

# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**ABONOS FOLIARES (JAPAJ HÚMICO, 4N-20 Y BIOL) EN EL RENDIMIENTO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) EN ABANCAY-APURÍMAC - 2017.**

**Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo,  
presentado por el Bachiller en Ciencias Agrarias:  
Cristopher Jhasmany DIAZ ALVAREZ.**

**ASESOR : Dr. Ely Jesús ACOSTA VALER**

**ABANCAY – APURÍMAC**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A mi querida madre **FANI ALVAREZ ARIAS** quien supo guiarme por el buen camino darme fuerzas para seguir adelante y no retroceder, enseñándome a afrontar las adversidades sin caer ni perder nunca la dignidad, ni desfallecer en el intento.

**Cristopher D.**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Escuela Profesional de Agronomía, a sus docentes quienes con sus sabias enseñanzas formaron parte de mi realización Profesional:

Dr. Francisco MEDINA RAYA.

Dr. Ely Jesús ACOSTA VALER.

Mg. Braulio PÉREZ CAMPANA.

M.Sc. Juan ALARCÓN CAMACHO.

Ing. Jaher Alejandro MENACHO MORALES.

Ing. Rosa E. MARRUFO MONTOYA.

Mag. Lucio MARTÍNEZ CARRASCO.

Agradezco de manera especial:

A mi hermano ROGER JESUS DIAZ ALVAREZ que a pesar de riñas y peleas estuvo a mi lado apoyándome en todo momento.

A mi querida abulita AVELINA ARIAS RIVAS por sus consejos.

A mis tios CELINDA ALVAREZ ARIAS Y MARIO HUMBERTO TAYPE CANCHO por haberme apoyado durante la ejecución de mi proyecto de investigación.

A mi padre ROGERS WALDO DIAZ DELGADO por su apoyo.

**Cristopher D.**

## RESUMEN

Se emplea abonos foliares (japaj húmico, 4n-20 y biol) en el rendimiento del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en Abancay-Apurímac - 2019.

Para evaluar el efecto en su aplicación como abono líquido.

Variables: altura de la biomasa aérea, altura del colchón de la biomasa radicular y conversión de semillas a biomasa total como efecto de la aplicación de tres tratamientos y un testigo, Agua + Biol, Agua + Japaj Húmico, Agua + 4N-20 y el testigo (agua). La aplicación de este tratamiento permitió que durante los 6, 8, 12, 16 y 18 días la biomasa vegetal reporte alturas de 3.44, 5.70, 10.52, 15.31 y 17.29 centímetros respectivamente; y en cuanto a la altura del colchón de la biomasa radicular, durante la duración de la investigación, con este tratamiento en los 6, 8, 12, 16 y 18 días reportó alturas de 2.20, 3.28, 4.56, 5.69 y 6.19 centímetros respectivamente. Mientras que en la conversión semilla a biomasa, con este tratamiento se consiguió un rendimiento de 2.54 kilogramos.

Los datos se obtuvieron por medición y observación durante el periodo de crecimiento de la cebada en un diseño de bloques completo al azar (DBCA) durante el periodo 2019, en un ambiente alquilado (Latitud Sur: 13°37'05" y Longitud Oeste: 72°52'18"). Los resultados muestran que el tratamiento en base a Agua + 4N-20 consigue los mejores rendimientos en todas las variables medidas.

En conclusión, se puede definir que el uso del tratamiento Agua + 4N-20 genera el mayor incremento en la altura y peso de la biomasa para la producción de forraje verde hidropónico.

**PALABRAS CLAVE:** Abono foliar, Forraje verde hidropónico, Cebada forrajera, Modulo hidropónico

## ABSTRACT

Foliar fertilizers (humic japaj, 4n-20 and biol) are used in the performance of hydroponic green barley fodder (*Hordeum vulgare*) in Abancay-Apurímac - 2019.

To assess the effect on its application as a liquid fertilizer.

Variables: height of aerial biomass, mattress height of root biomass and conversion of seeds to total biomass as an effect of the application of three treatments and a control, Water + Biol, Water + Humic Japaj, Water + 4N-20 and witness (water). The application of this treatment allowed that during the 6, 8, 12, 16 and 18 days the plant biomass report heights of 3.44, 5.70, 10.52, 15.31 and 17.29 centimeters respectively; and as for the height of the root biomass mattress, during the duration of the investigation, with this treatment in the 6, 8, 12, 16 and 18 days he reported heights of 2.20, 3.28, 4.56, 5.69 and 6.19 centimeters respectively. While in the conversion seed to biomass, with this treatment a yield of 2.54 kilograms was achieved.

The data were obtained by measurement and observation during the barley growth period in a randomized complete block design (DBCA) during the 2019 period, in a rented environment (South Latitude: 13 ° 37'05 "and West Longitude: 72 ° 52'18 ").

The results show that the treatment based on Water + 4N-20 achieves the best yields in all the measured variables.

In conclusion, it can be defined that the use of the Water + 4N-20 treatment generates the greatest increase in the height and weight of the biomass for the production of hydroponic green forage.

**KEY WORDS:** Leaf fertilizer, Hydroponic Green Forage, Forage Barley, Hydroponic Module

## INDICE

- CARATULA
- DEDICATORIA
- AGRADECIMIENTOS
- RESUMEN
- INDICE
- LISTA DE CUADROS
- LISTA DE FIGURAS
- INTRODUCCION
- TITULO

### CAPITULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.2. OBJETIVOS .....	5
1.2.1. Objetivo general.....	5
1.2.2. Objetivos específicos .....	5
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	5
1.4. HIPÓTESIS.....	6

### CAPITULO II

#### REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Biol .....	7
2.1.1. Generalidades del biol.....	7
2.1.2. Origen.....	7
2.1.3. Importancia. ....	7
2.1.4. Formación del biol.....	8
2.1.5. Materiales .....	8
2.1.6. Receta.....	8
2.1.7. Flujograma de la preparación del biol .....	10
2.1.8. Preparación del biol .....	11
2.1.9. Aplicación del biol .....	13
2.1.10. Composición química del biol .....	14
2.1.11. Tiempo de fermentación del biol. ....	14
2.1.12. Funciones del biol .....	15
2.1.13. Disponibilidad de bioles para aplicar al cultivo. ....	17
2.1.14. Relación materia-orgánica- agua.....	17
2.1.15. Frecuencia de dosis recomendado de biol. ....	18

2.1.16.	Abonamiento o fertilización foliar .....	18
2.1.17.	Absorción por las hojas .....	20
2.1.18.	Cantidades absorbidas por las hojas .....	21
2.1.19.	Ventajas del uso del biol.....	22
2.2.	Japaj Húmico .....	23
2.2.1.	Beneficios de las sustancias húmicas y fulvicas .....	24
2.3.	Abono Foliar 4N-20 .....	26
2.4.	Cebada (Hordeum vulgare) .....	26
2.5.	Forraje verde hidropónico.....	27
2.5.1.	Ventajas y desventajas del FVH.....	29
2.5.2.	Cosecha y Rendimientos .....	32

### **CAPITULO III**

#### **MATERIALES Y METODOS**

3.1.	Ubicación de la zona de estudio .....	34
3.1.1.	Ubicación geográfica .....	34
3.1.2.	Ubicación hidrográfica .....	34
3.2.	<b>MATERIALES</b> .....	36
3.2.1.	Material Biológico .....	36
3.2.2.	Materiales de campo .....	36
3.2.3.	Materiales de gabinete .....	36
3.3.	<b>MÉTODO</b> .....	37
3.3.1.	Diseño estadístico .....	37
3.3.2.	Características diseño experimental.....	38
3.3.3.	Etapas de la experimentación .....	39
3.3.4.	<b>VARIABLES</b> .....	42
	Independiente.....	42
	Dependiente.....	42
3.3.4.	<b>CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS DE ESTUDIO</b> .....	42

### **CAPITULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

4.1.	<b>ALTURA DE LA BIOMASA AÉREA DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO</b> .	43
4.1.1.	<b>EVALUACIÓN DE LA ALTURA DE BIOMASA AÉREA DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO A LOS 6 DÍAS DESPUÉS DE LA GERMINACIÓN.</b> .....	43
4.1.2.	<b>EVALUACIÓN DE LA ALTURA DE BIOMASA AÉREA DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO A LOS 8 DÍAS DESPUÉS DE LA GERMINACIÓN.</b> .....	45

4.1.3. EVALUACIÓN DE LA ALTURA DE BIOMASA AÉREA DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO A LOS 12 DÍAS DESPUÉS DE LA GERMINACIÓN. ....	47
4.1.4. EVALUACIÓN DE LA ALTURA DE BIOMASA AÉREA DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO A LOS 16 DÍAS DESPUÉS DE LA GERMINACIÓN. ....	49
4.1.5. EVALUACIÓN DE LA ALTURA DE BIOMASA AÉREA DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO A LOS 18 DÍAS DESPUÉS DE LA GERMINACIÓN. ....	51
4.2. ALTURA DEL COLCHÓN DE BIOMASA RADICULAR DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO .....	53
4.2.1. EVALUACIÓN DE LA ALTURA DEL COLCHÓN DE LA BIOMASA RADICULAR DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO A LOS 6 DÍAS DESPUÉS DE LA GERMINACIÓN.....	53
4.2.2. EVALUACIÓN DE LA ALTURA DEL COLCHÓN DE LA BIOMASA RADICULAR DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO A LOS 8 DÍAS DESPUÉS DE LA GERMINACIÓN.....	55
4.2.3. EVALUACIÓN DE LA ALTURA DEL COLCHÓN DE LA BIOMASA RADICULAR DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO A LOS 12 DÍAS DESPUÉS DE LA GERMINACIÓN.....	57
4.2.4. EVALUACIÓN DE LA ALTURA DEL COLCHÓN DE LA BIOMASA RADICULAR DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO A LOS 16 DÍAS DESPUÉS DE LA GERMINACIÓN.....	60
4.2.5. EVALUACIÓN DE LA ALTURA DEL COLCHÓN DE LA BIOMASA RADICULAR DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO A LOS 18 DÍAS DESPUÉS DE LA GERMINACIÓN.....	62
4.3. RENDIMIENTO DE LA BIOMASA DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO DE CEBADA POR TRATAMIENTO.....	64

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. CONCLUSIONES.....	67
5.2. RECOMENDACIONES.....	688
6. BIBLIOGRAFÍA.....	69
7. ANEXOS.....	711



## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química del biol.....	14
Cuadro 2. Distribución de los Tratamientos.....	38
Cuadro 3. Análisis de Varianza para altura de biomasa aérea – 6 días.....	43
Cuadro 4. Prueba de Tukey para altura de biomasa aérea – 6 días.....	44
Cuadro 5. Análisis de Varianza para altura de biomasa aérea – 8 días.....	45
Cuadro 6. Prueba de Tukey para altura de biomasa aérea – 8 días.....	46
Cuadro 7. Análisis de Varianza para altura de biomasa aérea – 12 días.....	48
Cuadro 8. Prueba de Tukey para altura de biomasa aérea – 12 días.....	48
Cuadro 9. Análisis de Varianza para altura de biomasa aérea – 16 días.....	49
Cuadro 10. Prueba de Tukey para altura de biomasa aérea – 16 días.....	50
Cuadro 11. Análisis de Varianza para altura de biomasa aérea – 18 días.....	52
Cuadro 12. Prueba de Tukey para altura de biomasa aérea – 18 días.....	52
Cuadro 13. Análisis de Varianza para altura del colchón de la biomasa radicular – 6 días.....	53
Cuadro 14. Prueba de Tukey para altura del colchón de la biomasa radicular – 6 días.....	54
Cuadro 15. Análisis de Varianza para altura del colchón de la biomasa radicular – 8 días.....	56
Cuadro 16. Prueba de Tukey para altura del colchón de la biomasa radicular – 8 días.....	56
Cuadro 17. Prueba de Tukey para altura del colchón de la biomasa radicular – 8 días.....	58
Cuadro 18. Prueba de Tukey para altura del colchón de la biomasa radicular – 12 días.....	59
Cuadro 19. Análisis de Varianza para altura del colchón de la biomasa radicular – 16 días.....	60
Cuadro 20. Prueba de Tukey para altura del colchón de la biomasa radicular – 16 días.....	61
Cuadro 21. Análisis de Varianza para altura del colchón de la biomasa radicular – 18 días.....	62
Cuadro 22. Prueba de Tukey para altura del colchón de la biomasa radicular – 18 días.....	63
Cuadro 23. Análisis de Varianza para conversión semilla a biomasa.....	65
Cuadro 24. Prueba de Tukey para conversión semilla a biomasa.....	65

## LISTA DE FIGURAS

<b>Ilustración 1. Diagrama de produccion de biol .....</b>	<b>10</b>
<b>Ilustración 2. Preparación del biol .....</b>	<b>11</b>
<b>Ilustración 3. Cosecha de biol.....</b>	<b>13</b>
<b>Ilustración 4. Aplicacion de biol en cebada.....</b>	<b>14</b>
<b>Ilustración 5. Imagen Satelital de la ubicación geográfica de la investigación .....</b>	<b>35</b>

## INTRODUCCIÓN

MIRANDA (2006), indica que. “El término hidroponía deriva de dos palabras griegas: hydor, agua y ponos, palabras que al combinarlas significa «Trabajo en agua» y es una alusión al uso de soluciones de agua y fertilizantes para el cultivo de plantas sin tierra para el sustento de las personas”.

Naik et al. (2015), Menciona que el forraje hidropónico es básicamente el resultado de un proceso de germinación de granos de los cereales o leguminosas (cebada, maíz, soya, sorgo) que se realiza de 9 a 15 días, alcanzando una altura de 20 hasta 25 cm donde los animales consumen en su totalidad los tallos, hojas, raíces y semilla que pueda sobrar. Es recomendable emplear semillas de cereales libres de piedrecillas e impurezas y que procedan de plantas libres de enfermedades y que no hayan sido tratadas con fungicidas o preservantes químicos. Las semillas deben estar enteras, secas y al menos con un 85% de poder germinativo.

Candia, (2014). Menciona que “Se ha implementado nuevas tecnologías para poder producir biomasa vegetal, empleando algunas soluciones nutritivas durante la etapa de la germinación y el crecimiento temprano en cebada. Obteniendo un desarrollo que va de 15 a 18 días, para poder ser empleado o utilizado como forraje.

Curay, Guevara, Ruesta, (2013), Refieren que en la Región Apurímac, Perú. La forma tradicional de producir germinado hidropónico (GH), busca mejorar la producción de semilla por cada kilogramo procesado empleando agua pura para aprovechar el potencial de germinación en cada semilla. Sin

embargo, no se está considerando utilizar soluciones nutritivas para mejorar y lograr potenciar el desarrollo de producción y mejorar la calidad nutritiva del germinado hidropónico (GH.) producido. Trabajos anteriores demostraron la eficiencia en la utilización de soluciones nutritivas hidropónicas para producir germinado hidropónico (GH.) de Cebada (*Hordeum vulgare*) regulando las dosis para hortalizas.

En consecuencia, para las zonas de escasos terrenos agrícolas, la producción de forraje verde hidropónico constituye una alternativa viable, ya que su producción normalmente se basa en la siembra de semillas en bandejas para forraje y que pueden instalarse en varios niveles de forma vertical, empleándose reducidas extensiones o áreas.

En tal sentido solo se utiliza una pequeña parte de un terreno para la producción de forraje verde hidropónico (FVH)

**ABONOS FOLIARES (JAPAJ HÚMICO, 4N-20 Y BIOL) EN  
EL RENDIMIENTO DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO  
DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) EN ABANCAY-  
APURÍMAC - 2017.**

# CAPITULO I

## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad uno de los problemas más preocupantes es el hecho de no tener el suficiente alimento para el abastecimiento de forrajes para la alimentación de animales, principalmente en la crianza domestica de animales menores, debido a la pérdida de espacios de producción por el crecimiento de la población y la planificación desordenada en el crecimiento de las ciudades, a ello se suma la precaria infraestructura de riego y la escasas de agua, la baja productividad de las tierras y las cambiantes condiciones climáticas. Las prácticas de roce en las praderas naturales hacen que se pierda la palatabilidad de los pastos y por tanto no son consumidos por los animales, no se aprovecha la biomasa foliar y radicular, de otro lado la producción de forraje requiere de suelos con abundante materia orgánica y uso de agroquímicos conllevando a un alto costo de producción y deterioro de la microflora y microfauna de los suelos, la propuesta es producir forraje verde hidropónico mediante la utilización de abonos foliares orgánicos y medir el efecto sobre el rendimiento de la biomasa foliar y radicular por lo cual se plantea la siguiente pregunta.

**¿Cuál es el efecto de la aplicación de los abonos foliares (Japaj Húmico, 4N-20 y Biol) en el rendimiento del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en el distrito de Abancay – Apurímac?**

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de la aplicación de los abonos orgánicos (Japaj Húmico, 4N-20 y Biol) en el rendimiento del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en el distrito de Abancay – Apurímac.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Determinar el efecto de la aplicación de los abonos foliares (Japaj Húmico, 4N-20 y Biol) en la altura de la biomasa aérea del forraje verde hidropónico de la cebada (*Hordeum vulgare*) en el distrito de Abancay – Apurímac.
- Determinar el efecto de la aplicación de los abonos foliares (Japaj Húmico, 4N-20 y Biol) en la altura de la biomasa radicular del forraje verde hidropónico de la cebada (*Hordeum vulgare*) en el distrito de Abancay – Apurímac
- Determinar el efecto de la aplicación de los abonos foliares (Japaj Húmico, 4N-20 y Biol) en el rendimiento de la biomasa total del forraje verde hidropónico de la cebada (*Hordeum vulgare*) en el distrito de Abancay – Apurímac.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Existe mucho interés por parte de los productores de forrajes en implementar la hidroponía en sus cultivos, pero la literatura disponible es muy escasa, adoleciendo en muchos casos, de la falta de adecuación a las condiciones de Perú y con recomendación en diferentes técnicas.

El esfuerzo se centrará en transmitir metodologías probadas, cuyos resultados garanticen el éxito de los cultivos, con bajos costos de producción y una mínima dedicación por parte del cultivador, al alcance tanto del agricultor como del profesional.

El proyecto de investigación tiene como finalidad cultivar cebada (*Hordeum vulgare*) como forraje, empleando el sistema de cultivo hidropónico comparando el nivel del rendimiento a nivel de la biomasa foliar y radicular utilizando abonos foliares orgánicos (Japaj Húmico, 4N-20 y Biol) teniendo como testigo un tratamiento en base a agua.

Ante el problema planteado se buscan maneras de producir alimentos para la producción pecuaria, frente a esta necesidad se plantea un sistema en producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) por ser de fácil manejo y no requerir mucho espacio para su producción.

El proyecto planteado es pertinente ya que la producción de forraje verde hidropónico se realiza en espacios pequeños y el empleo de agua para el riego es menor, en este sentido la producción de forraje verde hidropónico es una alternativa altamente viable por los bajos costos de producción, fácil manejo en cuanto a la siembra, riego y altos niveles de producción.

Alejandro Jaume. (2014) manifiesta que para producir 1kg de forraje en campo se requiere de 150 a 200 litros de agua, en cambio para producir 1kg de forraje verde Hidropónico solo se requiere 2 litros de agua aproximadamente.

Finalmente, el presente trabajo de investigación está situado en el distrito de Abancay-Apurímac a una altitud de 2450 msnm, específicamente ubicado en el sector de Condebamba, ejecutado en el periodo enero y febrero del 2019 en un ambiente cerrado.

#### **1.4. HIPÓTESIS**

Se aplico abonos foliares tales como (Japaj Húmico, 4N-20 y Biol), para observar los efectos significativos que genera al rendimiento del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) el cual se realizara en el distrito de Abancay – Apurímac.



## CAPITULO II

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1. Biol

##### 2.1.1 Origen

INIA (2012), Es un abono orgánico líquido el cual contiene fitorreguladores, resultado de la descomposición de los residuos animales y vegetales (guano, restos de vegetales, etc) en ausencia de oxígeno. Contiene nutrientes que son asimilados fácilmente por las plantas haciéndolas más vigorosas y resistentes.

BERRU (2016) El proceso de maduración depende del clima, de acuerdo a las zonas si la temperatura sobrepasa los 30°C el biol está listo en 40 días y en zonas con climas menores su destilación se recomienda a los 60 días

##### 2.1.2 Generalidades del biol

RESTREPO (2001) indica que esto es un biofertilizante que desde el inicio de la década de los años 80 viene revolucionando toda Latinoamérica. La forma de hacer este biofertilizante fue ideado por el agricultor Delvino Magro con el apoyo de Sebastio Pinheiro, de la Juqira Candiru Satyagraha en Rio grande del Sur-Brasil, con sedes en Colombia y México.

##### 2.1.3 Importancia.

El manejo de suelos constituye una actividad que debe realizarse integradas alternativas que permitan sumar “alimentos” para el suelo y la planta es decir ir sumando en nitrógeno y otros macro y micro nutrientes. Los abonos líquidos o Bioles son una estrategia que permite aprovechar el estiércol de los animales, sometidos a un

proceso de fermentación anaeróbica, dan como resultado un fertilizante foliar (Restrepo, 2001).

Investigaciones realizadas, permiten comprobar que aplicados foliarmente a los cultivos (alfalfa, papa y hortalizas) en una concentración entre 20 y 50% se estimula el crecimiento, se mejora la calidad de productos e incluso tienen ciertos efectos repelente contra las plagas. (Restrepo, 2001).

#### **2.1.4 Formación del biol**

FAO (2014), menciona que para conseguir un buen funcionamiento del digestor, debe cuidarse la calidad de la materia prima o biomasa, la temperatura de la digestión (25 - 35°C), la acidez (pH) alrededor de 7,0 y las condiciones anaeróbicas del digestor que se da cuando éste es herméticamente cerrado.

#### **2.1.5 Materiales**

FAO (2014), Listado de materiales a utilizar para la obtención de biol:

- 01 tanque de hierro o plástico de 200 litros de capacidad, si el tanque es de hierro debe recubrirse interiormente con cemento o pintura anticorrosiva.
- 01 pedazo de plástico grueso para cubrir la boca del tanque.
- 01 cuerda de nailon o 01 pedazo de alambre de 4m.de largo para atar el plástico contra la boca del tanque.
- Estiércol, agua.
- Alfalfa, fabáceas y leguminosa forrajera picadas en proporción del 5% del peso total de la biomasa a digerirse.

### **2.1.6 Receta para elaboración de biol**

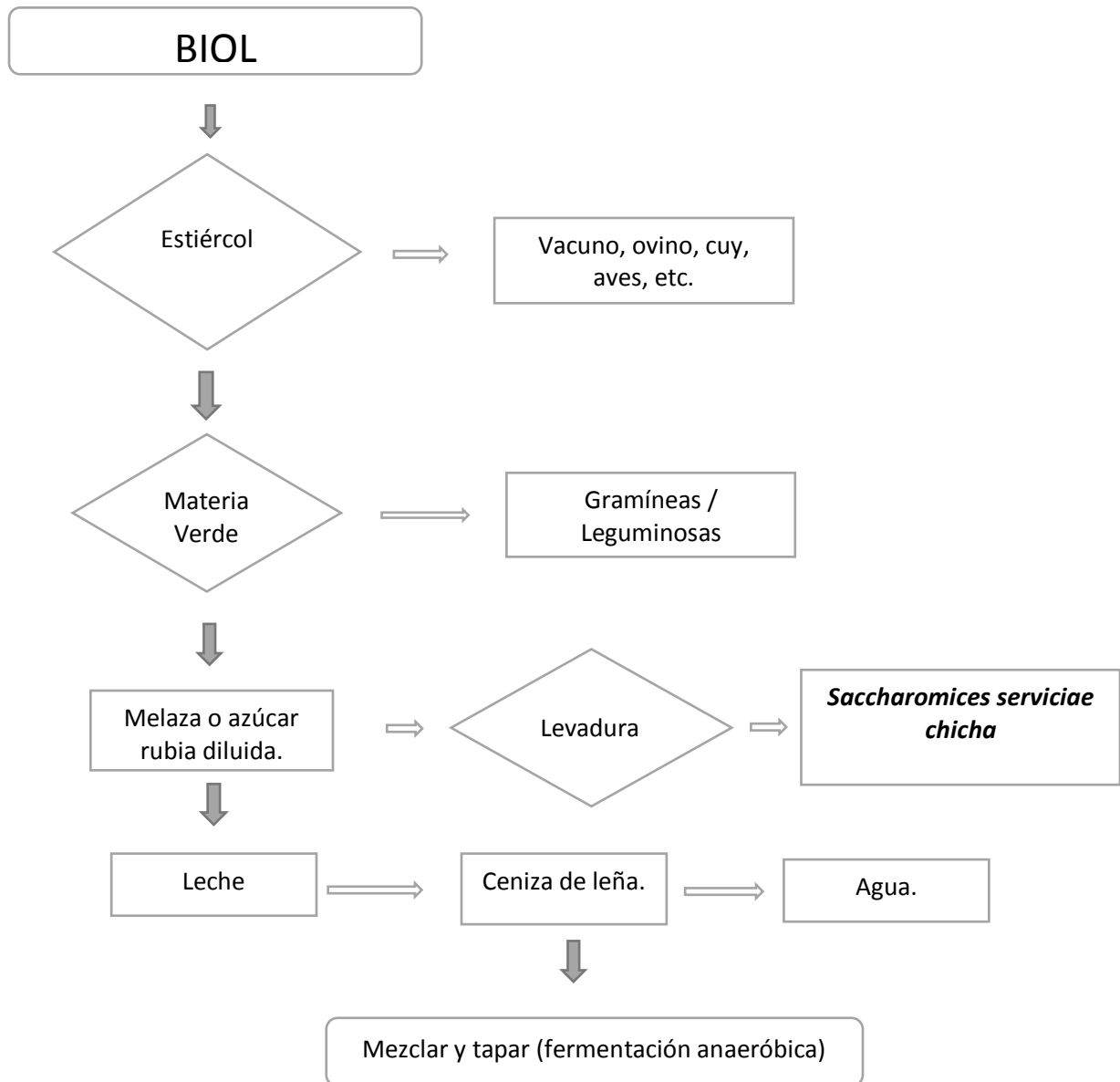
FAO (2014),“utiliza los siguientes nutrientes para una caneca de 200 litros.”

- 3.0 Kg. de ceniza
- 5.0 Lt. de suero de leche.
- 5.0 Lt. de melaza o miel o panela.
- 2.0 Kg. de humos de lombriz.
- 4.0 Kg. de tierra de bosque o tierra negra.
- 0.5 Kg. harina de huesos o cáscara de huevo.
- 5.0 Kg. de estiércol de gallina o cualquier animal menor
- 40.0 Kg. estiércol fresco de vacuno.
- 10.0 Kg. plantas picadas como ortiga, cola de caballo, alfalfa, altamisa, lupinos (chocho), bledo, ataco (Amaranthus) y otras especies nativas que crezcan en la chacra.

## 2.1.7 Flujo de la preparación del biol

Ilustración: 1.

Diagrama de producción de biol.



Fuente: Universidad Nacional Agraria la Molina (2015)

El biol se puede preparar en envases de distintos tamaños, estará en función de las necesidades de cada familia y de la disponibilidad de insumos. No existen recetas exactas para la preparación del biol, el insumo básico es el estiércol y las cantidades a usar van entre el 25% al 50% del volumen a preparar, para un envase de 60 litros podemos usar de 12 a 25 kilos de estiércol aproximadamente, el resto de los insumos se agregan en pequeñas cantidades (FONCODES, 2014)

### 2.1.8 Preparación del biol

- El bidón se llena con agua hasta la mitad para luego colocar todos los insumos sin ningún orden específico. Se mezcla bien usando un palo y finalmente se completa con agua hasta llegar a 55 litros, debe quedar un pequeño espacio para los gases.

Ilustración 2. Preparación del biol



Fuente: FONCODES (2014).

- Realizar un hueco en la tapa del bidón, se coloca una manguera plástica de ¼ de pulgada de diámetro por donde saldrán los gases producidos durante la fermentación.
- Se debe pegar la manguera con silicona.
- El extremo de la manguera se coloca en el fondo de una botella de plástico descartable con agua, para asegurar que no ingrese aire al bidón.
- Se asegura el sellado total del envase que contiene el biol, porque si ingresa aire malogrará la fermentación, es decir no se obtendrá biol de buena calidad.
- Dejar que fermente sin abrir el bidón, entre 45 a 60 días en zonas frías, y 30 días en zonas cálidas.
- Dado que todos los ingredientes están en descomposición en un bidón cerrado, es preferible mantenerlo lejos del fuego, ya que de este preparado salen gases inflamables que podrían arder.
- El biol estará listo cuando ya no salen burbujas en la botella con agua. Un buen biol tendrá un olor agradable debe ser como a jugo de caña y de un color amarillo.
- El olor a podrido y la presencia de un color verde azulado indican que la fermentación está contaminada y debe desecharse.
- El biol se cosecha con una malla o colador, separando el líquido de la parte sólida o pastosa.

- La sustancia pastosa producto del cernido, se puede aplicar directamente al pie de las plantas.

**Ilustración 3. Cosecha de biol**



**Fuente: FONCODES (2014).**

- El biol se almacena en lugares frescos, en bidones o en botellas de color oscuro, para evitar que entre la luz solar, porque puede alterar su calidad. En buenas condiciones de almacenamiento el biol puede durar hasta 6 meses.

### **2.1.9 Aplicación del biol**

El biol se aplica preferentemente a las hojas y tallos mezclados con agua, el aplicarlo puro biol es muy fuerte y puede quemar las plantas. También puede aplicarse directamente al cuello de la raíz y al suelo. La proporción de biol en relación al agua va del 5% al 25%. Para una mochila de 15 litros se puede usar desde 1 hasta 3 litros de biol aproximadamente; dependerá del tipo de cultivo, su estado de crecimiento y de la época de aplicación.

#### Ilustración 4. Aplicación de biol en cebada



FUENTE: FONCODES (2014).

#### 2.1.10 Composición química del biol

En la siguiente tabla se muestra la composición química del biol.

Cuadro 1. Composición química del biol.

Descripción	Composición
• Nitrógeno (N)	4%
• Fósforo (P)	68 ppm
• Potasio (K)	480 ppm
• pH	6.10
• C.E	2mmhos/cm.

Fuente: INIA (2005)

#### 2.1.11 Tiempo de fermentación del biol.

El tiempo que demora la fermentación de los bioles es variado y depende de cierta manera de la habilidad, de las ganas de inversión de cada producto de la cantidad que necesita y del biofertilizante que se desea preparar para cada cultivo (si es enriquecido con sales minerales). El biofertilizante más sencillo de preparar de fermentar demora para estar listo de 20 a 30 días. Sin



embargo, para preparar bioles enriquecidos con sales minerales se puede demorar de 35 días a 45 días, si se dispone de una mayor inversión y se adquiere varios recipientes o tanques plásticos, la fermentación de sales minerales la podemos realizar por separado en menos tiempo, o sea, en cada tanque recipiente individual se coloca a fermentar los ingredientes básicos y una sal mineral, acortado de esta manera el periodo de fermentación enriquecida con minerales. Después, es sólo calcular las dosis necesarias de cada uno de los nutrientes para el cultivo y mezclarlo en la bomba, en el momento de su aplicación CAJAMARCA V. (2013)

#### **2.1.12 Funciones del biol**

Funcionan principalmente al interior de las plantas, activado el fortalecimiento del equilibrio nutricional como un mecanismo de defensa de las mismas, a través de los ácidos orgánicos, las hormonas de crecimiento, antibióticos, vitaminas, minerales, enzimas y co-enzimas, carbohidratos, aminoácidos y azúcares complejos, entre otros, presentes en la complejidad de las relaciones biológicas, químicas, físicas e energéticas que se establecen entre las plantas y la vida del suelo. CAJAMARCA V. (2013)

FAO (2014). señala que los bioles enriquecidas, después de su periodo de fermentación (30 a 90 días), estarán listos y equilibrados en una solución tampón y coloidal, donde sus efectos pueden ser superiores de 10 a 100.000 veces las cantidad de los

nutrientes técnicamente recomendado por la agroindustria, para ser aplicados foliarmente en el suelo y cultivos.

FAO (2014), menciona las funciones de cada ingrediente en la preparación de biol.

- a) El estiércol: tiene principalmente la función de aportar los ingredientes vivos (microorganismos), para que ocurra la fermentación del biofertilizante. Aporta principalmente inóculos de hongos, levadura, protozoos, y bacterias, los cuales son los responsables de metabolizar, dirigir y colocar en forma disponible para las plantas y el suelo todos los elementos nutritivos que se encuentren en el tacho de fermentación
- b) La leche: tiene la función de reavivar el biopreparado de la misma forma que lo hace la melaza. Aporta vitaminas, proteínas, grasa y aminoácidos para la formación de otros compuestos orgánicos que se generan durante el periodo de la fermentación del biofertilizante, y al mismo tiempo les permite el tiempo propicio para la reproducción de la microbiología de fermentación.
- c) La melaza: su función es la de aportar la energía necesaria para activar el metabolismo microbiológico para que el proceso de fermentación se potencialice. Además de aportar otros componentes en menor escala como son algunos minerales. (calcio, potasio, fósforo, boro, hierro, azufre, magnesio, zinc, y magnesio).

MEDINA (2007), indica que Las sales minerales activan y enriquecen la fermentación y tiene como función principal, nutrir y fertilizar el suelo y las plantas, las cuales al ser fermentadas cobran vida a través de la digestión y el metabolismo de los microorganismos presentes en el tanque de la fermentación, que fueron incorporados a través de los diferentes estiércoles. También menciona que el agua tiene la función de facilitar el medio líquido donde se multiplica todas las reacciones bioenergéticas y químicas de fermentación anaeróbicas del biofertilizante. Es importante resaltar que muchos organismos presentes en la fermentación tales como la levadura y bacterias, viven más uniformemente en la masa líquida donde al mismo tiempo, los productos sintetizados enzimas vitaminas, pépticos, promotores de crecimiento, etc.

#### **2.1.13 Disponibilidad de bioles para aplicar al cultivo.**

CAJAMARCA V. (2013), sostiene que los bioles estarán listos para ser utilizados después de prepararlos, cuando pare o finalice el periodo más activo de la fermentación anaeróbica del estiércol, lo cual es verificado cuando se haya paralizado por completo la salida de los gases por la manguera que está conectado la tapa del biofermetador y a la botella descartable.

#### **2.1.14 Relación materia-orgánica- agua.**

RESTREPO (2001), Menciona que, “la cantidad de materia orgánica varía de acuerdo a su origen con respecto al agua, pero se puede trabajar en concentraciones de 50%-50% o de 25%-75% respectivamente, dependiendo de la disponibilidad de la materia

prima, aunque las más recomendables es utilizar 1/3 de materia orgánica y 2/3 de agua, dejando siempre un espacio de 10 a 20 cm., en el borde superior del recipiente”.

#### **2.1.15 Frecuencia de dosis recomendado de biol.**

RESTREPO (2001), indica que la frecuencia con que se aplica los biofertilizante es muy variado y se deben considerar algunos aspectos, entre estos; tipo de cultivo, estado de desarrollo de cultivo, tipo de suelo y cobertura del mismo, etc., para las hortalizas trasplantados al campo se recomienda de tres a seis aplicaciones del biofertilizante, en concentraciones que puede variar entre el 3% y 7% cuándo es al follaje, y hasta el 25% cuando es aplicado al suelo, cabe mencionar que el mismo debe estar húmedo. Lo ideal es conocer las principales exigencias en nutrimentos que cada cultivo necesita en cada momento de crecimiento y diferenciación vegetativo, para esto se requiere tener un análisis completo de suelos y foliares.

#### **2.1.16 Abonamiento o fertilización foliar**

ALVAREZ F. (2015), indica que el “descubrimiento de la absorción mineral por las hojas no significa que las raíces vayan a perder su papel nutritivo en los vegetales, sino que se cuenta con una segunda vía para la alimentación de las plantas”. Tiene especial aplicación en las siguientes circunstancias:

- En suelos deteriorados: Arcillas poco saturadas anteriormente de humus y calcio casi todo el abono que se incorpore al terreno queda retrogradado en los espacios interlaminares. debe emplearse con preferencia la

fertilización foliar, regla extensiva a los suelos ricos en sesquióxidos.

- En cultivos de frutales: Donde se presentan grandes obstáculos para la absorción por las raíces de fósforo, potasio y micro elementos, el rociado de las hojas con soluciones líquidas asegura una nutrición armónica y completa. Además, casi todos los frutales sufren carencias de fósforo, potasio y otros minerales, que se puede curar con la fertilización foliar.
- En las épocas críticas de crecimiento, floración y fructificación: El rociado de las hojas permiten alimentar las plantas en los momentos requeridos con dosis extras de abonos.
- Los micro elementos: Tienen las mismas dificultades para ser absorbidos por las raíces que el fósforo y el potasio de donde proviene las enfermedades por carencia que prestan todas las plantas cuyo medio seguro de curación se obtiene rociando las hojas con soluciones nutritivas adecuadas.
- Durante la parada invernal: En el que las plantas detienen su nutrición por las raíces pueden absorber alimentos por la parte aérea, aun cuando se trate de arbolado de hoja caduca, porque dicha nutrición se verifica también a través de la corteza de las ramas y troncos.

- En momentos de sequía: Cuando el suelo seco hace imposible la absorción por las raíces la fertilización foliar constituye el gran recurso para alimentar las plantas.

#### **2.1.17 Absorción por las hojas**

ALVAREZ F. (2015), menciona que antiguamente ya se conocía el efecto nutritivo sobre las plantas de las sustancias disueltas en el agua de la lluvia, por penetrar a través de las hojas por absorción foliar, fenómeno que ha sido comprobado, las hojas están capacitadas para absorber minerales por el haz y el envés.

Ante la certeza de la nutrición vegetal roseando la parte aérea de los cultivos con soluciones nutritivas alimenticias, “las experiencias prueban que la absorción comienza a los cuatro segundos de mojar las hojas con la solución nutritiva la cual es absorbida con mayor velocidad y en mayor proporción”.

También define que “la penetración de los abonos a través de las hojas tiene lugar de día y por la noche por las dos caras de las mismas, pero se realiza con más intensidad por el haz de los folíolos, sin que en ello tenga intervención alguna la apertura y cierre de las estomas así mismo se verifica por los tallos, flores, frutos y corteza de las ramas y troncos”.

Este fenómeno de la absorción foliar no sigue las leyendas físicas del osmosis sino las biológicas de la nutrición vegetal. En cuya virtud siempre que en una solución acuosa de sales minerales se encuentra en contacto con la epidermis de las raíces, tallos, flores y frutos. Se establece una penetración de líquido y de aquellos principios necesarios para la nutrición de la planta la cual efectúa

una selección biológica dejando pasar las sustancias que reclama el vegetal, pero cierra la entrada de las innecesarias (toxinas y perjudiciales).

La absorción es proporcional a la superficie de las hojas, una vez realizado el riego foliar, la penetración comienza a los cuatro segundos de aplicarse. Todos los elementos nutritivos de la fertilización foliar se dirigen a los tejidos meristemáticos, o punto de crecimiento de las raíces, tallos, hojas, flores y frutos.

La luz activa la penetración foliar, que es más intensa de día que de noche así mismo varía con la temperatura, cuyos óptimos se encuentran entre los 16 y 20 °C, pero tiene lugar también a 0°C, durante el invierno. En cambio, más allá de los 30 °C la penetración es casi nula.

El pH del abono foliar influye en la absorción por las hojas. Así el fósforo penetra más fácilmente cuando la solución es ácida; mientras el potasio requiere reacción alcalina.

#### **2.1.18 Cantidades absorbidas por las hojas**

APARCA S. (2008), menciona lo siguiente:

- En suelos de buena calidad agrícola, de escaso sesquióxidos y de arcillas saturadas interiormente la mayor parte de la nutrición vegetal se produce a través de las raíces, siendo en estos ejemplos poco importantes las cantidades absorbidas por las hojas.

- En suelos poco fértiles, las plantas absorben mayores cantidades nutritivas por vía foliar que en terrenos fértiles donde la mayor nutrición se realiza por las raíces.
- La cantidad absorbida es directamente proporcional a la superficie de las hojas.
- La velocidad de absorción, es mayor en las hojas y tejidos jóvenes pero varía con la especie vegetal y con la clase de elemento que absorbe.

#### **2.1.19 Ventajas del uso del biol**

PROFEC (2010), refiere que las ventajas que se observa son las siguientes.

- El uso del biol permite un mejor intercambio catiónico en el suelo, con ello se amplía la disponibilidad de nutrientes en el suelo y también ayuda a mantener la humedad del suelo y a la creación de un microclima adecuado para las plantas.
- El biol se puede emplear como fertilizante líquido. (es decir para aplicación por aspersión o rociado).
- Siendo el BIOL una fuente orgánica de fito reguladores, en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, sirviendo para el enraizamiento (incrementa y fortalece la base radicular), acción sobre el follaje (amplía la base foliar), mejora la floración, activa el vigor y poder



germinativo de las semillas, traduciéndose todo esto en un aumento significativo de las cosechas.

- Pruebas realizadas con diferentes cultivos muestran que usar BIOL, sería suficiente para lograr la misma o mayor productividad de un cultivo que emplea fertilizantes químicos.

MEDINA (2007), en su estudio respecto al bioabono o biol menciona que:

“El biol activa los microorganismos del suelo, estimula y fortalece el crecimiento de tallos, hojas, floración y a la fructificación, también actúa como repelente y adherente y aumenta la resistencia a heladas, plagas y enfermedades.

## **2.2 Japaj Húmico**

Producto comercial formulado a base de:

### **a) Ácidos húmicos.**

Los Ácidos Húmicos son moléculas complejas orgánicas formadas por la descomposición de materia orgánica, a su vez estos influyen directamente en la fertilidad del suelo y también contribuyen significativamente a su estabilidad, incidiendo en la absorción de nutrientes y como consecuencia directa en el crecimiento excepcional de la planta.

### **b) Ácidos fúlvicos.**

FERTILAB (2017), Menciona que “los ácidos fúlvicos son la parte más activa del humus, pero a diferencia del ácido húmico, es que es soluble tanto en medio ácido, neutro y alcalino. Por ejemplo, en suelos con alta concentración de carbonatos de calcio, el ácido

fulvico evita que se precipite el fosforo, permitiendo de cierta manera dar mayores ventajas a la planta para la obtención de nutrientes”.

Los ácidos fulvicos suelen tener una coloración más clara que los ácidos húmicos. Esto se debe principalmente a su contenido relativamente bajo en carbono (menor a 55%). Además son sustancias perfectamente solubles en agua, alcohol, álcalis y ácidos minerales.

NAVEA (2010), Las sustancias húmicas son formas versátiles de materia orgánica natural utilizadas globalmente en la agricultura, alimentos para el ganado, alimentos para mascotas, aplicaciones medioambientales y la salud humana.

FERTILAB (2017), indica que los ácidos fúlvicos tienen moléculas pequeñas (peso molecular de 5 000 a 10 000 Da, con cientos de anillos de carbono), son solubles en agua en todos los niveles de pH y tienen un contenido de oxígeno más alto que los ácidos húmicos. Debido a su tamaño molecular relativamente pequeño, los ácidos fúlvicos pueden ingresar fácilmente en las raíces de las plantas, tallos y hojas, transportando oligoelementos directamente a los sitios metabólicos en las células vegetales.

### **2.2.1 Beneficios de las sustancias húmicas y fulvicas**

Se ha realizado revisión de la bibliografía científica y se ha aprobado tres declaraciones de etiqueta primarias para la aplicación agrícola de sustancias húmicas:

- Biomasa y crecimiento radicular mejorados.

- Aumento de la disponibilidad y captación de nutrientes.
- Mayor rendimiento y calidad del cultivo.

Aplicar ácidos húmicos o fulvicos a las semillas acelera su germinación, mejora el desarrollo de las raíces y activa los puntos de crecimiento de las plántulas.

Las sustancias húmicas influyen en la hormona de crecimiento de las plantas y proporcionan radicales libres a las células vegetales, que tienen efectos positivos sobre la germinación de la semilla, iniciación de las raíces y el crecimiento de las plantas en general.

Los ácidos húmicos y fúlvicos aunque no son fertilizantes en sí mismos, son excelentes portadores y activadores de fertilizantes, se ha demostrado que los fertilizantes foliares que contienen ácidos húmicos o fulvicos son entre un 100 % y un 500 % más eficaces que otros fertilizantes aplicados al suelo. Las aplicaciones pueden programarse para activar el crecimiento vegetativo, la floración, el conjunto de frutas o el llenado y la maduración de los frutos.

Existen varias versiones comerciales disponibles de ácidos húmicos y fulvicos para uso agrícola, estos se venden como productos granulares secos, líquidos o en polvo, usualmente son derivados de humatos, lignitos oxidados o mineral de leonardita, sin embargo, los estudios han demostrado que los diversos productos pueden variar en eficacia dependiendo de la naturaleza de los materiales de origen utilizados y de la manera en que se fabrican y procesan, las futuras investigaciones deben enfocarse en mejorar los métodos

para cuantificar con exactitud y fiabilidad los ácidos húmicos y fulvicos en minerales y productos crudos.

### **2.3 Abono Foliar 4N-20**

Es un fertilizante líquido muy eficiente a base de nitrógeno nítrico, amoniacal, Ureico y Orgánico (20%), de pH ácido contiene extractos húmicos (8%) y materia Orgánica (18%) que es rápidamente asimilado y aprovechado por la planta, se recomienda aplicar básicamente en las etapas de inicio del cultivo para promover el follaje siempre verde de la planta. Puede reemplazar parte del abono a base de nitrógeno.

El nitrógeno (nítrico, amoniacal, ureico y orgánico) son absorbidas por las plantas directamente en sus formas orgánicas sin necesidad de su mineralización microbiana previa, lo que podría ser importante en las relaciones competitivas entre plantas y microorganismos por este nutriente, obteniendo una mayor relevancia en ecosistemas pobres.

### **2.4 Cebada (*Hordeum vulgare*)**

A barca menciona que “el cultivo de la cebada de temporal se siembra principalmente para la elaboración de malta y en consecuencia requiere índices de calidad industrial, que estén determinados por las cualidades genéticas, manejo, suelo, cantidad y distribución de la precipitación, las características genéticas y el manejo agronómico son variables que pueden controlarse, pero algunas propiedades del suelo y lluvia son factores incontrolables que resultan determinantes para obtener un buen rendimiento y una buena calidad de grano para malta”. ABARCA (2005)

La cebada (*Hordeum vulgare*) proviene de la cebada silvestre (*Hordeum spontaneum sp*), cuyo origen se da en el Oriente Medio; ambas formas son diploides. El cultivo de cebada se caracteriza por ser una planta anual

herbácea macollada, con raíz fibrosa, tallo en caña fistulosa, hojas envainadoras lineales, inflorescencia en espiga compuesta y fruto cariósido.

SUAREZ Y MELGAREJO (2010), Mencionan que la cebada es un alimento muy energético, rico en carbohidratos, en especial de almidón. Los carbohidratos son de suma importancia debido a que aportan con más del 40% de calorías en la dieta y facilita de manera óptima la utilización de la proteína; el aporte de la cebada en la dieta es importante como fuente proteica, rica en ácido glutámico, prolina, leucina y aminoácidos, importantes porque forman parte de los tejidos corporales. Presenta un mayor porcentaje de minerales como hierro, fósforo, zinc y potasio que otros cereales.

Los granos de cebada son usados en la industria de la alimentación debido a su contenido de lisina, triptófano y vitaminas del complejo B, cuya concentración se incrementa bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación. De otra parte, su composición química y nutricional antes de germinar como del forraje hidropónico de cebada es 89.00 de materia seca, proteína 11.60%, ceniza 2.40%, extracto etéreo 1.18, fibra 5.10% y ELN 79.10%.

## **2.5 Forraje verde hidropónico**

DIAZ F. (2016), El Forraje Verde Hidropónico (FVH) es el producto obtenido del proceso de germinación de semillas de gramíneas o leguminosas (trigo, avena, cebada, maíz.) que después de 15 días es cosechado y suministrado a los animales (bovinos, ovinos, caprinos, equinos, porcinos, conejos y aves) como alimento, teniendo como principio

el crecimiento de las plántulas a partir de las reservas en las semillas, aunque se puede complementar el riego con soluciones nutritivas, esta técnica puede ser con o sin sustrato. Su masa forrajera es completa en hojas, tallos, semillas y raíces, que se logra gracias al poder germinativo de la semilla, agua y energía solar.

CHABARRY Y SOCORRO (2018), Mencionan que “el forraje verde hidropónico (FVH) puede constituirse en una opción a los métodos convencionales de producción de forraje que contribuya a una actividad agropecuaria sostenible en las zonas áridas y semiáridas”. “El FVH es un complemento alimenticio y nutricional que se le puede suministrar en las dietas de todos los animales de la granja, es una tecnología que tiene diversas ventajas para el productor, ya que disminuye los costos de producción, el tiempo de producción de alimento, la compactación de suelo por sobrepastoreo, la contaminación del agua. Junto a ello aumenta la tasa de producción y porciones indicadas”.

LEYVA (2015), Afirma que “es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional para los animales, que se realiza muy rápidamente en cualquier época del año, condición climática y lugar geográfico, es un método sin suelo que permite producir, a partir de la germinación de semillas de cereales (cebada, trigo, maíz, avena, sorgo). Una masa forrajera de alto valor nutritivo que se puede consumir al 100% y tiene una buena digestibilidad, esta tecnología es ideal para pequeños productores pecuarios, ya que baja los costos de alimentación del animal, sobre todo aquella que utiliza el concentrado como insumo fundamental”.

CHANG Y HOYOS (2000), Mencionan que “el éxito de un sistema de producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH), está basado en cuidar cada uno de los detalles de la técnica y es muy común que se presenten contaminaciones por hongos, sobre todo cuando las temperaturas son muy elevadas y la circulación del aire es deficiente o cuando los riegos son muy exagerados”.

Para la producción del Forraje Verde Hidropónico (FVH) se necesita prestar atención en el control de 4 variables:

- Luminosidad. - Luz 2,800 y hasta 40,000 luxes
- Temperatura. - En un rango de 15 a 20 °C como ideal.
- Humedad (Riego y Humedad relativa). - El rango óptimo de la humedad relativa oscila entre 60 y 80%.
- Aireación. - El carbono es el nutriente más importante para la planta. Si hay poco movimiento de aire dentro del invernadero, se le estará proporcionando poco carbono a nuestro Forraje verde hidropónico.

### **2.5.1 Ventajas y desventajas del FVH.**

#### **a. Ventajas**

ROMERO J. (2017), manifiesta lo siguiente:

- Ahorro de agua: Al utilizar el sistema de producción FVH la pérdida de agua por escurrimiento superficial, infiltración y evapotranspiración es mínima comparada con la producción convencional de forraje, la técnica del FVH emplea menos de dos litros de agua para producir 1kg de forraje, lo que equivale a 8 litros para promover 1kg de

materia seca de FVH, considerando un 25% de materia seca del FVH.

- Calidad del forraje: El FVH, posee una alta calidad y palatabilidad, con alto valor nutritivo debido a la germinación de los granos, es rico en vitaminas A y E,7 contiene carotenoides, además importantes cantidades de hierro, calcio y fósforo, su digestibilidad es alta debido a baja presencia de lignina y celulosa.
- Composición bromatológica de forraje verde hidropónico de cebada: Parámetro U.M. Valor Proteína 35.5%, extracto etéreo 3.4%, Humedad 84.0%, Cenizas 3.6%, Fibra cruda 15.2%, Fibra acida detergente (FAD) 19.0%, Extracto Libre de Nitrógeno 61.3%, Energía MJ/Kg 11.40.
- Inocuidad: El forraje verde hidropónico (FVH) representa un forraje limpio e inocuo sin la presencia de hongos e insectos, que nos asegura la ingesta de un alimento conocido por su valor alimenticio y su calidad sanitaria, a través del uso del FVH los animales no comerán hierbas o pasturas indeseables que dificulten o perjudiquen los procesos de metabolismo y absorción, con el FVH los animales no comen malezas, pastos pisoteados o con desechos de animales, de esta forma los procesos de metabolismo y absorción del alimento es óptima.
- Rendimientos: Se ha estimado que 170 m<sup>2</sup> de instalaciones con módulos y bandejas en 4 pisos para



FVH de avena son equivalentes a 5 hectáreas de una producción convencional de forraje de la misma especie, por cada kilogramo de semilla que se siembre, se debe cosechar de 6 a 8 kilos de forraje hidropónico verde fresco.

- Eficiencia en el uso del espacio: El forraje verde hidropónico puede ser instalado en módulos, de dirección horizontal, lo cual optimiza el uso del espacio, así, en 12 m<sup>2</sup> se puede producir la misma cantidad de FVH que se produce en una hectárea de terreno
- Eficiencia en el tiempo de producción: Dependiendo del clima, la semilla permanece en las bandejas de 12 a 15 días con lo que, a lo largo del año, el mismo espacio puede producir seis veces más de acuerdo al número de pisos y de 30 a 36 veces de acuerdo al tiempo de producción, Tello menciona que en 100 m<sup>2</sup> bien pueden producirse hasta 300 Kg. de FVH diariamente TELLO (2013)
- Adaptable a condiciones adversas: El forraje verde hidropónico es una opción en lugares con poca disponibilidad de agua y tierras no aptas para el cultivo o en climas extremos

#### **b. Desventajas**

Desventajas identificadas en un sistema de producción de forraje verde hidropónico:

- Fox afirma que “la desinformación y sobre valoración de la tecnología, debido al desconocimiento de las exigencias del sistema, la especie forrajera y sus variedades, su comportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimientos de nutrientes y de agua, óptimas condiciones de luz, temperatura, humedad ambiente son una desventaja notable”. (FOX, 2000).
- El forraje verde hidropónico es una actividad continua y exigente en cuidados lo que implica un compromiso concreto de los productores de forraje.
- El costo de instalación elevado, es una desventaja que presenta este sistema ya que para implementar un módulo con estantería es costoso, pero a corto tiempo podría ser recuperado (Fox, 2000).

### **2.5.2 Cosecha y Rendimientos**

En términos generales, entre los días 12 a 14, se realiza la cosecha del FVH. Sin embargo, si estamos necesitados de forraje, podemos efectuar una cosecha anticipada a los 8 o 9 días. Trabajos de validación de tecnología sobre FVH realizados en Rincón de la Bolsa, Uruguay en 1996 y 1997, han obtenido cosechas de FVH con una altura promedio de 30 cm y una productividad de 12 a 18 kilos de FVH producidos por cada kilo de semilla utilizada a los 15 días de instalado el cultivo y en una situación climática favorable para el desarrollo del mismo. Asimismo, un máximo de 22 kilos de FVH por cada kilo de semilla de cebada cervecera fueron obtenidos a los 17

días, utilizando riegos con la solución nutritiva de FAO al 50% (2,5 cc de "A" y 1 cc de "B" a partir del 4° día y hasta el día 15) por productores del mismo grupo. Sin embargo, esta alta productividad de biomasa fue obtenida a costa de una pérdida en la calidad nutricional del FVH. (FAO 2001)

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación de la zona de estudio

##### 3.1.1. Ubicación geográfica

El estudio se realizó en

- Región : Apurímac.
- Provincia: Abancay.
- Distrito : Abancay.
- Altitud : 2440 msnm.

Teniendo como coordenadas geográficas:

- Latitud Sur : 13°37'05".
- Longitud Oeste : 72°52'18".

##### 3.1.2. Ubicación hidrográfica

De acuerdo a la clasificación de la Autoridad Nacional del Agua, la zona

de estudio pertenece hidrográficamente a:

- Cuenca : Río Apurímac.
- Sub Cuenca : Río Pachachaca.
- Microcuenca : Río Mariño.

Ilustración 5. Imagen Satelital de la ubicación geográfica de la investigación



## **3.2. MATERIALES**

### **3.2.1. Material Biológico**

Para la investigación se hizo uso de:

- 8 kg semilla de cebada (*Hordeum vulgare*).
- Abono orgánico Biol.
- Abono foliar japaj Humico.
- Abono foliar 4N-20.

### **3.2.2. Materiales de campo**

1. Modulo hidropónico con estantería de 3x1.70 metros.
2. 3 Baldes de 20 litros.
3. 16 Bandejas de 60 x 40 cm.
4. 3 Mochila fumigadora de 5 litros.
5. Plástico de reverso negro.
6. Balanza.
7. 3 Jarras de medida.
8. Alambre galvanizado.
9. Manguera.
10. Galoneras.
11. Balanza analítica.
12. Bidón con tapa de 100 litros.
13. Costales de Polietileno.

### **3.2.3. Materiales de gabinete**

1. Laptop
2. Papel bond A4, 80 gramos
3. Calculadora

4. Cuaderno de campo
5. Lapicero
6. Regla o Wincha
7. Cámara fotográfica
8. Internet
9. Impresora
10. Cordel.
11. Rótulos de identificación.

### **3.3. MÉTODO**

El enfoque es cuantitativo ya que las variables: peso de la biomasa foliar y radicular del forraje verde hidropónico son tangibles, observables y medibles en el sistema internacional de medida.

La investigación es de tipo aplicada por que se produjo forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), es de nivel experimental porque la variable independiente es manipulada por el investigador y las variables dependientes también son observadas, medidas y cuantificadas para el procesamiento de datos y se logró ver los rendimientos de la producción foliar y radicular del FVH.

#### **3.3.1. Diseño estadístico**

En la presente investigación se realizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con (4) tratamientos y (4) repeticiones, haciendo un total de 16 unidades experimentales. Los tratamientos se asignaron en forma aleatoria a las unidades experimentales dentro de cada bloque. El modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + B_j + E_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

Donde:

$\mu$  = Parámetro, efecto medio.

$t_i$  = Parámetro, efecto del tratamiento  $i$ .

$B_j$  = Parámetro, efecto del bloque  $j$ .

$E_{ij}$  = Valor aleatorio, error experimental.

$Y_{ij}$  = Observación en la unidad experimental.

Los tratamientos fueron codificados de la siguiente manera:

- $T_1$ : Agua + Biol.
- $T_2$ : Agua + Japaj Húmico.
- $T_3$ : Agua + 4N-20.
- $T_0$ : Agua (testigo).

Los tratamientos fueron distribuidos de manera aleatoria tal como muestra en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Distribución de los Tratamientos**

<b>BLOQUES</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>			
<b>II</b>	$T_3$	$T_1$	$T_2$	$T_0$
<b>I</b>	$T_0$	$T_2$	$T_3$	$T_1$
<b>III</b>	$T_2$	$T_0$	$T_1$	$T_3$
<b>IV</b>	$T_1$	$T_3$	$T_0$	$T_2$

Fuente: Elaboración propia.



### 3.3.2. Características del diseño experimental. (Ver anexo N°10)

- **Del módulo hidropónico:**
  - Largo del módulo experimental 3m
  - Ancho de módulo experimental 0.60m
  - Altura total del módulo experimental 1.70m
  - Área total del módulo experimental 6.90m<sup>2</sup>
- **De los bloques**
  - Largo de bloques 3m
  - Ancho de bloques 0.60m
  - Altura entre bloques 0.35
  - Área total por bloques 1.80m<sup>2</sup>
  - Número de bloques 4
- **De la unidad experimental (bandejas)**
  - Largo de bandejas 0.60m
  - Ancho de bandejas 0.40m
  - Distancia entre unidad experimental (bandeja) 0.47m
  - Número de unidad experimental por bloque 4
  - Total de unidades experimentales (bandejas) 16

### 3.3.3. Etapas de la experimentación

#### **Etapas I: Instalación del módulo Hidropónico**

Se realizó la instalación del vivero teniendo en cuenta la posición del sol durante todo el día, de tal forma que se ubicó de este a oeste, de esta manera se aprovechó una mayor cantidad de horas luz, también se tomó en cuenta un suministro de agua por lo que se instaló el módulo hidropónico cerca de una fuente de abastecimiento de agua para optimizar el riego durante la ejecución del proyecto.

Posteriormente se realizó la instalación del módulo hidropónico con estantería de 3 m x 1.70 m x 0.60 m.

Se le incorporo un techo con arpillera blanca la cual facilito el acceso de luz, por lo cual se genera un óptimo crecimiento en el forraje de cebada.

#### **Etapas II: Preparación de los abonos foliares**

Se preparó una solución de abono foliar en la dosis de 5ml de solución nutritiva (biol, japaj húmico, 4N-20) por 1 litro de agua (H<sub>2</sub>O) generando

las variables establecidas en la investigación. La aplicación de las soluciones nutritivas se dio a partir del tercer día, esto cuando ya las plantas emergieron y fueron trasladadas al módulo para su crecimiento.

### **ETAPA III: Selección y acondicionamiento de los granos de cebada en Forraje Verde Hidropónico (FVH).**

Se usaron granos que se producen a nivel local, de buena calidad, adaptadas a las condiciones locales de probada germinación con porcentajes de 93% a 98% de buen rendimiento, libres de piedras, paja, tierra y semillas partidas.

Pesado: se realizó el pesado de semilla con una cantidad de 500 gramos (peso seco) por bandeja, con un total de 8 kilogramos para un total de 16 bandejas experimentales

Lavado y desinfección: El lavado se realizó con solución de hipoclorito de sodio al 1% (“solución de lejía”, preparada diluyendo 10 ml de hipoclorito de sodio por cada litro de agua). El lavado de la semilla se realizó con el objeto de tener la semilla de cebada libre de cualquier contaminante, posteriormente se efectuó un lavado con abundante agua pura para liberarlas de residuos de lejía y dejarlas bien limpias.

El tiempo que se dejó las semillas en la solución de hipoclorito o “lejía”, no fue mayor a 40 segundos de esta manera se evitó quemado de las semillas de cebada y se garantiza su germinación.

### **ETAPA IV: Remojo y germinación de las semillas.**

Para el remojo de las semillas se empleó un balde grande de 18 litros en el cual se sumergió las semillas de cebada en agua limpia por un período de 24 horas para lograr una completa imbibición en las

semillas. Este tiempo se dividió a su vez en 2 períodos de 12 horas cada uno, esto quiere decir que:

A las 12 horas de estar las semillas sumergidas se procedió a sacarlas del balde y orearlas (escurrirlas) durante 1 hora. Acto seguido se volvió a sumergir las semillas nuevamente por 12 horas para finalmente realizar el último oreado.

Mediante este proceso se indujo la velocidad de germinación de la semilla a través del estímulo del proceso de imbibición.

Con este proceso se pudo garantizar la emergencia rápida y vigorosa de las semillas.

#### **ETAPA V: Siembra**

La siembra se realizó en bandejas de dimensiones de 54 cm x 27 cm en las cuales se empleando una dosis de siembra de 0.5 kilogramos de peso seco por bandeja, la siembra se realizó con espesor menor a 1,5 cm de altura en la bandeja.

Luego de la siembra se colocó por encima de las semillas una hoja de papel periódico, el cual también se mojó con un roseador.

Seguidamente se tapó todo con un plástico generando así oscuridad, de esta manera se incentivó o estímulo a que las semillas broten, el lapso de tiempo que transcurrió desde la siembra hasta su germinación fue de 3 a 4 días.

Una vez que se detectó la germinación completa de las semillas se retiró el plástico negro y el papel para ser trasladados al módulo Hidropónico.

#### **ETAPA VI: Labores culturales.**

Estuvo comprendida por las siguientes acciones:

- Riego inicial de bandejas. El riego inicial de las bandejas en crecimiento del FVH se realizó mediante una pulverizadora de mano con una capacidad de 1 litro. Se aplicó 100 ml de agua pura por bandeja en dos etapas (mañana y tarde) hasta llegar al tercer día, cuando todas las semillas germinaron se procedió a trasladar las bandejas al módulo Hidropónico.
- Riego con Solución Nutritiva. Se aplicó en el cuarto día, de acuerdo a los tratamientos asignados, las dosis utilizadas fueron de 200 ml por cada 1 litro de agua pura, por la mañana se hizo una aplicación de 100 ml y por las noches otros 100 ml.

#### **3.3.4. VARIABLES**

##### **Independiente**

Solución de abonos orgánicos foliares.

##### **Dependiente**

Rendimiento de biomasa de forraje verde hidropónico.

#### **3.3.5. CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS DE ESTUDIO**

Con la finalidad de realizar el contraste de la hipótesis de estudio, se realizó el Análisis de Varianza (ANVA) con el propósito de detectar diferencias entre los promedios de la investigación efectuada. También se aplicó la prueba Tukey para detectar superioridad entre los tratamientos evaluados en este estudio.

En ambos casos, se eligió un nivel de significancia del 5% y 1%.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. ALTURA DE LA BIOMASA AÉREA DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

##### 4.1.1. Evaluación de la altura de biomasa aérea del forraje verde hidropónico a los 6 días después de la germinación.

Se evaluó la altura de la biomasa aérea después de haber transcurrido 6 días posteriores a la germinación de los granos de cebada.

En el cuadro 3, para el análisis de varianza realizado se tomó como base los datos obtenidos en campo (Ver anexo N°7), el análisis de varianza indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos, esto debido a que el valor - P es menor a 0.0000, que al compararse con el nivel de significancia elegido para el contraste de hipótesis al 5% es significativo y al 1% es altamente significativo, motivo por el cual existe indicios suficientes para afirmar que la aplicación de los tratamientos en estudio tuvieron una influencia directa en la altura de la biomasa al sexto día después de haber germinado.

Para bloques el valor – P es mayor a 0.01 pero menor a 0.05, por lo tanto, es significativo al 5%.

**Cuadro 3. Análisis de Varianza para altura de biomasa aérea – 6 días.**

<i>Origenes de la variaciones</i>	<i>GI</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F.c.</i>	<i>Valor-P</i>	<i>Significancia</i>	
						5%	1%
TRATAMIENTO	3	2.54537	0.848456	123.15	0.0000	*	**
BLOQUES	3	0.0888687	0.0296229	4.3	0.0385	*	NS
ERROR	9	0.0620062	0.0068896				
TOTAL	15	2.69624					

C.V. 4.745%

Promedio 3.06 cm

NS = No Significativo

\* = Significativo

\*\* = Altamente significativo

C.V. = Coeficiente de variación

**Fuente: Elaboración propia**

Después de haber detectado diferencias significativas entre los tratamientos, se recurrió a la prueba de Tukey con la finalidad de establecer que tratamiento resultó superior frente a los evaluados.

**Cuadro 4. Prueba de Tukey para altura de biomasa aérea – 6 días.**

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media (cm)</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AGUA + 4N-20	4	3.44	A
AGUA + JAPAJ HÚMICO	4	3.30	B
AGUA + BIOL	4	3.11	B
TESTIGO	4	2.40	C

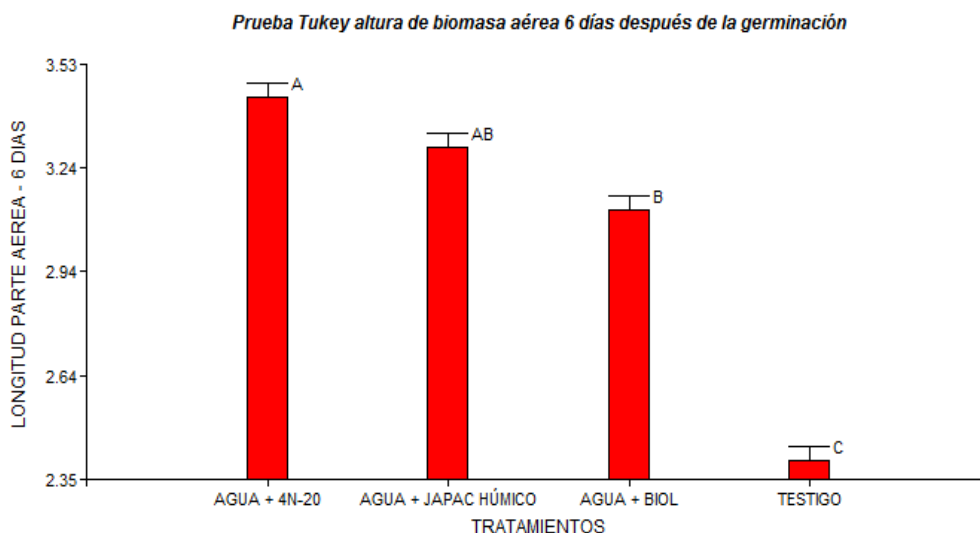
**Fuente: Elaboración propia**

En el cuadro 4, se observa que el tratamiento Agua + 4N – 20 reportó un promedio de 3.44 cm en la biomasa aérea del forraje verde hidropónico el cual se representó con una letra (A), ubicándose como el mejor tratamiento. En segundo lugar, con 3.30 cm logrado en la biomasa aérea del forraje verde hidropónico le corresponde al tratamiento Agua + Japaj Húmico representado con la letra (B), mientras que Agua + Biol alcanzó un promedio de 3.11 cm que también se le asignó la letra (B). De otra parte, también se observa que el testigo reporta 2.40 cm en promedio que se le otorgó la letra (C), ubicándose como el último tratamiento que brinda los resultados más bajos.

De manera gráfica, en la figura 5, se aprecia mejor las diferencias bien marcadas de los tratamientos respecto al testigo.

En esta figura además podemos observar que, desde el punto de vista estadístico, los tratamientos Agua + Japaj humico y Agua + Biol presentan los mismos promedios.

**Figura 5. Prueba Tukey representados en gráficos de barra para altura de biomasa aérea del forraje verde hidropónico – 6 días después de la germinación.**



Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.2. Evaluación de la altura de biomasa aérea del forraje verde hidropónico a los 8 días después de la germinación.

Con el fin de hallar diferencias significativas entre las medias poblaciones de los tratamientos en estudio se recurrió al análisis de varianza para lo cual se tomó como base los datos obtenidos el día 8 en campo (Ver anexo N°7).

**Cuadro 5. Análisis de Varianza para altura de biomasa aérea – 8 días.**

Origenes de la variaciones	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F.c.	Valor-P	Significancia	
						5%	1%
TRATAMIENTO	3	5.74102	1.91367	837.85	0.0000	*	**
BLOQUES	3	0.0383187	0.0127729	5.59	0.0192	*	NS
ERROR	9	0.0205562	0.002284				
TOTAL	15	5.79989					

C.V.

2.154%

Promedio 4.92 cm

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro 5, podemos observar que entre los efectos principales para el tratamiento existen diferencias significativas, se llegó a esta conclusión por que el Valor – P es menor a 0.0000 que en comparación con el nivel de significancia (0.05 y 0.01) resulta menor. Por lo tanto, se puede afirmar que al 95% es significativo y al 99% es altamente significativo por lo tanto los tratamientos bajo estudio tuvieron efectos positivos en la altura de la biomasa aérea del forraje verde hidropónico. En cuanto a bloques el valor – P es mayor a 0.1 por lo cual es significativo al 95%.

Posteriormente se determinó cuál de los tratamientos bajo estudio resultó el que mejor efecto tuvo sobre la biomasa aérea del forraje verde hidropónico.

**Cuadro 6. Prueba de Tukey para altura de biomasa aérea – 8 días.**

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media (cm)</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AGUA + 4N-20	4	5.70	A
AGUA + JAPAJ HÚMICO	4	5.23	B
AGUA + BIOL	4	4.66	C
TESTIGO	4	4.10	D

**Fuente: Elaboración propia.**

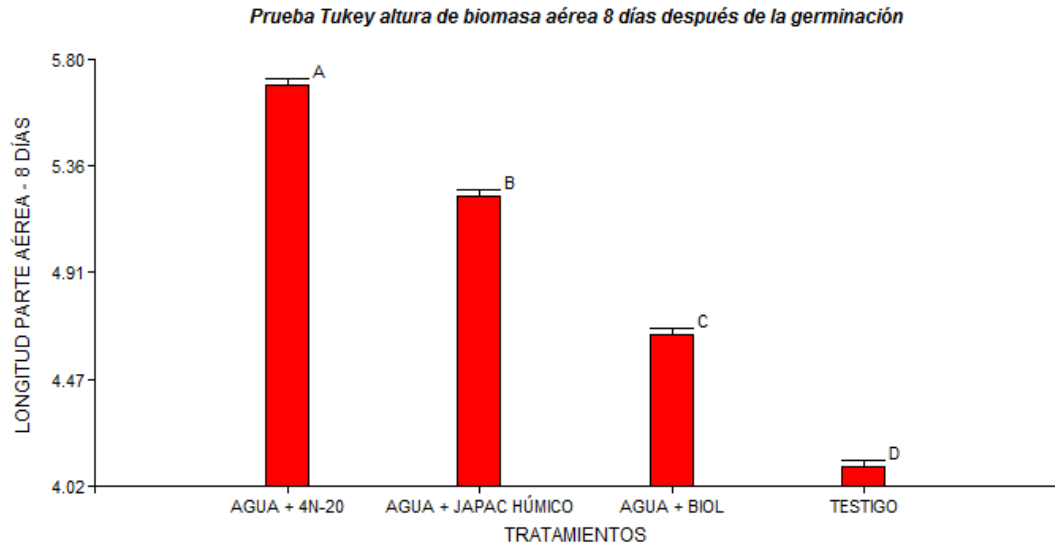
Del resumen del cuadro 6, podemos apreciar que el rango de alturas varía entre 4.10 cm y 5.70 cm siendo el tratamiento Agua + 4N – 20 el que mejor altura reporta el cual se representó con la letra (A), seguido de Agua + Japaj Húmico marcado con la letra (B) y finalmente Agua + Biol identificado con la letra (C). Todos ellos superiores al testigo el cual se representó con la letra (D).

En la figura 6, el resumen del cuadro 6 se visualiza mejor las



diferencias bien marcadas entre los tratamientos bajo estudio.

**Figura 6: Prueba Tukey representados en gráficos de barra para altura de biomasa aérea del forraje verde hidropónico – 8 días después de la germinación**



Fuente: elaboración propia

#### **4.1.3. Evaluación de la altura de biomasa aérea del forraje verde hidropónico a los 12 días después de la germinación.**

Se tomaron como base los datos recopilados en campo al día 12 (anexo N°7) para el análisis de varianza efectuado, del cuadro 7 indica que existen diferencias bien marcadas desde el punto de vista estadístico que muestran indicios sobre los efectos de estos tratamientos en la biomasa aérea del forraje verde hidropónico.

Este cuadro muestra que el Valor – Pes menor a 0.0000, que en contraste con el nivel de significancia del 5% es significativo y al 1% es altamente significativo, motivo por el cual se afirma que existen diferencias entre los tratamientos bajo estudio.

El nivel de significancia para bloques debido al valor – P que es mayor a 0.01 y menor a 0.05, demuestra q es significativo al 5%.

**Cuadro 7. Análisis de Varianza para altura de biomasa aérea – 12 días.**

<i>Origenes de la variaciones</i>	<i>Gl</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F.c.</i>	<i>Valor-P</i>	<i>Significancia</i>	
						5%	1%
TRATAMIENTO	3	9.52442	3.17481	60.2	0.0000	*	**
BLOQUES	3	0.637169	0.21239	4.03	0.0452	*	NS
ERROR	9	0.474606	0.052734				
TOTAL	15	10.6362					

C.V. 7.309%

Promedio 9.87 cm

Fuente: elaboración propia

Seguidamente se realizó la prueba de Tukey con la finalidad de establecer que tratamiento resultó mejor en influenciar sobre la parte aérea de la biomasa del forraje verde hidropónico.

**Cuadro 8. Prueba de Tukey para altura de biomasa aérea – 12 días.**

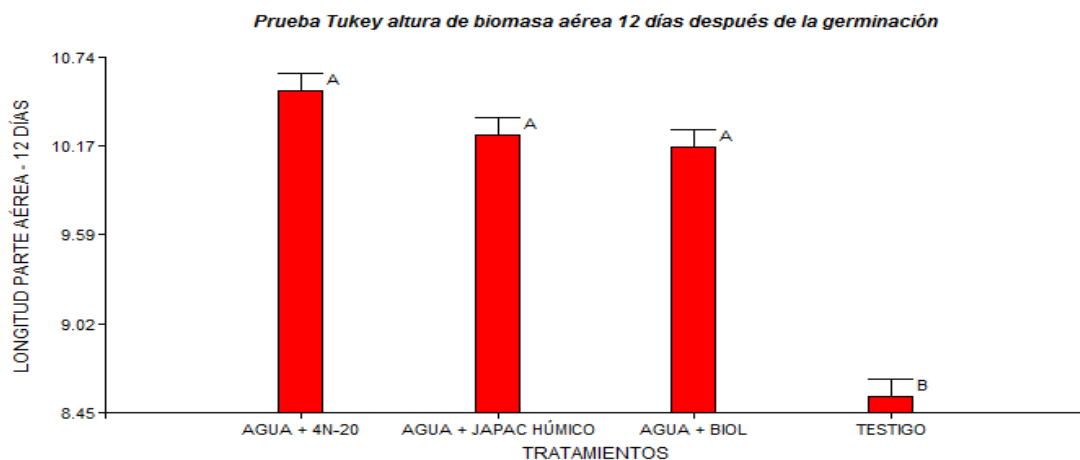
<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media (cm)</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AGUA + 4N-20	4	10.52	A
AGUA + JAPAJ HÚMICO	4	10.23	A
AGUA + BIOL	4	10.15	A
TESTIGO	4	8.55	B

Fuente: elaboración propia

Del cuadro 8, podemos apreciar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos Agua + Biol, Agua + Japaj Húmico y Agua + 4N – 20, se asignó la letra (A). Sin embargo, estos tratamientos resultaron superiores estadísticamente al tratamiento testigo el cual se visualiza con la letra (B).

En la figura 7, de manera visual, podemos afirmar lo reportado por la prueba de Tukey, nótese la superior de los tratamientos frente al testigo.

**Figura 7: Prueba Tukey representados en gráficos de barra para altura de biomasa aérea del forraje verde hidropónico – 12 días después de la germinación**



Fuente: elaboración propia

#### 4.1.4. Evaluación de la altura de biomasa aérea del forraje verde hidropónico a los 16 días después de la germinación.

A fin de establecer si hay diferencias significativas entre los tratamientos bajo estudio, se recurrió al análisis de varianza para lo cual se tomaron los datos obtenidos en campo para el día 16 (Anexo N°7).

Origenes de la variaciones	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F.c.	Valor-P	Significancia	
						5%	1%
TRATAMIENTO	3	14.0699	4.68996	43.16	0.0000	*	**
BLOQUES	3	1.28767	0.429223	3.95	0.0474	*	NS
ERROR	9	0.977906	0.108656				
TOTAL	15	16.3354					

C.V. 8.775%

Promedio 14.11 cm

**Cuadro 9. Análisis de Varianza para altura de biomasa aérea – 16 días.**

Fuente: elaboración propia.

Del cuadro 9, se observa que el Valor - P es menor a 0.000 que en comparación con la prueba de significancia (5% y 1% o 0.05, 0.01) para evaluar la hipótesis de investigación resulta inferior, por tanto, se puede

concluir que al 5% es significativo y al 1% es altamente significativo, por lo cual los tratamientos aplicados en este estudio influenciaron de manera significativa en la altura de la biomasa aérea del forraje verde hidropónico, para bloques tiene significancia solo al 5%.

Seguidamente se aplicó la prueba de Tukey con el fin de establecer cuál de los tratamientos tuvo la mejor respuesta en la altura de la biomasa aérea en el forraje verde hidropónico.

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media (cm)</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AGUA + 4N-20	4	15.31	A
AGUA + JAPAJ HÚMICO	4	14.46	B
AGUA + BIOL	4	13.94	B
TESTIGO	4	12.72	C

**Cuadro 10. Prueba de Tukey para altura de**

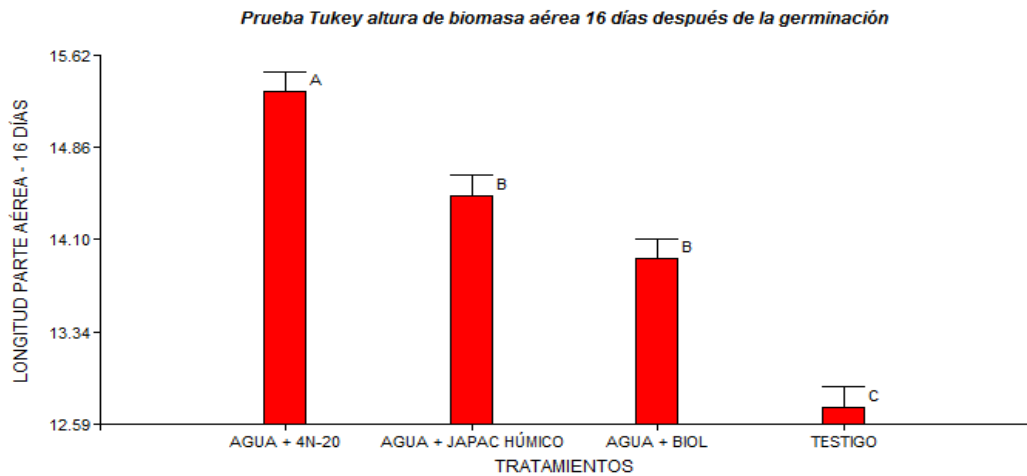
**biomasa aérea – 16 días.**

**Fuente: elaboración propia**

Del cuadro 10, podemos concluir que el mejor tratamiento que influye en la altura de la biomasa aérea del forraje verde hidropónico corresponde al Agua + 4N-20 el cual reporta una altura en promedio de 15.31 cm representado con la letra (A). Los tratamientos Agua + Japaj Húmico y Agua + Biol no muestran diferencias significativas entre sí por lo cual se les represento con la letra (B), pero son superiores al testigo de agua el cual se representó con la letra (C).

De manera visual, con apoyo de la figura 7, se afirma lo reportado tanto en el cuadro 9 y 10.

**Figura 8: Prueba Tukey representados en gráficos de barra para altura de biomasa aérea del forraje verde hidropónico – 16 días después de la germinación**



Fuente: elaboración propia

#### **4.1.5. Evaluación de la altura de biomasa aérea del forraje verde hidropónico a los 18 días después de la germinación.**

Para realizar el análisis de varianza se tomó los datos obtenidos en campo para el día 18 (Ver anexo N°7) logrando así los siguientes resultados

Del cuadro 11, se observa que existen diferencias significativas entre los tratamientos bajo estudio. Se llega a esta conclusión en vista que el Valor – P tiene un valor de 0.0001 que comparado con el nivel de significancia del 5% es significativo y al 1% es altamente significativo. Por lo tanto, se afirma que los promedios observados durante las evaluaciones realizadas resultan diferentes. A un nivel del 95% y 99% de confianza se puede argumentar que los tratamientos bajo estudio influyen de manera favorable en la altura de la biomasa aérea del forraje verde hidropónico.

Entre bloques el valor – p es de 0.0468 por lo que toma un valor de significancia al 95% de confianza.

**Cuadro 11. Análisis de Varianza para altura de biomasa aérea – 18 días.**

<i>Origenes de la variaciones</i>	<i>Gl</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F.c.</i>	<i>Valor-P</i>	<i>Significancia</i>	
						5%	1%
TRATAMIENTO	3	15.398	5.13266	28.23	0.0001	*	**
BLOQUES	3	2.16547	0.721823	3.97	0.0468	*	NS
ERROOR	9	1.63641	0.181823				
TOTAL	15	19.1998					

C.V. 1.0620%

Promedio 16.12 cm

Fuente: elaboración propia

A fin de establecer que tratamiento resulto superior frente al resto, se realizó la prueba de Tukey (Ver cuadro12).

**Cuadro 12. Tukey para biomasa días.**

**Prueba de altura de aérea – 18**

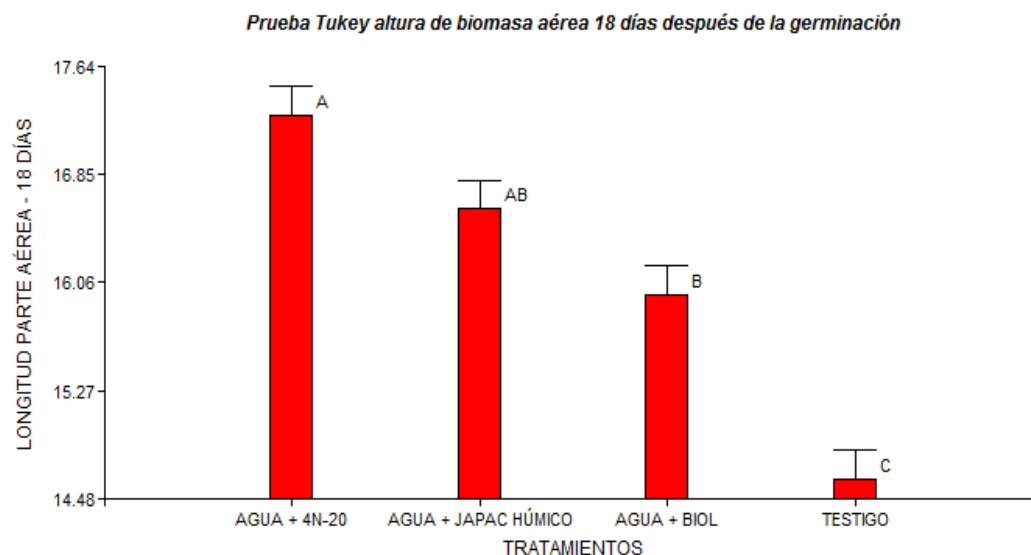
<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media (cm)</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AGUA + 4N-20	4	17.28	A
AGUA + JAPAJ HÚMICO	4	16.60	AB
AGUA + BIOL	4	15.97	B
TESTIGO	4	14.62	C

Fuente: elaboración propia

Del cuadro 12, se observa que el mejor tratamiento en la respuesta de la altura de la biomasa aérea del forraje verde hidropónico corresponde al tratamiento Agua + 4N-20 que reporta 17.28 cm en promedio representado con la letra (A). Con excepción del tratamiento testigo representado con la letra (C), los demás tratamientos en evaluación desde el punto de vista estadístico no presentaron diferencias, representando con la letra (AB) al Japaj húmico + Agua y la letra (B) para el Biol + Agua

En la figura 9, de manera visual, se confirma lo reportado en la prueba Tukey y el análisis de varianza. Nótese la significancia estadística entre los tratamientos evaluados.

**Figura 9: Prueba Tukey representados en gráficos de barra para altura de biomasa aérea del forraje verde hidropónico – 18 días después de la germinación**



Fuente: elaboración propia

#### 4.2. ALTURA DEL COLCHÓN DE BIOMASA RADICULAR DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

##### 4.2.1. Evaluación de la altura del colchón de la biomasa radicular del forraje verde hidropónico a los 6 días después de la germinación.

Se realizó el análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos bajo estudio y para esto se tomaron en como base los datos recopilados en campo para el día 6 (ver anexo N°8).

**Cuadro 13. Análisis de Varianza para altura del colchón de la biomasa radicular – 6 días.**

Origenes de la variaciones	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F.c.	Valor-P	Significancia	
						5%	1%
TRATAMIENTO	3	0.080725	0.0269083	61.7	0.0000	*	**
BLOQUES	3	0.010125	0.003375	7.74	0.0073	**	**
ERROR	9	0.003925	0.0004361				
TOTAL	15	0.094775					

C.V. 1.441%

Promedio 2.10 cm

Fuente: elaboración propia

Del cuadro 13, se evidencian diferencias significativas entre los tratamientos bajo estudio. Se llega a esta afirmación en vista que el

Valor – P es menor a 0.000, comparado con el nivel de 5% es significativo y al 1% es altamente significativo, razón suficiente para argumentar que los promedios observados provenientes de los tratamientos son diferentes entre sí. Por tanto, se puede decir que los tratamientos influenciaron de manera favorable en la altura del colchón de la biomasa radicular del forraje verde hidropónico.

En bloques se puede observar que el valor – P es 0.0073 inferior, lo cual da razón para indicar que al 5% es significativo y al 1% altamente significativo.

En el cuadro 14, la prueba de Tukey detecta que el mejor tratamiento en conseguir la mayor altura en el colchón de la biomasa radicular del forraje verde hidropónico corresponde al tratamiento Agua + 4N-20 que muestra una altura en promedio de 2.19 cm, representado con la letra (A).

**Cuadro 14. Prueba de Tukey para altura del colchón de la biomasa radicular – 6 días.**

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media (cm)</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AGUA + 4N-20	4	2.19	A
AGUA + JAPAJ HÚMICO	4	2.13	B
AGUA + BIOL	4	2.08	B
TESTIGO	4	2.00	C

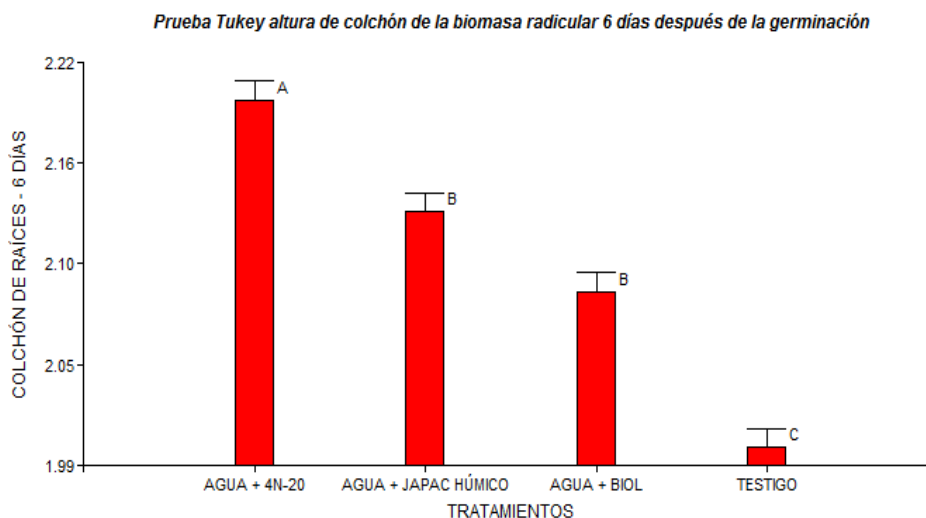
**Fuente: elaboración propia**

Mientras que los tratamientos Agua + Japaj húmico y Agua + Biol desde el punto de vista estadístico sus promedios no mostraron diferencia alguna y se les otorgo la letra (B). No obstante, estos tratamientos resultaron superiores con respecto al testigo, el cual se puede visualizar



con la letra (C). La figura 10 de manera concluyente nos permite visualizar los resultados reportados en el análisis de varianza y la prueba Tukey realizadas.

**Figura 10: Prueba Tukey representados en gráficos de barra para altura del colchón de la biomasa radicular del forraje verde hidropónico – 6 días después de la germinación**



Fuente: elaboración propia

#### 4.2.2. Evaluación de la altura del colchón de la biomasa radicular del forraje verde hidropónico a los 8 días después de la germinación.

Para realizar el análisis de varianza se tomaron los datos obtenidos en campo a los 8 días en la altura obtenida para el colchón radicular (ver anexo N°8), de esta manera se determinó si hubo diferencias entre los promedios obtenidos en la evaluación de la altura del colchón de la biomasa radicular.

Del cuadro 15, se reporta diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, se llega a esta conclusión debido a que el Valor – P es de 0.000 que en contraste con la prueba de significación del 5% y 1% (0.05, 0.01) resulta inferior. Por consiguiente, se puede afirmar que al 95% es significativo y al 99% altamente significativo por lo tanto

se puede decir que la altura del colchón de la biomasa radicular se debió al producto de las aplicaciones de los tratamientos bajo estudio.

El nivel de significancia al 95% para bloques ya q el valor – P es de 0.0481, superior a 0.01 e inferior a 0.05.

**Cuadro 15. Análisis de Varianza para altura del colchón de la biomasa radicular – 8 días.**

<i>Origenes de la variaciones</i>	<i>GI</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F.c.</i>	<i>Valor-P</i>	<i>Significancia</i>	
						5%	1%
TRATAMIENTO	3	1.99292	0.664306	171.28	0.0000	*	**
BLOQUES	3	0.0456687	0.0152229	3.92	0.0481	*	NS
ERROR	9	0.0349063	0.0038785				
TOTAL	15	2.07349					

C.V. 3.638%

Promedio 2.93 cm

Fuente: elaboración propia

Posteriormente se aplicó la prueba Tukey para detectar la superioridad de los tratamientos que fueron evaluados.

**Cuadro 16. Prueba de Tukey para altura del colchón de la biomasa radicular – 8 días.**

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media (cm)</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AGUA + 4N-20	4	3.27	A
AGUA + JAPAJ HÚMICO	4	3.11	B
AGUA + BIOL	4	2.98	B
TESTIGO	4	2.34	C

Fuente:

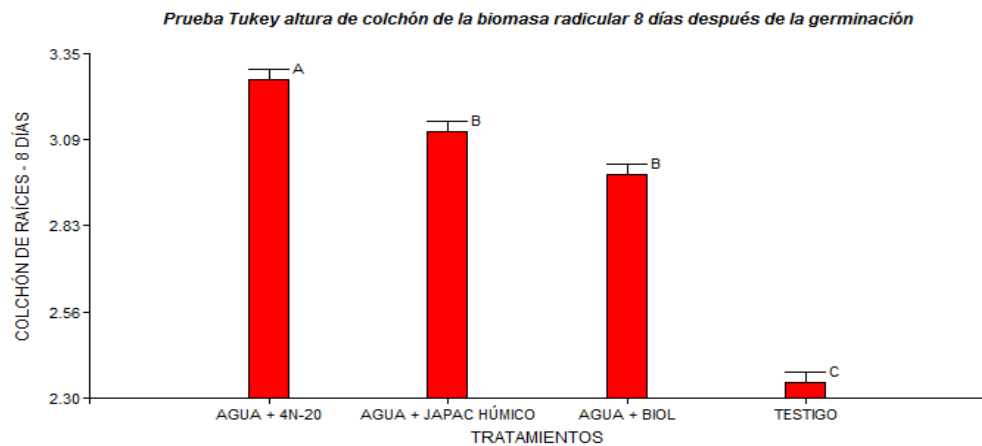
elaboración propia

De la prueba Tukey realizada, el cuadro 16 reporta que el mejor tratamiento se consigue aplicando Agua + 4N-20, otorgándole la letra (A) y logra una altura de colchón en la biomasa radicular de 3.27 cm. De otra parte, los tratamientos Agua + Japaj Húmico y Agua + Biol representados con la letra (B) no presentan diferencia alguna desde el

punto de vista estadístico. Para estos tratamientos se reportan alturas de 3.11 y 2.98 centímetros respectivamente.

En la figura 11, de manera visual se afirma lo reportado en el análisis de varianza y la prueba Tukey.

**Figura 11: Prueba Tukey representados en gráficos de barra para altura del colchón de la biomasa radicular del forraje verde hidropónico – 8 días después de la germinación**



Fuente: elaboración propia

**4.2.3. Evaluación de la altura del colchón de la biomasa radicular del forraje verde hidropónico a los 12 días después de la germinación.** Para realizar el análisis de varianza se tomaron como base los datos recopilados en campo para el día 12 de la altura del colchón de la biomasa radicular (ver anexo N°8), del análisis de varianza se evidencia que existen diferencias estadísticas entre los promedios obtenidos durante la evaluación.

Cuadro 17. Prueba de Tukey para altura del colchón de la biomasa radicular – 8 días.

Origenes de la variaciones	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F.c.	Valor-P	Significancia	
						5%	1%
TRATAMIENTO	3	4.32202	1.44067	275.54	0.0000	*	**
BLOQUES	3	0.0618688	0.0206229	3.94	0.0476	*	NS
ERROR	9	0.0470562	0.0052285				
TOTAL	15						

C.V. 3.597%

Promedio 4.04 cm

**Fuente: elaboración propia**

Del cuadro 17, el Valor – P es de 0.000 que en contraste con el nivel de significancia del 5% y 1% (0.05, 0.01) resulta inferior, razón por la cual se afirma la existencia de diferencias estadísticas entre los promedios evaluados que provienen de los tratamientos bajo estudio. Entonces, con un nivel de confianza del 95% es significativo y al 99% es altamente significativo, podemos concluir que la altura del colchón de la biomasa radicular estuvo influenciada por los tratamientos aplicados.

Para bloques se tiene que el valor – P es superior a 0.01 e inferior a 0.05, de tal manera posee significancia al 95%.

De la prueba Tukey realizado (ver cuadro 18) a los promedios de los tratamientos bajo estudio, se tiene que la aplicación de Agua + 4N-20 arroja un resultado de 4.56 cm en la altura del colchón de la biomasa radicular del forraje verde hidropónico, al cual se le otorgo la letra (A) ubicándose como el mejor tratamiento

**.Cuadro 18. Prueba de Tukey para altura del colchón de la biomasa radicular – 12 días.**

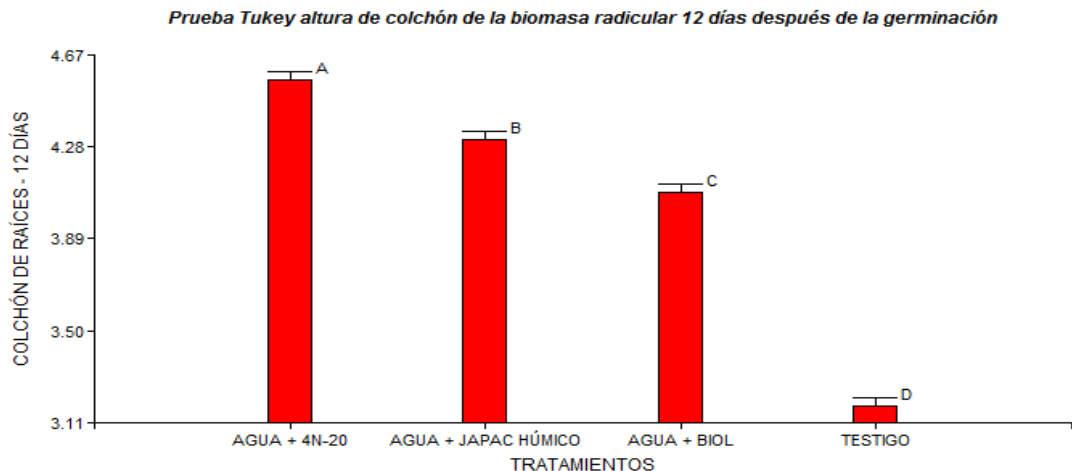
<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media (cm)</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AGUA + 4N-20	4	4.56	A
AGUA + JAPAJ HÚMICO	4	4.31	B
AGUA + BIOL	4	4.08	C
TESTIGO	4	3.18	D

**Fuente: elaboración propia**

En segundo lugar, se encuentra el tratamiento Agua + Japaj Húmico con 4.31 cm representado con la letra (B) y en tercer lugar Agua + Biol con 4.08 cm, otorgándole la letra (C). Todos ellos fueron superiores estadísticamente al tratamiento testigo, al cual se le dio la letra (D).

De manera visual, se llegan a las mismas conclusiones al observar la figura 12.

**Figura 12: Prueba Tukey representados en gráficos de barra para altura del colchón de la biomasa radicular del forraje verde hidropónico – 12 días después de la germinación**



**Fuente: elaboración propia**

**4.2.4. Evaluación de la altura del colchón de la biomasa radicular del forraje verde hidropónico a los 16 días después de la germinación.**

Para la realización del análisis de varianza (ver cuadro 19) se utilizaron los datos recolectados en campo para el día 16 (ver anexo N°8).

Del cuadro 19, se evidencia la diferencia estadística entre los tratamientos bajo estudio.

**Cuadro 19. Análisis de Varianza para altura del colchón de la biomasa radicular – 16 días.**

<i>Origenes de la variaciones</i>	<i>Gl</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F.c.</i>	<i>Valor-P</i>	<i>Significancia</i>	
						5%	1%
TRATAMIENTO	3	5.75505	1.91835	119.65	0.0000	*	**
BLOQUES	3	0.20185	0.0672833	4.2	0.0409	*	NS
ERROR	9	0.1443	0.0160333				
TOTAL	15	6.1012					

C.V. 5.617%

Promedio 5.08 cm

**Fuente: elaboración propia**

De este cuadro, el análisis de varianza reporta que el Valor – P es de 0.000 que en contraste con el nivel de significancia del 5% y 1%, seleccionada para la prueba de hipótesis, resulta inferior razón por la cual se afirma la existencia de diferencias estadísticas de los promedios obtenidos por la aplicación de los tratamientos estudiados. Por lo tanto, es válido afirmar con un nivel del 95% es significativo y al 99% es altamente significativo, por lo tanto, se puede decir que la aplicación de los tratamientos tuvo respuesta favorable en la altura del colchón de la biomasa radicular del forraje verde hidropónico.

En bloques el nivel de significancia se tiene al 0.05 ya que el valor – P es de 0.049, que de acuerdo con el nivel de significancia es significativo al 95%.

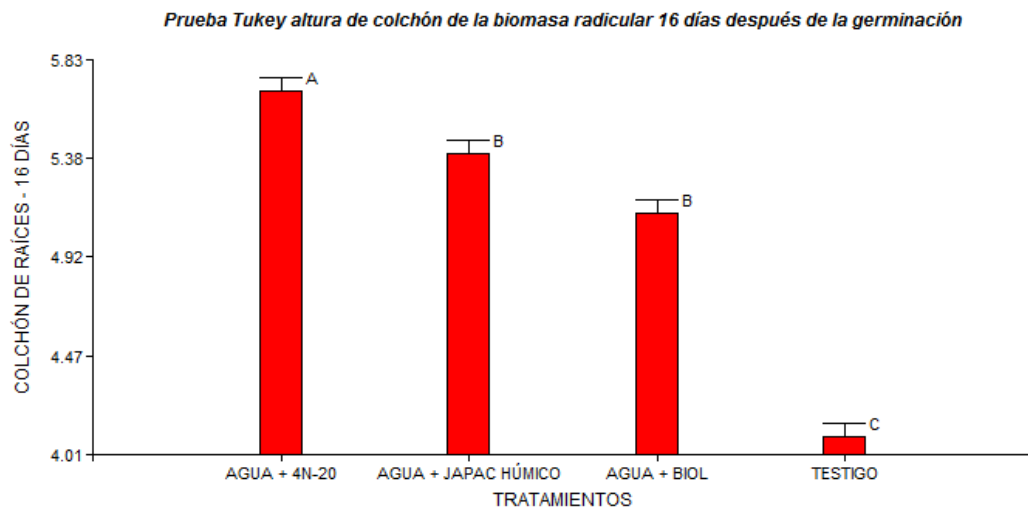
**Cuadro 20. Prueba de Tukey para altura del colchón de la biomasa radicular – 16 días.**

TRATAMIENTO	Casos	Media (cm)	Grupos Homogéneos
AGUA + 4N-20	4	5.68	A
AGUA + JAPAJ HÚMICO	4	5.39	B
AGUA + BIOL	4	5.12	B
TESTIGO	4	4.09	C

**Fuente: elaboración propia**

Del cuadro 20, la prueba Tukey reporta que el mejor tratamiento en la altura del colchón de la biomasa radicular fue la aplicación de Agua + 4N-20 con una altura de 5.68 cm, representado con la letra (A). Mientras que los tratamientos Agua + Japaj Húmico y Agua + Biol desde el punto de vista estadístico no presentan diferencia alguna, son representados con la letra (B). Los valores alcanzados por estos tratamientos se sitúan en 5.39 y 5.12 centímetros respectivamente. La figura 13, de manera visual corrobora los resultados obtenidos en las pruebas de significancia (ANVA) y de promedios (Tukey).

**Figura 13: Prueba Tukey representados en gráficos de barra para altura del colchón de la biomasa radicular del forraje verde hidropónico – 16 días después de la germinación**



**Fuente: elaboración propia**

**4.2.5. Evaluación de la altura del colchón de la biomasa radicular del forraje verde hidropónico a los 18 días después de la germinación.**

En la última etapa de producción de forraje verde hidropónico, se realizó la medida de la altura del colchón alcanzado por la biomasa radicular (ver anexo N°8), obteniendo los siguientes resultados en el análisis de varianza.

Del cuadro 21, se detecta con la prueba de análisis de varianza que existe diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

El Valor – P es de 0.000 en contraste con la prueba de significación a un nivel del 5% es significativo y al 1% altamente significativo. Es decir, los promedios obtenidos producto de la evaluación, tienen diferentes respuestas en la altura del colchón de la biomasa radicular del forraje verde hidropónico; esto se puede corroborar con un nivel del 95% y 99% de confianza.

El nivel de confianza para bloques en contraste con la prueba de análisis de varianza es del 5%, donde el valor – P es de 0.0480 mayor a 0.01 y menor a 0,05.

**Cuadro 21. Análisis de Varianza para altura del colchón de la biomasa radicular – 18 días**

<i>Orígenes de la variaciones</i>	<i>Gl</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F.c.</i>	<i>Valor-P</i>	<i>Significancia</i>	
						5%	1%
TRATAMIENTO	3	6.41077	2.13692	64.02	0.0000	*	**
BLOQUES	3	0.393569	0.13119	3.93	0.0480	*	NS
ERROR	9	0.300406	0.0333785				
TOTAL	15	7.10474					

C.V. 7.818%

Promedio 5.46 cm

**Fuente: elaboración propia**



Después de detectar diferencias significativas entre los promedios provenientes de los tratamientos bajo estudio se realizó la prueba de Tukey con el propósito de establecer cuál de los tratamientos resultó mejor en la altura del colchón de la biomasa radicular.

**Cuadro 22. Prueba de Tukey para altura del colchón de la biomasa radicular – 18 días.**

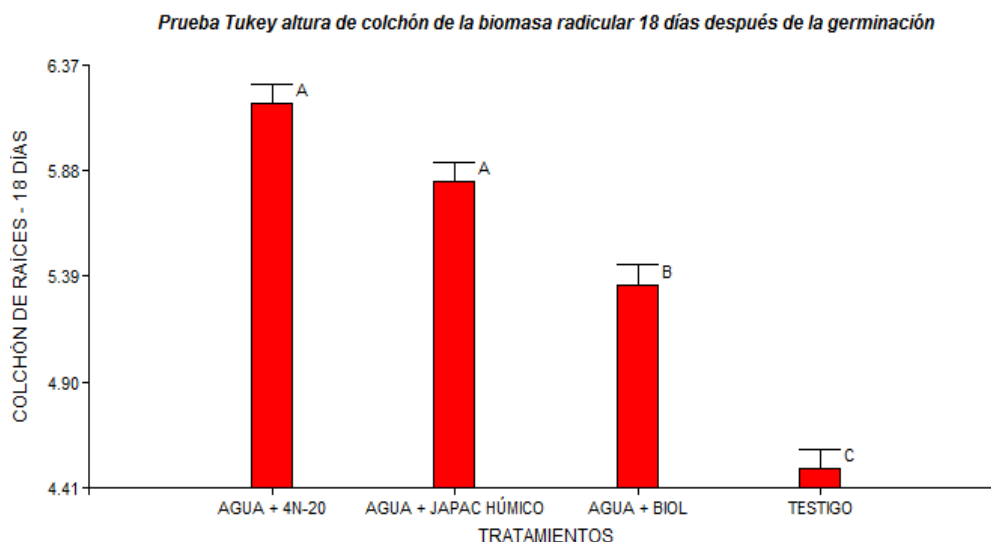
<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media (cm)</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AGUA + 4N-20	4	6.18	A
AGUA + JAPAJ HÚMICO	4	5.82	A
AGUA + BIOL	4	5.34	B
TESTIGO	4	4.49	C

**Fuente: elaboración propia**

Del cuadro 22, el tratamiento Agua + 4N-20 se ubica en el primer lugar, con 6.18 cm, representado con la letra (A), como el mejor resultado en la altura del colchón de la biomasa radicular. El tratamiento Agua + Japaj Húmico reporta una altura de 5.82 cm, representado también con la letra (A) y Agua + Biol de 5.34 cm, representado con la letra (B). Todos estos tratamientos fueron superiores en comparación con el testigo que se representó con la letra (C).

La figura 15, de manera visual permite ratificar lo reportado en los cuadros 21 y 22.

**Figura 15: Prueba Tukey representados en gráficos de barra para altura del colchón de la biomasa radicular del forraje verde hidropónico – 18 días después de la germinación**



Fuente: elaboración propia

#### **4.3. RENDIMIENTO DE LA BIOMASA DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO DE CEBADA POR TRATAMIENTO**

En el cuadro 23, se realizó el análisis de varianza concerniente al rendimiento total de la semilla con los datos recolectados en campo (ver anexo N°9).

De este cuadro, se pudo evidenciar que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El Valor – P de 0.000 en comparación con el nivel de significancia del 5% y 1% (0.05, 0.01), para contrastar la hipótesis de estudio, resultó inferior motivo por el cual se afirma que al 95% es significativo y al 99% altamente significativo, esto quiere decir que los tratamientos aplicados en este estudio tuvieron influencia favorable en la altura del colchón de la biomasa radicular.

Para los bloques evaluados, el valor – P es de 0.0311, superior al 0.01 e inferior a 0.05 para denotar el nivel de significancia es al 95% significativo y al 99% no significativo. Por ende, se puede decir que al 95% de confianza se tiene q los bloques presentan diferencia entre sí. (Ver anexo N°9)

**Cuadro 23. Análisis de Varianza para el rendimiento de la biomasa del FVH. De Cebada**

<i>Origenes de la variaciones</i>	<i>Gl</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F.c.</i>	<i>Valor-P</i>	<i>Significancia</i>	
						5%	1%
TRATAMIENTO	3	6.03675	2.01225	782.3	0.0000	*	**
BLOQUES	3	0.0361	0.0120333	4.68	0.0311	*	NS
ERROR	9	0.02315	0.0025722				
TOTAL	15	6.096					

C.V. 3.336%

Promedio 2.31 kg.

**Fuente: elaboración propia**

La prueba Tukey (cuadro 24) determinó que el mejor rendimiento en cuanto a tratamientos resultó que la aplicación de Agua + 4N-20 consiguiendo un rendimiento de 2.54 kilogramos, representado con la letra (A). Aplicando Agua + Japaj Húmico se consigue un rendimiento total de 2.34 kilogramos, representado con la letra (B) y con Agua + Biol se alcanzó 2.17 kilogramos de biomasa.

Los resultados del rendimiento de la biomasa de forraje verde hidropónico y producto de la aplicación de los tratamientos en estudio resultaron superiores frente al testigo, representado con la letra (D).

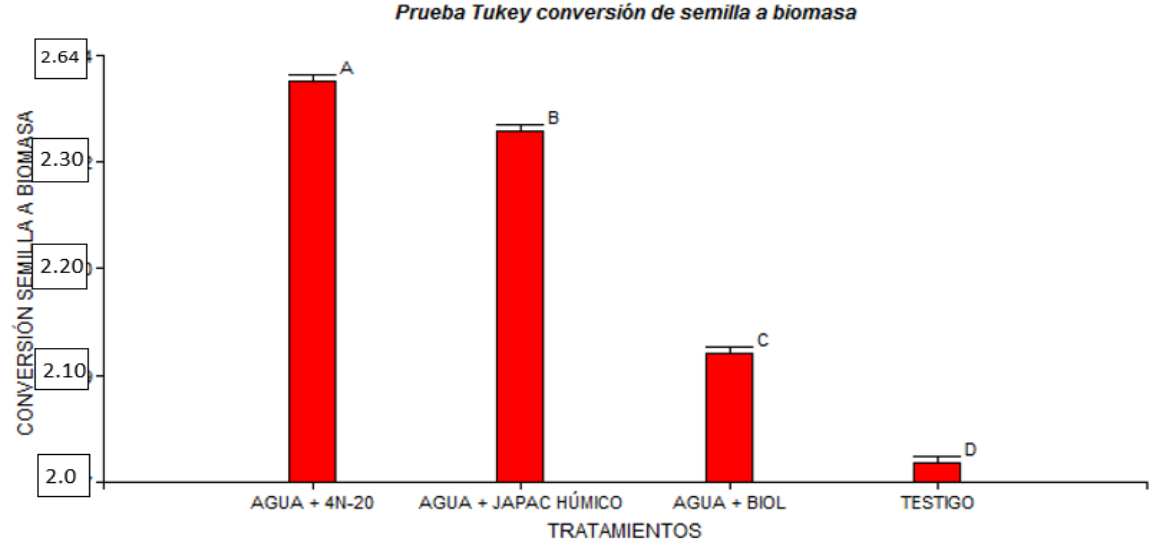
**Cuadro 24. Prueba de Tukey para el rendimiento de la biomasa del FVH. De Cebada**

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Casos</i>	<i>Media (kg)</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
AGUA + 4N-20	4	2.54	A
AGUA + JAPAJ HÚMICO	4	2.34	B
AGUA + BIOL	4	2.17	C
TESTIGO	4	2.04	D

**Fuente: elaboración propia**

Estos resultados reportados en el análisis de varianza y la prueba Tukey (Cuadro 23 y 24) se visualizan mejor en la figura 16.

**Figura 16: Prueba Tukey representados en gráficos de barra para el rendimiento de la biomasa del FVH. De Cebada**



**Fuente: elaboración propia**

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

En relación a los objetivos establecidos podemos concluir lo siguiente:

- Se determinó que el mejor resultado en la altura de la biomasa aérea del forraje verde hidropónico de la cebada durante las evaluaciones realizadas a lo largo de la investigación se consiguió con la aplicación del tratamiento Agua + 4N -20. Con este tratamiento se logró que durante los 6, 8, 12, 16 y 18 días la biomasa vegetal reporte alturas de 3.44, 5.70, 10.52, 15.31 y 17.29 centímetros respectivamente.
- Se determinó que el mejor resultado en la altura del colchón de la biomasa radicular se logra con la aplicación del tratamiento Agua + 4N-20. La aplicación de este tratamiento durante los 6, 8, 12, 16 y 18 días reportó alturas de 2.20, 3.28, 4.56, 5.69 y 6.19 centímetros respectivamente.
- Se determinó que el mejor rendimiento de la biomasa total del forraje verde hidropónico se consiguió con la aplicación del tratamiento Agua + 4N-20. La aplicación de este tratamiento permitió una conversión de semilla a biomasa en 2.54 kilogramos.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a los productores dedicados a la actividad pecuaria, sobre todo en la crianza tecnificada de cuyes y conejos, emplear como alimento el forraje verde hidropónico
- Se recomienda aplicar el tratamiento Agua + 4N-20, debido a que se obtuvo mejores rendimientos en la producción de forraje verde hidropónico.
- Promover proyectos que incentiven a la producción de forraje verde hidropónico, empleando abonos foliares orgánicos en especial 4N-20 para mejorar los rendimientos del forraje verde hidropónico.
- Difundir la producción de forraje verde hidropónico empleando abonos foliares, mediante folletos informativos y trípticos didácticos.

## BIBLIOGRAFÍA

- A., G. (2005). Productividad en cebada maltera, AGRIC. TEC. Mexico.
- Alejandro Jaume, C. P. (2014). *Produccion de forraje Verde Hidroponico*. San Rafael - Mendoza - Argentina.
- Alvarez, F. (2015). Lima Peru: Soluciones practicas.
- Aparca, S. (2008). Estudio sobre el valor fertilizante del biol. Lima Peru.
- Berru, C. (2016). *Biol, abono organico natural*. Ecuador.
- Cajamarca, D. (2013). Procedimientos para la elaboracio de abonos organicos. En *Universidad de Cuenca* (pág. PAG 59).
- Chang, M., & Hoyos. M. Rodriguez, A. (2000). *Produccion de forrage verde hidroponico y nutricion mineral*. Lima Peru.
- Chavarria-Torrez, B. A. (2018). *El forraje verde hidropónico (FVH), de maíz como alternativa alimenticia y nutricional para*. Nicaragua: Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua.
- Diaz, F. C. (2016). *Produccion de forraje verde hidroponico*. mexico: Universidad Autonoma de Nayarit.
- FAO. (2014). Agricultura organica. Mexico.
- FERTILAB. (25 de 11 de 2017). *NOTAS TECNICAS*. Obtenido de <https://www.fertilab.com.mx/blog/247-funciones-de-las-sustancias-humicas-acidos-fulvicos/>
- FONCODES. (2014). *Producción y uso de abonos orgánicos: Biol, Compost y Humus*. LIMA: Asociacion Gráfica Educativa.
- FOX, R. (2000). *Fabrica de forraje, boletin informativo*. Lima- Peru.
- INIA. (2005). Composicion quimica del biol.
- INIA. (2012). *Produccion y uso del biol*. Lima-Peru.
- Leyva, N. (2015). *Forraje verde hidroponico*.
- Medina, A. (2007). El biol y el biosol en la agricultura. Bolivia: Cochabamba.
- Navea., I. F. (2010). Sustancias humicas. *Intagri*.
- PROFEC., G. (2010). Fermentacion anaerobica ventajas.
- Restrepo, J. (2001). Elaboración de abonos orgánicos, fermentados y biofertilizantes foliares. Costa Rica.
- Romero, J. (2017). *Estudio comparativo de cinco especies de gramineas en la produccion de forraje verde hidroponico baja invernadero*. Huaraz: UNASAM.

SUAREZ, D., & MELGAREJO, L. (2010). *Biología y germinación de semillas, departamento de biología*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Tello, G. (2013). *Evaluación de forraje verde hidropónico en la sostenibilidad de explotaciones pecuarias como alternativa de desarrollo rural de Guatemala*. Guatemala : FONACYT.

UNAM, U. N. (2015). Diagrama de flujo del biol. Lima.

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes