

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



TESIS

“PRODUCCIÓN DE FORRAJE HIDROPÓNICO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*)  
FERTILIZADO CON EFLUENTES PROVENIENTES DE CULTIVO DE TILAPIA  
(*Oreochromis sp*) EN EL DISTRITO DE TAMBURCO -APURÍMAC 2018”

Presentado por:

David Kari Damián

Para optar el Título de Médico Veterinario y Zootecnista

Abancay, Perú

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



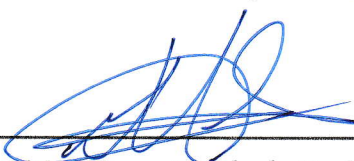
“TESIS”

**“PRODUCCIÓN DE FORRAJE HIDROPÓNICO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*)  
FERTILIZADO CON EFLUENTES PROVENIENTES DE CULTIVO DE TILAPIA  
(*Oreochromis sp*) EN EL DISTRITO DE TAMBURCO -APURÍMAC 2018”**

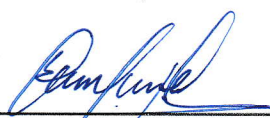
Presentado por **David Kari Damián**, para optar el Título de:  
**Médico Veterinario y Zootecnista**

Sustentado y aprobado el 30 de diciembre del 2021, ante el jurado evaluador:


**Presidente:**

  
Mtro. Max Henry Escobedo Enriquez

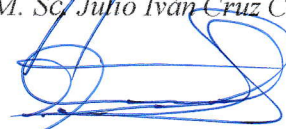
**Primer Miembro:**

  
MVZ. Juan Roberto Soncco Quispe

**Segundo Miembro:**

  
M. Sc. Julio Iván Cruz Colque

**Asesor:**

  
MVZ. Victor Raúl Cano Fuentes

## Agradecimientos

*Deseo expresar mi sincero agradecimiento a Dios por darme vida, salud y paciencia para lograr concluir esta prestigiosa carrera profesional.*

*Como también agradecer a mis padres y hermanos por brindarme siempre el apoyo que necesitaba en los momentos más difíciles en mi trayectoria universitaria.*

*A los docentes por sus conocimientos y experiencias brindadas durante los años que estuve en esta casa de estudios.*

*A mi asesor MVZ. Víctor Raúl Cano Fuentes, por su compromiso y entusiasmo de guiarme durante la ejecución de este trabajo de investigación.*

*A mi compañero y colega Cristian Zoilo Sánchez Pariona y Carlos Eduardo Smith Dávila por su ayuda en las primeras instancias para el desarrollo de la presente investigación.*

*A los jurados por todas las correcciones, aportes y sugerencias realizadas para la culminación de este trabajo.*

*Y a mis amigos, primos y demás familiares en general que de una y otra manera me supieron apoyar en todo momento.*

*A todos ellos gracias por haber hecho lo posible para la culminación de la presente investigación.*



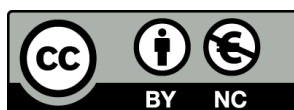
## **Dedicatoria**

*A mis padres Blas Kari Pérez y María Salomé Damián Arias quienes me brindaron su gran amor y el apoyo incondicional para poder culminar una carrera profesional con éxito así también a mis hermanos Carlos, Conan, Karin, Angelina (Q.E.P.D.), Naysha, Elizabeth, Ángel y a mi querida sobrina Daira que siempre estuvieron allí brindándome todo el apoyo moral y como también a mi gran amigo Frank Vladimir Huillcas Condorpusa (Q.E.P.D.) por compartir momentos de estudio y diversión en el colegio y en la universidad.*

“Producción de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) fertilizado con efluentes provenientes de cultivo de tilapia (*Oreochromis sp*) en el distrito de Tamburco -Apurímac 2018”

Ciencias veterinarias

Esta publicación está bajo Licencia Creative Commons



## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>RESUMEN</b> .....	2
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>CAPÍTULO I</b> .....	4
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	4
1.1 Descripción del problema .....	4
1.2 Enunciado del problema .....	5
1.2.1 Problema general .....	5
1.2.2 Problemas Específicos .....	5
1.2.3 Justificación de la investigación .....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	7
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	7
2.1 Objetivos de la investigación .....	7
2.1.1 Objetivo general .....	7
2.1.2 Objetivos específicos .....	7
2.2 Hipótesis de la investigación .....	7
2.2.1 Hipótesis general .....	7
2.2.2 Hipótesis específicas .....	7
2.2 Operacionalización de las variables .....	8
<b>CAPÍTULO III</b> .....	9
<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	9
3.1 Antecedentes .....	9
3.2 Marco teórico .....	12
3.2.1 Cebada .....	12
3.2.2 Clasificación Taxonómica .....	12
3.2.3 Requerimientos nutricionales para un cultivo de cebada .....	13



3.2.4	Forraje hidropónico.....	13
3.2.5	Cebada como forraje hidropónico.....	14
3.2.6	Factores que influyen en la producción de forraje hidropónico .....	14
3.2.6.1	Iluminación .....	14
3.2.6.2	Temperatura .....	14
3.2.6.3	Humedad.....	15
3.2.6.4	Oxigenación .....	15
3.2.7	Contenido nutricional del forraje hidropónico.....	15
3.2.8	Principales ventajas de la hidroponía.....	16
3.2.9	Solución nutritiva.....	16
3.2.10	Forraje hidropónico como alimentación ganadera.....	17
3.2.11	Efluentes acuícolas.....	18
3.2.12	Aprovechamiento de los efluentes de la acuicultura.....	19
3.3	Marco conceptual.....	19
3.3.1	Biomasa o Rendimiento forrajero.....	19
3.3.2	Valor nutritivo.....	20
3.3.3	Hidroponía .....	20
3.3.4	Acuaponía .....	20
3.3.5	Tilapia .....	20
3.3.6	Efluentes .....	20
3.3.7	Biofiltro.....	21
3.3.8	Compuesto nitrogenado .....	21
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>22</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>		<b>22</b>
4.1	Tipo y nivel de investigación.....	22
4.2	Diseño de la investigación .....	22
4.3	Población y muestra.....	22
4.4	Procedimiento .....	23



4.4.1 Ubicación del estudio.....	23
4.5 Técnica e instrumento .....	25
4.6 Análisis estadístico .....	26
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>27</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>27</b>
5.1 Análisis de resultados .....	27
5.1.1 Altura del forraje hidropónico de cebada.....	27
5.1.2 Producción de biomasa del forraje hidropónico de cebada .....	28
5.1.3 Valor nutritivo del forraje hidropónico de cebada.....	28
5.2 Discusiones.....	29
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>32</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>32</b>
6.1 Conclusiones.....	32
6.2 Recomendaciones .....	32
<b>ANEXOS .....</b>	<b>41</b>





## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Operacionalización de las variables .....	8
<b>Tabla 2.</b> Clasificación taxonómica de la cebada.....	13
<b>Tabla 3.</b> Contenido nutricional del Forraje Hidropónico .....	16
<b>Tabla 4.</b> Detalle de la composición química del efluente de tilapia de un sistema de recirculación .....	19
<b>Tabla 5.</b> Composición química de la solución nutritiva .....	17
<b>Tabla 6.</b> Diseño de experimentación .....	22
<b>Tabla 7.</b> Análisis de varianza de la altura en cm del forraje hidropónico de cebada de los distintos tipos de riego.....	27
<b>Tabla 8.</b> Análisis de varianza de la producción en kg de forraje hidropónico de cebada a los 15 días.....	28
<b>Tabla 9.</b> Resultados del análisis Físico-Químico del forraje hidropónico de cebada a los 15 días de producción .....	29
<b>Tabla 10.</b> Registro de la altura del forraje hidropónico de cebada a los 5,10 y 15 días de producción .....	42
<b>Tabla 11.</b> Registro de la producción del forraje hidropónico de cebada a los 15 días de producción .....	43
<b>Tabla 12.</b> Resultados del análisis Físico-Químico del forraje hidropónico de cebada a los 15 días de producción.....	43
<b>Tabla 13.</b> Datos ingresados para la evaluación estadística en el programa IBM SPSS Statistic Visor 21.0 .....	44
<b>Tabla 14.</b> Resultados descriptivos, ANOVA y prueba de Duncan de la altura del forraje hidropónico de cebada a los 5 días de producción por el programa IBM SPSS .....	45
<b>Tabla 15.</b> Resultados descriptivos, ANOVA y prueba de Duncan de la altura del forraje hidropónico de cebada a los 10 días de producción por el programa IBM SPSS .....	46
<b>Tabla 16.</b> Resultados descriptivos, ANOVA y prueba de Duncan de la altura del forraje hidropónico de cebada a los 15 días de producción por el programa IBM SPSS .....	47
<b>Tabla 17.</b> Resultados Descriptivos, ANOVA y prueba de Duncan del peso del forraje hidropónico de cebada a los 15 días de producción por el programa IBM SPSS .....	48



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Altura del forraje hidropónico de cebada al 15avo día de producción .....	49
<b>Figura 2.</b> Producción de biomasa (rendimiento) del forraje hidropónico de cebada.....	49
<b>Figura 3.</b> Porcentaje de Materia seca (MS) del forraje hidropónico de cebada .....	49
<b>Figura 4.</b> Porcentaje de proteína cruda (PC) del forraje hidropónico de cebada.....	50
<b>Figura 5.</b> Porcentaje de Extracto etéreo (EE) del forraje hidropónico de cebada .....	50
<b>Figura 6.</b> Porcentaje de Fibra Detergente Neutra (FDN) del forraje hidropónico de cebada..	50
<b>Figura 7.</b> Porcentaje de Fibra Detergente Ácida (FDA) del forraje hidropónico de cebada ...	51
<b>Figura 8.</b> Porcentaje de lignina del forraje hidropónico de cebada .....	51
<b>Figura 9.</b> Porcentaje de Cenizas del forraje hidropónico de cebada.....	51
<b>Figura 10.</b> Poza de producción de tilapia adaptada a un invernadero .....	52
<b>Figura 11.</b> Sistema de aireación y filtración del efluente .....	52
<b>Figura 12.</b> Producción de tilapia.....	53
<b>Figura 13.</b> Tilapia roja ( <i>Oreochromis sp</i> ).....	53
<b>Figura 14.</b> Módulo de producción de forraje hidropónico y bandejas .....	54
<b>Figura 15.</b> Selección de las semillas de cebada.....	54
<b>Figura 16.</b> Peso y lavado de semillas.....	55
<b>Figura 17.</b> Germinación de las semillas. ....	55
<b>Figura 18.</b> Distribución de las semillas germinadas en las bandejas.....	55
<b>Figura 19.</b> Riego con solución nutritiva y efluente de tilapia.....	56
<b>Figura 20.</b> Oreo del forraje .....	56
<b>Figura 21.</b> Medición de la altura y pesaje del forraje hidropónico.....	56
<b>Figura 22.</b> Resultados del análisis Físico-químico del Forraje hidropónico de cebada .....	57

## INTRODUCCIÓN

La producción ganadera en nuestra región, está cada vez limitada y este fenómeno se acentúa sobre todo en épocas donde los cambios climáticos generan de forma directa problemas en la agricultura tradicional por los descensos y ascensos de temperaturas extremas así afectando la economía del productor y conllevando a escenarios de subalimentación para el ganado (1). En estos sistemas de producción de forraje convencional existen limitaciones sobre el cultivo de pastizales por el intenso crecimiento de la población y sus consecuentes efectos urbanísticos lo que se han encargado de desplazar a las explotaciones agropecuarias hacia sectores donde la producción forrajera es reducida (2), lo cual obliga a los ganaderos a comprar forraje en lugares ajenos a sus centros de producción, lo que implica un mayor costo de producción, y no conocer a detalle la calidad sanitaria del forraje (3); por lo que la hidroponía es una tecnología que promueve el mejoramiento y aprovechamiento adecuado de los recursos naturales sin causar impacto ambiental negativo por lo que permite obtener un forraje de buena cantidad y en espacios reducidos durante todo el año además de permitir ejercer un mayor control y obtener forraje uniforme y seguros posibilitando de esta manera la producción ganadera competitiva (4).

Este sistema consiste básicamente en germinar semillas que generalmente son cereales, las cuales al ser sembradas a altas densidades y en condiciones adecuadas dan como resultado forraje producido en un corto periodo de tiempo. Este forraje es apto para varias especies ganaderas como vacuno, camélido, caprino, ovino, aves, equinos, etc. (5) por lo tanto no tiene limitaciones como alimento para las diferentes especies ganaderas y esto es una ventaja para fortalecer al sector agropecuario no solo en el distrito de Tamburco sino también para la región de Apurímac utilizando productos de la zona como es el caso de la semilla de cebada que aprovechando su uso en la producción de forraje hidropónico y dándole las condiciones adecuadas de crecimiento se obtendrá un producto a corto plazo con valores nutritivos altos que favorecerán el adecuado crecimiento de nuestros animales. El trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la producción de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) fertilizado con diferentes niveles de efluentes de cultivo de tilapia (*Oreochromis sp.*), realizado en el distrito de Tamburco de la provincia de Abancay.



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la producción de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) fertilizado con tres tratamientos de efluentes de cultivo de tilapia (*Oreochromis sp.*). El trabajo se llevó a cabo en el distrito de Tamburco de la provincia de Abancay a unos 2,581 m.s.n.m. Se compararon 3 tipos de riego para la producción de forraje hidropónico de cebada, riego con solución nutritiva (T0), riego con 50% de efluente de tilapia más 50% de agua (T1) y riego con 100% de efluente de tilapia (T2).

Se evaluó la altura, la producción de biomasa y el valor nutritivo del forraje a los 15 días de producción por lo que se utilizó un diseño completamente al azar con 10 repeticiones y una prueba de comparación Duncan ( $\alpha = 0.05$  %). El crecimiento alcanzado por el T0 fue de  $19.64 \pm 2.58$  cm siendo diferente ( $p < 0.05$ ) a los T1 y T2 que alcanzaron alturas de  $14.77 \pm 1.34$  cm y  $16.11 \pm 1.59$  cm respectivamente, asimismo; la producción de biomasa para el tratamiento T0 fue de  $11.03 \pm 0.57$  kg/m<sup>2</sup> siendo diferente ( $p < 0.05$ ) a los tratamientos T1 y T2 que alcanzaron pesos de  $10.22 \pm 0.31$  y  $10.61 \pm 0.35$  kg/m<sup>2</sup> respectivamente. El porcentaje de materia seca (MS) para el T0, T1 y T2 fue de 16.57 %, 16.37 % y 16.76 %; porcentaje de proteína cruda (PC) fue de 15.64 %, 13.65 % y 14.5%; porcentaje de extracto etéreo (EE) fue de 3.38 %, 2.98 % y 2.31 %; porcentaje de fibra detergente neutro (FDN) fue de 52.34 %, 48.08 % y 56.78 %; porcentaje de fibra detergente ácido (FDA) fue de 26.04 %, 23.35 % y 28.14 %; porcentaje de lignina (LDA) fue de 3.34 %, 3.15 % y 4.59 % y el porcentaje de cenizas (CZS) fue de 4.56 %, 3.79 % y 3.55 % respectivamente. Se concluye que producción de forraje hidropónico de cebada fertilizada con diferentes niveles de efluente de cultivo de tilapia no supero ( $p > 0.05$ ) en crecimiento (altura) al forraje fertilizado con solución nutritiva, tampoco supero en producción de biomasa ( $p > 0.05$ ), siendo el de mayor peso el forraje fertilizado con solución nutritiva y los valores nutricionales fue mayor del forraje fertilizado con solución nutritiva frente al riego con efluentes de tilapia.

**Palabras claves:** Efluente, Tilapia, hidroponía, compuestos nitrogenados, valor nutritivo



## ABSTRACT

The present research work aims to determine the production of hydroponic barley (*Hordeum vulgare*) forage fertilized with three treatments of tilapia (*Oreochromis* sp.) Crop effluents. The work was carried out in the Tamburco district of the Abancay province at about 2,581 m.a.s.l. Three types of irrigation were compared for the production of hydroponic barley forage, irrigation with nutrient solution (T0), irrigation with 50% tilapia effluent plus 50% water (T1) and irrigation with 100% tilapia effluent (T2).

The height, biomass production and nutritional value of the forage were evaluated after 15 days of production, so a completely randomized design with 10 repetitions and a Duncan comparison test ( $\alpha = 0.05\%$ ) was used. The growth reached by T0 was  $19.64 \pm 2.58$  cm, being different ( $p < 0.05$ ) from T1 and T2, which reached heights of  $14.77 \pm 1.34$  cm and  $16.11 \pm 1.59$  cm respectively, likewise; biomass production for treatment T0 was  $11.03 \pm 0.57$  kg / m<sup>2</sup>, being different ( $p < 0.05$ ) to treatments T1 and T2 that reached weights of  $10.22 \pm 0.31$  and  $10.61 \pm 0.35$  kg / m<sup>2</sup> respectively. The percentage of dry matter (DM) for T0, T1 and T2 was 16.57%, 16.37% and 16.76%; percentage of crude protein (CP) was 15.64%, 13.65% and 14.5%; percentage of ether extract (EE) was 3.38%, 2.98% and 2.31%; percentage of neutral detergent fiber (NDF) was 52.34%, 48.08% and 56.78%; percentage of acid detergent fiber (ADF) was 26.04%, 23.35% and 28.14%; The percentage of lignin (LDA) was 3.34%, 3.15% and 4.59% and the percentage of ash (CZS) was 4.56%, 3.79% and 3.55% respectively. It is concluded that the production of hydroponic barley forage fertilized with different levels of effluent from the tilapia crop did not exceed ( $p > 0.05$ ) in growth (height) the forage fertilized with nutrient solution, nor did it exceed in biomass production ( $p > 0.05$ ), the highest weight being the forage fertilized with nutrient solution and the nutritional values were higher than the forage fertilized with nutrient solution compared to irrigation with tilapia effluents.

**Key words:** Effluent, Tilapia, hydroponics, nitrogenous compounds, nutritional value



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Descripción del problema

La productividad ganadera en las zonas rurales del distrito de Tamburco viene atravesando momentos difíciles frente a los cambios climáticos que afectan no solo al sector agrario sino también al sector pecuario. Los criadores de animales domésticos sufren la pérdida de gran número de ganado y grandes pérdidas de áreas de cultivo destinadas a la producción de pastizales a consecuencia de las bajas temperaturas (5) lo que tiene un efecto negativo en la alimentación del ganado (6), a esto también se suma las sequías prolongadas que afectan el crecimiento y vigor del forraje por lo que ocasiona la disminución de su producción y por tanto la déficit carga de alimento (7).

En los sistemas de producción de forraje convencional existen limitaciones sobre el cultivo de pastizales por el intenso crecimiento de la población y sus consecuentes efectos urbanísticos lo que se han encargado de desplazar a las explotaciones agropecuarias hacia sectores donde la producción forrajera es reducida (2). Lo que implica una demanda de alimentos para los productores a consecuencia de este efecto urbanístico y por lo tanto la disminución de forrajes por las áreas reducidas que no abastecen en la alimentación de las distintas especies ganaderas (8). lo cual obliga a los ganaderos a comprar forraje en lugares ajenos a sus centros de producción, lo que implica un mayor costo de producción, y no conocer a detalle la calidad sanitaria del forraje. (3).

A consecuencia de toda esta problemática los animales tienden a disminuir su tasa de producción, peso y reproducción como también son susceptibles a contraer muchas enfermedades (7) lo que genera pérdidas económicas en los diferentes grupos de producción. Es importante mencionar que estas actividades generalmente son manejadas por productores de bajos recursos económicos cuyos ingresos dependen de estas actividades y también forma parte de su auto abastecimiento familiar (autoconsumo) (8).



## 1.2 Enunciado del problema

### 1.2.1 Problema general

¿Cuál es la producción de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) fertilizado con diferentes niveles de efluentes de cultivo de tilapia (*Oreochromis sp.*)?

### 1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál es la altura del forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) fertilizada con 50% y 100% de efluentes provenientes del cultivo de tilapia (*Oreochromis sp.*)?
- ¿Cuánto será la producción de biomasa del forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) fertilizada con 50% y 100% de efluentes provenientes del cultivo de tilapia (*Oreochromis sp.*)?
- ¿Cuál será el valor nutritivo del forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) fertilizada con 50% y 100% de efluentes provenientes del cultivo de tilapia (*Oreochromis sp.*)?

### 1.2.3 Justificación de la investigación

El forraje hidropónico ofrece la posibilidad de obtener pastos naturales y frescos todos los días del año independientemente de la estación climática, para lo cual requiere mínimas áreas de terreno, poca agua y utilización de semillas que abundan en todas las regiones tales como la cebada, trigo, arroz, sorgo, maíz, etc. (9).

El forraje hidropónico es considerado de muy alta calidad debido a que posee niveles óptimos de energía, vitaminas y minerales. Por su contenido en vitamina A, C y E tiene un marcado efecto en la fertilidad, producción y estado general de ganado lechero (10), representa además una alternativa para afrontar las dificultades de alimentación de los ganados en zonas áridas y semiáridas como también contribuir en la conversión de sistemas convencionales de producción de ganado al sistema orgánico y elevar la condición nutricional del ganado contribuyendo a una actividad agropecuaria sostenible (11) (7) .

Los efluentes provenientes de diferentes sistemas de producción acuícola contienen grandes cantidades de residuos orgánicos de forma suspendida o disuelta en el agua de manera que la reutilización e integración a una producción

hidropónica favorecería el crecimiento de la planta por el contenido de micronutrientes que son esenciales para su desarrollo lo que generaría menores costos de producción en la adquisición de fertilizantes comerciales y sobre todo disminución del impacto ambiental. (12).

A pesar que los efluentes provenientes de los sistemas de producción acuícola son considerados como contaminantes éstas podrían resultar aprovechables para la agricultura siempre y cuando pasen por diferentes tratamientos lo que permitiría la reducción de los efectos negativos y se consideraría amigable para nuestro medio ambiente.

La producción de forraje hidropónico fertilizado con efluente de tilapia puede ser una alternativa favorable para la obtención de forraje hidropónico de alta calidad fuera de productos químicos y saludable para la alimentación ganadera, aprovechando los metabolitos nitrogenados que se generan por la descomposición de residuos de alimento y heces de peces en las actividades acuícolas de tal manera evitar la degradación del medio ambiente por grandes cantidades de desechos que se vierten en el agua afectando negativamente al ecosistema acuático, pudiendo de esta manera generar alternativas de producción a bajos costos, explotación de grandes áreas de terrenos no favorables para la agricultura, uso adecuado del agua mediante el aprovechando de las producciones acuícolas y sobre todo evitando la contaminación ambiental.





## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 2.1 Objetivos de la investigación

##### 2.1.1 Objetivo general

Determinar la producción de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) fertilizado con diferentes niveles de efluentes de cultivo de tilapia (*Oreochromis sp.*).

##### 2.1.2 Objetivos específicos

- Medir la altura del forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) fertilizado con 50% y 100% de efluentes provenientes del cultivo de tilapia (*Oreochromis sp.*).
- Determinar la producción de biomasa del forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) fertilizado con 50% y 100% de efluentes provenientes del cultivo de tilapia (*Oreochromis sp.*).
- Determinar el valor nutritivo del forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) fertilizado con 50% y 100% de efluentes provenientes del cultivo de tilapia (*Oreochromis sp.*).

#### 2.2 Hipótesis de la investigación

##### 2.2.1 Hipótesis general

La producción de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) fertilizado con diferentes niveles de efluentes de cultivo de tilapia (*Oreochromis sp.*) es superior a la producción de forraje hidropónico regadas con solución nutritiva.

##### 2.2.2 Hipótesis específicas

- La producción de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) fertilizada con 50% y 100% de efluentes provenientes del cultivo de tilapia



(*Oreochromis sp.*) es superior en altura a la producción de forraje hidropónico regadas con solución nutritiva.

- La producción de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) fertilizada con 50% y 100% de efluentes provenientes del cultivo de tilapia (*Oreochromis sp.*) es superior en producción de biomasa a la producción de forraje hidropónico regadas con solución nutritiva.
- La producción de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) fertilizadas con 50% y 100% de efluentes provenientes del cultivo de tilapia (*Oreochromis sp.*) es superior en valor nutritivo a la producción de forraje hidropónico regadas con solución nutritiva.

## 2.2 Operacionalización de las variables

**Tabla 1.** Operacionalización de las variables

Variable	Dimensión	Indicador
<b>Independiente:</b> Efluente de cultivo de tilapia	Concentración de efluente	Proporción (%)
<b>Dependiente:</b> Producción de FH	Crecimiento	Altura (cm)
	Biomasa	Peso (kg)
		Humedad (%)
		Materia seca (%)
		Proteína cruda (%)
		Extracto etéreo (%)
		Fibra de detergente neutro (%)
		Fibra detergente ácido (%)
		Lignina (%)
Cenizas (%)		

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 3.1 Antecedentes

- a) En un trabajo de investigación se evaluó y comparó la productividad de cuatro sistemas de cultivo de forraje hidropónico utilizando el agua residual de un cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*), tal experimento se realizó en un invernadero de producción hidropónica, de la Universidad Autónoma de Querétaro, el cual consistió en un diseño factorial en donde se probaron cuatro riegos: agua corriente (grupo control), agua con solución nutritiva, agua proveniente de Tilapia y mixto (solución nutritiva y agua proveniente de tilapia), en tres especies forrajeras: alfalfa, cebada y maíz, el cual se evaluaron del rendimiento en peso húmedo, la altura, porcentaje de humedad, peso seco, porcentaje de materia seca y productividad de materia seca por unidad de superficie ( $m^2$ ) por año. Los resultados mostraron que las diferencias entre especies fueron significativas a la prueba de Tukey ( $p < 0.05$   $\alpha = 0.05$ ). En cuanto a los análisis estadísticos entre riegos, no hubo diferencias significativas en cuanto a los parámetros a excepción de la altura del maíz el cual tuvo mayores valores en el riego hidropónico en la primera corrida del experimento. Mientras que los resultados en la segunda corrida de peso húmedo en maíz tuvieron diferencias significativas entre riegos, sin embargo, estos resultados no afectaron en cuanto al peso seco considerando que el maíz es una especie más productiva y los riegos con agua proveniente de tilapia y mixto sobresalen más entre los diferentes sistemas de cultivo (13).
- b) En un trabajo de investigación en la ciudad de Abancay se determinó la producción de forraje hidropónico de cebada enlazada a un sistema de producción de truchas (acuaponía), donde se utilizaron 150 truchas arcoíris con un peso promedio de 60 g. y 24 kg de cebada para la producción de forraje. Los tratamientos fueron el sistema acuapónico y en sistema hidropónico con doce repeticiones cada uno. Los resultados para el sistema acuapónico fueron superiores en cuanto al rendimiento con 21.50 kg/m<sup>2</sup>, altura con 19.60 cm, diámetro de tallo con 1.38 mm, ancho de hoja 5.17 mm, y el largo de raíz 11.35 cm en comparación al sistema hidropónico cuyos resultados



fueron: rendimiento con 20.89 kg/m<sup>2</sup>, altura 18.30 cm, diámetro de tallo con 1.16 mm, ancho de hoja 5.08 mm y largo de la raíz 11.75 cm. (14).

- c) En el distrito de Ascensión del departamento de Huancavelica se realizó un estudio sobre producción de forraje hidropónico de cebada, trigo y avena utilizando efluentes provenientes de cultivo de trucha arcoíris. Las variables de estudio fueron: la producción de forraje (PF) en kg/m<sup>2</sup>, producción de materia seca (MS) en kg/m<sup>2</sup>, altura de planta (mm/planta), porcentaje de proteína curda (PC) y porcentaje de fibra detergente neutro (FDN) utilizando la prueba de comparación de Tuckey ( $P < 0,05$ ) a los 15, 18 y 21 días de producción. Los resultados fueron altamente significativos para la altura de la planta con un coeficiente de variabilidad (CV) de 4.3%, 3,5% y 5.6% respectivamente; con respecto a la PF se observó una alta significancia con un CV de 15.73%, 17.37% y 14.98% respectivamente; con respecto al porcentaje de MS hubo alta diferencia significativa a los 15 y 21 días, por el contrario no se encontraron diferencias significativas a los 18 días de producción; con respecto al porcentaje de PC se encontró alta significancia con un CV de 3.6%; referente al FDN que también tuvo una alta diferencia significativa por lo que se concluye que la producción de forraje hidropónico es factible utilizando efluentes provenientes de piscigranjas (15).
- d) En el distrito de Ascensión del departamento de Huancavelica se realizó un trabajo de investigación con el objetivo de determinar el efecto del efluente de trucha en la producción de forraje hidropónico de cebada el cual se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos: T0 con 100% de agua del canal de abastecimiento, T1 con 50% de efluente del biofiltro más 50% de agua del canal de abastecimiento y T2 con 100% de efluente del biofiltro; con 10 repeticiones. Las variables que se estudiaron fueron: el tiempo de desarrollo del biofiltro, el contenido de nitrato en el biofiltro, el porcentaje de proteína y la altura de la planta en los días 4, 8, 12 y 16 de producción; y producción de biomasa del forraje hidropónico en el día 16. El desarrollo del nitrato en el biofiltro fue en 90 días a una temperatura media de 14.9 °C y un pH de 8.23. El contenido de nitrato en el biofiltro fue de 2.2 mg/L y en las pozas de trucha fue de 1.2 mg/L. En el porcentaje de proteína del forraje no se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), mientras que si se observó un resultado altamente significativo ( $P < 0.01$ ) en la altura de la planta en los días 4, 8, 12

y 16, como también en la producción de biomasa en el día 16. De tal manera el tratamiento T2 se ubicó en el rango A, el tratamiento T1 rango B y el tratamiento T0 rango C (16).

- e) En un trabajo de investigación realizado en el laboratorio de maricultura de la E.A.P. de Pesquería de la universidad de Trujillo se determinó el crecimiento de lechuga con efluentes de cultivo de tilapia utilizando la técnica de un sistema recirculante (NFT) con capacidad para 50 lechugas, en donde se evaluaron la longitud de hoja (HH) y longitud de raíz (HR) utilizando dos tratamientos; T1: estanque con 50 individuos de tilapia roja, y T2: estanque con 25 individuos de tilapia roja, con un muestreo quincenal por 90 días en cada tratamiento. Los resultados indican que el T1 obtuvo 16,6 cm en HH y 16.4 cm en HR y el T2 obtuvo 11,1 cm de HH y 16,3 cm de HR. Por otro lado, la tasa de crecimiento (TC) y tasa específica de crecimiento (TEC) en el T1 en hoja fue de 0,15 cm/día y 1,98 %/día y en raíz fue de 0,16 cm/día; 2,45 %/día, también se obtuvo un mayor crecimiento en peso fresco total (PFt) de 118.20 g/planta y peso fresco económico (PFe) de 94.40 g/planta y asimismo una rentabilidad de 2,261 kg/m<sup>2</sup>. Por lo tanto, existe diferencia significativa entre la longitud de hoja (HH) y el peso fresco total (PFt) pero no para la longitud de raíz (HR). finalmente se concluye que el tratamiento T1 obtuvo mayor crecimiento de lechuga en el sistema acuapónico (17).
- f) En una planta piloto del laboratorio de mejoramiento genético y producción acuícola en la ciudad de Veracruz se realizó un trabajo de investigación sobre el aprovechamiento de metabolitos nitrogenados de efluente de cultivo de tilapia el cual se realizaron tres tipos de cultivo en un sistema de recirculación acuapónica conformado por 3 tinajas circulares de 7 m<sup>3</sup>, en donde se sembraron 64 tilapias/m<sup>3</sup>. El cultivo se realizó en un sistema acuapónico utilizando hongos setas, forrajes verdes y cucurbitáceas. Los resultados mostraron que la producción de setas en un sistema acuapónico fue superior en un 16 % más que utilizando un riego tradicional; por otro lado, la producción de biomasa en el cultivo de trigo fue de 47.55 kg; mientras que el maíz blanco obtuvo una longitud en tallo de  $27 \pm 2.20$  cm y una mayor eficiencia en la remoción de metabolitos nitrogenados frente al cultivo de trigo. Las plantas de pepino y sandía tuvieron un rendimiento de 27.15 y 4.84 kg en el segundo mes de

cultivo, de manera que estas fueron las más eficientes en aprovechar los metabolitos nitrogenados que las setas y los forrajes. (18)

- g) En el Centro Interdisciplinario de Sinaloa se realizó un bioensayo donde evaluaron la producción semi-intensiva de tilapia y lechuga acrópolis el cual se utilizaron. dos sistemas de filtración acuapónicas, uno con biofiltración y otro con recambio de agua. La producción de tilapia y lechuga un fue de 160 y 30 días. Los resultados mostraron que la tilapia tuvo un mayor crecimiento ( $364.64 \pm 43.16$  g) en el sistema acuapónico con biofiltración, mientras que la lechuga creció mejor en el sistema acuapónico con recambio de agua ( $11.74 \pm 1.63$  g). Se encontró diferencias significativas con el grupo control 100% tierra ( $P < 0.05$ ). Se registraron concentraciones altas de nitritos, amonio y fosfatos en el sistema de biofiltración, mientras que la concentración de nitratos fue mayor en el sistema de recambio de agua ( $P < 0.05$ ). El cultivo tilapia y lechuga en sistemas acuapónicos utilizando métodos de biofiltración y/o riego directo, podrían ser una alternativa para la producción en conjunto con estas especies, sin embargo, es necesario realizar control de la dinámica de nutrientes en el sistema para optimizar el aprovechamiento de la energía a través de todos sus componentes (19).

## 3.2 Marco teórico

### 3.2.1 Cebada

Es una planta de color verde claro con hojas estrechas, su importancia radica en el uso de la alimentación del ganado y por su demanda en la industria cervecera (20). El grano de cebada según a su composición química se considera una importante fuente de proteína, carbohidratos y minerales que también pueden ser incluidos en la dieta de pequeños rumiantes, ganados monogástricos y aves de corral (21).

### 3.2.2 Clasificación Taxonómica

La cebada es un cereal que pertenece a la familia de las gramíneas y tiene gran importancia en la alimentación tanto para animales como para el ser humano y es considerado como el quinto cereal más cultivado en el mundo su nombre científico es *Hordeum vulgare* L. (22).



**Tabla 2.** Clasificación taxonómica de la cebada

CATEGORIA	NOMBRE
<b>Reino</b> :	Plantae
<b>Clase</b> :	Liliopsida
<b>Subclase</b> :	Monocotiledóneas
<b>Orden</b> :	Poales
<b>Familia</b> :	Poaceae
<b>Género</b> :	<i>Hordeum</i>
<b>Especie</b> :	<i>Hordeum vulgare l.</i>

Fuente: (22)

### 3.2.3 Requerimientos nutricionales para un cultivo de cebada

Los requerimientos nutricionales para el desarrollo normal de la cebada son el nitrógeno, fosforo y potasio en mayores cantidades, mientras que el carbono, hidrogeno, oxigeno, calcio, magnesio, cinc, cobre, molibdeno, boro, cloro azufre, hierro y manganeso se requieren en cantidades menores ya que se obtienen del agua y de la atmósfera (23).

### 3.2.4 Forraje hidropónico

La producción de forraje hidropónico resulta de la germinación de semillas ya sea de gramíneas o leguminosas bajo condiciones ambientales controladas como luz, temperatura y humedad en ausencia de suelo (24), esta técnica genera forraje verde con altos niveles de humedad, rico en vitaminas y minerales; y que es utilizado para la alimentación de animales en producción como vacunos, ovinos, caprinos, conejos, ganillas y cuyes, en períodos de sequías y falta de pastizales (25).

Es un sistema de producción de biomasa vegetal que se obtiene en un corto periodo de tiempo, es de alta calidad y sanidad (26), la producción es de 9 a 15 días con alturas alcanzadas de 25 centímetros (27), y según las condiciones como temperatura, luminosidad, humedad, entre otros la producción puede variar de 9 a 20 días, (25).

Durante el proceso de germinación la semilla tiende a sufrir cambios hasta convertirse en planta el cual le permite captar energía luminosa para el crecimiento acelerado y desarrollar su parte radicular y aérea con muy poco contenido de fibra y altos contenidos de aminoácidos en forma libre y que es aprovecha fácilmente por los animales (28).

### 3.2.5 Cebada como forraje hidropónico

La cebada se cultiva predominantemente como principal cereal forrajero, por ello la cebada es utilizada para la alimentación de ganado, ya que es una gran fuente de proteínas y carbohidratos (29), estudios demuestran que la alimentación con cebada germinada representa una alternativa de alimentación complementaria obteniendo una buena conversión alimenticia, mayor ganancia de peso y un costo unitario accesible en la crianza de ganado (30).

El forraje hidropónico de cebada tiene valores altos en conversión de peso de semilla a peso de forraje verde lo que favorece en la ganancia de peso de un animal en un corto periodo de tiempo en relación a alimentos a base de concentrado. Por lo tanto, la mayor utilidad económica a favor de la dieta con forraje hidropónico viene dada por el menor costo en alimento (31).

### 3.2.6 Factores que influyen en la producción de forraje hidropónico

#### 3.2.6.1 Iluminación

La presencia de luz durante la germinación de las semillas no es deseable hasta el tercer o cuarto día de sembrado, terminada el proceso de germinación y hasta la cosecha es necesario un ambiente con buena luminosidad y que la distribución de la luz sea homogénea sobre las bandejas. Si el ambiente es muy cerrado se puede recurrir al uso de luz artificial (fluorescente), iluminando las bandejas por un máximo de 12 a 15 horas. No se debe exponer las bandejas directamente al sol (32).

#### 3.2.6.2 Temperatura

Es importante tener en cuenta que la temperatura en una producción hidropónico juega un papel importante ya que generalmente estas oscilan entre los 18 y 24 °C (33), mientras que otros autores mencionan que la temperatura esta entre los 18 a 25 °C (34), y 15 a 35 °C (35). De manera que para la germinación y crecimiento de los granos en forraje hidropónico es diversa es así que los granos como cebada, avena, y trigo, entre otros, requieren de temperaturas bajas para germinar, el rango de ellos oscila entre los 18°C a 21°C. (11).





### 3.2.6.3 Humedad

La humedad en la producción de forraje hidropónico es un factor de mucha importancia ya que ejerce una influencia directa en el trabajo que desempeñan las hojas porque las raíces de las plantas jóvenes son incapaces de crecer en ambiente secos, como el cultivo de forraje hidropónico que es un cultivo a raíz desnuda, es decir sin sustrato, se deberá realizar en un ambiente con una alta humedad relativa, por encima del 85%. Esta humedad se consigue con la frecuencia de los riegos y de la evapotranspiración de las plantas (36).

Esto indica que su desarrollo óptimo no debe ser menor al 90% y mientras que porcentajes mayores al 90% requieren de una buena aireación para evitar problemas fitosanitarios, especialmente a lo que se refiere a los hongos. En cambio, porcentajes menores a lo recomendado provocarán desecación del ambiente y disminución significativa de la producción por deshidratación. (37).

### 3.2.6.4 Oxigenación

Durante un cultivo de forraje hidropónico es necesario que las plantas tengan una buena oxigenación y que las raíces dependen fundamentalmente de una óptima oferta de oxígeno, por el contrario, las raíces podrían morir ya que estas necesitan respirar aunque los niveles de nutrientes sean adecuados (33) por lo que la falta de oxigenación produce la fermentación de la solución y como resultado la pudrición de la raíz lo que se originaría por la aparición de microorganismos, de manera que una raíz sana y bien oxigenada debe ser blanquecina, de lo contrario ésta se torna oscura debido a muerte del tejido radicular (26).

### 3.2.7 Contenido nutricional del forraje hidropónico

En la producción de forraje hidropónico es necesario determinar en contenido nutricional que la planta presenta dado que la composición nutritiva es variado en sus distintas etapas de crecimiento, a medida que la planta madura en caso de las gramíneas el porcentaje de proteína bruta, la digestibilidad y el contenido mineral disminuyen, esto se debe al aumento en la proporción del tallo cuyo porcentaje de proteínas es inferior al de las hojas, estas variaciones observadas en la proteína son



del 2 al 27% de la materia seca, según la fase de crecimiento, y nivel de fertilidad que presentan el componente para el cultivo (24).

El aumento de proteína va en parte al desarrollo de la planta hasta iniciar el proceso de la fotosíntesis a través de la luz, oxígeno, CO<sub>2</sub>, el nitrógeno y la clorofila; por lo que la planta transforma las sustancias inorgánicas en orgánicas y mientras más temprana la edad de la planta esta poseerá un contenido alto de proteínas, azúcares y carotenos (38) asimismo también dependerá la calidad nutritiva de acuerdo a diferentes factores, como tiempo de cosecha, edad, tipo, variedad, clima y manejo del cultivo (39).

**Tabla 3.** Contenido nutricional del Forraje Hidropónico

Materia seca	20%
Proteína cruda	19.40 %
Digestibilidad	85 %
Fibra cruda	16 %
Grasa	3.2 %
Carbohidratos	58.40 %
N.T.D.	75 %
Fosforo	0.3 %

N.T.D.= Nitrógeno Total Digestible

Fuente: (40)

### 3.2.8 Principales ventajas de la hidroponía

Como principales ventajas se tiene que en los sistemas hidropónicos las labores de cultivo, fumigación, riego y otras prácticas tradicionales extenuantes son eliminadas, gracias a la proporción constante de nutrientes, la planta puede aprovecharlos con mayor eficiencia. El hecho de que los sistemas hidropónicos puedan estar bajo condiciones protegidas permite obtener un mejor control de plagas, una alimentación eficiente de las plantas, un ambiente propicio para el crecimiento óptimo de las raíces y la manipulación de factores como la temperatura, luz, humedad y composición del aire. Además, los pequeños horticultores pueden adaptar pequeños sistemas en los jardines de sus casas (41).

### 3.2.9 Solución nutritiva

Está constituida por el agua de riego y los nutrientes minerales esenciales, los que se añaden a través de sales o fertilizantes comerciales, en cantidades y proporciones adecuadas, de manera que cubran las necesidades de las plantas durante su



crecimiento y desarrollo (42). Cualquier solución nutritiva completa contendrá los macronutrientes esenciales para la planta, tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, elementos que la planta requiere en cantidades relativamente elevadas. También deberá contener los micronutrientes esenciales, como hierro, zinc, manganeso, cobre, boro y molibdeno, aportados generalmente a partir de un complejo comercial (43).

**Tabla 4.** Composición química de la solución nutritiva

<b>Dosificación</b>	<b>Composición</b>	<b>Concentración</b>
<b>Solución “A” 5 ml</b>	Nitrato de potasio	550 mg/L
	Nitrato de amonio	350 mg/L
	Superfosfato triple de calcio	180 mg/L
	Sulfato de magnesio	220 mg/L
<b>Solución “B” 2 ml</b>	Quelato de hierro	17 mg/L
	<b>Micronutrientes</b>	
	Mn	0.8 mg/L
	B	0.3 mg/L
	Zn	0.4 mg/L
	Cu	0.1 mg/L
	Mo	0.05 mg/L

Fuente: Solución hidropónica “La Molina”

### 3.2.10 Forraje hidropónico como alimentación ganadera

La ventaja de producir forraje hidropónico de forma sencilla en bandeja de plástico conlleva a obtener un alimento verde con alto contenido de agua y nutrientes con una masa y volumen considerable y palatable siendo como alimento para varias especies tales como:

- Vacuno
- Equino
- Ovino
- Caprino
- Cuy

- Conejos
- Aves, entre otros

Este sistema de producción es recomendable para la crianza familiar de algunas especies tales como es el caso del cuy, conejo ya que hoy en día la producción de estos animales es de forma tradicional y no ocupa espacios muy amplios de manera que la innovación de esta tecnología suprime la falta de alimento y lo más importante es obtener un forraje de calidad a un bajo costo (44).

### 3.2.11 Efluentes acuícolas

Actualmente la acuicultura enfrenta principales retos sobre el manejo adecuado de sus aguas residuales. Estas aguas suelen estar cargadas de sólidos, moléculas tóxicas en solución, residuos químicos provenientes de excretas, medicamentos y alimentos no consumidos, los cuales son comúnmente vertidos en suelos o cuerpos de agua adyacentes produciendo impactos negativos en el medio ambiente, haciendo que alternativas como los sistemas de recirculación acuícola (SRA) y tratamiento de aguas sean una opción viable e interesante para mitigar los impactos ambientales negativos (45).

Algunas investigaciones han demostrado que los residuos de la acuicultura pueden ser utilizados para nutrir al cultivo vegetal en sistemas hidropónicos (46). De este modo nace la acuaponía, la cual se presenta como una alternativa dirigida al desarrollo sostenible (47). Esta tecnología es un sistema en el cual los residuos producidos por organismos acuáticos son convertidos en nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas por medio de la acción bacteriana, las cuales sirven como fuente de alimento (48). Este sistema además de mitigar el impacto ambiental producido por las granjas acuícolas y obtener un doble beneficio al producir biomasa vegetal y animal, tiene la ventaja de tener un menor consumo de agua que los sistemas hidropónicos y cultivos a cielo abierto (49).

Las plantas se alimentan a partir de los nutrientes disueltos en el medio acuático del efluente, este medio está conformado por bacterias que transforman el amonio a nitritos para luego convertirlos a nitratos, estas transformaciones se llevan a cabo por las bacterias denominadas *Nitrosomonas sp* y *Nitrobacter sp*. En estos sistemas de producción hidropónica las plantas son las responsables de aprovechar, asimilar

y adsorber el nitrato ( $\text{NH}_3$ ) de la columna del agua para su proceso de nutrición y desarrollo (50).

**Tabla 5.** Detalle de la composición química del efluente de tilapia de un sistema de recirculación

Composición	Concentración
N	10.1 mg/L
P	3.0 mg/L
K	3.0 mg/L
Ca	37.9 mg/L
Mg	32.8 mg/L
Fe	0.045 mg/L

Fuente: (51)

### 3.2.12. Aprovechamiento de los efluentes de la acuicultura

El uso del agua para la acuicultura a menudo es relacionado con el uso del agua destinado para la actividad agrícola, así mismo a nivel mundial, es considerada como una competencia directa para el cultivo de alimentos básicos, debido a que requiere de volúmenes significativos para su labor especialmente en sistemas abiertos, donde además las aguas residuales vertidas son perjudiciales para el entorno. sumando a esto, la creciente demanda del vital líquido para la urbanización e industrialización restringe en gran medida el uso para la acuicultura. Sin embargo, en diversos países se han implementado propuestas tecnológicas para el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas provenientes de la acuicultura. Dichas aguas pueden ser utilizadas para irrigación y fertilización de cultivos, o bien se puede crear sistemas de recirculación, donde el consumo de agua es mínimo y no daña el medio ambiente ya que el agua nunca es vertida (52).

## 3.3 Marco conceptual

### 3.3.1 Biomasa o Rendimiento forrajero

Se refiere a la medida del peso total del forraje por unidad de superficie ésta comprende las hojas, tallos, el abundante colchón radicular, semillas sin germinar y semillas semi germinadas (24).



### 3.3.2 Valor nutritivo

Es la calidad de nutrientes que posee un alimento fresco el cual permite satisfacer los requerimientos tales como proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales a los animales (53).

### 3.3.3 Hidroponía

La hidroponía es un sistema de producción de plantas en un medio libre de suelo el cual se caracteriza por el suministro de nutrientes a través del agua aprovechando áreas de poca dimensión como azoteas, suelos infértiles, terrenos escabrosos, etc. y su producción es en cualquier época del año (4).

### 3.3.4 Acuaponía

El termino acuaponía, proviene de la combinación de dos palabras, acuicultura e hidroponía. La primera se refiere a la crianza de peces y la segunda al cultivo de plantas en un medio sin tierra. por tanto, es la integración de las dos técnicas en un solo sistema, el cual tanto peces como plantas juegan un rol importante, el primero por la producción de desechos orgánicos que sirven como nutrientes para las plantas y el segundo actúa como un filtrador de minerales mejorando la calidad de agua para los peces (54).

### 3.3.5 Tilapia

Son peces de agua dulces, originarios del continente africano, los cuales se encuentran actualmente distribuidos en la mayoría de los países tropicales y subtropicales (55). Es un pez de buen sabor y rápido crecimiento, se puede cultivar en estanques y en jaulas, soporta altas densidades, resiste condiciones ambientales adversas, tolera concentraciones bajas de oxígeno y puede ser manipulado genéticamente (56).

### 3.3.6 Efluentes

Flujo de salida de agua residual originados por las actividades domésticas, comerciales, mineras, industriales, agropecuarias las cuales se incorporan a los cuerpos de aguas principales por escurrimiento generando su contaminación (57).

### 3.3.7 Biofiltro

Es un sistema que consiste en la filtración de todos los desechos orgánicos provenientes de un estanque acuícola el cual está conformada por un sustrato, que posibilita la fijación de las bacterias nitrificantes. (16), que transforman el nitrógeno amoniacal excretado por los peces en compuesto menos tóxico y compuestos asimilables por las plantas. Estos procesos, son realizados por un grupo de bacterias que se alojan en estos filtros biológicos (así como en cualquier superficie del sistema) obteniéndose como resultado final, nitratos. (58).

### 3.3.8 Compuesto nitrogenado

Se refiere a las biomoléculas que contienen nitrógeno esto por la descomposición de la materia orgánica (desechos orgánicos) por acción o metabolismo de las bacterias aerobias como son los Nitrosomonas y Nitrobacter las cuales son responsables de transformar el amoniaco en nitritos y nitratos. (59).

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA

#### 4.1 Tipo y nivel de investigación

El tipo de investigación del presente estudio es experimental, prospectivo y longitudinal y el nivel de investigación aplicativo

#### 4.2 Diseño de la investigación

El presente estudio consiste en un diseño de investigación cuantitativa ya que se recopilan datos como el tamaño de la planta en los 5, 10 y 15 días, la producción de biomasa y la concentración de nutrientes del forraje hidropónico mediante un análisis de laboratorio, los resultados se determinarán mediante un análisis estadístico.

#### 4.3 Población y muestra

Se utilizo semillas de cebada (*Hordeum vulgare*) para la producción del forraje hidropónico en 30 bandejas de plástico de tal manera que la muestra estuvo conformada por 3 tratamientos (T0, T1 y T2) cada uno con 10 repeticiones.

**Tabla 6.** Diseño de experimentación

Tratamiento	Descripción	N° de Repeticiones
T0	Solución nutritiva	10
T1	50% Agua + 50% ECT	10
T2	100% ECT	10

ECT=Efluentes del Cultivo de Tilapia



## 4.4 Procedimiento

### 4.4.1 Ubicación del estudio

El trabajo se realizó en un local al que hemos adecuado para nuestro experimento y que está ubicado en el distrito de Tamburco de la provincia de Abancay del departamento de Apurímac a 13°37'05" latitud sur y 72°52'18" latitud oeste a 2,581 m.s.n.m. (60). el cual contaba con un módulo de producción hidropónica con dimensiones de 85 cm de largo x 85 cm de ancho y 2.2 m de alto con capacidad para 40 bandejas hidropónicas; este módulo contaba con dos áreas uno para la germinación (fase oscura) y la otra para la producción (fase luminosa).

El periodo de investigación inicio en el mes de marzo y se culminó en el mes de noviembre del 2018 el cual paso por 2 etapas.

#### a) Etapa de experimentación

- **Elaboración del sistema de cultivo de tilapia.**

Para la elaboración del sistema de cultivo de tilapia se construyó un estanque de tierra con dimensiones de: 1.60 m de largo, 1.40 m de ancho y 0.85 m de profundidad que fue revestida su interior con un plástico de color negro para evitar la pérdida de agua por infiltración del suelo.

Se le adaptó un invernadero alrededor del estanque con el fin de crear un micro ambiente para el acondicionamiento de la tilapia.

Se realizó un sistema de recirculación de agua conectado a un biofiltro que fue elaborado utilizando un balde de 18 litros compuesta por esponjas, canutillos cerámicos y biobolas. El sistema de cultivo se puso en funcionamiento un mes antes de la siembra de tilapia con bombeo y aireación continuo del agua.

- **Siembra de tilapia.**

La siembra se realizó con 500 alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp*) traídas desde la región de San Martín con un peso de 0.50 – 1.5 gramos y una longitud de 1.5 – 2 cm el cual tuvo una alimentación diaria con un alimento balanceado de 45 % de proteína racionadas 4 veces al día.

- **Aclimatación y fase pre experimental de forraje hidropónico.**

La aclimatación de los peces fue esencial para llevar adelante el estudio de tal manera que hubo una reducción en la densidad de los peces a causa de la mortalidad y extracción de sí misma por la alta densidad; la densidad utilizada

para el estudio fue de 160 tilapias en un área de 1.9 m<sup>3</sup> con pesos comprendidos de 56-80 gramos.

Se realizaron los pre-ensayos utilizando dos tipos de semillas A y B para verificar el grado de germinación, ambos tipos de semilla se adquirieron en el mercado local de la ciudad de manera que al realizar la germinación en las bandejas hidropónicas se observó que la semilla A tubo una germinación del 60 a 70 % mientras que la semilla B obtuvo una germinación de 80 – 90 % por lo que se eligió adquirir este tipo de semilla.

#### b) Etapa de producción de forraje hidropónico

- **Selección y pesado de semillas:** Se utilizó semillas disponibles en el mercado local, estas semillas contenían impurezas como: piedrecillas, tierra, semillas partidas, espigas y semillas de otras plantas las cuales se extrajeron manualmente para luego pesarla a razón de 500 gramos por bandeja.
- **Lavado y Desinfección de semillas:** Se realizó un prelavado de las semillas sumergiéndolos en baldes con agua con el fin de eliminar las semillas flotantes y otras impurezas que se vieron, después se realizó el lavado en si con la misma agua agitándolo por unos segundos con el fin de eliminar restos de suciedad y polvareda que se impregna a la semilla, esta acción se realizó dos veces; luego se realizó la desinfección de la semilla con solución de hipoclorito de sodio 4% (lejía) 2 ml/litro de agua por 2 minutos con el fin de eliminar esporas de hongos y bacterias contaminantes para luego enjuagar unas tres veces con el fin de eliminar el olor del producto químico.
- **Remojo y oreo:** Las semillas fueron sometidas a un proceso de remojo por 24 horas, con un intervalo de oreo de 1 hora cada 12 horas, al término de este periodo se depositaron en baldes con orificios en la parte inferior durante 48 horas con el fin de favorecer el crecimiento de las raíces, estas se mantuvieron en un lugar oscuro y bien cerradas; durante este tiempo se verificó la humedad de la semilla evitando que esta se seque.
- **Siembra:** Las semillas enraizadas fueron colocadas de forma cuidadosa en bandejas de 51.3 cm de largo x 36.5 cm de ancho distribuyéndolas homogéneamente por toda la superficie; luego se cubrió con plástico negro lo que favoreció el proceso de germinación y evitó a que las semillas se secan y finalmente se colocó en el módulo hidropónico en la cámara oscura donde

permanecieron 4 días y regadas a una frecuencia de 3 veces al día con agua potable en horarios de 7:00 am, 12:00 pm y 5:00 pm respectivamente.

- **Producción:** Después de la germinación (fase oscura) las bandejas fueron trasladadas al área de producción del módulo hidropónico (fase luminosa) el cual permanecieron 8 días (15 días de producción).
- **Riego:** El riego con fertilizante se realizó inmediatamente después de la fase oscura utilizando la combinación de la solución nutritiva “A” y “B” por cada litro de agua en la tabla 5, se detalla la composición química de nutrientes que existe en la solución nutritiva que se utilizara en el estudio; de igual manera se utilizó el efluente de tilapia en diferentes proporciones (50% y 100%) en la tabla 6, se detalla la concentración de nutrientes del efluente de tilapia (69). Los riegos se realizaron hasta los 3 días antes de la cosecha para luego regarlas 2 días solamente con agua y el ultimo día se dejó orear por 12 horas. Los intervalos de riego fueron 3 veces al día en horarios de 7:00am, 12:00pm y 5:00 pm utilizando una fumigadora pulverizadora de 2 litros.
- **Cosecha:** La cosecha se realizó a los 15 días producción.

#### 4.5 Técnica e instrumento

Para la recolección de datos se utilizó un cuadernillo de apuntes para la toma de muestra las cuales son.

- **Altura.** Se tomó aleatoriamente una planta de la zona central de cada bandeja marcándolo con un anillo pequeño hecha de cinta Masking el cual se midió desde la base de la semilla hasta la punta de la hoja apical los días 5, 10 y 15 utilizando una regla métrica de 30 cm.
- **Biomasa:** Se determinó utilizando una balanza digital en gramos que comprendía desde 1 g. hasta los 5000g; el pesaje se realizó en la etapa de cosecha (15 días) de modo que se dejó orear por un tiempo de 12 horas para eliminar el exceso de agua contenida entre las raíces.
- **Valor nutritivo:** Se obtuvieron tres muestras de cada tratamiento con un peso de 1 kg cada uno y se sometió a deshidratación ambiental en sombra por 5 días para luego empacarlos en papelotes y enviados a la Universidad Católica de Santa María de Arequipa al laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal de la E.P. Medicina Veterinaria y Zootecnia. Para el análisis respectivo.



#### 4.6 Análisis estadístico

Se empleó un diseño estadístico completamente al azar (DCA) siendo el modelo aditivo lineal el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_{ij}$$

**Dónde:**

$X_{ij}$  = Variable de la j-ésima observación, debido al efecto del i-ésimo tratamiento

$\mu$  = Media poblacional

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$\beta_{ij}$  = Error experimental

Por lo que comprendió una prueba de tres tratamientos con diferentes tipos de riegos y 10 repeticiones por tratamiento en total 30 unidades experimentales de manera que las diferencias entre grupos fueron determinadas mediante el análisis de varianza con un nivel de significancia ( $p < 0.05$ ) para las variables (altura y biomasa); para la comparación entre las medias se utilizó la prueba Duncan a un nivel de significancia del 5% el cual se utilizó el programa estadístico IBM SPSS Statistics versión 21.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 5.1 Análisis de resultados

##### 5.1.1 Altura del forraje hidropónico de cebada

En la tabla 7, se muestra por tratamiento los distintos tipos de riego que se realizaron en la producción de forraje hidropónico de cebada durante todo el periodo experimental; al comparar estadísticamente los promedios obtenidos T0, T1 y T2, se tuvo que durante el 5to y 10mo día de producción no se hallaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la altura, mientras que al 15avo día, la producción del tratamiento T0 fue significativamente ( $p < 0,05$ ) mayor que los tratamientos T1 y T2

**Tabla 7.** Análisis de varianza de la altura en cm del forraje hidropónico de cebada de los distintos tipos de riego

Tratamiento	días		
	5	10	15
<b>T0</b>	1,02 ± 0.24 <sup>a</sup>	11.44 ± 1.17 <sup>a</sup>	19.64 ± 2.58 <sup>b</sup>
<b>T1</b>	1,04 ± 0.29 <sup>a</sup>	10.54 ± 1.17 <sup>a</sup>	14.77 ± 1.34 <sup>a</sup>
<b>T2</b>	1,10 ± 0.27 <sup>a</sup>	11.43 ± 1.49 <sup>a</sup>	16.11 ± 1.59 <sup>a</sup>

T0= Solución nutritiva; T1=50% de efluente + 50% de agua; T2=100% de efluente; <sup>a,b</sup> Letras diferentes indican que las medias en cada fila tienen diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

Se puede observar que el T0 del FVH alcanzó una altura de 19.64 cm superior a los T1 y T2 que alcanzaron alturas de 14.77 cm y 16.11 cm respectivamente lo que indicaría que el riego con efluente de cultivo de tilapia en proporciones de 50% y 100% no superó en crecimiento al riego con solución nutritiva posiblemente por la mayor concentración de nutrientes de la solución.



### 5.1.2 Producción de biomasa del forraje hidropónico de cebada

En la tabla 8, se observa el análisis de la varianza de la producción del forraje hidropónico de cebada; se debe entender que por producción nos referimos a la masa (peso) por unidad de superficie en este caso kilogramo de forraje verde por metro cuadrado ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ). Según el análisis de varianza existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) del tipo de riego sobre la producción del forraje siendo el tratamiento testigo T0 superior a los tratamientos T2 y T1.

**Tabla 8.** Análisis de varianza de la producción en kg de forraje hidropónico de cebada a los 15 días

Rendimiento	T0 = solución nutritiva	Tratamiento	
		T1=50% Efluente	T2=100% Efluente
FBVH ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ )	$11.03 \pm 0.57^a$	$10.22 \pm 0.31^b$	$10.61 \pm 0.35^c$
Error	0.181		
C.V. : 4.0 %		Media: 10.62	F <sub>cal</sub> : 9.038

CV=Coefficiente de variación;  $\pm$ =Desviación estándar; <sup>a,b y c</sup> Letras diferentes indican diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) por la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ )

Se puede observar de manera comparativa los resultados de cada tratamiento siendo el tratamiento T0 que obtuvo una mayor producción de forraje de  $11.03 \text{ kg}/\text{m}^2$  regadas con solución nutritiva mientras que en segundo lugar fue el tratamiento T2 con  $10.61 \text{ Kg}/\text{m}^2$  regada con efluente de tilapia a una proporción de 100% y por último el tratamiento T1 con  $10.23 \text{ Kg}/\text{m}^2$  regada con efluente de tilapia a una proporción de 50%.

### 5.1.3 Valor nutritivo del forraje hidropónico de cebada

En la tabla 9, se muestra los resultados obtenidos del análisis físico – químico del Forraje hidropónico de cebada.



**Tabla 9.** Resultados del análisis Físico-Químico del forraje hidropónico de cebada a los 15 días de producción

Tratamiento	PARÁMETROS ANALIZADOS							
	Humedad %	MS %	PC %	EE %	FDN %	FDA %	Lignina %	Cenizas %
<b>T0 =Solución nutritiva</b>	83.43	16.57	15.63	3.38	52.34	26.04	3.34	4.56
<b>T1=50 % Efluente</b>	83.63	16.37	13.65	2.98	48.08	23.35	3.15	3.79
<b>T2=100% Efluente</b>	83.24	16.76	14.5	2.31	56.78	28.14	4.59	3.55

MS=Materia seca; PC=Proteína cruda; EE=Extracto etéreo; FDN= Fibra detergente neutro; FDA= Fibra detergente acida,

Se puede observar detalladamente que el tratamiento T0 obtuvo un porcentaje alto en los parámetros de: proteica cruda (PC) con 15.63%, Extracto etéreo (EE) con 3.38 %, y cenizas con 4.56 % con respecto a los tratamientos T1 y T2; por otro lado, los porcentajes de FDN, FDA, y lignina para el T1 fueron 48.08%, 23.35% y 3.15% menores con respecto a los tratamientos T0 y T2 lo que posibilitaría una mejor digestibilidad en el consumo del forraje.

## 5.2 Discusiones

En nuestro estudio se observó que el tratamiento (T0) tuvo un crecimiento acelerado y los tratamientos T1 y T2 no, esto con debido a la concentración de nutrientes y sales minerales del sistema acuapónico que pudieron ser menores. (51). Por otra parte, el crecimiento del forraje también puede ser afectado por la concentración elevada de amonio por lo que es necesario utilizar biofiltros biológicos para la transformación de los metabolitos “desechos” (61). En el estudio se elaboró un biofiltro para el proceso de la nitrificación del amonio, por ende trabajos similares con efluente provenientes de cultivo de trucha aplicadas como fertilizante para la producción de forraje hidropónico de cebada llegaron a obtener un crecimiento de 10.18 cm y 10.85 cm a los 16 días de producción (16), mientras que la fertilización de forraje hidropónico con solución orgánica (Biol) en otros trabajos alcanzó 14.2 cm a los 18 días de producción (62), de manera que éstos resultados fueron inferiores a lo obtenido en el estudio; por otro lado la fertilización convencional con solución nutritiva en una producción hidropónica resulta mayor en crecimiento alcanzando alturas de 23 – 25 cm (63) (64), éstos resultados son muy superiores a los obtenidos debido a las concentraciones altas y equilibradas de nutrientes en la solución nutritiva comercial

mientras que las concentraciones de nutrientes en el efluente de tilapia no son equilibradas (65) de manera que la baja concentración de minerales como el N, Ca y P hayan podido influir en el bajo crecimiento del forraje (66).

Con respecto a la producción de forraje (biomasa o rendimiento) el riego con solución nutritiva química es superior al riego con solución nutritiva orgánica (biol) debido a los nutrientes necesarios que ésta proporciona a la planta (62); el rendimiento del forraje fresco va a depender en mayor medida en la fertilización de la planta que al genotipo de semilla a utilizar aunque ésta esté fuera de los valores medio ambientales (67) (18), por el contrario se menciona que para obtener un mayor volumen de biomasa es recomendable trabajar con semillas de alta calidad (28) y que factores como la temperatura, humedad y densidad influyen también en el rendimiento del forraje (62), sin embargo, existe situaciones en donde el rendimiento del forraje pueda ser mayor frente al riego con solución nutritiva química debido a que las plantas al no contar con nutrientes en el área donde se desarrollan, estas aumentan el volumen radicular para captar los requerimientos necesarios que existe en el ambiente (68).

Con respecto al valor nutritivo del forraje, el contenido de nutrientes que los animales necesitan, están dentro de la porción seca de un alimento (69), en ese sentido los porcentajes alcanzado en nuestro estudio de materia seca para el tratamiento T0 es de 16.57 % MS mientras que en los tratamientos T1 y T2 es de 16.37% y 16.76 % MS tales resultados fueron inferiores a los obtenidos en un estudio utilizando solo fertilizante químico 21.97 % de MS (1) mientras que fueron superiores a los porcentajes alcanzados en un estudio con fertilización orgánica 9.4% MS (19), en el mismo tiempo de producción de manera que existe mucha variabilidad en el porcentaje de MS debido a las condiciones al cual es sometido la planta durante su crecimiento (70) de manera que la baja disponibilidad de humedad en las plantas no generan su potencial productivo en la producción de materia seca, esto indicaría los resultados obtenidos en nuestro estudio (71).

El porcentaje de Proteína cruda (PC) fue mayor aplicando la solución nutritiva esto por la concentración balanceada de nutrientes que contiene el producto, mientras que valores obtenidos por diversos autores utilizando fertilizantes orgánicos alcanzaron valores de 12.71 % (1) y 13.68% (72) de PC los cuales fueron inferiores a los obtenidos con efluente de tilapia al 100 % esto resulta bueno para la alimentación ganadera puesto que los valores de proteína cruda de una producción hidropónica varían de 12 % a 25% (73) y que no debe ser menor al 7% (74) puesto que el valor obtenidos están por encima de este porcentaje de





manera que el riego con efluente de tilapia al 50% y 100 % en una producción hidropónica es una buena opción.

Los valores de extracto etéreo (EE) obtenidos en el estudio fueron de 3.38 %, 2.98 % y 2.31 % respectivamente siendo así el de mayor porcentaje el de la solución nutritiva; estudios realizados con fertilizantes químicos alcanzaron valores de 5% (62), 4.04 % (75) y 8.31% (76) superiores al nuestro estudio lo que indicaría que el riego con un balance adecuado de nutrientes favorece la concentración de grasas en el forraje lo que implicaría mayor digestibilidad y mejor reabsorción de los nutrientes del forraje (77), (78) y (79).

Con respecto al porcentaje de fibra detergente neutro (FDN) el tratamiento T2 tuvo 56.78% mayor que los tratamientos T1 y T0 con 52.34 % y 48.08 % en comparación con diferentes trabajos utilizando solución nutritiva 12.5% (62), 17.92% (80) y 24.52% (75) de FND, se observa que estos resultados son menores a los obtenidos en el estudio; esto debido a que no solo los días de producción del forraje incrementen el FDN sino que también los factores medio ambientales y fertilización del forraje (81) ; por otra parte se menciona que un contenido menor al 40 % de FDN pueden considerarse de buena calidad y mayores al 60 % pueden interferir con la digestión y el consumo del forraje en los animales (10).

En cuanto a la fibra detergente ácido (FDA) el tratamiento T2 obtuvo 28.14% seguido por el tratamiento T0 con 26.04 % y por último del tratamiento T1 con 23.35 % estos valores fueron superiores en comparación a diferentes estudios donde utilizaron fertilizantes químicos 21% (64) y 20.23% (63). Se menciona que valores que van desde el 18% hasta el 28.2% de FDA favorecen al consumo de materia seca y aumenta la ingestión y digestibilidad del forraje en los animales (74) por lo que es posible obtener valores aceptables de FDA utilizando riego con efluente de tilapia.

En cuanto al porcentaje de cenizas del forraje hidropónico de cebada regadas con solución nutritiva tuvo un porcentaje de 4.56% el cual fue mayor a los tratamientos T1 y T2 con 3.79% y 3.55%, estos fueron inferiores en comparación a diferentes estudios donde utilizaron riegos con diferentes niveles de solución nutritiva 68.66% (82) y 5.26% (75) y superiores a los que se obtuvo con solución orgánica 0.74% (80). Se menciona que la cantidad de cenizas en un forraje va ser de acuerdo al incremento del nitrógeno en el sustrato ya que estos valores varían tanto en su totalidad como en sus componentes parciales (83) por lo que se podría decir que la concentración de nitrógeno en el efluente de tilapia fue menor en comparación a la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva.



## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- El crecimiento del forraje hidropónico de cebada regada con solución nutritiva alcanzó una altura de  $19.64 \pm 2.58$  cm superando ( $p < 0.05$ ) al riego con efluente de tilapia al 100 % que alcanzó una altura de  $16.11 \pm 1.59$  cm y al riego con efluente de tilapia al 50% que alcanzó una altura de  $14.77 \pm 1.34$  cm.
- La producción de forraje hidropónico (biomasa) de cebada regada con solución nutritiva fue de  $11.03 \pm 0.57$  Kg/m<sup>2</sup> superando ( $p < 0.05$ ) al riego con efluente de tilapia al 100% que alcanzó los  $10.61 \pm 0.35$  Kg/m<sup>2</sup> y al riego con efluente de tilapia al 50 % que alcanzó los  $10.22 \pm 0.31$  Kg/m<sup>2</sup>.
- Los parámetros físico-químicos del forraje hidropónico de cebada fertilizadas con diferentes tipos de riegos tuvo una mayor concentración de nutrientes en el tratamiento T0 en comparación con los tratamientos T1 y T2.

#### 6.2 Recomendaciones

- Realizar más trabajos en futuras investigaciones sobre producción de forraje hidropónico enlazadas a los sistemas de producción acuícola
- Realizar pruebas con diferentes densidades de población de una producción acuícola enlazadas a un sistema cerrado hidropónico.
- Realizar los análisis físico - químico del efluente de un sistema de producción acuícola como también realizar el análisis físico-químico del forraje para futuras investigaciones.



- Realizar trabajos sobre reducción de nitratos de una producción acuícola enlazadas a un sistema hidropónico.
- Realizar trabajos sobre ganancia de peso en diferentes especies utilizando forraje hidropónico enlazados a un sistema acuapónico.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Choque Arancibia V. Efecto del té de estiércol de llama en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare L.*) en condiciones controladas. Tesis de Grado para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz; 2015.
2. Pezo D, Holmann F, Arze J. Evaluación bioeconómica de un sistema de producción de leche basado en el uso intensivo de gramíneas fertilizadas, en el trópico húmedo de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 1999; 23(1): p. 105-117.
3. Garduño Toboada F. Modelo de producción de forraje verde mediante hidroponía. tesis para obtener el grado de maestro en Ciencias de Ingeniería de Sistemas. México D. F.: Instituto politécnico nacional escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica; 2011.
4. Beltrano J, Giménez D. Cultivo en hidroponía Buenos Aires: Editorial de la Universidad de la Plata; 2015.
5. Peña. Diario el Correo. [Online].; 2018. Available from: <https://diariocorreo.pe/edicion/ayacucho/heladas-y-bajas-temperaturas-afecta-al-sector-agrario-y-pecuario-828396/?ref=dcr>.
6. Vásquez C. La Republica. [Online].; 2018. Available from: <https://larepublica.pe/sociedad/1339933-ganaderos-culpan-crisis-lluvias-falta-recursos/>.
7. López M, Solís G, Murrieta , López. Percepción de los ganaderos respecto a la sequía: viabilidad de un manejo de los agostaderos que prevenga sus efectos negativos. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*. 2009;; p. 222.
8. Castro G, Lozano A. Ganadería Urbana y Peri-urbana (GUP): conceptualización y caracterización. Montevideo;; 2008.
9. Dulanto M. Producción de Forraje verde por hidroponía. In Curso Producción de cuyes 21 y 22 de junio; 2001; Cajamarca: INIA. p. 20.
10. Candia L. Evaluación de la Calidad Nutritiva de Forraje Verde de Cebada *Hordeum vulgare* Hidropónico, fertilizado con soluciones de guano de Cuy *Cavia porcellus* a dos concentraciones. *Salud y tecnología veterinaria*. 2014;; p. 55-62.
11. FAO. Forraje Verde Hidropónico (Manual técnico) Santiago: FAO-Regional Office; 2001a.
12. Campos-Pulido R, Alonso-López A, Ávalos-de la Cruz A, Asiain-Hoyos A, Reta-Mendiola JL. Caracterización fisicoquímica de un efluente salobre de tilapia en acuaponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2013 mayo;(5): p. 939-950.
13. Putzu Torres AP. Comparación del rendimiento en la producción del forraje verde en diferentes sistemas de cultivo. Tesis para optar el grado de especialidad en Ingeniería de Invernaderos. Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro; 2012.



14. Zavala Aulla. Evaluación del sistema acuapónico de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) y la hidroponía en la producción de forraje verde de cebada (*Hordeum vulgare*). Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo. Abancay: Universidad Tecnológica de los Andes, Escuela Profesional de Agronomía; 2019.
15. Condori Huamán M, Cabrera Vilcas E. Efecto de los hidrocultrivos y tiempos de cosecha en la composición química y producción de cebada (*Hordeum vulgare L.*) trigo (*Triticum aestivum L.*) y avena (*Avena sativa L.*). Tesis para optar el Titulo Profesional de Ingeniero Zootecnista. Huancavelica: Facultad de ciencias de ingeniería escuela profesional de Zootecnia, Facultad de Ciencias de Ingeniería; 2016.
16. Carhuapoma Osnayo W, Curi Castillo G, Chávez Araujo ER, Contreras Paco JL. "Producción de forraje verde hidropónico de Cebada (*Hordeum vulgare*) usando el efluente de piscigranjas en el asilo de ancianos Santa Teresa Jornet-Huancavelica". Revista Complutense de Ciencias Veterinarias. 2014; 8(2).
17. Moreno Simón EW, Zafra Trelles A. Sistema acuapónico del crecimiento de lechuga, *Lactuca sativa*, con efluentes de cultivo de tilapia. Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas. 2014; 34(2): p. 60-72.
18. Cervantes - Santiago A, Hernández - Vergara M, Pérez - Rostro C. Aprovechamiento de metabolitos nitrogenados del cultivo de tilapia en un sistema acuapónico. Ecosistema y recursos agropecuarios. 2016; 7(3): p. 63-73.
19. Rodríguez-González H, Rubio-Cabrera SG, García-Ulloa M, Montoya-Mejía M, Magallón-Barajas FJ. Análisis técnico de la producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y lechuga (*Lactuca sativa*) en dos sistemas de acuaponía. Agroproductividad. 2015;: p. 38-40.
20. Hernández Martínez L. Productividad forrajera de nuevas líneas de cebada imberbe (*Hordeum vulgare L.*) en tres ambientes del norte de México. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo en Producción. Buenavista: Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Fitomejoramiento; 2006.
21. Zamora M, Pérez J, Huerta R, López M, Gómez R, Rojas I. Maravilla: variedad de cebada forrajera para Valles Altos de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2017; 8(6): p. 1449-1454.
22. Pérez J. Morfología y Taxonomía de la Cebada. [Online].; 2010. Available from: <http://lacebada10.blogspot.com/2010/06/morfologia-y-taxonomia-de-la-cebada.html>.
23. Mora M. La fertilización de cebada de riego en Querétaro: Importancia del análisis de suelo y del rendimiento esperado. México F.D.; 2004.
24. FAO. Forraje Verde Hidropónico (Manual técnico) Santiago de Chile: FAO-Regional Office; 2001b.
25. Aguirre C, Abarca P, Mora D, Silva L, Olguín J. Producción de forraje verde hidropónico (FVH). Chile; 2014.



26. Chang M, Rodríguez A, Hoyos M, Falcon F. Manual práctico de Hidroponía Lima-Perú: Centro de investigación de hidroponía y nutrición mineral; 2000.
27. Ticona J, Tito A. Evaluación de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays L.*), con cuatro tipos de abonos orgánicos bajo ambiente atemperado en la provincia Murillo del Departamento de La Paz. APTHAPI. 2017; 3(2): p. 538-544.
28. Valdivia E. Producción de forraje verde hidropónico. In Conferencia Internacional de Hidroponía Comercial; 1997; Lima-Perú. p. 59.
29. Akar T, Avci M, Dusunceli F. Cebada: operaciones posteriores a la cosecha. Ankara - Turkia;; 2004.
30. Dextre A. Evaluación del germinado de cebada (*Hordeum vulgare*) suplementado con mezclas balanceadas simples en empadres, gestación y lactancia en cuyes (*Cavia porcellus*). Tesis de grado para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 1997.
31. Sánchez F, Moreno E, Contreras E, Morales J. Producción de forraje hidropónico de trigo y cebada y su efecto en la ganancia de peso de borregos. Revista Chapingo. Serie horticultura. 2013; 19(4): p. 35-43.
32. Meza Carranco Z. Evaluación de variedades de maíz y densidad de siembra en la producción de forraje verde hidropónico. Tesis para optar el grado de Maestro en ciencias en Produccion Animal. México: Universidad autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía; 2005.
33. Samperio G. Hidroponía básica/ Basic Hydroponics: El cultivo fácil y rentable de plantas sin tierra México: Diana; 1997.
34. Resh H. Cultivo hidropónicos Madrid-España: Mundiprensa; 2001.
35. Sánchez A. Informes Técnicos de Estadía. Informes Internos de la dirección nacional del empleo DINA E Montevideo - Uruguay; 1997.
36. Gutiérrez I, Sánchez S, Calderón F. Cultivo hidropónico Bogotá - Colombia: Génesis Ltda; 2000.
37. Calderón F. Cultivos hidropónicos. Forraje verde hidropónico Bogotá-Colombia; 1992.
38. Rodríguez S. Hidroponía: Una solución de producción en Chihuahua, México. In Boletín Informativo de la Red Hidroponía N° 9.; 2002; Lima - Perú. p. 17-21.
39. Tarazona Rengifo C. Contenido nutricional del germinado de grano de maíz (*zea mays*) a diferentes edades de cosecha en el trópico. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Tingo Maria - Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva, Departamento académico de Ciencias Pecuarias; 2006.
40. FAO. Manual Técnico Forraje verde Hidropónico. [Online].; 1997 [cited 2021 Octubre 12. Available from: (<http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/Germinados.htm#>). 1,.



41. Benton J. Hidroponía: una guía práctica para el cultivador sin suelo. 2nd ed. Florida: CRC Press; 2005.
42. Rodríguez A, Hoyos M, Chang M. Manual práctico de hiroponía. Universidad Nacional Agraria la Molina. 4th ed. Lima; 2004.
43. Baixauli C, Aguilar J. Cultivo sin suelo de hortalizas. Aspectos prácticos y experiencias Valencia: Generalitat Valenciana; 2002.
44. Bioeconomia. Forraje hidropónico, una opción para la pequeña ganadería. [Online].; 2019 [cited 2022 enero 07. Available from: <https://www.bioeconomia.info/2019/04/30/forraje-hidropnico-una-opcion-para-la-pequena-ganaderia/>.
45. Pillay T, Kutty M. Acuicultura: principios y prácticas Oxford: Blackwell Publishing; 2005.
46. Lennard W, Leonard B. Una comparación de tres subsistemas hidropónicos diferentes (lecho de grava, técnica de película flotante y de nutrientes) en un sistema de prueba Aquapónico. Acuicultura Internacional. 2006 Mayo 27; 14(6): p. 539-550.
47. Rakocy J. Preguntas y Respuestas. Revista Aquapónica. 2005;; p. 8-10.
48. Van Gorder S. Acuicultura en pequeña escala. La Asociación de Acuicultura Alternativa Breinigsville - EEUU; 2000.
49. McMurtry M. Eficiencia del uso del agua de un sistema integrado de cocultivo de pescado / vegetales. Revista de la sociedad mundial de acuicultura. 2007; 28(4): p. 420-428.
50. Morales Huamán H. Diseño, construcción y evaluación de un sistema acuapónico prototipo aplicado a tilapia gris S (*Oreochromis niloticus*) y albahaca (*Ocimum basilicum*). Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Pesquero Acuicultor. Lima: Universidad Nacional Federico Villareal, Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura; 2019.
51. Reyes-Flores M, Sandoval-Villa M, Rodríguez-Mendoza N, Trejo-Téllez L, Sánchez-Escudero J, Reta-Mendiola J. Concentración de nutrientes en efluente acuapónico para producción de *Solanun lycopersicum L*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2016;(17): p. 3529-3542.
52. FAO. Estado Mundial de la Acuicultura en 2006 Roma: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO; 2007.
53. INATEC. Nutricion animal Nicaragua: Instituto Nacional Tecnológico; 2016.
54. Sink T, Masabni J. ¿Qué es Acuaponía? [Online]. Texas: Servicio de Extensión de Texas A&M Agrilife; 2017. Available from: <https://docplayer.es/33767344-Soluciones-de-extension-agrilife-que-es-acuaponia-producido-por-el-servicio-de-extension-de-texas-a-m-agrilife.html>.





55. Alcántar J, Santos C, Moreno R, Antonio C. Manual para la producción de supermachos de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) Oaxaca-Mexico: UNPA-PIFI; 2014.
56. NICOVITA. BuscAgro. [Online].; 2008. Available from: [https://www.buscagro.com/detalles/Manual-de-crianza-de-tilapia\\_42861.html](https://www.buscagro.com/detalles/Manual-de-crianza-de-tilapia_42861.html).
57. Colotl LA. ¿Qué son los efluentes líquidos? [Online].; 2021 [cited 2021 Noviembre 23. Available from: <https://aleph.org.mx/que-son-los-efluentes-liquidos>.
58. Bernal I, Garcia E, Soto G. Sistema de producción mixta hoticola- acuicola. [Online].; 2008. Available from: <https://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2008/2VeranoIntroduccion/2BernalMelo.pdf>.
59. Gutiérrez N. Calidad del agua en la acuicultura. [Online].; 2014 [cited 2021 noviembre 26. Available from: <https://sader.jalisco.gob.mx/fomento-acuicola-y-pesquero-e-inocuidad/519#:~:text=histo%C3%B3gica%20del%20epitelio,-,Compuestos%20nitrogenados,bacterias%20sobre%20la%20materia%20org%C3%A1nica>.
60. Wikipedia enciclopedia libre. Distrito de Tamburco. [Online].; 2021. Available from: [https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito\\_de\\_Tamburco](https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Tamburco).
61. Van Gorder S. Producción mediante la optimización de carga continua de sistemas de recirculación de alta densidad Baton Rouge; 1991.
62. Herrera Camasca E, Núñez Rojas E. Producción y uso de forraje verde hidropónico de cebada, maíz amarillo y asociados en el engorde de cuyes. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Zootecnia; 2007.
63. Saavedra Sierra M. Forraje verde hidropónico de tras variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) en la dieta de cuyes (*Cavia porcellus*) en recría. Tesis para optar el título profesional de Medicina Veterinaria Y zootecnia. Abancay: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac, Medicina Veterinaria y Zootecnia; 2018.
64. Birgi A, Gargaglione V, Utrilla V. El forraje verde hidropónico como una alternativa productiva en Patagonia Sur: Productividad y calidad nutricional de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare*). Revista de Investigaciones Agropecuarias. 2018; 44(3): p. 316-323.
65. Cisneros Ruiz KL. Producción acuapónica de tilapia de nilo (*Oreochromis niloticus*) y lechuga (*Lactuca sativa*) con adición de nutrientes deficitarios en el sistema. Tesis para optar título de Ingeniero Pesquero. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Pesquería; 2021.
66. Tetreault J. The development of a naturally-derived hydroponic nutrient solution from recirculating aquaculture system effluent using microbial digestion. Thesis to qualify for the master's degree in Agricultural Sciences. New Hampshire: University of New Hampshire Graduate School; 2020.





67. Salas-Pérez L, Preciado-Rangel p, Esparza-Rivera j, Álvares-Reyna V, Palomino-Gil A, Rodríguez-Dimas N, et al. Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. *Terra Latinamericana*. 2010; 28(4): p. 355-360.
68. Mendoza Rojas R. Producción de cebada (*Hordeum vulgare L.*) bajo sistema hidropónico, en cuatro soluciones nutritivas. Tesis de Grado para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. La Paz-Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía; 2009.
69. Ramírez H. Deficiencia de materia seca en forrajes. [Online].; 2011. Available from: <https://pastosypraderasuis.blogspot.com/2011/10/definicion-de-materia-seca-en-forrajes.html>.
70. Demanet R. Producción de Materia Seca. [Online].; 2012. Available from: [http://www.praderasypasturas.com/files/menu/catedras/praderas\\_y\\_pasturas/2012/10-Produccion-de-Materia-Seca.pdf](http://www.praderasypasturas.com/files/menu/catedras/praderas_y_pasturas/2012/10-Produccion-de-Materia-Seca.pdf).
71. Reyes-Purata A, Bolaños-Aguilar E, Hernández-Sánchez D, Aranda-Ibañez EM, Izquierdo-Reyes F. Producción de materia seca y concentración de proteína en 21 genotipos del pasto humidícola *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. *Universidad y ciencia*. 2009; 25(3): p. 213-224.
72. Gómez Hidalgo I. Evaluación del forraje verde hidropónico de maíz y cebada con diferentes dosis de siembra para las etapas de crecimientos y engorde de cuyes. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ingenierías pecuarias ; 2007.
73. Tarrillo H. Forraje verde hidropónico, forraje de alta calidad para la alimentación animal. Arequipa; 2007.
74. Vargas-Rodríguez C. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *Agronomía mesoamericana*. 2008; 19(2): p. 233-240.
75. Calles Arias. Evaluación de la producción y calidad de forraje verde hidropónico (f.v.h) de cebada con la utilización de diferentes niveles de azufre y su respuesta en ganado lechero. Tesis de grado para optar el título de ingeniero zootecnista. Riobamba: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Escuela de Ingeniería Zootécnica; 2005.
76. Castillo Valdivieso R. Producción de biomasa y calidad nutricional de forraje verde hidropónico de *Avena sativa l.* y *Hordeum vulgare l.* con dos cortes sucesivos. tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Loja: Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables; 2017.
77. Bedolla M, Palacios A, Palacios A, Choix F, Ascencio F, Lopez D, et al. La irrigación con levaduras incrementa el contenido nutricional del forraje verde hidropónico de maíz. *Revista Argentina de Microbiología*. 2015; 47(3): p. 236-244.



78. Meléndez P. Las bases para entender un análisis nutricional de alimentos y su nomenclatura. [Online].; 2015. Available from: <https://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Redes/Detailnoticia.aspx?id=903846>.
79. Soto-Bravo F, Ramírez-Viquez C. Efecto de la nutrición mineral en el rendimiento y las características bromatológicas del forraje verde hidropónico de maíz. Pastos y Forrajes. 2018; 41(2): p. 106-113.
- 80 Luna R. Rendimiento del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare*) forrajera verde en relación a tres métodos de producción hidropónica estándar. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés, Ingeniería Agronómica; 2013.
81. Francesa U. Lechería. [Online].; 2017 [cited 2020 03 13. Available from: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/fibra-forrajes-tropicales-parte-t40551.htm>.
82. Quispe A, Paquiyauri Z, Ramos Y, Contreras J, Véliz M. Influencia de niveles de azufre en la producción, composición química bromatológica y digestibilidad del forraje verde hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare L.*). Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 2015; 27(1): p. 31-38.
83. Maldonado R, Álvarez M, Cristobal D, Rios E. Nutrición mineral de forraje verde hidropónico. Revista Chapingo. Serie horticultura. 2013; 19(2): p. 211-223.

## ANEXOS



**Tabla 10.** Registro de la altura del forraje hidropónico de cebada a los 5,10 y 15 días de producción

Tratamiento	Tipo de riego	Crecimiento en cm del FVH de cebada		
		5 días	10 días	15 días
T0	Solución nutritiva	1.2	9.5	17
T0	Solución nutritiva	0.8	9.4	16.2
T0	Solución nutritiva	0.8	12	21.7
T0	Solución nutritiva	0.8	11.2	17.8
T0	Solución nutritiva	1	13.9	20.3
T0	Solución nutritiva	1.5	14	23.5
T0	Solución nutritiva	1.1	10.2	20.9
T0	Solución nutritiva	1.2	12.5	23
T0	Solución nutritiva	1.1	9.3	17.7
T0	Solución nutritiva	0.7	12.4	18.3
T1	50% agua + 50 % efluente	0.8	8.8	14
T1	50% agua + 50 % efluente	1	8.5	14
T1	50% agua + 50 % efluente	0.6	10.8	14.5
T1	50% agua + 50 % efluente	0.8	9.7	12.3
T1	50% agua + 50 % efluente	0.8	12.8	15.5
T1	50% agua + 50 % efluente	1.5	13.7	16.6
T1	50% agua + 50 % efluente	1.4	11.7	15.0
T1	50% agua + 50 % efluente	1.3	8.9	15.8
T1	50% agua + 50 % efluente	1.2	9.9	13.6
T1	50% agua + 50 % efluente	1	10.6	16.4
T2	100 % efluente de tilapia	1.2	11.3	16.5
T2	100 % efluente de tilapia	1	9.9	15.5
T2	100 % efluente de tilapia	0.7	10.9	14.2
T2	100 % efluente de tilapia	1	9.5	14.4
T2	100 % efluente de tilapia	0.9	11	15.7
T2	100 % efluente de tilapia	1.2	10.2	14.2
T2	100 % efluente de tilapia	1.5	13.6	18.2
T2	100 % efluente de tilapia	1.5	11.2	18.5
T2	100 % efluente de tilapia	1.2	13.5	16.4
T2	100 % efluente de tilapia	0.8	13.2	17.5

**Tabla 11.** Registro de la producción de biomasa del forraje hidropónico de cebada

N <sup>o</sup> de repeticiones	TRATAMIENTOS					
	T0 = Solución nutritiva		T1 = 50% de agua + 50% de efluente		T2 = 100% de efluente	
	g/bandeja	Kg/bandeja	g/bandeja	Kg/bandeja	g/bandeja	Kg/bandeja
1	2.25	11.85	1.99	10.49	2.02	10.63
2	2.13	11.2	2.00	10.51	1.93	10.16
3	2.21	11.63	1.99	10.49	2.06	10.86
4	2.04	10.74	1.90	10.01	2.08	10.96
5	2.18	11.48	1.85	9.74	1.92	10.10
6	2.18	11.45	1.95	10.26	1.94	10.22
7	2.00	10.53	1.85	9.75	2.04	10.75
8	1.98	10.43	1.97	10.36	2.10	11.03
9	1.94	10.21	2.00	10.52	1.98	10.44
10	2.04	10.73	1.91	10.03	2.08	10.92

**Tabla 12.** Resultados del análisis Físico-Químico del forraje hidropónico de cebada a los 15 días de producción

PARAMETROS NUTRICIONALES EN %		T0 (S.N.)	T1 (50% A. - 50% E).	T2 (100% E.C.T)
Humedad (H)	(%)	83.43	83.63	83.24
Materia Seca Total (MST)**	(%)	16.57	16.37	16.76
Proteína cruda (PC)	(%MS)	15.63	13.65	14.5
Extracto etéreo (EE)	(%MS)	3.38	2.98	2.31
Fibra detergente neutro (FDN)	(%MS)	52.34	48.08	56.78
Fibra detergente ácido (FDA)	(%MS)	26.04	23.35	28.14
Lignina (LDA)	(%MS)	3.34	3.15	4.59
Cenizas (CZS)	(%MS)	4.56	3.79	3.55

**Tabla 13.** Datos ingresados para la evaluación estadística en el programa IBM SPSS Statistic Visor 21.0

Numero	Altura_5	Altura_10	Altura_15	Peso
T0	1.2	9.5	17.0	11.9
T0	.8	9.4	16.2	11.2
T0	.8	12.0	21.7	11.6
T0	.8	11.2	17.8	10.7
T0	1.0	13.9	20.3	11.5
T0	1.5	14.0	23.5	11.5
T0	1.1	10.2	20.9	10.5
T0	1.2	12.5	23.0	10.4
T0	1.1	9.3	17.7	10.2
T0	.7	12.4	18.3	10.7
T1	.8	8.8	14.0	10.5
T1	1.0	8.5	14.0	10.5
T1	.6	10.8	14.5	10.5
T1	.8	9.7	12.3	10.0
T1	.8	12.8	15.5	9.7
T1	1.5	13.7	16.6	10.3
T1	1.4	11.7	15.0	9.8
T1	1.3	8.9	15.8	10.4
T1	1.2	9.9	13.6	10.5
T1	1.0	10.6	16.4	10.0
T2	1.2	11.3	16.5	10.6
T2	1.0	9.9	15.5	10.2
T2	.7	10.9	14.2	10.9
T2	1.0	9.5	14.4	11.0
T2	.9	11.0	15.7	10.1
T2	1.2	10.2	14.2	10.2
T2	1.5	13.6	18.2	10.8
T2	1.5	11.2	18.5	11.0
T2	1.2	13.5	16.4	10.4

```

ONEWAY peso BY Numero
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /PLOT MEANS
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=DUNCAN ALPHA(0.05) .

```

**Tabla 14.** Resultados descriptivos, ANOVA y prueba de Duncan de la altura del forraje hidropónico de cebada a los 5 días de producción por el programa IBM SPSS

### Descriptivos

Altura\_5

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
					T0	10		
T1	10	1.040	.2989	.0945	.826	1.254	.6	1.5
T2	10	1.100	.2708	.0856	.906	1.294	.7	1.5
Total	30	1.053	.2662	.0486	.954	1.153	.6	1.5

### ANOVA de un factor

Altura5

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,035	2	,017	,232	,795
Intra-grupos	2,020	27	,075		
Total	2,055	29			

### Prueba Duncan ( $\leq 0.05$ )

Numero	N	Subconjunto para
		alfa = 0.05
		1
T0	10	1.020
T1	10	1.040
T2	10	1.100
Sig.		,544

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 10,000.

**Tabla 15.** Resultados descriptivos, ANOVA y prueba de Duncan de la altura del forraje hidropónico de cebada a los 10 días de producción por el programa IBM SPSS

### Descriptivos

Altura\_10

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
					T0	10		
T1	10	10.540	1.7481	.5528	9.289	11.791	8.5	13.7
T2	10	11.430	1.4997	.4742	10.357	12.503	9.5	13.6
Total	30	11.137	1.6831	.3073	10.508	11.765	8.5	14.0

### ANOVA de un factor

Altura\_10

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	5,341	2	2,670	,939	,404
Intra-grupos	76,809	27	2,845		
Total	82,150	29			

### Prueba Duncan ( $\leq 0.05$ )

Duncan <sup>a</sup>	Numero	N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1
	T1	10	10.540
	T2	10	11.430
	T0	10	11.440
	Sig.		,270

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 10,000.





**Tabla 16.** Resultados descriptivos, ANOVA y prueba de Duncan de la altura del forraje hidropónico de cebada a los 15 días de producción por el programa IBM SPSS

<b>Descriptivos</b>								
Altura15								
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
T0	10	19.640	2.5864	.8179	17.790	21.490	16.2	23.5
T1	10	14.770	1.3491	.4266	13.805	15.735	12.3	16.6
T2	10	16.110	1.5989	.5056	14.966	17.254	14.2	18.5
Total	30	16.840	2.7927	.5099	15.797	17.883	12.3	23.5

<b>ANOVA de un factor</b>						
Altura_15						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Inter-grupos	126,578	2	63,289	17,158	,000	
Intra-grupos	99,594	27	3,689			
Total	226,172	29				

<b>Prueba Duncan (<math>\leq 0.05</math>)</b>				
Duncan <sup>a</sup>				
Numero	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
T1	10	14.770		
T2	10	16.110		
T0	10			19.640
Sig.			,130	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 10,000.

**Tabla 17.** Resultados Descriptivos, ANOVA y prueba de Duncan del peso del forraje hidropónico de cebada a los 15 días de producción por el programa IBM SPSS

### Descriptivos

peso

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
					T0	10		
T1	10	10.216	.3113	.0985	9.993	10.439	9.7	10.5
T2	10	10.607	.3529	.1116	10.355	10.859	10.1	11.0
Total	30	10.616	.5306	.0969	10.418	10.814	9.7	11.9

### ANOVA de un factor

peso

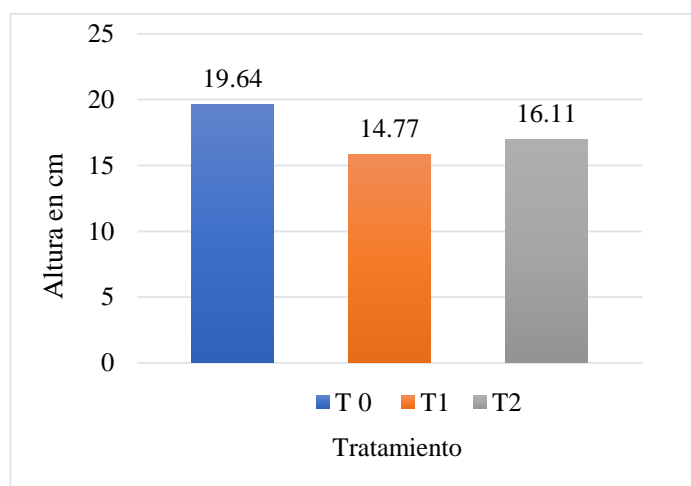
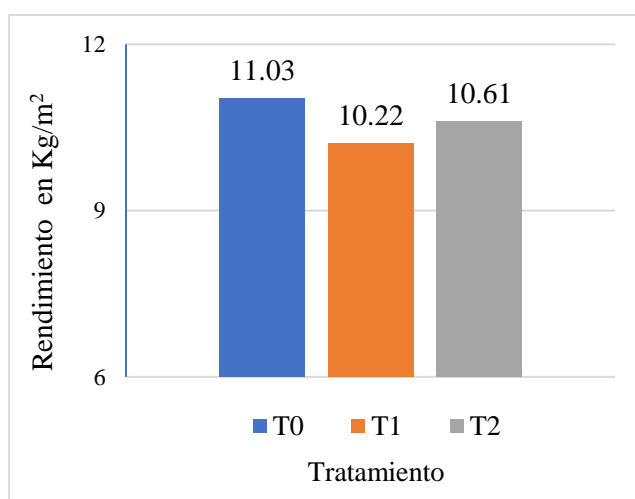
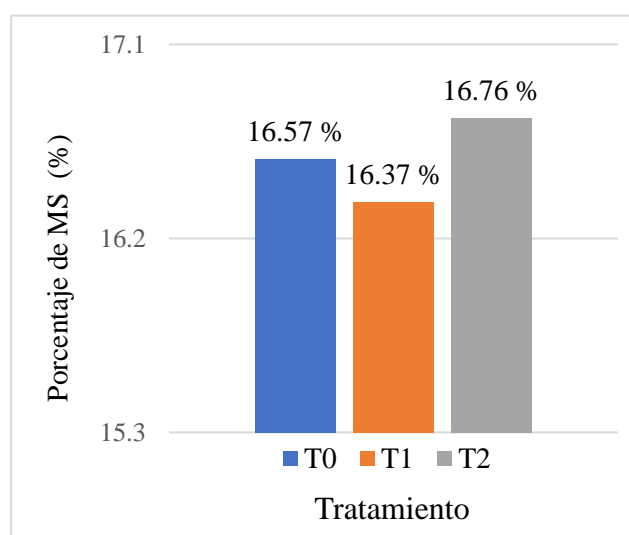
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3,274	2	1,637	9,038	,001
Intra-grupos	4,890	27	,181		
Total	8,164	29			

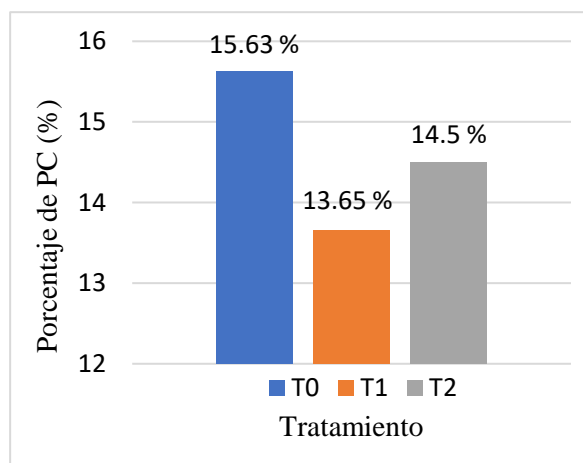
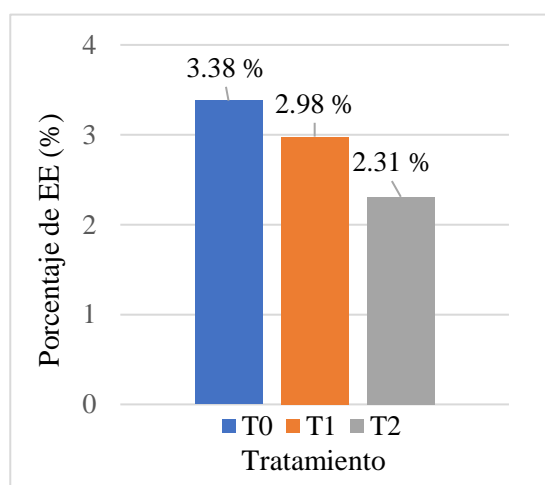
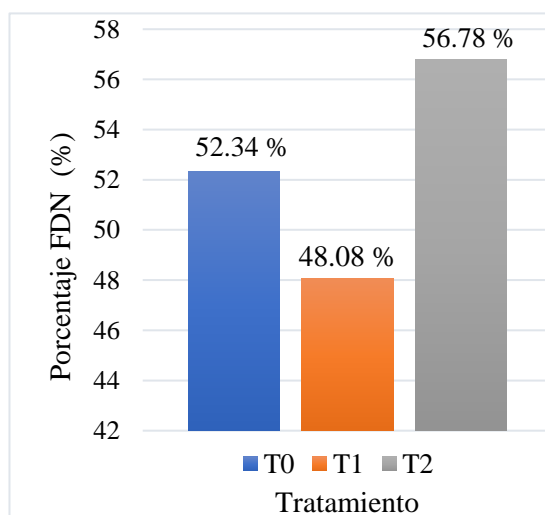
### Prueba Duncan ( $\alpha=0.05$ )

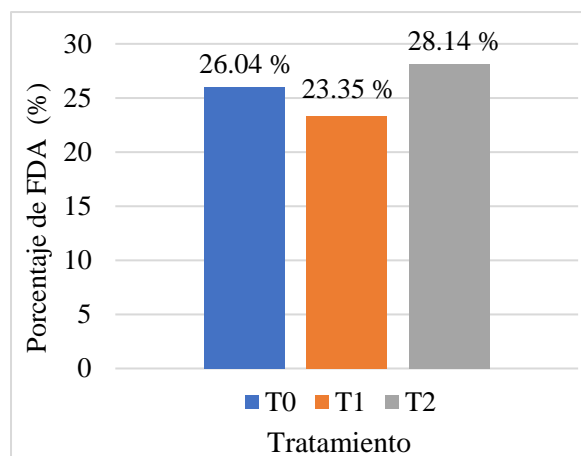
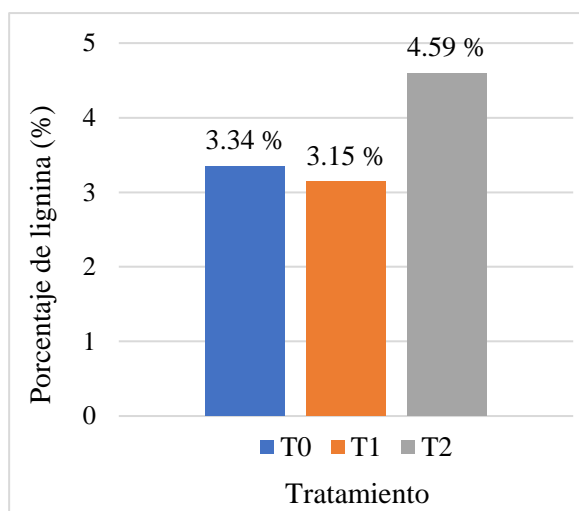
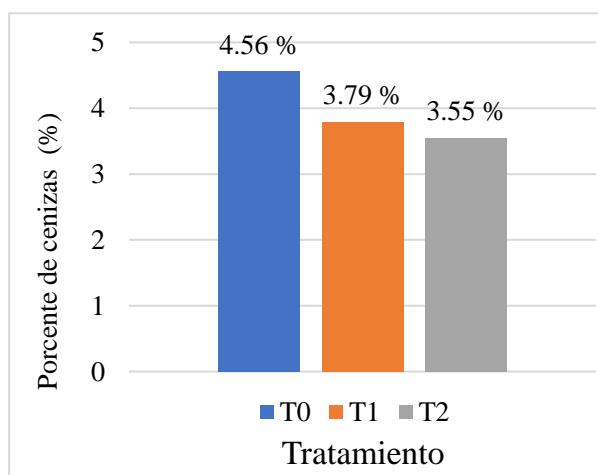
Duncan <sup>a</sup>	Numero	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
			T1	10	10.216
T2	10		10.607		
T0	10			11.025	
Sig.			1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 10,000.

**Figura 1.** Altura del forraje hidropónico de cebada al 15avo día de producción**Figura 2.** Producción de Biomasa (rendimiento) del forraje hidropónico de cebada**Figura 3.** Porcentaje de Materia seca (MS) del forraje hidropónico de cebada

**Figura 4.** Porcentaje de Proteína cruda (PC) del forraje hidropónico de cebada**Figura 5.** Porcentaje de Extracto etéreo (EE) del forraje hidropónico de cebada**Figura 6.** Porcentaje de Fibra Detergente Neutra (FDN) del forraje hidropónico de cebada

**Figura 7.** Porcentaje de Fibra Detergente Ácida (FDA) del forraje hidropónico de cebada**Figura 8.** Porcentaje de Lignina del forraje hidropónico de cebada**Figura 9.** Porcentaje de Cenizas del forraje hidropónico de cebada



**Figura 10.** Poza de producción de tilapia adaptada a un invernadero



**Figura 11.** Sistema de aireación y filtración del efluente



**Figura 12.** Producción de tilapia



**Figura 13.** Tilapia roja (*Oreochromis sp*)





**Figura 14.** Módulo de producción de forraje hidropónico y bandejas



**Figura 15.** Selección de las semillas de cebada





**Figura 16.** Peso y lavado de semillas



**Figura 17.** Germinación de las semillas.



**Figura 18.** Distribución de las semillas germinadas en las bandejas



**Figura 19.** Riego con solución nutritiva y efluente de tilapia



**Figura 20.** Oreo del forraje



**Figura 21.** Medición de la altura y pesaje del forraje hidropónico.



Programa Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Sr(es.)  
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Abancay  
Apurímac



LNAAV/ 080/081/082/2018

Resultados obtenidos de muestras remitidas por el solicitante y corridas en duplicado

### Características Físico-químicas

Todos los resultados en base seca:

Parámetros Nutricionales	Muestra	Cebada hidropónica M1	Cebada hidropónica M2	Cebada hidropónica M3
	Código	080-18	081-18	082-18
Humedad (H)	(%)	4.23	4.85	4.25
Materia Seca Total (MST)**	(%)	95.77	95.15	95.75
Proteína cruda (PC)				14.50
Extracto etéreo (EE)				2.31
Fibra detergente neutro (FDN)	(%MS)	52.34	48.08	56.78
Fibra detergente ácido (FDA)	(%MS)	26.04	23.35	28.14
Lignina (LDA)	(%MS)	3.34	3.15	4.59
Cenizas (CZS)	(%MS)	4.56	3.79	3.55

APRIL I. SUAREZ PASCOR FOL. R.36.  
MIRANDA CARAVANZO ETC. SUAREZ  
LAB. VET. UNAMBA

Arequipa, 14 de diciembre del 2018

\*\* Sólidos totales obtenidos en estufa a 105 °C x 3h

MS, Humedad, PC, EE, CZS según AOAC, (1990)

FDN, FDA, LDA, según Van Soest y Roberston, (1991), modificado por ANKOM, (2005)

FC según ANKOM (2005)

PIDN, PIDA, según Van Soest y Roberston, (1991), modificado por ANKOM, (2005)

pH , método potenciométrico Hanna Instruments

LABORATORIO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL - UCSM E.P. MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Teléfono: 054-382038 Anexo 1186 Celular: 959670257 RPM: #959670257

[lnzavet@ucsm.edu.pe](mailto:lnzavet@ucsm.edu.pe)

Figura 22. Resultados del análisis Físico-químico del Forraje hidropónico de cebada