe recomendar la aplicación del producto en forma separada al resto de los otros fertilizantes; ya que la mezcla podría ocasionar obturación de boquillas debido al aumento de precipitados en la solución.
2. No se evidenció riesgo de fitotoxicidad en el follaje de los cultivos (quemaduras, daños al follaje, etc.) hasta una concentración de 10 % v/v para cultivos sensibles a las aspersiones foliares y hasta un 20 % v/v para cultivos resistentes.
3. La aplicación del hidrolizado líquido de gallinaza no incrementó significativamente el rendimiento del cultivo de vainita en campo, pero resultó en un incremento numérico hasta una dosis de 213 L/ha que corresponde a una concentración de 16 % v/v en cuatro aplicaciones, lo que podría representar una mejor productividad y por tanto un margen importante en el incremento de los ingresos a los agricultores. Cabe señalar, que la aplicación del producto no afecta la longitud y diámetro del fruto comercial.
4. Los resultados obtenidos permiten calificar al hidrolizado líquido de gallinaza como un producto con potencial como fertilizante foliar y estimulante del crecimiento de los cultivos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda incluir el producto dentro de los planes de fertilización foliar de los cultivos.
- Realizar el análisis de aniones, cationes y las formas nitrógeno inorgánico ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) del hidrolizado líquido de gallinaza, para una mejor interpretación de los resultados.
- Validar los resultados obtenidos con ensayos adicionales en campo con en diferentes cultivos.
- Realizar ensayos de la aplicación del hidrolizado líquido de gallinaza al suelo, para poder ver su potencial como fertilizante edáfico y activador de la fauna del suelo.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Adler-Nissen, J. (1976). Enzymatic hydrolysis of proteins for increased solubility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 24(6): 1090-1094.
- Asociación Peruana de Avicultura (APA). 2013. Acerca de APA, aportes [En línea] <<http://www.apavic.com/html/sections/cuadros>> [Consulta: 24 de octubre del 2013].
- 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.
- Bossio, F. 2007. Obtención de un biofertilizante basado en residuos de pescado y roca fosfatada. Tesis Biólogo. UNALM. Lima-Perú.
- Carhuanchu, 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.
- Crocomo, O.; Neptune, L.; Reyes-Zumeta, A. 1965. Absorción de iones por las plantas. Caracas. Editorial Maracaibo.
- Diario El Comercio. El Perú se encuentra entre los 20 mayores productores avícolas del mundo. [En línea] <http://elcomercio.pe/economia/1592234/noticia-peru-se-encuentra-entre-20-mayores-productores-avicolas-mundo>. [Consulta: 03 de noviembre del 2013].
- Estrada, J. 2004. Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Editorial Universidad de Caldas. Manizales-Colombia.
- Estrada, M. 2005. Manejo y procesamiento de la gallinaza. Revista Lasallista de investigación. Antioquia, Colombia. 43-48 p.
- Física en ciencias ambientales. [En línea] < [http://www.uhu.es/gem/docencia/fisicaccaa/practicas/5/5\\_pagina3.php](http://www.uhu.es/gem/docencia/fisicaccaa/practicas/5/5_pagina3.php) > [Consulta: 20 de junio del 2014].
- Franke, W. 1961. Ectodesmata and Foliar Absorption. *American Journal of Botany* 48(8): 683-691.



- García, Y.; Ortiz, A.; Lon Wo, E. 2007. Efecto de los residuales avícolas en el ambiente. [En línea] <<http://www.fertilizando.com/articulos/Eecto%20Residuales%20Avicolas%20Ambiente,asp>> [Consulta: 20 de agosto del 2013].
- Geydan, T. D., Melgarejo, L. M. 2006. Plasmodesmos: estructura y función. *Acta Biológica Colombiana*, 11 (Suppl. 1), 91-96. [En línea] <[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-548X2006000300008&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2006000300008&lng=en&tlng=es)> [Consulta: 15 de enero del 2015].
- Gros, A. 1976. *Abonos (Guía práctica de fertilización)* versión española de Alonso Domínguez. Editorial Mundi Prensa. Madrid-España.
- Guadix, A.; Guadix E.; Paez M. – Dueñas; Gonzales P. -Tello; Camacho F. 2000. Procesos tecnológicos y métodos de control en la hidrólisis de proteínas. *Ars Pharmaceutica* 41(1): 79-89.
- Guerrero, J. 1993 *Abonos orgánicos. Tecnologías para el manejo ecológico del suelo*. Ed. RAAA.
- Havlin, J.; Beaton, J.; Tisdale, S.; Nelson, W. 1998. *Soil fertility and fertilizers*. 6ta Edición. Academic Press. 345 p.
- 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.
- Holloway, V. 1993. Adjuvants for agrochemicals: Why do we need them? *Universidad de Gante*, 58(2a), 125-140.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI). 2013. Informe técnico. *Producción Nacional 2013*. [En línea] <<http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/01-produccion-nacional-dic-2013.pdf>> [Consulta: 20 de diciembre del 2014].
- Leveau, J. Boux, M. 2000. *Microbiología industrial de los microorganismos de interés industrial*. Ed. Acribia S.A. España. 578p.
- López, J.; Rodríguez Del Rincón, A. 1976. *Hojas Divulgadoras. Variedades de Judía para Verdeo*. Número 14-76 H.D.
- Madigan, M.; Martinko, J.; Parker, J. 2004. *Biología de los microorganismos según Brock*. Décima edición. Pearson Educación, S.A. Madrid. 1096p.

- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. 889p. London
- Millan, 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.; Millan, 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) Realidad y problemática del sector pecuario [En línea] <<http://www.minag.com.pe>> [Consulta: 24 de octubre del 2013].
- Ojeda, N. 1994. Efecto de la fertilización Nitrogenada y Fosfatada en el cultivo de vainita (*Phaseolus vulgaris*). Tesis Ing. Agrónomo UNALM. Lima-Perú.
- Pace, A.; Landa, W. 2010. Propuesta de manejo de residuos sólidos en la granja avícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis Biólogo e Ing. Zootecnista. UNALM. Lima-Perú.
- 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.
- Poehlman, J.; Allen, D. 2003. Mejoramiento genético de las cosechas. Edición número 2. Missouri. Editorial L. 512p.
- Radosevich, S.; Holt, J.; Ghersa, C. 1997. Weed Ecology: Implications for Management. New York. John Wiley & Sons.
- 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/>.
- Restrepo, G. 2009. El concepto y alcance de la gestión tecnológica. Portal de la Universidad de Antioquia, Colombia. [En línea] <[http://ingenieria,udea,edu,co/producciones/guillermo\\_r/concepto,html](http://ingenieria,udea,edu,co/producciones/guillermo_r/concepto,html)>[Consulta: 21 de octubre del 2014].
- Rodríguez, F. 1996. Fertilizantes – Nutrición vegetal. AGT EDITOS S.A. México
- Rojas, M. 1993. Fisiología vegetal aplicada. Interamericana McGraw-Hill. México.

- Rustad, T. (2004). Utilization of marine by-products. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry* 2: 1-6
- Salas, C. 1977. Ensayo de abonamiento foliar en el cultivo de ajo. Tesis Ing. Agr. UNALM. Lima-Perú.
- Serna, C.; Rengifo, G.; Rojas, M. 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].
- Shimabukuro, M. 1996. Efecto de la aplicación de Ácidos Húmicos y Fertilizantes Foliarens en el rendimiento y calidad de Vainita (*Phaseolus vulgaris L.*) Cultivar Bush Blue Lake. Tesis Ing. Agrónomo UNALM. Lima-Perú.
- Sylwester, S. 2012. Advances in citrus nutrition. Foliar Nutrition: Current State of Knowledge and Opportunities. Editorial Srivastava, Anoop Kumar. Nagpur- India
- Tapia, M.; Fries, A. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO. Lima, Peru. 198p.
- Trinidad, A.; Aguilar, D. 2000. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra* 17(3): 247-255.
- Ugás, R.; Siura, S.; Delgado de la Flor, F.; Casas, A.; Toledo, J. 2000. Hortalizas Datos Básicos. Ed. UNALM Lima-Perú
- Vogt, A. 2008. Uso de aminoácidos en la agricultura. Trabajo monográfico Ing. Agr. UNALM. Lima-Perú

## VIII. 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

### ANEXO 2: Densidad del agua en función de la temperatura

T(°C)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	T(°C)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
0	0.9998	36	0.9937
2	0.9999	38	0.993
4	1	40	0.9922
6	0.9999	42	0.9915
8	0.9998	44	0.9907
10	0.9997	46	0.9989
12	0.9995	48	0.989
14	0.9993	50	0.9881
16	0.999	52	0.9872
18	0.9986	54	0.9862
20	0.9982	56	0.9853
22	0.9978	58	0.9843
24	0.9978	60	0.9832
26	0.9968	62	0.9822
28	0.9968	64	0.9811
30	0.9956	66	0.9801
32	0.9951	68	0.9789
34	0.9944	70	0.9778

FUENTE: Física en ciencias ambientales [En línea]

**ANEXO 3: Resultados registrados de la prueba de determinación de partículas en suspensión del HLG**

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

**ANEXO 4: Resultados registrados de la prueba de determinación compatibilidad con fertilizantes solubles**

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

**ANEXO 5: Resultados registrados del bioensayo de fitotoxicidad en el cultivo de maíz**

<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>Peso fresco Hojas(g)</b>	<b>Peso seco hojas (g)</b>	<b>Núm. Hojas</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Área foliar (dm<sup>2</sup>)</b>
Testigo	1	21.69	6.22	11.00	96.17	232.31
Testigo	2	20.57	5.26	10.00	102.67	212.96
Testigo	3	15.16	4.49	10.33	94.93	192.84
Testigo	4	20.05	5.72	11.67	109.47	256.07
Testigo	5	15.28	4.39	10.00	105.33	192.20
HLG-1%	1	25.13	7.51	12.00	114.00	287.45
HLG-1%	2	21.70	6.27	11.67	113.67	271.70
HLG-1%	3	21.98	5.99	10.67	108.23	239.99
HLG-1%	4	28.59	7.88	10.67	111.00	295.09
HLG-1%	5	24.84	6.95	11.00	118.00	271.38
HLG-5%	1	18.22	4.27	11.33	139.87	228.49
HLG-5%	2	23.01	6.03	9.67	150.00	255.39
HLG-5%	3	17.43	4.67	10.00	132.63	221.98
HLG-5%	4	25.22	7.68	11.33	113.00	276.31
HLG-5%	5	17.44	5.31	10.67	116.33	232.94
HLG-10%	1	17.27	5.30	10.67	106.33	214.46
HLG-10%	2	19.23	6.38	11.33	121.00	244.83
HLG-10%	3	16.67	5.32	10.33	113.67	212.69
HLG-10%	4	19.15	5.94	10.00	113.67	208.86
HLG-10%	5	19.36	6.26	10.67	111.67	228.20
HLG-20%	1	16.85	5.37	10.67	109.67	222.60
HLG-20%	2	19.42	6.45	11.33	109.67	249.00
HLG-20%	3	25.33	8.15	11.33	120.67	278.50
HLG-20%	4	19.68	6.42	10.67	105.00	225.34
HLG-20%	5	21.73	6.73	11.67	110.33	284.05

**ANEXO 6: Resultados registrados del bioensayo de fitotoxicidad en el cultivo de tomate**

Tratamiento	Repetición	Altura (cm)	Peso fresco Hojas(g)	Peso seco Hojas(g)	Peso fresco Tallo(g)	Peso seco Tallo(g)	Peso fresco Fruto(g)	Peso seco Fruto(g)	Área foliar (dm <sup>2</sup> )	Núm. Hojas
Testigo	1	60.7	42.21	8.96	24.54	6.93	75.55	4.9	689.2	10
Testigo	2	64	60.27	12.38	44.51	10.07	17.46	1.51	1179.0	16
Testigo	3	65	69.02	15.39	29.33	7.47	15.98	0.74	1539.0	13
Testigo	4	55.8	56.57	10.45	27.14	6.15	24.95	1.87	870.8	19
Testigo	5	45	25.84	4.63	21.22	4.69	49.35	4.08	578.8	17
HLG-1%	1	64	34.09	5.81	19.13	4.54	58.33	4.99	726.3	11
HLG-1%	2	62.3	61.02	10.93	30.19	7.1	99	7.75	1457.3	13
HLG-1%	3	58.7	55.69	9.21	32.24	7.19	120.55	9.9	1228.0	19
HLG-1%	4	71.7	44.99	8.14	26.81	6.32	34.26	2.75	1017.5	12
HLG-1%	5	61.4	88.28	14.72	33.85	7.82	71.48	5.85	1731.8	15
HLG-5%	1	61	75.56	12.93	36.68	6.34	48.1	3.53	1724.0	19
HLG-5%	2	67.4	57.19	8.68	28.97	7.91	134.15	9.86	1021.2	12
HLG-5%	3	65.5	53.13	9.66	28.91	6.62	63.92	2.45	1288.0	13
HLG-5%	4	73	49.62	8.39	31.44	7.5	140	9.51	1118.7	11
HLG-5%	5	71	43.68	8.01	34.13	7.09	121.48	9.57	1144.3	17
HLG-10%	1	60.5	62.39	8.79	25.74	5.59	163.62	11.32	1465.0	14
HLG-10%	2	57.2	11.94	2.69	15.21	2.18	69.67	4.67	489.1	9
HLG-10%	3	77.2	56.71	9.99	35.2	7.91	64.56	4.95	1665.0	13
HLG-10%	4	62	62.1	10.7	32.42	7.11	114.55	8.11	1783.3	16
HLG-10%	5	67.3	48.23	9.18	31.4	6.72	165.89	11.37	1311.4	12



---

<b>HLG-20%</b>	1	63.9	29.51	6.27	37.14	6.13	54.06	2.93	1045.0	28
<b>HLG-20%</b>	2	76.9	42.38	8.51	36.19	6.68	127.34	8	1702.0	20
<b>HLG-20%</b>	3	79	34.52	8.74	35.63	6.57	118.84	7.05	1344.6	18
<b>HLG-20%</b>	4	56	21.34	3.73	20.06	3.61	36.24	2.83	678.2	18

---

**ANEXO 7: Resultados registrados de la evaluación de rendimiento (kg/ha), materia seca (kg/ha) y número de vainitas por cosechas**

Tratamiento	Primera cosecha			Segunda cosecha			Tercera cosecha		
	Rdto.	Nº vainitas	Materia seca	Rdto.	Nº vainitas	Materia seca	Rdto.	Nº vainitas	Materia seca
<b>Testigo</b>	1166.67	29	1089.6	920	14	849.3	546.67	8	468.1
<b>Testigo</b>	1166.67	31	1089.9	728.33	11	660	1075	15	920.1
<b>Testigo</b>	658.33	21	613.2	720	12	662	1368.33	20	1171.2
<b>HLG-5%</b>	1733.33	39	1611.3	1020	12	938.8	910	11	772.1
<b>HLG-5%</b>	800	22	746	715	10	656.9	1281.67	19	1094.7
<b>HLG-5%</b>	1496.67	35	1391.2	1356.67	14	1254.1	1671.67	22	1375.8
<b>HLG-10%</b>	1833.33	39	1711.2	1723.33	24	1562.4	1315	18	1131
<b>HLG-10%</b>	1166.67	29	1090.7	853.33	11	785.9	1678.33	23	1439.7
<b>HLG-10%</b>	1216.67	34	1130	1255	18	1133.8	1553.33	28	1322
<b>HLG-20%</b>	1283.33	33	1200	1296.67	20	1177.4	716.67	11	624.4
<b>HLG-20%</b>	1000	28	931.1	1668.33	24	1510.2	1853.33	24	1581.4
<b>HLG-20%</b>	1866.67	44	1737.7	1360	18	1219.1	2040	26	1791.7

**ANEXO 8: Resultados registrados de la evaluación del parámetros de calidad:  
longitud y diámetro de vainas.**

Tratamiento	Bloque	Rep.	Primera cosecha		Segunda cosecha		Tercera cosecha	
			Long.	Diám.	Long.	Diám.	Long.	Diám.
Testigo	I	1	16	2.8	16.5	3	14.6	3
Testigo	I	2	17	3	16.4	2.4	15.7	2.7
Testigo	I	3	17.7	3.1	13.3	2.3	14.4	2.4
Testigo	I	4	15.7	2.8	14	2.4	14.5	2.6
Testigo	I	5	15	2.5	12.8	2.6	14.4	4.2
Testigo	I	6	17	2.6	11.8	2.5	15.1	3.2
Testigo	I	7	16.7	2.6	11.5	2.7	14.6	2.6
Testigo	I	8	14.5	2.5	14.2	3	15	3
Testigo	I	9	15.5	2.5	13.2	2.5	13.2	3.1
Testigo	I	10	14.2	2.4	13.4	2.5	13.4	2.7
HLG-5%	I	1	14.2	2.6	16.3	3	13.9	2.5
HLG-5%	I	2	16.3	2.8	12.9	3.2	12.5	2.4
HLG-5%	I	3	14.8	2.8	13.3	3	13.7	2.3
HLG-5%	I	4	16	2.9	13	2.4	15.9	2.1
HLG-5%	I	5	16.6	2.7	11.7	2.8	15.6	3
HLG-5%	I	6	14.2	2.6	13	2.8	14.6	2.6
HLG-5%	I	7	17.5	2.9	12	3.4	13.3	2.4
HLG-5%	I	8	16.8	2.5	15.2	2.7	13.7	3.2
HLG-5%	I	9	14.5	2.7	13.2	3	13.5	2.7
HLG-5%	I	10	15.5	2.9	12.4	2.5	15.5	2.1
HLG-10%	I	1	17	2.9	16.2	2.9	14.6	3.5
HLG-10%	I	2	14	2.6	11.9	3.3	14.1	2.4
HLG-10%	I	3	15	2.5	13.9	2.8	13.6	3.3
HLG-10%	I	4	14.6	2.5	14.3	3	12.9	3.1
HLG-10%	I	5	14.3	2.4	13.3	2.1	14.6	3.1
HLG-10%	I	6	13.7	2.5	11.4	2.7	12.5	2.8
HLG-10%	I	7	14.3	2.3	13.3	2.7	14	3.4
HLG-10%	I	8	13.5	2.5	12.5	2.3	12.1	2.7
HLG-10%	I	9	13.8	2.4	12.7	2.7	13	2.6
HLG-10%	I	10	15.5	2.4	11.3	2.1	12	3.2
HLG-20%	I	1	17	2.8	13.1	2.6	13.4	2.6
HLG-20%	I	2	16	2.8	15.2	3.1	13.4	2.5
HLG-20%	I	3	15	2.6	16	2.9	14.7	2.6
HLG-20%	I	4	14.5	2.5	14.2	3.2	14	2.1

<b>HLG-20%</b>	I	5	14.7	2.5	14	3	14.9	2.6
<b>HLG-20%</b>	I	6	14.3	2.5	13.2	2.9	14.7	2.9
<b>HLG-20%</b>	I	7	14	2.6	14.2	2.9	13.7	2.2
<b>HLG-20%</b>	I	8	12.3	2.2	14.7	2.6	12.7	3.1
<b>HLG-20%</b>	I	9	13.5	2.4	13.6	2.5	14.7	2.2
<b>HLG-20%</b>	I	10	12.5	2.5	15.5	2.4	13.6	2.1
<b>Testigo</b>	II	1	15	2.8	15	2.9	13.5	2.4
<b>Testigo</b>	II	2	17	2.7	12.5	2.9	17.9	3.4
<b>Testigo</b>	II	3	16.8	3	14.5	2.4	17	3.2
<b>Testigo</b>	II	4	18	2.6	12.5	2.4	18.2	3.7
<b>Testigo</b>	II	5	16	2.9	12.7	2.9	16.7	3.6
<b>Testigo</b>	II	6	17.3	2.5	14.2	2.5	16.9	3.6
<b>Testigo</b>	II	7	16	2.8	12.7	2.1	18.4	3.9
<b>Testigo</b>	II	8	16.8	2.6	16	2.9	17.3	3.5
<b>Testigo</b>	II	9	16.6	3	11.5	2.1	16.3	3.6
<b>Testigo</b>	II	10	16.7	2.6	14	3.3	15.9	2.9
<b>HLG-5%</b>	II	1	19.2	2.9	12.5	2.9	18.2	3.4
<b>HLG-5%</b>	II	2	17	2.6	15.6	3.1	16.9	3.2
<b>HLG-5%</b>	II	3	16.6	2.9	13.6	2.4	15.9	3.3
<b>HLG-5%</b>	II	4	16	2.7	15.3	2.9	17.5	3.6
<b>HLG-5%</b>	II	5	18.4	2.8	14.6	2.4	18.3	3
<b>HLG-5%</b>	II	6	16.3	2.6	16.3	2.8	18.9	3.2
<b>HLG-5%</b>	II	7	17.3	2.8	14.8	2.5	16.8	2.5
<b>HLG-5%</b>	II	8	19	3	12.3	2.6	16.1	3.4
<b>HLG-5%</b>	II	9	16	3.1	13.6	2.6	18.7	3.9
<b>HLG-5%</b>	II	10	14	2.5	14.2	2.5	17.3	3.1
<b>HLG-10%</b>	II	1	18	2.7	14.7	3	15	2.6
<b>HLG-10%</b>	II	2	15.7	2.9	16.5	3.5	14.8	3.3
<b>HLG-10%</b>	II	3	17	2.9	16.9	3.5	14.7	3.6
<b>HLG-10%</b>	II	4	16.5	3.1	12.6	2.6	15.1	2.8
<b>HLG-10%</b>	II	5	16.5	3	14.6	2.7	14.8	2.9
<b>HLG-10%</b>	II	6	16.5	3.1	13.8	2.9	15.3	4.1
<b>HLG-10%</b>	II	7	16	2.8	14	2.7	16.1	3.9
<b>HLG-10%</b>	II	8	17	3	15.6	2.5	13.9	3.2
<b>HLG-10%</b>	II	9	16	3.1	15.6	3.1	13.1	3.1
<b>HLG-10%</b>	II	10	16.6	3	13.2	3.4	14.9	2.9
<b>HLG-20%</b>	II	1	17.5	2.9	16.7	3	15	3.1
<b>HLG-20%</b>	II	2	15.5	2.8	12.2	2.5	14.9	2.2
<b>HLG-20%</b>	II	3	15.5	2.7	14.8	2.4	13.6	2.3

<b>HLG-20%</b>	II	4	15.5	2.7	12.6	2.7	15.1	2.4
<b>HLG-20%</b>	II	5	15.8	2.6	15	2.6	14.7	2.7
<b>HLG-20%</b>	II	6	16.4	2.9	12.2	2.3	15	3.3
<b>HLG-20%</b>	II	7	16.5	2.8	12.9	2.5	15.2	2.9
<b>HLG-20%</b>	II	8	16	2.7	14	2.7	14.6	3.3
<b>HLG-20%</b>	II	9	17	2.7	13.4	2.4	14.9	3.2
<b>HLG-20%</b>	II	10	15.5	2.6	12.9	2.4	15.2	3.3
<b>Testigo</b>	III	1	16	2.8	14	3.4	12.3	2.9
<b>Testigo</b>	III	2	16.5	2.7	14.8	2.5	14.9	1.9
<b>Testigo</b>	III	3	15	2.6	14	2.8	14.9	2.3
<b>Testigo</b>	III	4	11.5	2.6	11.4	3.2	15.2	2.2
<b>Testigo</b>	III	5	16.3	2.7	13.7	2.6	13.1	2.2
<b>Testigo</b>	III	6	17.4	2.6	13.6	2.5	15.9	2.4
<b>Testigo</b>	III	7	16.3	2.7	13.2	3	15.3	2.3
<b>Testigo</b>	III	8	15.5	2.7	13.5	3	15.4	2.7
<b>Testigo</b>	III	9	15.5	2.7	11.3	2.3	15.4	3
<b>Testigo</b>	III	10	14	2.6	11.3	2.3	14.2	2.3
<b>HLG-5%</b>	III	1	19.2	2.9	15	2.7	16.7	2.3
<b>HLG-5%</b>	III	2	16.5	2.6	14.6	2.8	13.6	2.1
<b>HLG-5%</b>	III	3	14.7	3	14	2.9	13.6	3
<b>HLG-5%</b>	III	4	15.6	3	14.1	3.1	15.2	2.3
<b>HLG-5%</b>	III	5	14.6	2.9	16.2	3	15	2.3
<b>HLG-5%</b>	III	6	15.5	2.6	12.6	3.1	12.4	2.7
<b>HLG-5%</b>	III	7	16.2	2.8	13.4	3.1	13.4	3.1
<b>HLG-5%</b>	III	8	16.2	2.7	14.6	2.9	14.5	2.9
<b>HLG-5%</b>	III	9	16.3	2.8	13.5	2.7	15.5	2.3
<b>HLG-5%</b>	III	10	16	2.9	14.3	2.7	14.1	2.7
<b>HLG-10%</b>	III	1	17.3	2.7	14.8	2.7	14.2	2.8
<b>HLG-10%</b>	III	2	16.3	2.8	16	3	16.7	3.6
<b>HLG-10%</b>	III	3	17	2.8	19	3.4	16.8	3.9
<b>HLG-10%</b>	III	4	17.5	2.7	16.2	3.1	16.6	2.7
<b>HLG-10%</b>	III	5	16.6	2.9	14.7	2.9	17.1	2.7
<b>HLG-10%</b>	III	6	16.6	2.7	13.7	2.5	16.9	3
<b>HLG-10%</b>	III	7	17.3	2.8	15.8	2.9	15.9	2.3
<b>HLG-10%</b>	III	8	17.3	2.7	15.3	3	15.9	3
<b>HLG-10%</b>	III	9	17	2.7	12.8	2.9	15.9	3.9
<b>HLG-10%</b>	III	10	14.5	2.5	15	2.2	14.3	2.9
<b>HLG-20%</b>	III	1	16.8	3	17.4	2.9	13.4	2.2
<b>HLG-20%</b>	III	2	18	3.1	16.4	2.5	14.9	2.5

---

<b>HLG-20%</b>	III	3	17	3	17	2.9	15.1	2.6
<b>HLG-20%</b>	III	4	18.5	3.1	18	3.5	15.2	2.1
<b>HLG-20%</b>	III	5	17.5	2.9	15.3	2.6	14.6	2.7
<b>HLG-20%</b>	III	6	17.2	2.8	15	2.5	14.2	3.1
<b>HLG-20%</b>	III	7	15.5	2.7	15.5	3	15.1	2.6
<b>HLG-20%</b>	III	8	16	2.7	16.3	3	14	2.6
<b>HLG-20%</b>	III	9	15	2.7	17	3.4	15.1	2.5
<b>HLG-20%</b>	III	10	18	3.1	13.4	3	12.9	2.1

---

## **ANEXO 9: Panel fotográfico**

**Foto 1: Hidrolizado liquido de gallinaza (HLG)**



**Foto 2: Comparación del crecimiento del maíz al día de cosecha (62 dds).**



**Foto 3: Comparación del crecimiento de plantas de tomate al día de cosecha (62 dds).**



**Foto 4: Campo de vainita**

