



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Condiciones Ambientales Optimas para Producción de Forraje  
Verde Hidropónico como Alternativa de Solución para las  
Épocas de Heladas**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA AMBIENTAL

**AUTORA:**

Jiménez Barrera, Jasmin Elizabeth (ORCID: 0000-0001-7184-2692)

**ASESOR:**

Mgtr. Reyna Mandujano, Samuel Carlos (ORCID: 0000-0002-0750-2877)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión de Riesgo y Adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado primordialmente a Dios, a mis padres, a mi novio, a todos los familiares y amistades que día a día me animaron para seguir adelante y luchar por mis objetivos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, mis padres, mi novio, familiares y amistades por su apoyo incondicional.

Agradezco a la Universidad César Vallejo por brindarme la oportunidad de hacer uno de mis objetivos realidad, la de ser una ingeniera ambiental.

## Índice de contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas	vi
Índice de gráficos y figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	7
III. METODOLOGÍA	21
3.1. Tipo y diseño de investigación	21
3.2. Categorías, Sub categorías y matriz de categorización	21
3.3. Escenario de estudio	23
3.4. Participantes	23
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	23
3.6. Procedimiento	23
3.7. Rigor científico	26
3.8. Método de análisis de datos	26
3.9. Aspectos éticos	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1. Tiempo de luz óptimo para la producción de forraje verde hidropónico	27
4.1.1. Semillas de cebada	27
4.1.2. Semillas de maíz	28
4.2. Temperatura óptima para la producción de forraje verde hidropónico	32
4.2.1. Semillas de cebada	32

4.2.2. Semillas de maíz	34
4.3. Humedad relativa óptima para la producción de forraje verde hidropónico	38
4.3.1. Semillas de cebada	38
4.3.2. Semillas de maíz	40
4.4. Condiciones ambientales óptimas para la producción de forraje en Ahuac	43
V. CONCLUSIONES	45
VI. RECOMENDACIONES	46
REFERENCIAS	47
ANEXOS	55

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Matriz de categorización apriorista	22
<b>Tabla 2.</b> Efecto de las condiciones de luz en la producción de forraje verde hidropónico de cebada	27
<b>Tabla 3.</b> Efecto de las condiciones de luz en la producción de forraje verde hidropónico de maíz	29
<b>Tabla 4.</b> Efecto de las temperaturas controladas en la producción de forraje verde hidropónico de cebada	32
<b>Tabla 5.</b> Efecto de las temperaturas controladas en la producción de forraje verde hidropónico de maíz	34
<b>Tabla 6.</b> Efecto de la humedad relativa controlada en la producción de forraje verde hidropónico de cebada	39
<b>Tabla 7.</b> Efecto de la humedad relativa controlada en la producción de forraje verde hidropónico de maíz	40

## Índice de gráficos y figuras

<b>Figura 1:</b> Flujograma del procedimiento aplicado en la recopilación de información	25
<b>Figura 2:</b> Periodos de luz óptima para diferentes granos de forraje verde hidropónico	31
<b>Figura 3:</b> Temperatura óptima para diferentes granos de forraje verde hidropónico	37
<b>Figura 4:</b> Humedad relativa óptima para diferentes granos de forraje verde hidropónico	42

## Resumen

La presente investigación titulada Condiciones Ambientales Optimas para Producción de Forraje Verde Hidropónico como Alternativa de Solución para las Épocas de Heladas tiene como objetivo determinar las condiciones ambientales óptimas para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021, el tipo de investigación fue cualitativo- narrativo tópico, siendo la principal técnica de recolección de información la revisión documental, los artículos fueron descargados de la base de datos de Science direct, Scielo, Dialnet y Redalyc, los resultados obtenidos se determinaron para los cuatros tipos de forraje verde hidropónicos más estudiados, cebada, maíz, trigo y avena siendo las siguientes las condiciones óptimas para su producción para el cultivo de cebada hidropónico es necesario 4 días de luz, temperatura de 22,50 °C y humedad relativa de 70 %, para el cultivo de maíz hidropónico es necesario 8 días de luz, temperatura de 20,18 °C y humedad relativa del 70 %, para el trigo hidropónico es necesario 7 días de luz, temperatura de 26,60 °C y humedad relativa de 75 %, finalmente para la avena es necesario 7 días de luz, temperatura de 25 °C y humedad relativa del 75 %; condiciones que deben ser controladas dentro de un invernadero ya que las condiciones ambientales del distrito de Ahuac no son las más adecuadas para la producción de forraje verde hidropónico con alta calidad alimentaria y buen rendimiento.

**Palabras clave:** Forraje, hidropónico, temperatura, humedad, luz.



## **Abstract**

The present investigation entitled Optimal Environmental Conditions for Hydroponic Green Forage Production as an Alternative Solution for Helada Seasons aims to determine the optimal environmental conditions for hydroponic green forage production as an alternative solution for rainforest seasons in the district of Ahuac – Chupaca – Junín, 2021, the type of investigation was qualitative- topic narrative, being the main information collection technique, document review, articles downloaded from the database of Science direct, Scielo, Dialnet and Redalyc, them The results obtained will be determined for the four types of hydroponic green fodder more studied, barley, maize, wheat and oats, as the following are the optimal conditions for its production for the cultivation of hydroponic barley, 4 days of light are needed, temperature 22,50 °C y relative humidity of 70 % for the cultivation of hydroponic maize is necessary 8 d days of light, temperature of 20,18 °C and relative humidity of 70 %, for hydroponic wheat it is necessary 7 days of light, temperature of 26,60 °C and relative humidity of 75 %, finally for the oat it is necessary 7 days of light, temperature 25 °C and relative humidity of 75 %; conditions that must be controlled within a greenhouse and the environmental conditions of the district of Ahuac are not the most suitable for the production of hydroponic green fodder with high food quality and good yield.

**Keywords:** Forage, hydroponic, temperature, humidity, light.

## I. INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta que la población mundial alcanzará alrededor de 9 mil millones para el año 2050, parece claro que la seguridad alimentaria es uno de los temas centrales del nuevo milenio y, razonablemente, el desafío más urgente para la agricultura. Sin embargo, se debe considerar que la progresiva caída de la superficie del suelo fértil, debido a la contaminación ambiental y los fenómenos de urbanización, complica enormemente el contexto. En este sentido, la intensificación de los ciclos de producción y el enfoque de monocultivo, que favoreció la difusión de muchos patógenos y el desarrollo de las patologías correspondientes, también debe tenerse en cuenta. Además, la estricta dependencia de la práctica agrícola de la disponibilidad de agua en una época de cambios climáticos drásticos (desertificación) que, además, ha provocado cambios bruscos de temperatura que provocaron indirectamente el uso excesivo de fertilizantes, degradando los suelos y contaminando los alimentos, hace que el escenario sea aún más complejo (Sambo et al. 2019).

El Perú al poseer 27 de los 32 climas a nivel del mundo y al presentar gran biodiversidad y una geográfica única, lo hace ser frágil ante el calentamiento global, siendo uno de los primeros tres países más vulnerables al cambio climático según el estudio de Tyndall Center de Inglaterra (Montalvo 2020).

El cambio climático influye considerablemente en factores reflejados en fenómenos climáticos tales como la helada, que azotan a las regiones de la sierra que están por encima de los 3000 m.s.n.m. del país, siendo fuertes entre los meses de abril a octubre, alcanzando temperaturas de cero grados centígrados en junio y julio, las heladas menoscaban la calidad de vida de la población deteriorando gravemente su salud que implica complicaciones respiratoria agudas principalmente en poblaciones vulnerables, además, daña las actividades agropecuarias, afectando a cultivos y ganados implicando enormemente en la seguridad alimentaria. Las heladas cubren los pastizales provocando que el ganado no se alimente y se enfermen, siendo necesario que los pobladores guarden forrajes y henos suficiente como para alimentarlos hasta que pase la temporada de bajas temperaturas, en el caso de los cultivos, estos son afectados si no se cosecha antes de abril o mayo (INDECI 2020).

Según Rosales y Caminada (2016) las heladas en zonas altoandinas, hace aún más dura la temporada de invierno ya que no existen tecnologías útiles que hagan más llevaderas estos fenómenos climatológicos, siendo necesario recubrimientos a las viviendas, soluciones a largo plazo que vayan más allá de donaciones de abrigo y alimentos, ya que, los principales impactos de las heladas causan pérdidas de agricultura del sector pecuario y de vidas humanas. Para mitigar estos impactos se creó la reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres, sin embargo, para el 2018 solo ejecutaron 44 % de los recursos presupuestados, a pesar de que 748 distritos a nivel nacional presentan riesgo ante las heladas afectando directamente a sus cultivos, siendo 25 % de estos distritos que presentan un nivel muy alto de riesgo frente a este fenómeno climático; mientras que para la actividad pecuaria 27 % de 768 distritos presentan niveles muy altos de riesgo, estos distritos vulnerables se caracterizan por bajo desarrollo humano, bajo desarrollo tecnológico, altos índices de inseguridad alimentaria y escasa inversión en cultivos y ganados.

Según el Minagri la actividad agropecuaria desarrollada en las zonas de riesgo involucra 626 mil hectáreas y 6,6 millones de cabeza de ganado, que se encuentran expuestos a las heladas y otros fenómenos climáticos mismos que podrían mermar la seguridad alimentaria de las zonas rurales, de acuerdo a datos históricos, en las últimas 12 campañas agrícolas se ha notado grandes impactos de la helada en el sector agropecuario, registrándose pérdidas de 180 mil hectáreas, siendo el maíz, papa, cebada, arroz, plátano, haba, trigo y frijol los más afectados, además en el último lustro se ha perdido más de 610 mil cabezas de ganado principalmente de llamas y alpacas (Gestión 2018).

El cambio climático en el país también ocasiona migraciones causadas por períodos de frío y heladas principalmente en Cusco, Huancavelica y Puno. La migración en busca de otros ingresos y remesas de dinero, también se nota debido a la escasez de agua impulsada por el retroceso de los glaciares en Áncash, Cusco y Junín, especialmente en etapas posteriores de retroceso. Estos peligros a menudo se combinan con cambios de lluvia generalizados. Los estudios encuentran que los agricultores migran debido a los medios de vida y la inseguridad alimentaria provocada por los cambios en las precipitaciones y las sequías en Áncash, Junín y Piura (IOM 2021).

En la provincia de Chupaca, para el año 2017 las temperaturas más bajas que se registraron en sector ganadero de Laive fueron de -1,4 °C, -1 °C y hasta -0,4 °C según lo descrito en Correo (2017); esta misma realidad se vivió en el último año se registraron temperaturas muy bajas originando heladas desde el día 14 al 22 del segundo mes del año, los distritos más afectados fueron Huachac y Yanacancha, donde se perdieron casi 156,29 ha de cultivos agrícolas mientras que 211,17 ha fueron afectadas, en los animales se perdieron 286 cabezas y fueron afectados otros 584, siendo necesario el seguimiento de Centro de operaciones de emergencia nacional (INDECI 2021).

En Ahuac a 3295 msnm, distrito de la provincia de Chupaca, las heladas también perjudican considerablemente la vida de la población, registrándose en julio del 2016 temperaturas bajas de -11 °C a -8 °C con una frecuencia de 20 a 25 días, generando que 16 niños menores de 5 años presenten casos de neumonía, siendo un nivel de riesgo alto donde la población vulnerable fue de 5968 habitantes según el informe de CENEPRED (2016), en el año 2019 según lo descrito en el plan de contingencia multisectorial ante bajas temperaturas elaborado por la municipalidad de Chupaca, describe que Ahuac tiene un nivel alto de susceptibilidad, nivel medio de vulnerabilidad y nivel alto de riesgo por las heladas, están expuestos en total 1132 ha de superficie agrícola, respecto a la ganadería expuesta se consideró a 6 alpacas, 5565 ovinos, 12 llamas, 2592 vacunos y 2 de caprinos, además los centros poblados dentro del distrito de Ahuac que presentan un nivel de riesgo alto ante las heladas son: Conchangara, Santa Cruz de Iscuhatiana, San Juan Pampa, Amaru Cancha, Capillayo, Ñahuimpuquio y Tucuphuachanan, mientras que los centros poblados que presentan un nivel de riesgo muy alto son Antuyo, San Juan de Ninanya y Santa Rosa de Ninanya (Municipalidad provincial de Chupaca 2019).

En vista de los efectos negativos que causan las heladas en las regiones de la sierra y siendo importante resguardar la seguridad alimenticia surge la idea de un sistema de cultivo sin suelo como es el forraje verde hidropónico siendo una respuesta favorable hacia una agricultura ambientalmente responsable y una oportunidad válida para hacerle frente a los graves impactos negativos que las heladas causan sobre las poblaciones vulnerables en especial sobre la agricultura y ganadería.

La técnica de hidroponía puede satisfacer la creciente demanda de nutrientes para la alimentación del ganado con precios adecuados, además de garantizar una producción constante de alta cantidad de forraje verde durante todo el año siendo aplicada sin requerir extensos terrenos. Tiene una alta calidad de alimento que es rico en proteínas, fibras, vitaminas y minerales con efectos beneficiosos para la salud de los animales según Garuma y Gurmessa (2021), además el forraje verde hidropónico se produce a partir de granos forrajeros, que tienen una alta tasa de germinación y que crecen durante un corto período de tiempo en una cámara especial que proporciona las condiciones de crecimiento adecuadas el desarrollo de este sistema de siembra permite la producción de forraje fresco a partir de avena, cebada, trigo y otros granos (Agius, Pastorelli y Attard 2019).

Tomando en cuenta lo expuesto se formuló el problema general de la investigación que es ¿Cuáles serán las condiciones ambientales óptimas para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021? y los problemas específicos que son: ¿Cuál será el tiempo de luz óptimas para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021?, ¿Cuál será la temperatura óptima para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021? y ¿Cuál será la humedad relativa óptima para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021?

La presente investigación se justifica socialmente debido que, al producir forraje verde hidropónico garantizará una producción ganadera sostenible, ya que cumplirá su función como alimento para el ganado generando una mejora económica social de muchas familias quienes tienen como único sustento económico la ganadería familiar, la cual se ve seriamente afectada por las heladas y que cada año representan cuantiosas pérdidas económicas con la muerte de los ganados; además, con esta revisión se busca brindar propuestas de soluciones tecnológicas a largo plazo para la problemática de las heladas, conllevando a que las poblaciones vulnerables lleven una vida digna y sin

decadencias ni viéndose en la necesidad de salir a buscar oportunidades a las ciudades, preservando la cultura y actividades que sostienen al país.

Como justificación práctica se tienen en que los datos recopilados técnica y científicamente servirán para armar prototipos de sistemas hidropónicos en condiciones ambientales óptimas para la producción de forraje hidropónico verde en épocas de bajas temperaturas; asimismo, como justificación metodológica, se tiene que la revisión teórica de investigaciones recientes acerca de la producción de forraje hidropónico presenta una amplia perspectiva acerca de todas las variables que influyen, y como difieren según el tipo de grano de cereal a producir bajo un sistema hidropónico; generándose una información más completa.

Económicamente la investigación no implica mayores gastos ya que solo se centrará en la investigación técnica científica desarrollada en los últimos años, además, si las poblaciones vulnerables ante las heladas aplicarían el forraje hidropónico no implicarían grandes gastos ya que esta tecnología es bastante simple y fácil, el pasto hidropónico es económicamente más lucrativo para muchos productores de leche debido a su alta productividad y no susceptibilidad a enfermedades e infecciones, ya que las hierbas que crecen en campos abiertos a veces causan diarrea y otras enfermedades a los animales, otros factores económicos importantes son: que la tasa de germinación de semillas en este sistema es aproximadamente del 98 %; el forraje producido a través del sistema hidropónico se puede almacenar hasta por 10 días; una instalación interior con una unidad de forraje hidropónico puede proporcionar suficiente pasto verde para alimentar y nutrir a los animales; y los forrajes cultivados en este sistema son más nutritivos, ricos en minerales y micronutrientes (Uddin y Dhar 2018).

Teóricamente la presente investigación busca brindar información acerca de los sistemas de cultivo sin suelo como son los forrajes verdes hidropónicos, que presentan grandes facilidades para producir alimentos de alta calidad; esta tecnología es una solución para las heladas que causan que no haya alimentos para el ganado en las épocas de bajas temperaturas.

Se justifica ambientalmente por brindar soluciones para las consecuencias de las heladas en las temporadas de bajas temperaturas y que se incrementan por los cambios bruscos que se vienen dando por el cambio climático, aplicando

una alternativa para remediar el efecto de las heladas sobre los cultivos y ganados; también, soluciona la problemática de los suelos contaminados o degradados; por el uso excesivo de fertilizantes químicos o pesticidas, monocultivo, riego con aguas contaminadas, entre otros, factores que no permiten el desarrollo de cultivos; ya que el sistema hidropónico trabaja con agua y sales minerales que funcionan como nutrientes para el crecimiento, desarrollo y producción de plantas alimenticias sin la necesidad del suelo.

Para responder a los problemas planteados se estableció que el objetivo general es determinar las condiciones ambientales óptimas para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021. Asimismo, los objetivos específicos son: Analizar el tiempo de luz óptimas para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021, determinar la temperatura óptima para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021 y determinar la humedad relativa óptima para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

La información analizada y sintetizada para la presente investigación fue en base a la revisión de antecedentes internacionales y nacionales, que comprenden los siguientes:

En los antecedentes internacionales se tiene la investigación de Kim et al. (2019) que tuvo como objetivo optimizar las condiciones de crecimiento para un sistema de cultivo de forrajes frescos para maximizar la productividad de la cebada descascarada; en su metodología determinó los efectos de dos condiciones de crecimiento: temperatura y humedad; en los resultados el modelo predijo una productividad máxima de 12,568 g de cebada a 19,7 °C y 62 % de humedad; concluyeron que el estudio identificó con éxito las condiciones óptimas de crecimiento para maximizar el rendimiento de cebada en el sistema de forraje fresco.

En la investigación de Adekeye, Onifade y Aderinboye (2020) tuvieron como objetivo evaluar los efectos de las fuentes de agua (aguas residuales de los criaderos de peces (FHW), agua de pozo (BW) y solución nutritiva (NS)) y los días para cosechar (8 días, 10 días y 12 días después de la siembra (DAS)) de dos cultivos forrajeros (maíz y trigo) para la producción de forrajes verdes y la eficiencia del uso del agua en condiciones hidropónicas; en su metodología el experimento se realizó a una temperatura ambiente promedio de 25,27 °C y 27,92 °C y una humedad del 82,8 % y 64 % por la mañana y por la noche, respectivamente; los resultados mostraron que el pH de las muestras de agua de riego osciló entre 6,20 y 6,70 mientras que los contenidos de nitrógeno y variaron de 0,01 % - 0,02 %, el cultivo de maíz usó más agua de manera eficiente en los 10 DAS usando NS y trigo a 8 DAS usando BW, registraron un rendimiento fresco ( $t\ ha^{-1}$ ) de 60,42 en maíz usando NS frente a 58,38 registrados en trigo usando BW, el rendimiento de materia seca ( $t\ ha^{-1}$ ), el porcentaje de MS de forrajes frescos y los forrajes verdes ( $kg\ bandeja^{-1}$ ) fueron los más altos usando NS en maíz pero no para trigo usando NS; concluyeron que el cultivo de maíz es una alternativa recomendable para la producción de forrajes verdes hidropónicos con una mejor eficiencia hídrica y rendimientos utilizando una solución nutritiva.



En la investigación de Print (2019) tuvo como objetivo revisar seis tipos de construcciones de plantas de sistemas hidropónicos (HS) basados en tecnología de suministro de nutrientes para plantas: HS de reflujos y flujos, técnica de película de nutrientes (NFT-HS), aeroponía, cultivo de aguas profundas HS; HS "Wick" y HS de riego por goteo; en su metodología revisaron el diseño estructural de los sistemas hidropónicos identificó sus ventajas y desventajas en la producción de forrajes verdes, los resultados demostraron que la tecnología más prometedora para el cultivo de forrajes verdes es la NFT HS, esta tecnología de cultivo es apreciada en la producción de piensos por su volumen de sala de cultivo altamente utilizado y su solución de riego de circuito cerrado, lo que permite automatizarla fácilmente; concluyeron que para optimizar la tecnología de cultivo de forrajes hidropónicos, es conveniente mejorar los equipos NFT y los sistemas de control de procesos.

En la investigación de Acosta et al. (2016) presentaron como objetivo evaluar la influencia de las soluciones nutritivas y los momentos de cosecha en el valor nutritivo y rendimiento de maíz hidropónico; en la metodología las semillas de maíz fueron lavadas y remojadas durante un día, germinaron en ausencia de luz durante 3 días, regándolo seis veces al día, los resultados demostraron que la solución Hoagland y en 12 días de cosecha, el maíz presentó un rendimiento en materia seca entre 137 kg MS/m<sup>2</sup>/año a 114 kg MS/m<sup>2</sup>/año y en proteína bruta de 21,3 kg PB/m<sup>2</sup>/año a 15,5 kg PB/m<sup>2</sup>/año, concluyeron que 12 días de cosecha es la más óptima y que las soluciones Hoagland y FAO lograron maíces de calidad tanto agronómica como bromatológicamente.

En la investigación de Ramírez Víquez y Soto Bravo (2017) tuvieron como objetivo evaluar los efectos de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz; en su metodología, lavaron, desinfectaron y secaron las semillas de maíz, para después ser colocadas en bandejas y ser tapadas con papel húmedo, la germinación lo realizaron en una cámara oscura durante 3 días con una temperatura de 23 °C a 25 °C y humedad de 85 %, cosecharon después de 11 días de crecimiento; los resultados demostraron que la solución nutritiva no influyó en la producción de peso fresco, el mismo que fue 15,28 kg/m mientras que la eficiencia de conversión fue de 5,08 kg/kg; concluyeron que las soluciones nutritivas no son necesarias en la producción de forrajes verdes hidropónicos.

En la investigación de Albert et al. (2016) presentaron como objetivo evaluar el rendimiento en producción y nutrientes de forraje verde hidropónico de maíz, avena y trigo; en la metodología hidrataron las semillas durante un día, después germinaron el maíz en oscuridad durante 3 días, mientras que la avena y trigo germinaron durante 2 días, distribuyeron las bandejas regándolos 10 veces al día dependiendo de la humedad y temperatura que se encontraron a 70 % - 80 % y 25 °C respectivamente, cosecharon trascurridos de 10 a 12 días; los resultados demostraron que al cosechar en 10 días y 12 días el trigo presentó un mayor rendimiento en materia verde de 8,18 kg/m<sup>2</sup> y 10,73 kg/m<sup>2</sup> respectivamente; en el caso de rendimiento de materia seca el maíz mostró mejores resultados de 25,55 kg/m<sup>2</sup> en 10 días de cosecha y 19,2 kg/m<sup>2</sup> en 12 días de cosecha; respecto al promedio de proteína bruta la avena presentó mayores porcentajes de 24 % y 25 % para 10 días y 12 días de cosecha respectivamente; concluyeron que el trigo presentó mejores resultados en materia verde mientras que el maíz presentó mejores resultados en materia seca.

En la investigación de Zeferino et al. (2021) tuvieron como objetivo analizar el rendimiento productivo y bromatológico del forraje verde hidropónico de cuatro variedades nativas de maíz; en su metodología pre-lavaron y lavaron las semillas de maíz blanco Soteapan (V1), maíz blanco tulín (V2), maíz amarillo mecatlan (V3) y maíz blanco Cosoleacaque (V4), germinaron en fase oscura durante 2 días, mientras que la fertirrigación se realizó a partir del cuarto día y la cosecha se prolongó hasta el décimo día, regaron con un sistema de nebulización con un consumo de agua de 6,6 L/h a 7,2 L/h y con una frecuencia de riego de dos minutos cada cuatro horas; los resultados demostraron que la variedad V1 fue la mejor en altura (34,3 cm<sup>-1</sup>), rendimiento potencial (21,5 kg/m<sup>2</sup>) y proteína cruda (22,13 %), existiendo 29 % más raíces; concluyeron que las variedades V1 y V2 tienen gran potencial para la producción de forraje verde hidropónico.

En la investigación de Jamal et al. (2021) tuvo como objetivo evaluar el mejor cultivo forrajero verde hidropónico a condiciones de laboratorio; el proceso experimental se desarrolló en bandejas de plástico de tamaño 12 x 18 pulgadas, la temperatura fue 30 ± 10 °C, los tratamientos fueron T1 = Maíz (300 g), T2 = Avena (300 g), T3 Sorgo, T4 = Maíz + Avena (150 g + 150 g), T5 = Avena +

Sorgo (150 g + 150 g), T6 = Mijo + Avena (150 g + 150 g) y T7 = Maíz + Sorgo (150 g + 150 g), el agua se aplicó tres veces al día; los resultados revelaron que la cantidad máxima de productos frescos verdes para mijo + avena, maíz y avena fue 888,00 g, 883,53 g y 727,21 g respectivamente; concluyeron que en la producción de forrajes verdes en interiores se puede utilizar maíz y avena.

En la investigación de Hegab (2017) tuvieron como objetivo elaborar programas de gestión para los recursos hídricos deficitarios en hidroponía y producción de forrajes verdes; en su metodología realizaron riegos a intervalos de 4 h, 6 h, 8 h, 10 h, 12 h y 14 h con duraciones de 30 s, 45 s y 60 s, tomaron como indicadores principales el agua consumida, peso fresco del forraje verde producido, peso y porcentaje de materia seca, uso eficiente del agua y porcentaje de germinación; los resultados demostraron que la eficiencia en el uso de agua para el mejor tratamiento en el primer, segundo y tercer exponente son 49,11 g de materia seca/L de agua; 79,92 g de materia seca/L de agua y 109,01 g de materia seca/L de agua respectivamente, concluyeron que al aplicar programas triples sucesivos de 60 s por 6 h en el período inicial, 45 s por 10 h en el período intermedio y 30 s por 12 h en el período final se considera la mejor gestión de los recursos hídricos deficitarios dentro de los sistemas de producción de forrajes verdes hidropónicos.

En la investigación de Flores y Chilon (2019) tuvieron como objetivo producir forraje verde hidropónico de cebada con riego de abono orgánico líquido aeróbico (AOLA), midieron las temperatura y humedad del sistema a partir del día de la siembra, aplicaron la AOLA por aspersión a partir del sexto al doceavo día de siembra, las temperaturas oscilaron de 3 °C a 40 °C, mientras que la humedad relativa estuvo entre 69 % a 89 %, la mayor cantidad de P, K, materia orgánica, proteína y valor de materia seca para el forraje fue de 0,32 %, 75 %, 92,30 % 12,2 % y 14,60 % respectivamente, concluyeron que la variedad criolla de cebada presenta valores más altos de nutrientes siendo un forraje de calidad.

En la investigación de Natsheh (2020) tuvieron como objetivo determinar la influencia de diferentes niveles de agua salina sobre el crecimiento de la cebada para la producción de forrajes verdes en condiciones hidropónicas, el proceso experimental se realizó a temperatura de  $24 \pm 1$  °C e iluminación natural; los

resultados mostraron que el peso húmedo de la planta de cebada dio buenos valores (1957g, 2096g y 2117 g) cuando se utilizó 3 ds/m, 6 ds/m y 9 ds/m de agua salina respectivamente, mientras que la planta de cebada presento mayor longitud (20 cm y 19 cm) cuando se utilizó 3 ds/m y 6 ds/m de agua salina respectivamente; concluyeron que a menor concentración de agua salina la longitud de raíz fue más grande.

En la investigación de Shaimaa et al. (2019) tiene como objetivo estudiar factores ambientales que afectan el crecimiento y la producción de cebada en un sistema hidropónico para proporcionar información a los agricultores y tomadores de decisiones mediante el uso del Modelo de Red Neuronal Artificial (ANN) para la predicción de la producción, los insumos en el modelo ANN de cebada fueron: densidad de semillas ( $\text{kg/m}^2$ ), duración de iluminación (h/día), intensidad de luz (Lux), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), humedad relativa (%) y período de crecimiento (días), los resultados demostraron que la densidad de semillas tiene una mayor importancia relativa porcentual, en rendimiento, longitud de planta, proteína (%), materia seca (%) y factor de conversión igual a 22,8 %, 24 %, 25 %, 24 % y 22,8 % respectivamente; concluyeron que el modelo ANN desarrollado fue una herramienta beneficiosa para la predicción de la producción de cebada..

En la investigación de Smith (2018) tuvieron como objetivo determinar la combinación más beneficiosa de tratamiento de remojo junto con el intervalo de riego sobre la tasa de germinación de semillas de cebada, en la metodología colocaron las semillas en una cámara de cultivo equipada con riego por goteo, a continuación regaron cada 2 h, 4 h, 8 h, 10 h y 12 h, la temperatura del cuarto de cultivo hidropónico se mantuvo constante a  $23^{\circ}\text{C}$  usando un fotoperiodo de 16 horas de día/8 horas de oscuridad, cosecharon después de 8 días de germinación, los resultados demostraron un mejor tiempo de remojo previo de solo 1 hora junto con una frecuencia de riego de entre 2 h y 4 h, concluyeron que la cebada presento un porcentaje medio de proteína de 13,97 % y peso húmedo de 294,94 g.

Bhalerao et al. (2019) en su investigación tuvo como objetivo evaluar las dietas hidropónicas de maíz forrajero en cabras durante 84 días, el maíz hidropónico se produjo a una temperatura ( $22^{\circ}\text{C}$  -  $27^{\circ}\text{C}$ ) y humedad óptima (70

%) equipada con riego por aspersión semiautomático, los resultados demostraron que el maíz verde hidropónico contenía 15,05 % de proteína cruda (CP); La ingesta diaria promedio de maíz forrajero fue mayor en T3 (929,99 g) seguido de T2 (827,98 g) y T1 (773,00 g), el aumento de peso corporal diario medio se observó más alto en T3 (56,33 g) seguido de T2 (46,50 g) y T1 (39,83 g); el tratamiento (T3) alimentado con forraje de maíz hidropónico al 40 % mostró mejores y deseables resultados en comparación con el tratamiento T1 y T2, concluyeron que la alimentación de forraje de maíz hidropónico al 40 % con concentrado y forrajes mejora el rendimiento de crecimiento de las cabras.

La investigación de Yousof, Mustafa y Megahed (2018) tuvo como objetivo evaluar la influencia de algunos tratamientos de remojo de semillas y la temperatura de germinación sobre la cantidad y calidad del cultivo de forrajes verdes, en la metodología utilizaron solución de giberelina y extracto de levadura, los resultados indicaron que la semilla empapada en solución de giberelina (12 ppm), extracto de levadura (3 g/L) y a una temperatura de germinación de 35 °C excedieron otros tratamientos de semillas en cuanto a los parámetros de cantidad y calidad del cultivo de forraje verde; concluyeron que remojar la semilla de cebada es un tratamiento bueno, simple y económico para maximizar el rendimiento de forraje germinado bajo diferentes temperaturas durante todo el año.

Ata (2016) tuvo como objetivo de su estudio investigar el efecto de la alimentación con cebada hidropónica (HB) sobre el rendimiento de los corderos Awassi; en la metodología el sistema hidropónico se mantuvo a temperatura controlada de  $24 \pm 2$  °C, la humedad relativa osciló entre el 45 % a 70%, utilizó un total de 50 corderos; los resultados del experimento mostraron que HB tuvo un efecto positivo ( $p < 0,05$ ) en la ingesta de alimento, peso corporal final, ganancia total, ganancia diaria promedio en comparación con los corderos alimentados con la dieta de control, concluyeron que el HB se puede utilizar como pienso para corderos en el período de engorde para mejorar su rendimiento de crecimiento.

La investigación de Soto Bravo y Ramírez Víquez (2018) tuvo como objetivo evaluar el efecto de la nutrición mineral en solución sobre el rendimiento en

fresco (FY) y características bromatológicas del forraje verde hidropónico de maíz (HGF); en la metodología la semilla se pregerminó en cámara de humedad (3 días) sobre bandejas de plástico a una temperatura y humedad relativa máxima, mínima y media de 31,5 °C, 19,7 °C y 23,9 °C, y 97,4 %, 59,8 % y 86,0 % respectivamente, manteniéndose en el invernadero hasta la cosecha en el día 11; los resultados fueron: 20,01 % de proteína cruda; 18,95 % de fibra bruta; 1,48 % de lignina; 4,5 % de ceniza; 7,44 % de extracto etéreo; 88,6 % de digestibilidad de materia seca y 3,2 Mcal kg DM<sup>-1</sup> de energía metabolizable; concluyeron que el rendimiento y la calidad bromatológica del HGF no se vio influenciada por la aplicación de nutrientes minerales en solución.

El-rahman et al. (2017) en su investigación tuvo como objetivo construir y evaluar el desempeño de una unidad hidropónica para la producción intensiva de forraje verde de cebada, el sistema hidropónico construido incluía una unidad de iluminación, de refrigeración y aire acondicionado para conservar las condiciones microclimáticas adecuadas y dosificación de CO<sub>2</sub>; los resultados experimentales revelan que el rendimiento total (4646,4 kg/periodo), el contenido de humedad de la planta (92,13 %), la eficiencia en el uso del agua (156,028 g/L) y la utilidad neta (8256 LE/periodo) estuvieron en la región óptima en condiciones de 8 días de periodo de crecimiento, tasa de aireación de 2 horas/día, con adición de solución nutritiva e inyección de CO<sub>2</sub>, mientras que el porcentaje de proteína (18,29 %) fue óptimo en condiciones de periodo de crecimiento de 5 días, tasa de aireación de 1 hora/día, con adición de solución nutritiva e inyección de CO<sub>2</sub>, mientras tanto, la materia seca (21,12 %) fue óptima en condiciones de periodo de crecimiento de 5 días, tasa de aireación de 2 horas/día, sin adición de solución nutritiva ni inyección de CO<sub>2</sub>.

En el estudio de Akman, Guzel y Gumus (2021) tuvo como objetivo determinar los efectos de agregar semillas de arveja a semillas de *triticale* en diferentes proporciones (100 % *triticale*, T100; 90 % *triticale* + 10 % arveja, TV10; 80 % *triticale* + 20 % arveja, TV20; 70 % *triticale* + 30 % de arveja TV30) sobre los valores de longitud de brotes y raíces y valor relativo de alimentación de forrajes verdes producidos por un sistema hidropónico; evaluaron dos tipos de cereales (*Triticale* y *vicia*), seis tiempos de cosecha (3 días, 4 días, 5 días, 6 días, 7 días y 8 días) y la adición de fertilizantes líquidos (LF-; LF+) las condiciones

ambientales del sistema hidropónico fueron una temperatura de 18 °C -19 °C, humedad relativa del 60 %, tiempo de iluminación de 12 horas y color de luz amarilla, los resultados demostraron que el grupo TV 20% con fertilizante líquido proporcionó los valores más altos de altura de brote de *triticale* y longitud de raíz.

La investigación de Zagal-Tranquilino et al. (2016) tuvo como objetivo producir forraje verde hidropónico de maíz regando cada día, en la metodología el sistema hidropónico se realizó en un invernadero con temperatura de 27 °C a 33 °C y humedad relativa de 52 % a 74 %, los resultados demostraron un rendimiento de 3,51 kg, 80,5 % de germinación, rendimiento de la raíz de 2,53 % y altura promedio de 30,45 cm; concluyeron que la producción de forraje verde hidropónico con riego cada día es factible.

El estudio de Moreno (2018) tuvo como objetivo evaluar la calidad nutricional del forraje verde hidropónico de maíz; en su metodología el módulo de producción hidropónica presento una temperatura máxima y mínima de 31,40 °C y 19,70 °C respectivamente y humedad relativa máxima y mínima de 97,04 % y 59,80 % respectivamente, utilizaron semillas de maíz criollo, los resultados brindaron una altura de 24 cm para el maíz, producción de biomasa de 1,07 MS/m<sup>2</sup> y proteína cruda de 17,20 %; concluyó que el sistema de forraje hidropónico puede realizarse con maíz criollo.

La investigación de Blanco-Capia, Colque-Pérez y Rosales-Mendoza (2019), tuvo como objetivo comparar la producción de cebada en un sistema hidropónico y geopónico, en la metodología los sistemas se realizaron en ambientes controlados con temperatura de 20 °C a 26 °C y humedad relativa de 15,9 % a 24,4 %, desinfectaron e hidrataron las semillas durante 1 día, germinando durante 10 días; los resultados demostraron que la planta tuvo alturas de 23,8 cm y 20,5 cm para los sistemas de hidroponía y geopónico, el rendimiento para hidropónico y geopónico fue de 25,1 kg/m<sup>2</sup> y 24,3 kg/m<sup>2</sup> respectivamente, concluyó que la producción de forraje verde hidropónico es una opción económica y técnica para climas adversos.

La investigación de Trevizan Rispoli y Challapa Moscoso (2020) tuvo como objetivo evaluar el efectos del maíz lluteño y comercial y la calidad del agua de regado en la producción de forraje hidropónico, en la metodología realizaron el

sistema en un invernadero a temperatura de 14 °C a 25 °C y humedad relativa de 60 % a 80 %, las semillas fueron sumergidas durante 1 días para después entrar a una fase oscura durante 2 días, en el cuarto día lo colocaron en anaqueles de siembra para su cosecha en 14 días, los resultados a un uso de agua de 90,5 kg/m<sup>3</sup> fueron: altura de planta de 25,8 cm, materia seca 18,2 % y proteína cruda de 15,38 %; concluyeron que el maíz lluteño presenta mejor rendimiento como forraje verde hidropónico.

El estudio de Nina Luque (2017) tuvo como objetivo utilizar diferentes densidades de siembra para mejorar la producción de forraje verde hidropónico; en la metodología construyeron un módulo hidropónico a temperaturas de 21,5 °C y -6 °C y humedad relativa de 46 %, utilizaron 13,5 kg de semillas sembradas a densidades de 2,5 kg/m<sup>2</sup>, 3 kg/m<sup>2</sup> y 3,5 kg/m<sup>2</sup> y cosechadas a 15 días, los resultados demuestran que a una densidad de semillas de 2,5 kg/m<sup>2</sup>, raíces de longitud de 13,51 cm, peso de 7,8 kg, materia seca de 64,96 % y proteína cruda de 10 %, concluyeron que el forraje verde hidropónico obtenido puede ser aplicado como alimento para los animales.

El estudio de Diaz Palacios (2020) tuvo como objetivo validar la metodología de producción de forraje verde hidropónico propuesto por la FAO; el sistema hidropónico se realizó en un invernadero, utilizó semillas de avena que germinaron a 20 °C durante 3 días, la dosis de siembra fue de 3 Kg/m<sup>2</sup> a 3,5 Kg/m<sup>2</sup>, los resultados demostraron un rendimiento de 14,63 % del forraje verde hidropónico, materia seca total de 15,68 %, proteína cruda de 17,54 %, extracto etéreo de 6,21 % y fibra cruda de 27,74 %; concluyeron que la calidad el forraje verde hidropónico se mantiene presentando mejores ventajas a comparación del forraje convencional.

La investigación de Yansi Méndez y Gonzáles Duarte (2018), tuvieron como objetivo la producción de forraje verde hidropónico en función de dos fertilizantes; en su metodología las semillas de maíz se lavaron, en la pre germinación las semillas se humedecieron durante 1 día y durante 12 horas se orearon, posteriormente sembraron 3,6 kg/m<sup>2</sup> pasando por la fase oscura para después recibir de 12 h a 14 h de luz, la temperatura osciló entre 19 °C a 31°C; los resultados demostraron una altura de planta máxima de 30,51 cm al aplicar



fertilizante foliar, un mayor rendimiento de forraje verde de 1,46 %, proteína cruda de 12,80 % al aplicar el fertilizante de té de bogiña; concluyeron que el forraje verde hidropónico presento calidad nutricional.

La investigación de Sánchez Villca y Chilón Camacho (2019) produjeron forraje verde hidropónico de dos variedades de avena evaluando la aplicación de biol; en su metodología utilizaron 7 kg de semillas de avena de la variedad gaviota y criolla, mismas que se desinfectaron, remojaron, ventearon y pesaron para pasar a la fase de germinación a una temperatura que osciló entre 2 °C a 45 °C y una humedad relativa del 65 % al 70 % en el quinto día de germinación aplicaron el biol, cosechando a los 15 días, los resultados demostraron que el mayor rendimiento para la variedad gaviota y criolla fue de 2,65 kg/0,25 m<sup>2</sup> y 2,10 kg/0,25 m<sup>2</sup>, la materia seca fue del 21 % para la variedad gaviota sin biol, la proteína cruda fue de 13 % para la variedad gaviota con 20 % de biol, y el mayor contenido de materia orgánica fue de 96 % para la variedad criolla sin biol; concluyeron que el forraje verde hidropónico de avena gaviota con 20 % de biol fue más rentable.

En los antecedentes nacionales se tiene la investigación de Aguilar (2016) tuvo como objetivo optimizar el uso de agua en la producción de forraje verde hidropónico (FVH) y determinar su impacto sobre la producción de cuyes; en la metodología limpiaron y desinfectaron las semillas de cebada, después las remojaron durante un día, germinaron en bandejas de cultivo protegidas de la luz, regaron 6 veces al día con solución nutritiva durante 10 días y los dos días siguientes con agua, los resultados demostraron que necesitaron 2,57 L de agua para 1 kg de FVH, el rendimiento a los 12 días de cosecha fue de 3,5 kg por cada 500 g de cebada; el FVH presentó 2,8 % de carbohidratos, 11,98 % de proteínas y 0,94 % de fibra, respecto a la alimentación de los cuyes obtuvieron una mejor rentabilidad de 72,35 %; concluyeron que el FVH mejora la rentabilidad e incrementa el peso de los cuyes.

En la investigación de Ordoñez, Idrogo y Corrales (2018) tuvieron como objetivo evaluar la influencia de soluciones nutritivas sobre el valor nutricional y rendimiento del germinado hidropónico de cebada; en su metodología, limpiaron, lavaron y desinfectaron las semillas, después fueron oreadas durante 2 días en

baldes tapados, germinaron durante 5 días en cámaras oscuras; regaron 4 veces al día aplicando las soluciones nutritivas el cuarto día, dejaron las semillas a la luz el sexto día regando con soluciones nutritivas hasta el octavo día, mientras evaluaron la temperatura y humedad; los resultados demostraron que el tratamiento 3 que consistió en 0,75 mL de nitrato de potasio, amonio y superfosfato triple y 0,35 mL de sulfato de potasio, quelato de Fe y micronutrientes logro mejores resultados de 23,97 kg/m<sup>2</sup> de materia fresca y 2,82 kg/m<sup>2</sup> de materia seca; concluyeron que las soluciones nutritivas en el agua de riego mejoran el valor nutricional y producción del germinado hidropónico de cebada.

La investigación de Kumalasari et al. (2017) tuvo como objetivo estudiar el efecto de diferentes fertilizantes, intensidad de luz y medios sobre el patrón de crecimiento, rendimiento y calidad del forraje semi-hidroponico de maíz; en su metodología utilizaron AB mix nutriente (un fertilizante orgánico) y subur nutriente (fertilizante orgánico), observaron factores ambientales como: intensidad de la luz, temperatura y humedad, los parámetros de esta investigación fueron la altura de la planta, el color de las hojas, el estado de las raíces, el rendimiento de materia fresca y seca y la calidad del forraje; los resultados mostraron que la aplicación de nutrientes de AB mix dio como resultado la mejor altura de planta, rendimiento de materia fresca y seca y calidad de forraje siendo afectado por los factores ambientales; concluyeron que la mejor producción de forrajes de maíz se utilizó como fertilizante orgánico en un día soleado.

El estudio de Pacco (2018) tuvo como objetivo determinar el efecto de fitorreguladores orgánicos sobre la altura, rendimiento de biomasa y análisis bromatológico del forraje verde de cebada en un sistema hidropónico; en su metodología el sistema de cultivo fue fitotoldo, utilizaron 3,5 kg de semillas, la temperatura ambiental máxima fue de 19,5 °C y la mínima de -2 °C, los resultados presentaron altura de planta de 17,47 cm y 15,27 cm, rendimiento de 18,67 kg/m<sup>2</sup> y 16,83 kg/m<sup>2</sup> y 14,27 % y 13,44 % de proteína cruda para la cebada y avena aplicando Biogyz respectivamente; concluyó que la fitohormona Biogyz alcanzó mejores resultados.

La investigación de Tomalá Flores (2021) tuvo como objetivo evaluar la influencia del biofertilizante Bokashi en el rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz; en su metodología utilizaron 500 g de semillas en bandejas de 0,25 m<sup>2</sup>, la germinación se realizó en un túnel de polietileno, donde la temperatura máxima y mínima fue de 26,53 °C y 18,23 °C respectivamente, respecto a la humedad relativa el máximo y mínimo fue de 91 % y 48 % respectivamente en la etapa de oscuridad; los resultados demostraron que con una solución nutritiva Sonnevelde, el rendimiento, altura del maíz y porcentaje de proteína fueron de 2,38 kg, 25 cm y 22,13 % respectivamente, concluyeron que el forraje verde hidropónico con fertilizantes no presento toxinas para el ganado.

La investigación de Rosario Jaramillo (2018) tiene como objetivo establecer la influencia de las densidades de siembra de la cebada en la producción de forraje verde hidropónico, en su metodología el sistema hidropónico se desarrolló en un invernadero a una temperatura de 33,2 °C y humedad relativa de 39,2 %, realizaron la siembra en bandejas tapadas con un plástico oscuro hasta que presentaron una altura de 5 cm para después pasar a la fase luminosa, cosechando cuando la altura fue de 20 cm, los resultados demostraron una mayor densidad de siembra logro un rendimiento de biomasa fresca de 119,70 ton/ha y la menor densidad logró una materia seca de 21,3 % y proteína seca de 17,95 %; concluyeron que una mayor densidad de siembra disminuye el ciclo productivo de los forrajes hidropónicos.

La investigación de Sotelo Toledo (2019) tuvo como objetivo determinar el efecto del volumen de riego en la producción de forraje verde hidropónico de cebada, en su metodología el sistema hidropónico se realizó en un invernadero con temperatura de 6 °C a 30,56 °C y una humedad relativa de 40,54 %, utilizaron 54 kg de semilla de cebada que se lavó y remojo en agua limpia en dos periodos de 12 h con 1 h de oreo, inicio su germinación con 24 h de luz y de oscuridad para después ser sembradas en fase oscura y después en fase luminosa siendo cosechado a los 15 días de siembra; los resultados presentaron 16,63 cm de altura de la planta y rendimiento de 16,92 kg/m<sup>2</sup> se lograron al aplicar 3,3 L/m<sup>2</sup> de agua de riego; mientras que el contenido de materia seca de 18,8 % se alcanzó al aplicar 1,1 L/m<sup>2</sup> de agua de riego; concluyeron que grandes

volúmenes de agua de riego generan que el forraje tenga menor contenido de materia seca.

La hidroponía se define como una técnica de cultivo de plantas en agua rica en nutrientes sin suelo durante un período corto de tiempo en condiciones controladas. El forraje producido a partir de hidroponía consiste en pasto con granos, raíces, tallo y hojas según Indira et al. (2020), Raghavendran, Alex Albert y Tamilselvan (2020) y Silva Almeida et al. (2020). La semilla es el componente principal y aporta casi el 90 % del costo total de producción en la tecnología hidropónica de producción de forrajes. Se informa que los forrajes cultivados con esta tecnología tienen más nutrición, digestibilidad y palatabilidad. Los principales insumos de esta tecnología agrícola son el agua con nutrientes añadidos y la luz solar. (Sharma, Gupta y Grassland 2020).

El principio básico para la producción de forrajes hidropónicos es que los granos de cereales responden a la humedad y la solución nutritiva para la germinación y el crecimiento en ausencia de un medio de cultivo sólido para producir plantas verdes en poco tiempo. La solución nutritiva contiene nutrientes importantes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, etc Kumar et al. (2018).

Pasos para la producción de forrajes hidropónicos: primero se remojan las semillas en agua; para una germinación adecuada de las semillas; se requiere remojarlas con agua dulce durante 4 h a 20 h dependiendo de la dureza de la capa de la semilla, la germinación también está influenciada por la temperatura del agua o la solución utilizada para remojar; brote de semillas: las semillas se esparcen en bandejas de plástico o bandejas metálicas livianas con orificios de hasta 1 cm de profundidad para que la solución de desecho con nutrientes se pueda recolectar y reciclar; bandejas: las bandejas utilizadas deben estar libres de polvo o impurezas y deben lavarse adecuadamente con solución de limpieza, las bandejas se mueven y se colocan en la sección germinada después de la germinación de la semilla, cambio regular de bandejas al siguiente nivel: la semilla se mantiene húmeda rociando agua, las bandejas deben cambiarse al siguiente nivel todos los días para pasar al siguiente paso en el ciclo de crecimiento, también rotar las bandejas según su crecimiento; cosecha: La

estera de forraje está lista para la cosecha después de 7 días - 8 días de la siembra y puede darse como alimento directo al ganado; después de la cosecha, las bandejas deben lavarse adecuadamente con la ayuda de una solución limpiadora para poder reutilizarlas para el siguiente ciclo según Sharma, Gupta y Grassland (2020) y Jemimah et al. (2020).

Entre sus principales ventajas están: eficiencia al proporcionar un entorno óptimo, la eficiencia de la producción de forrajes aumenta notablemente. Los sistemas hidropónicos minimizan el gasto innecesario de agua, ya que se aplica directamente a las raíces pudiendo ser reciclado varias veces. Sin embargo, el agua debe estar limpia porque las bacterias y los hongos proliferan durante el reciclaje durante el ciclo de crecimiento según Bakshi, Wadhwa y Harinder (2017). Reduce el espacio, requieren mucho menos espacio y son ideales para habitantes urbanos con espacio limitado, se pueden producir diariamente hasta 1000 kg de forraje de maíz en un área de 45 m<sup>2</sup>-50 m<sup>2</sup>, lo que equivale al forraje convencional producido en 25 acres de tierra cultivable según Shit (2019). Reduce el tiempo de crecimiento, la tecnología hidropónica tarda solo 8 días en desarrollarse desde la semilla hasta el forraje según lo expuesto por Bekuma (2019). Nutrientes esenciales, las semillas están compuestas por una cáscara a base de fibras de celulosa que contienen vitaminas del grupo B, así como vitamina E, ácido fólico, germen que tiene grasas insaturadas, y su almendra interna está compuesta por almidón, las características más relevantes de los granos de forraje son la materia seca de 32,0 % y la proteína cruda hasta el 9,0 % según Morales Sinchire et al. (2020) y Núñez-torres y , Guerrero-López Jorge (2021).

De acuerdo a Shit (2019) los factores ambientales son importantes para optimizar el crecimiento y la producción de forrajes hidropónicos. Se debe mantener el nivel estándar de señales ambientales como temperatura (19 °C a 22 °C), humedad (promedio 60 %), intensidad de luz (2000 lux), duración (12 h-16 h y aireación durante 3 minutos en cada intervalo de 2 h).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

El tipo de investigación fue cualitativo- narrativo tópico que consistió en la recopilación de información y resultados de anteriores investigaciones acerca de la producción de forraje hidropónico y se determinó cuáles fueron las condiciones ambientales óptimas.

Cualitativo porque se basa en una lógica y proceso inductivo que consiste en la exploración, descripción y la generación de perspectivas teóricas, basándose en la recolección de datos no estandarizados, ni determinados completamente, narrativo porque busca entender fenómenos proceso o eventos estudiados a través de las experiencias contadas por quienes lo experimentaron, es decir los argumentos para el desarrollo de la investigación provienen de la experiencia de otros investigadores, siendo tópico porque se centra en la recolección de datos del tema investigado según (Hernández, Fernández y Baptista 2014).

El diseño que se aplicó fue el narrativo ya que la investigación presentó la recopilación científica acerca de condiciones ambientales óptimas para la producción de forraje verde hidropónico, pero también a través de esta recopilación busca dar una solución a la problemática de las heladas que azotan a los andes peruanos.

El diseño narrativo se orienta en la recolección de datos para posteriormente describirlos y analizarlos, presentando un esquema de investigación y de alguna forma de intervención, además el diseño fue narrativo de tipo tópico y se enfocó en una temática de acuerdo a (Salgado 2007).

#### **3.2. Categorías, Sub categorías y matriz de categorización**

En la **Tabla 1** se presenta la matriz de categorización apriorista, señalando los problemas y objetivos específicos, además, de categorías y sub categorías.

**Tabla 1.** Matriz de categorización apriorista

PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CATEGORÍAS	SUB CATEGORÍAS	UNIDAD DE ANÁLISIS
¿Cuál será el tiempo de luz óptimas para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021?	Analizar el tiempo de luz óptimas para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021.	<b>Condiciones de luz</b>	Horas de germinación en oscuridad Horas de exposición a la luz	Kim et al. (2019), Print (2019), Acosta et al. (2016), Ramírez Víquez y Soto Bravo (2017), Albert et al. (2016), Zeferino et al. (2021), Ordoñez, Idrogo y Corrales (2018) y Kumalasari et al. (2017)
¿Cuál será la temperatura óptima para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021?	Determinar la temperatura óptima para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021.	<b>Condiciones de temperatura</b>	Temperatura de germinación	Kim et al. (2019), Adekeye, Onifade y Aderinboye (2020), Ramírez Víquez y Soto Bravo (2017), Albert et al. (2016), Ordoñez, Idrogo y Corrales (2018), Kumalasari et al. (2017) y Jamal et al. (2021)
¿Cuál será la humedad relativa óptima para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021?	Determinar la humedad relativa óptima para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021.	<b>Condiciones de humedad relativa</b>	Humedad para la germinación	Kim et al. (2019), Adekeye, Onifade y Aderinboye (2020), Albert et al. (2016), Ramírez Víquez y Soto Bravo (2017), Ordoñez, Idrogo y Corrales (2018) y Kumalasari et al. (2017)

### **3.3. Escenario de estudio**

Sé desarrollo un tipo de investigación cualitativa exploratoria enfocándose en revisiones bibliográficas sobre las condiciones ambientales óptimas para la producción de forraje verde hidropónico en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín.

### **3.4. Participantes**

Las investigaciones revisadas se han seleccionado de la base de datos de Elsevier, Google académico, y revistas internacionales como: Academic journals, European academic research, Chemical engineering transactions, entre otros.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La recolección de datos es el plan detallado de procedimientos que permitan la recopilación de información determinando las fuentes que deben ser confiables según Hernández, Fernández y Baptista (2014), para recolectar la información es importante seleccionar el instrumento mediante el cual se extrae la información .de la realidad estudiada

La principal técnica de recolección de información fue la revisión documental, buscando la información requerida, para seleccionar y extraer información de la variable estudiada, evaluando diferentes posiciones que permite un análisis a profundidad del tema según Hernandez Mendoza y Duana Avila (2020); para después sistematizar la información de acuerdo a lo descrito se anexa un cuadro de técnica de recolección de datos donde se muestra los artículos revisados en la presente investigación.

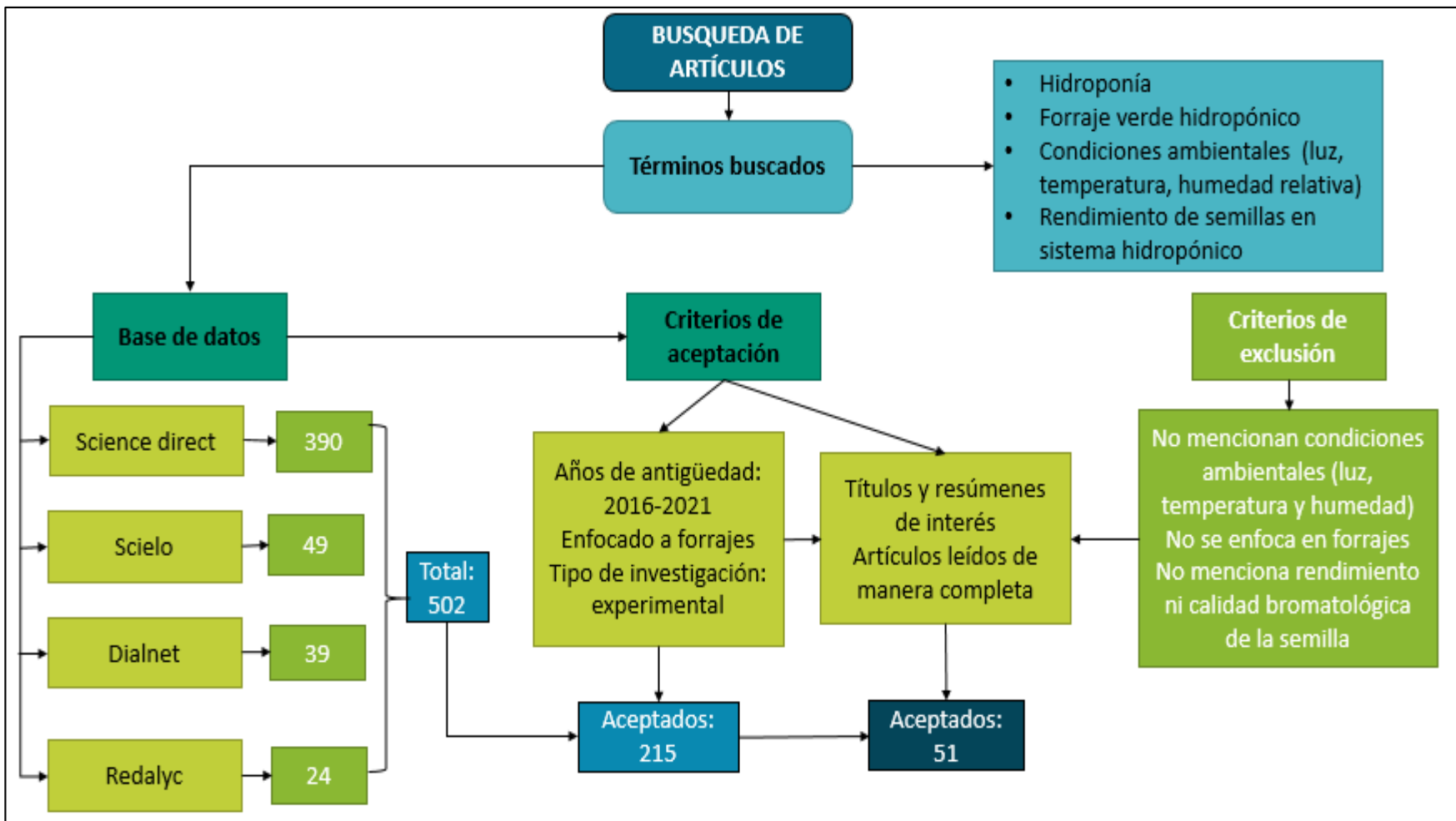
Los instrumentos de revisión documental son las matrices de análisis, que agrupa información de investigaciones analíticas, otros instrumentos son las matrices de registro y categorías que se encarga de organizar y clasificar datos respectivamente (Hernandez Mendoza y Duana Avila 2020).

### **3.6. Procedimiento**

Se revisaron artículos de revistas indexadas, encontrando mayor información en el servidor de Science direct donde se encontraron 390



artículos con referencia a forraje verde hidropónico, seguido del servidor Scielo donde se encontraron 49 artículos tanto en inglés como en español; además se encontraron artículos en los servidores de Dialnet y Redalyc; todos los artículos encontrados fueron primeramente analizados tomando en cuenta los años de antigüedad, tipo de investigación y el enfoque, seguidamente los artículos que cumplían estos criterio fueron sometidos a otros criterios como es el título, resumen de interés, que cumplan con mencionar condiciones ambientales, enfocarse en forrajes y mencionar rendimiento y calidad bromatológica de las semillas, todo lo descrito se resume en la **Figura 1**.



**Figura 1:** Flujograma del procedimiento aplicado en la recopilación de información  
 Fuente: Elaboración Propia

### **3.7. Rigor científico**

El rigor científico se centra en asegurar que la investigación cualitativa tenga validez, por lo cual se evalúa la credibilidad, transferibilidad y auditabilidad de la investigación, enfocándose en el diseño, recolección y análisis de datos y presentación de resultados según Toledo Lara (2017), estos aspectos se han utilizado en la presente investigación ya que se cumple con la prueba de fiabilidad ya que la obtención de datos se hizo de artículos de revistas indexadas, mismos que pueden ser estudiados por otros investigadores, consta de validez interna debido a que se establecieron patrones y variaciones ante ciertas condiciones en la producción de forraje verde hidropónico, y finalmente, consta de validez externa ya que los resultados de la investigación pueden ser aplicadas por otros investigadores.

### **3.8. Método de análisis de datos**

La información recopilada fue clasificada, analizada y se explicaron los resultados mediante el uso de tablas y esquemas.

### **3.9. Aspectos éticos**

La tesis se ajustó a la Resolución Rectoral N° 0089 -2019/UCV, respetó la propiedad intelectual, citando correctamente a los autores y respetando la ética en investigación de la universidad, RCU N° 0126-2017/UCV. Asimismo, se respetó el Reglamento de investigación de la Universidad César Vallejo y mediante la Disposición N° 7.4 de la Resolución de Vicerrectorado de Investigación N° 008-2017-VI/UCV se aplicó un turnitin para corroborar que la investigación no fue copia de otras investigaciones, validada con un valor de 8 %.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1. Tiempo de luz óptimo para la producción de forraje verde hidropónico

De acuerdo a la revisión bibliográfica presentada en el capítulo anterior, existieron varios investigadores que evaluaron el tiempo de luz a la que expusieron las semillas de forraje para poder generar un máximo rendimiento y una mejor calidad bromatológica, cabe mencionar que el tiempo de luz óptimo presentado por los investigadores fluctuó en relación el tipo de grano.

##### 4.1.1. Semillas de cebada

Las condiciones de luz aplicadas por diversos investigadores para el forraje verde hidropónico para los granos de cebada se presentan en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Efecto de las condiciones de luz en la producción de forraje verde hidropónico de cebada

INVESTIGADORES	CONDICIONES DE LUZ	RENDIMIENTO	CALIDAD ALIMENTARIA DEL FORRAJE
Kim et al. (2019)	10 horas de luz en un periodo de crecimiento de 10 días	Peso forraje de 10,924 g y rendimiento de 60,6 %	
Shaimaa et al. (2019)	Iluminación de aproximadamente 12 horas -16 horas con una intensidad de luz de 2000 Lux en 8 días de crecimiento	Rendimiento, longitud de planta, materia seca (%) y factor de conversión igual a 22,8 %, 24 %, 24 % y 22,8 % respectivamente	25 % de proteína
Smith (2018)	fotoperiodo de 16 horas de día/8 horas de oscuridad		porcentaje medio de proteína de 13,97 %
El-rahman et al. (2017)	Intensidad de iluminación de 2000 lux fueron de 16 horas/día	Rendimiento total de 4646,4 kg/periodo	Porcentaje de proteína de 18,29 % y materia seca de 21,12 %

Rosario Jaramillo (2018)	Oscuro hasta que presentaron una altura de 5 cm para después pasar a la fase luminosa, cosechando cuando la altura fue de 20 cm	Rendimiento de biomasa fresca de 119,70 ton/ha	Materia seca de 21,3 % y proteína seca de 17,95 %
Sotelo Toledo (2019)	Inicio su germinación con 24 h de luz y de oscuridad para después	Rendimiento de 16,92 kg/m <sup>2</sup>	Materia seca de 18,8 %

En la **Tabla 2** se observa que para 10 h de luz en un periodo de crecimiento de 10 días el rendimiento del forraje fue del 60,6 %; sin embargo, en la investigación de Shaimaa et al. (2019) mayores horas de luz de 12 horas a 16 horas en un menor tiempo de crecimiento de 8 días, el rendimiento solo alcanzó el 22,8 %, con un porcentaje de proteína del 25 %, del mismo modo El-rahman et al. (2017) aplicó 16 horas de luz con el que obtuvo un rendimiento de 4646,4 kg/periodo con presencia de proteínas del 18,29 %; al incrementar la cantidad de horas de iluminación tal como se observa en la investigación de Sotelo Toledo (2019), el rendimiento fue de 16,92 kg/m<sup>2</sup>, considerando que se requieren una mejor calidad bromatológica del forraje de cebada se tomaría como tiempo de luz óptimo el rango de 12 horas a 16 horas.

#### 4.1.2. Semillas de maíz

Al igual que en las semillas de cebada, se encontró investigaciones de la incidencia de la luz para las semillas de maíz, mismas que fueron organizadas en la **Tabla 3**.

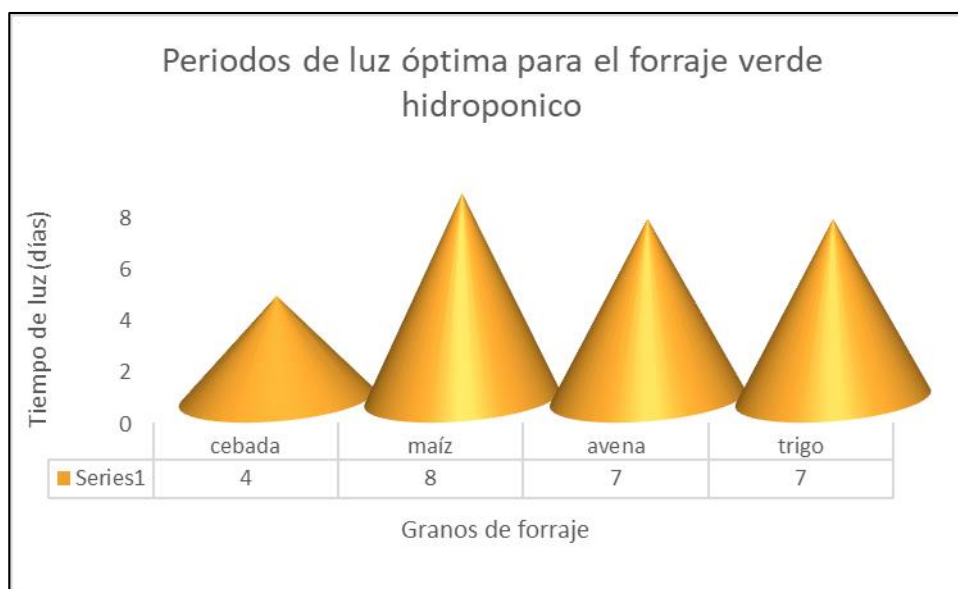
**Tabla 3.** Efecto de las condiciones de luz en la producción de forraje verde hidropónico de maíz

<b>INVESTIGADORES</b>	<b>CONDICIONES DE LUZ</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>CALIDAD ALIMENTARIA DEL FORRAJE</b>
Acosta et al. (2016)	3 días en ausencia de luz en un periodo de 12 días (9 días de luz)	Rendimiento en materia seca de 137 kg/m <sup>2</sup> /año	Proteína bruta de 198 g/kg materia seca
Ramírez Víquez y Soto Bravo (2017)	3 días en cámaras oscuras en 11 días de crecimiento (8 días de luz)	eficiencia de conversión de 5,08 kg/kg	3,39 % de N, 0,58 % de P, 0,37 % de Ca, 0,24 % de Mg, 1,19 % de K y 0,26 % de S
Albert et al. (2016)	3 días en cámaras oscuras en 10 días de crecimiento (7 días de luz)	Rendimiento en materia verde de 3,91 kg/m <sup>2</sup> y rendimiento en materia seca de 25,55 %	porcentaje de proteína bruta de 13 %
Zeferino et al. (2021)	fase oscura durante 2 días en un periodo de 10 días (8 días de luz)	Mayor rendimiento de 21,5 kg/m <sup>2</sup> para maíz blanco Soteapan	Proteína cruda de 22,13 % para maíz blanco Soteapan, 22,86 % para maíz blanco Tulín, 26,19 % para maíz amarillo Mecayapan y 17,90 % para maíz blanco Cosoleaque
Moreno (2018)	3 días de germinación oscura en un periodo de 12 días (9 días de luz)	Rendimiento de biomasa en materia verde de 19,40 kg/m <sup>2</sup>	proteína cruda de 17,20 %
Trevizan Rispoli y Challapa Moscoso (2020)	fase oscura durante 2 días en un periodo de 14 días (12 días de luz)		materia seca 18,2 % y proteína cruda de 15,38 %
Yansi Méndez y González Duarte (2018)	12 a 14 horas de luz	un mayor rendimiento de forraje verde de 1,46 %	proteína cruda de 12,80 %

Para el caso del grano de maíz se observa en la **Tabla 3** que Trevizan Rispoli y Challapa Moscoso (2020) alcanzaron proteína cruda de 15,38 % en el maíz hidropónico en 12 días de luz en un periodo de 14 días, Acosta et al. (2016) en 9 días de luz en un período de 11 días, obtuvo un rendimiento en materia seca de 137 kg/m<sup>2</sup>/año con proteína bruta de 198 g/kg; en un periodo de 12 días en la investigación de Moreno (2018) la proteína cruda fue de 17,20 % con rendimiento de biomasa en materia verde de 19,40 kg/m<sup>2</sup>, al disminuir los días de luz a 8 días como en la investigación de Zeferino et al. (2021) en un periodo de 10 días la mayor proteína cruda fue de 22,86 % con un rendimiento de 21,5 kg/m<sup>2</sup>, al seguir disminuyendo los días de luz de 7 días en un periodo de 10 días como en la investigación de Albert et al. (2016), el porcentaje de proteína bruta fue de 13 % con rendimiento en materia seca fue de 25,55 %. Considerando el mayor porcentaje de proteína cruda presente en el maíz hidropónico se determinó un periodo óptimo de luz de 8 días.

Además del maíz y cebada hidropónicos que son los granos más estudiados se observó en la investigación de Albert et al. (2016) que en 7 días de luz en un periodo de 10 días el rendimiento en materia verde y seca para la avena fue de 4,44 kg/m<sup>2</sup> y 16,12 kg/m<sup>2</sup> respectivamente además para el trigo 7 días de luz en un periodo de 12 días el rendimiento en materia verde y seca fue de 10,73 kg/m<sup>2</sup> y 8,68 kg/m<sup>2</sup> respectivamente, respecto a la proteína bruta para la avena fue de 24 % y para el trigo fue de 22 %.

El resumen de los tiempos de luz óptimos para los granos de forraje estudiados en diferentes investigaciones se presenta en la **Figura 2**



**Figura 2:** Periodos de luz óptima para diferentes granos de forraje verde hidropónico

Fuente: Elaboración Propia

En la **Figura 2** se observa los tiempos de luz óptimos para el mejor porcentaje de proteína en los granos de forraje verde hidropónico, en el caso de la cebada el tiempo de luz óptimo fue de 12 horas a 16 horas en 8 días, obtenido en la investigación de Shaimaa et al. (2019), siendo un equivalente a 4 días de luz, la proteína en los granos de cebada fue de 25 %, en el caso de maíz con un tiempo de luz de 8 días la proteína del grano fue 22,13 % según la investigación de Zeferino et al. (2021), en el caso de la avena y trigo el tiempo de luz óptimo fue de 7 días, siendo el porcentaje de proteína de 24 % y 22 % respectivamente, estos resultados se observaron en Albert et al. (2016).

El control de día y noche, los tipos de iluminación y la intensidad de la luz son esenciales para establecer un conjunto de parámetros de germinación y crecimiento en un sistema hidropónico. Estos son necesarios para simular el entorno de cultivo natural. Las plantas también transpiran más rápidamente bajo la luz que en la oscuridad, ya que la luz estimula la apertura de los estomas de las plantas. La mayoría de las plantas requieren un mínimo de 10,000 lux de luz para soportar el crecimiento y hay 3 propiedades principales de la luz que gobiernan su efecto en las plantas, a saber: la mezcla de longitudes de onda de luz, la intensidad que



se mide en lux y duración también conocida como fotoperíodo (Smith 2018).

#### 4.2. Temperatura óptima para la producción de forraje verde hidropónico

Al igual que el análisis de tiempo de luz óptimo, se analizó la temperatura óptima para la producción de forraje verde hidropónico con alta calidad bromatológica y de rendimiento, asimismo, las temperaturas fluctuaron en relación al grano de forraje producido.

##### 4.2.1. Semillas de cebada

Las investigaciones revisadas acerca de los granos de cebada producidos hidropónicamente bajo determinadas temperaturas controladas, se resumen en la **Tabla 4**.

**Tabla 4.** Efecto de las temperaturas controladas en la producción de forraje verde hidropónico de cebada

INVESTIGADORES	TEMPERATURA	RENDIMIENTO	CALIDAD ALIMENTARIA DEL FORRAJE
Kim et al. (2019)	16 °C a 22°C	Rendimiento de 60,6 %	
Flores y Chilon (2019)	Las temperaturas oscilaron de 3 °C a 40 °C		P, K, materia orgánica, proteína de 0,32 %, 75 %, 92,30 % 12,2 % y 14,60 %
Shaimaa et al. (2019)	Temperatura de 20 °C -25 °C	Rendimiento, longitud de planta, materia seca y factor de conversión igual a 22,8 %, 24 %, 24 % y 22,8 % respectivamente	Proteína 25 %
Smith (2018)	Temperatura constante a 23 °C		Porcentaje medio de proteína de 13,97 %
Yousof, Mustafa y Megahed (2018)	Temperatura de germinación de 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C y 35 °C	Rendimiento de forraje de 22,212 kg/m <sup>2</sup> , 23,097 kg/m <sup>2</sup> , 23,689 kg/m <sup>2</sup> , 25,211 kg/m <sup>2</sup> , 25,744 kg/m <sup>2</sup> para 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C	Porcentaje de proteína cruda de 13,42 %, 13,44 %, 13,50 %, 13,50 % y 13,51 % para las temperaturas de 15 °C, 20 °C, 25

		y 35 °C respectivamente ; rendimiento de materia seca de 2,794 kg/m <sup>2</sup> , 3,116 kg/m <sup>2</sup> , 3,376 kg/m <sup>2</sup> , 3,658 kg/m <sup>2</sup> , 3,771 kg/m <sup>2</sup> para 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C y 35 °C respectivamente	°C, 30 °C y 35 °C respectivamente
Ata (2016)	Temperatura controlada de 24 ± 2 °C		Proteína cruda de 22,5 %
El-rahman et al. (2017)	Temperatura de 20 °C	Rendimiento total de 4646,4 kg/periodo	Porcentaje de proteína de 18,29 %, materia seca de 21,12 %
Nina Luque (2017)	Temperaturas de 21,5 °C y -6 °C	Rendimiento para 15 días fue de 20,65 kg	Materia seca de 64,96 % y proteína cruda de 10 %
Pacco (2018)	Temperatura ambiental máxima fue de 19,5 °C y la mínima de -2 °C	El mayor rendimiento de biomasa del forraje verde es de 18,67 kg/m <sup>2</sup>	14,27 % de proteína cruda, 25,32 % de carbohidratos, y 12,62 % de materia seca.
Rosario Jaramillo (2018)	Temperatura de 33,2 °C	Rendimiento de biomasa fresca de 119,70 ton/ha	Materia seca de 21,3 % y proteína seca de 17,95 %
Sotelo Toledo (2019)	Temperatura de 6 °C a 30,56 °C	Rendimiento de 16,92 kg/m <sup>2</sup>	Materia seca de 18,8 %

Respecto a la calidad bromatológica que presento las semillas de cebada en las investigaciones presentadas en la **Tabla 4** una mayor proteína de 25 % cuando la temperatura de germinación osciló entre 20 °C a 25 °C en la investigación de Shaimaa et al. (2019), en la investigación de Ata (2016) se observa que la cebada presento un 22,5 % cuando la temperatura fue de 24 °C; respecto a rendimiento se observa que en la investigación de Kim et al. (2019) la cebada hidropónica presentó un rendimiento del 60,6 % a una temperatura que osciló desde 16 °C a 22 °C; en la investigación de Yousof, Mustafa y Megahed (2018) se advierte

que se logró un mayor rendimiento y porcentaje de proteína cruda de 25,744 kg/m<sup>2</sup> y 13,51 % respectivamente cuando la temperatura de germinación fue de 35 °C. Considerando los valores más altos de proteína se considero una temperatura óptima de 20 °C a 25 °C.

#### 4.2.2. Semillas de maíz

Las investigaciones realizadas acerca de la producción de maíz hidropónico bajo temperaturas controladas se muestran en la **Tabla 5**.

**Tabla 5.** Efecto de las temperaturas controladas en la producción de forraje verde hidropónico de maíz

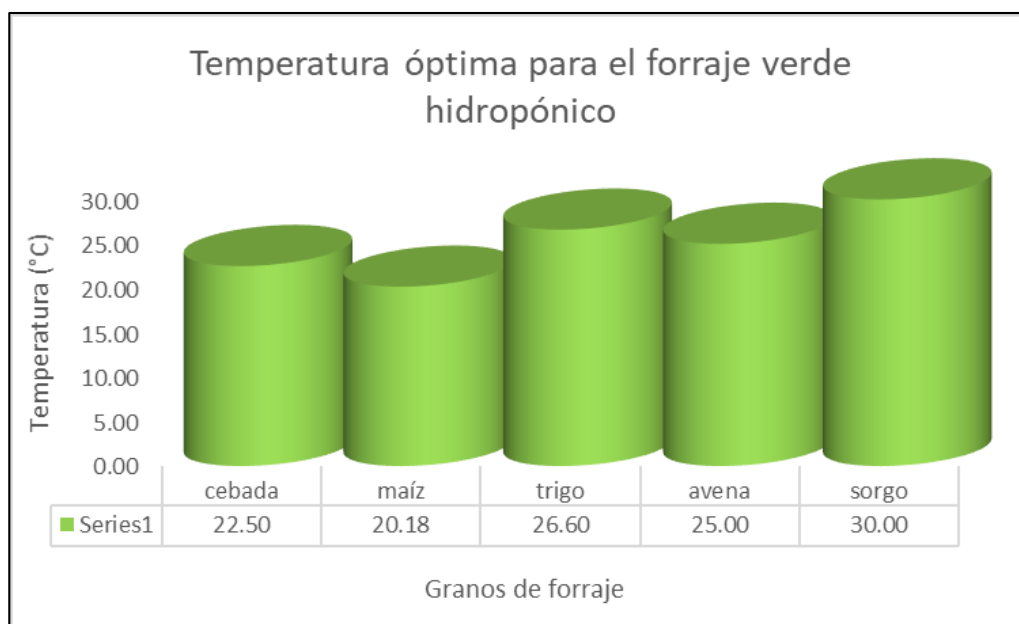
INVESTIGADORES	TEMPERATURA	RENDIMIENTO	CALIDAD ALIMENTARIA DEL FORRAJE
Adekeye, Onifade y Aderinboye (2020)	25,27 °C y 27,92 °C	Rendimiento fresco de 60,42 t/ha, rendimiento en materia seca de 39,68 %	
Ramírez Víquez y Soto Bravo (2017)	31,5°C; 19,7°C y 23,9°C	Eficiencia de conversión de 5,08 kg/kg	Materia seca de 8,7 % y 1,32 kg/m <sup>2</sup>
Albert et al. (2016)	25 °C	Rendimiento en materia verde de 3,91 kg/m <sup>2</sup> y rendimiento en materia seca de 25,55 %	porcentaje de proteína bruta de 13 %
Jamal et al. (2021)	temperatura fue 30 ± 10 °C	Rendimiento de forraje verde de 883,53 g y rendimiento de forraje seco 135,6 g	
Soto Bravo y Ramírez Víquez (2018)	31,5 °C, 19,7 °C y 23,9 °C		20,01 % de proteína cruda
Zagal-Tranquilino et al. (2016)	temperatura de 27 °C a 33 °C	rendimiento de 3,51 kg, 80,5 % de germinación,	

		rendimiento de la raíz de 2,53 y altura promedio de 30,45 cm	
Moreno (2018)	temperatura máxima y mínima de 31,40 °C y 19,70 °C respectivamente	Rendimiento de biomasa en materia verde de 19,40 kg/m <sup>2</sup>	proteína cruda de 17,20 %
Trevizan Rispoli y Challapa Moscoso (2020)	temperatura de 14 °C a 25 °C		materia seca 18,2 % y proteína cruda de 15,38 %
Yansi Méndez y Gonzáles Duarte (2018)	la temperatura osciló entre 19 °C a 31°C	un mayor rendimiento de forraje verde de 1,46 %	proteína cruda de 12,80 %
Kumalasari et al. (2017)	la temperatura oscilo entre 25 °C a 45 °C		proteína cruda de 23,91% en las raíces
Tomalá Flores (2021)	temperatura máxima y mínima fue de 22,13 °C y 18,23 °C respectivamente	el rendimiento de 2,38 kg	porcentaje de proteína de 22,13 %

En la **Tabla 5** se observa que el mayor porcentaje de proteína encontrado en el maíz hidropónico fue de 22,13 % cuando la temperatura osciló entre 18,23 °C a 26,53 °C en la investigación de Tomalá Flores (2021), otra investigación que alcanzó grandes porcentajes de proteína en el maíz hidropónico fue de Soto Bravo y Ramírez Víquez (2018) mismos que a temperaturas que oscilaron entre 19,7 °C a 31,5 °C la proteína cruda alcanzó un valor de 20,01 %, respecto al rendimiento se observa que en la investigación de Moreno (2018) el maíz hidropónico presentó un rendimiento de 19,40 kg/m<sup>2</sup> cuando la temperatura ambiental osciló entre 19,70 °C a 31,40 °C. Al analizar todas las temperaturas ambientales controladas se determinó que las más óptimas fueron las de 18,23 °C a 22,13 °C.

Otros granos hidropónicos que se producen e investigan es el trigo que a una temperatura que osciló entre 25,27 °C a 27,92 °C presento un rendimiento fresco de 58,38 t/ha mientras que el rendimiento en materia seca de 37,06 t/ha Adekeye, Onifade y Aderinboye (2020) en la investigación de Albert et al. (2016) a una temperatura de 25 °C el trigo presento un porcentaje de proteína de 22 %, rendimiento de materia verde de 10,73 kg/m<sup>2</sup> y porcentaje de materia seca de 8,68 %, a esta misma temperatura la avena presentó un porcentaje de proteína bruta de 25 %, mientras que el rendimiento en materia verde fue 4,96 kg/m<sup>2</sup> y materia seca de 16,12 %, en la investigación de Jamal et al. (2021) a una temperatura de 30 °C la avena presentó un rendimiento de forraje verde de 727,21 g y rendimiento de forraje seco de 143,6 g, en la investigación de Diaz Palacios (2020) a una temperatura de 20 °C la avena presentó un rendimiento de 14,63 % y una proteína de 17,54 %, del mismo modo en la investigación de Sánchez Villca y Chilón Camacho (2019) a temperaturas que oscilaron entre 2 °C a 45 °C la avena gaviota presento un rendimiento de 2,65 kg/0,25 m<sup>2</sup> y proteína cruda del 13 %, en el caso del sorgo hidropónico a una temperatura de 30 °C presento un rendimiento de forraje fresco de 594,75 g y un rendimiento seco de 151,9 g Jamal et al. (2021).

En síntesis, las temperaturas óptimas para los diferentes granos de forraje hidropónico estudiados por diferentes investigadores se presentan en la **Figura 3**. Cabe mencionar que para graficar el diagrama de barras se halló un promedio de las temperaturas que presentaron rangos.



**Figura 3:** Temperatura óptima para diferentes granos de forraje verde hidropónico

Fuente: Elaboración Propia

En la **Figura 3** se observa que las temperaturas óptimas para la producción de forrajes verde hidropónicos oscilaron entre 20 °C a 30 °C, siendo los granos más comunes de cebada y maíz los que necesitaron una temperatura promedio de 22,50 °C y 20,18 °C respectivamente, las temperaturas halladas son ligeramente más altas que las mencionadas por Bakshi, Wadhwa y Harinder (2017) quien afirma que la temperatura óptima se encuentra entre 19 °C a 22 °C; sin embargo, también mencionan que fuera de este rango los brotes crecen aunque lentamente, pero temperaturas muy altas o extremas generan la infestación de moho que es uno de los mayores desafíos que deben abordarse. Mientras que los resultados concuerdan con lo presentado en la revisión teórica de la investigación de Pacco (2018) que afirma que las temperaturas óptimas para forraje hidropónico oscilan entre 22 °C a 25 °C, ya que para presentar alta riqueza nutricional la temperatura inclusive debe abarcar hasta 28 °C, teniendo en cuenta que no debe pasar los 30 °C que provocaría que las raíces de las plantas presenten poca capacidad de absorción de agua. La FAO establece que las temperaturas óptimas para el forraje verde hidropónico se encuentran entre 18 °C a 26 °C , reportándose otros rangos de 15 °C a 35 °C, las variaciones en las temperaturas no pueden

ser muy extremas ya que las plantas solo resisten cambios mínimos de temperatura, considerando que la temperatura baja retarda el crecimiento y la temperatura alta genera la presencia de hongos (Mayta Espejo 2016).

La temperatura afecta la germinación de las semillas de tres formas principales: humedad de la semilla, producción de hormonas y actividad enzimática; la señalización química regula la producción de enzimas, que a su vez está regulada por la temperatura. La temperatura tiene un impacto en varios procesos que regulan la germinación de las semillas, incluida la permeabilidad de la membrana y la actividad de las enzimas citosólicas y unidas a la membrana. La tasa de germinación generalmente aumenta linealmente con el aumento de la temperatura hasta un punto óptimo y luego disminuye linealmente hasta una temperatura máxima (Yousof, Mustafa y Megahed 2018).

#### **4.3. Humedad relativa óptima para la producción de forraje verde hidropónico**

La humedad relativa es una de los factores ambientales que debe estudiarse para la producción de forraje verde hidropónico, esta humedad fluctúa de acuerdo al grano forrajero que se desea producir, para determinar el valor óptimo se reviso diferentes investigaciones, mismas que fueron clasificadas según el grano producido.

##### **4.3.1. Semillas de cebada**

Las semillas de cebada son los granos forrajeros más producidos, por ende, se construyó la **Tabla 6** que presenta los resultados en rendimiento y proteína de los granos de cebada en relación a la humedad relativa controlada.

**Tabla 6.** Efecto de la humedad relativa controlada en la producción de forraje verde hidropónico de cebada

INVESTIGADORES	HUMEDAD RELATIVA	RENDIMIENTO	CALIDAD ALIMENTARIA DEL FORRAJE
Kim et al. (2019)	50 %, 70 % y 90 %	Rendimiento de 60,6 %	
Flores y Chilon (2019)	69 % a 89 %		P, K, materia orgánica, proteína de 0,32 %, 75 %, 92,30 % 12,2 % y 14,60 %
Shaimaa et al. (2019)	60 % al 70 %	Rendimiento igual a 22,8 %	Proteína 25 %
Yusuf, Mustafa y Megahed (2018)	70 %	Rendimiento de forraje 25,744 kg/m <sup>2</sup> ; rendimiento de materia seca de 3,771 kg/m <sup>2</sup>	Porcentaje de proteína cruda de 13,51 %
Ata (2016)	45 % al 70 %		Proteína cruda de 22,5 %
Blanco-Capia, Colque-Pérez y Rosales-Mendoza (2019)	15,9 % al 24,4 %	Rendimiento de 25,1 kg/m <sup>2</sup>	
Nina Luque (2017)	46 %	Rendimiento para 15 días fue de 20,65 kg	Materia seca de 64,96 % y proteína cruda de 10 %
Rosario Jaramillo (2018)	39,2 %	Rendimiento de biomasa fresca de 119,70 ton/ha	Materia seca de 21,3 % y proteína seca de 17,95 %
Sotelo Toledo (2019)	40,54 %	Rendimiento de 16,92 kg/m <sup>2</sup>	Materia seca de 18,8 %

En la **Tabla 6** se observa que respecto al contenido de proteína en los granos de forraje de cebada el mayor porcentaje de proteína fue de 25 % cuando la humedad relativa osciló entre 60 % al 70 % en la investigación de Shaimaa et al. (2019), además se observa que otro porcentaje de proteína alto se obtuvo en la investigación de Ata (2016) quien alcanzó un 22,5 % de proteína



con una humedad relativa que osciló entre 45 % al 70 %; respecto al rendimiento en porcentaje se observó que el máximo rendimiento alcanzado es del 60,6 % en la investigación de Kim et al. (2019) cuando la humedad relativa fue del 70 %, a esta misma afirmación llegan Yousof, Mustafa y Megahed (2018) quienes alcanzan un máximo rendimiento del 25,744 kg/m<sup>2</sup> a una humedad relativa del 70 %.

Respecto a los resultados presentados se puede inferir que para el cultivo de cebada hidropónica la humedad relativa más óptima correspondería a 70 %.

#### 4.3.2. Semillas de maíz

Para determinar la humedad relativa óptima para la producción de forraje verde hidropónico de maíz se construyó la **Tabla 7** recopilando los resultados de diferentes investigaciones.

**Tabla 7.** Efecto de la humedad relativa controlada en la producción de forraje verde hidropónico de maíz

INVESTIGADORES	HUMEDAD RELATIVA	RENDIMIENTO	CALIDAD ALIMENTARIA DEL FORRAJE
Adekeye, Onifade y Aderinboye (2020)	64 % al 82,8 %	Rendimiento fresco de 60,42 t/ha,	materia seca de 39,68 %
Ramírez Viquez y Soto Bravo (2017)	97,4 %, 59,8 % y 86 %	Eficiencia de conversión de 5,08 kg/kg	Materia seca de 8,7 % y 1,32 kg/m <sup>2</sup>
Albert et al. (2016)	70 % al 80 %	Rendimiento en materia verde de 3,91 kg/m <sup>2</sup> y	proteína bruta de 13 %, materia seca de 25,55 %

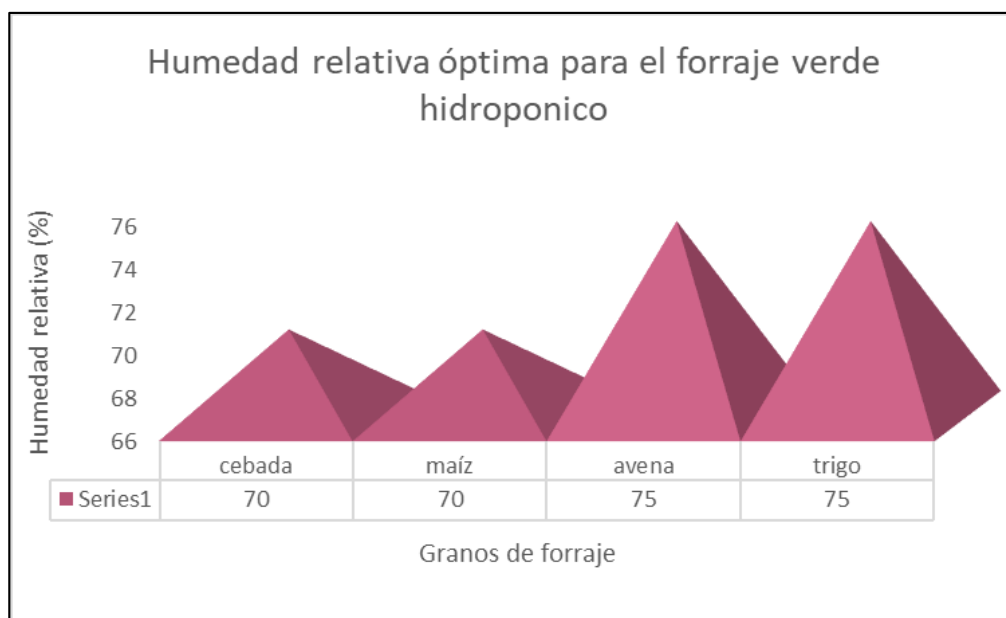
Soto Bravo y Ramírez Víquez (2018)	97,4 %, 59,8 % y 86 %		20,01 % de proteína cruda
Zagal-Tranquilino et al. (2016)	52 % al 74 %	rendimiento de 3,51 kg, 80,5 % de germinación, y altura promedio de 30,45 cm	
Moreno (2018)	59,80 % al 97,04 %	Rendimiento de biomasa en materia verde de 19,40 kg/m <sup>2</sup>	proteína cruda de 17,20 %
Trevizan Rispoli y Challapa Moscoso (2020)	60 % al 80 %		materia seca 18,2 % y proteína cruda de 15,38 %
Kumalasari et al. (2017)	40 % al 100 %		proteína cruda de 23,91% en las raíces
Tomalá Flores (2021)	48 % al 91 %	el rendimiento de 2,38 kg	proteína de 22,13 %

En la **Tabla 7** se observa que los granos de forraje hidropónico de maíz que presentaron un mayor porcentaje de proteína de 23,91 % germinó bajo una humedad relativa que osciló entre 40 % al 100 % en la investigación de Kumalasari et al. (2017), además en la investigación de Tomalá Flores (2021) el maíz hidropónico presentó una proteína del 22,13 % cuando germinó bajo una humedad relativa que osciló entre 48 % al 91 %. Respecto al rendimiento en materia verde el maíz hidropónico germinado de 59,80 % al 97,04 % alcanzó un rendimiento de 19,40 kg/m<sup>2</sup> en la investigación de Moreno (2018)

Respecto a los resultados presentados en la **Tabla 7** se infiere que se alcanzó altos porcentajes de proteína cruda y rendimiento en materia verde cuando la humedad relativa osciló entre 40 % al 100 %.

Además de la cebada y el maíz hidropónico también se producen otros granos de forraje hidropónico como el trigo que en la investigación de Adekeye, Onifade y Aderinboye (2020) presento un rendimiento fresco de 58,38 t/ha cuando la humedad relativa osciló entre 64 % al 82,8 %, mientras que en la investigación de Albert et al. (2016) el trigo presentó un porcentaje de proteína de 22 %, rendimiento de materia verde de 10,73 kg/m<sup>2</sup> y porcentaje de materia seca de 8,68 % cuando la humedad relativa osciló entre 70 % al 80 %. Respecto a la producción de avena hidropónica en la investigación de Sánchez Villca y Chilón Camacho (2019) a una humedad relativa que osciló entre 65 % al 70 % la avena gaviota presento un rendimiento de 2,65 kg/0,25 m<sup>2</sup> y proteína cruda del 13 %; mientras que en la investigación de Albert et al. (2016) a una humedad relativa de 70 % a 80 % la avena presentó un porcentaje de proteína bruta de 25 %, mientras que el rendimiento en materia verde fue 4,96 kg/m<sup>2</sup> y materia seca de 16,12 %.

En la **Figura 4** se resumen las humedades relativas óptimas para los diferentes granos de forraje hidropónico.



**Figura 4:** Humedad relativa óptima para diferentes granos de forraje verde hidropónico  
Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a lo presentado en la **Figura 4** se observa que la cebada hidropónica presento un mejor rendimiento y calidad alimentaria cuando la humedad relativa se encontró cerca de 70 %, en el caso del maíz hidropónico las condiciones de humedad relativa oscilaron desde un 40 % a un 100 % determinando un promedio de 70 % como la humedad más óptima; en lo que respecta al trigo y avena hidropónico se observo que las humedades relativas óptimas oscilaron desde las más bajas de 40 % hasta las más altas de 80 % por ende se determino un promedio de 75 %. Estos resultados siguen lo recomendado en la revisión bibliográfica de Pacco (2018) quienes afirman que la humedad relativa debe estar entre 65 % al 70 % ya que humedades relativas muy altas superiores al 90 % pueden generar enfermedades causadas por hongos causando graves problemas fitosanitarios, sin embargo, humedades relativas muy bajas generarían la deshidratación de las plantas impidiendo el crecimiento de sus radículas, cabe mencionar además que la humedad va de la mano con la temperatura ambiental y con la frecuencia de los riegos que se le aplique al forraje (Mayta Espejo 2016).

Los resultados obtenidos en la presente investigación también se asemejan a los obtenido por Bakshi, Wadhwa y Harinder (2017) quienes determinan que una humedad relativa óptima debe oscilar entre 40 % al 80 %.

#### **4.4. Condiciones ambientales óptimas para la producción de forraje en Ahuac**

El distrito de Ahuac en la provincia de Chupaca se caracteriza por tener un clima seco donde las temperaturas pueden llegar hasta - 11 °C en las épocas de heladas y hasta 20 °C en las temporadas templadas, la humedad relativa varía entre 9 % a 11 %. Bajo estas condiciones seria complicado producir forraje verde hidropónico, para lo cual, seria necesario la construcción de un invernadero donde debe controlarse la humedad relativa y la temperatura utilizando una red hidrostática o una tela hidrófuga, para asegurar un buen crecimiento y valor nutricional del forraje. Según todo lo revisado las condiciones ambientales óptimas para el cultivo de cebada hidropónico es necesario 4 días de luz, temperatura

de 22,50 °C y humedad relativa de 70 %, para el cultivo de maíz hidropónico es necesario 8 días de luz, temperatura de 20,18 °C y humedad relativa del 70 %, para el trigo hidropónico es necesario 7 días de luz, temperatura de 26,60 °C y humedad relativa de 75 %, finalmente para la avena es necesario 7 días de luz, temperatura de 25 °C y humedad relativa del 75 %.

## V. CONCLUSIONES

- Se determinó las condiciones ambientales óptimas para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021, para el caso de la cebada hidropónica es necesario 4 días de luz, temperatura de 22,50 °C y humedad relativa de 70 %, para el maíz hidropónico es necesario 8 días de luz, temperatura de 20,18 °C y humedad relativa del 70 %, para el trigo hidropónico es necesario 7 días de luz, temperatura de 26,60 °C y humedad relativa de 75 %, finalmente para la avena es necesario 7 días de luz, temperatura de 25 °C y humedad relativa del 75 %; condiciones que deben ser controladas dentro de un invernadero ya que las condiciones ambientales del distrito de Ahuac no son las más adecuadas para la producción de forraje verde hidropónico con alta calidad alimentaria y buen rendimiento
- Se analizó el tiempo de luz óptimas para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021, siendo necesario 4 días de luz para la cebada hidropónica, 8 días de luz para el maíz hidropónico y 8 días de luz para el trigo y la avena hidropónica.
- Se determinó la temperatura óptima para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021, siendo necesario 22,50 °C para la cebada hidropónica, 20,18 °C para el maíz hidropónico, 26,60 °C para el trigo hidropónico y 25 °C para la avena hidropónica.
- Se determinó la humedad relativa óptima para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021, siendo necesario 70 % para la cebada y maíz hidropónico y 75 % para el trigo y avena hidropónica.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Aplicar las condiciones ambientales optimas determinadas en la presente investigación para la producción de forraje verde hidropónico.
- Investigar la influencia de otros factores como horas de sombra, concentración de nutrientes y tipo de nutrientes aplicados.
- Estudiar el efecto de la alimentación con forraje verde hidropónicos en los animales criados en el distrito de Ahuac.

## REFERENCIAS

- ACOSTA, N., LIMA, R., CASTRO, A., AVELLANEDA, J. y SUÁREZ, Y., 2016. Evaluación de diferentes sistemas de producción de biomasa hidropónica de maíz. *Centro Agrícola*, vol. 43, no. 4, pp. 57-66.
- ADEKEYE, A., ONIFADE, O. y ADERINBOYE, R.Y., 2020. Water use efficiency and fodder yield of maize ( *Zea mays* ) and wheat ( *Triticum aestivum* ) under hydroponic condition as affected by sources of water and days to harvest. , no. October. DOI 10.5897/AJAR2019.14503.
- AGIUS, A., PASTORELLI, G. y ATTARD, E., 2019. Cows fed hydroponic fodder and conventional diet: Effects on milk quality. *Archives Animal Breeding*, vol. 62, no. 2, pp. 517-525. ISSN 23639822. DOI 10.5194/aab-62-517-2019.
- AGUILAR, I., 2016. *Producción de forraje verde hidropónico para optimizar el uso del agua y su impacto en el nivel de ingreso del productor de cuyes en el valle de Tacna-2013*. S.l.: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- AKMAN, M., GUZEL, Ş. y GUMUS, H., 2021. Comparison of the plant heights and relative feed values of triticale and vetch mixtures produced by a hydroponic system. *Kocatepe Veterinary Journal*, vol. 14, pp. 77-82. ISSN 1308-1594. DOI 10.30607/kvj.860663.
- ALBERT, G., ALONSO, N., CABRERA, A., ROJAS, L. y ROSTHOJ, S., 2016. Evaluación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, avena y trigo. *Compend. cienc. vet.*, vol. 06, no. 01, pp. 7-10. DOI 10.18004/compend.cienc.vet.2016.06.01.7-10.
- ATA, M., 2016. Effect of Hydroponic Barley Fodder on Awassi Lambs Performance. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, vol. 6, no. 8, pp. 60-64. ISSN 2225-093X.
- BAKSHI, M., WADHWA, M. y HARINDER, P., 2017. Hydroponic fodder production: a critical assessment. *Broadening Horizons*, no. December, pp. 1-10.
- BEKUMA, A., 2019. Nutritional Benefit and Economic Value of Hydroponics



- Fodder Production Technology in Sustainable Livestock Production Against Climate Change - A Mini-Review. *Advances in Applied Sciences*, vol. 4, no. 1, pp. 23. ISSN 2575-2065. DOI 10.11648/j.aas.20190401.13.
- BHALERAO, S., ZINJARDE, R., ATKARE, V. y KADAM, N., 2019. Effect of Partial Feeding of Hydroponic Maize on growth performance osmanabadi goats. *Journal of pharmacology and phytochemistry*, vol. 8, no. 5, pp. 508-511.
- BLANCO-CAPIA, L.E., COLQUE-PÉREZ, H. y ROSALES-MENDOZA, M.B., 2019. Producción de forraje verde hidropónico versus geopónico de cebada ( *Hordeum vulgare* L.) en ambientes controlados . *Journal of the Selva Andina Biosphere*, vol. 7, no. 2, pp. 109-117. ISSN 2308-3867. DOI 10.36610/j.jsab.2019.070200109.
- CENEPRED, 2016. Plan Multisectorial Ante Heladas Y Friaje 2016. *Presidencia del consejo de ministros* [en línea]. S.l.: Disponible en: [http://sgrd.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/PMAHF-2016\\_r.pdf](http://sgrd.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/PMAHF-2016_r.pdf).
- CORREO, 2017. Heladas se registran de madrugada en las provincias de Junín y Chupaca. [en línea]. Huancayo, 18 abril 2017. Disponible en: <https://diariocorreo.pe/edicion/huancayo/heladas-se-registran-de-madrugada-en-las-provincias-de-junin-y-chupaca-744253/?ref=dcr>.
- DIAZ PALACIOS, C., 2020. *Producción de forraje verde hidropónico en condiciones agroclimáticas de la región occidental de Guatemala*. S.l.: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- EL-RAHMAN, Y.S.M.A., MORAD, M.M., HANAFY, E.H.E. - y ABDEL-AZIZ, M.M., 2017. Construction and performance evaluation of a hydroponic unit for barley green fodder production. *Agricultural Engineering*, vol. 44, no. 3.
- FLORES, S. y CHILON, E., 2019. Aplicación de abono orgánico líquido aeróbico en la producción de forraje verde hidropónico , en dos variedades de cebada ( *Hordeum vulgare* L .) e n el Centro Experimental de Cota Cota Application of organic fertilizer aerobic liquid in the production of. *Revista de la Carrera de Ingeniería Agronómica*, vol. 5, no. 1, pp. 1430-1440.
- GARUMA, Z. y GURMESSA, K., 2021. Evaluation of hydroponic fodder

performance of different varieties of sorghum. *International Journal of Research -GRANTHAALAYAH* [en línea], vol. 9, pp. 1-10. DOI <https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v9.i2.2021.2854>. Disponible en: [https://www.granthaalayahpublication.org/journals-html-galley/01\\_IJRG21\\_A01\\_5001.html](https://www.granthaalayahpublication.org/journals-html-galley/01_IJRG21_A01_5001.html).

GESTIÓN, 2018. Solo se ha ejecutado el 44% de los recursos para prevenir actividad agrícola de las heladas. *Tecnológica* [en línea]. Lima, 24 agosto 2018. Disponible en: <https://gestion.pe/tecnologia/ejecutado-44-recursos-prevenir-actividad-agricola-heladas-242589-noticia/?ref=gesr>.

HEGAB, K.K., 2017. Successive Management Programs for the Deficit Water Resources in Hydroponics and Soilless Green Fodder Production. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, vol. 34, no. 4, pp. 1869-1896. DOI 10.21608/mjae.2017.96210.

HERNANDEZ MENDOZA, S. y DUANA AVILA, D., 2020. *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*. S.l.: s.n. ISBN 9789566037040.

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. *Metodología de la investigación*. S.l.: s.n. ISBN 9781456223960.

INDECI, 2020. Temporada de Bajas Temperaturas 2020. *Ministerio de defensa* [en línea]. [Consulta: 15 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.indeci.gob.pe/minisites/bajastemperaturas2020/?fbclid=IwAR27xiRlvNOjmg37EI570Utxx8dONZmCC9QoLoSjRaCIYbtqKws6jEaJyEc>.

INDECI, 2021. Heladas en las provincias de Chupaca, Junín, Tarma - Junín. . S.l.:

INDIRA, D., ARUNA, P., SWETHA KANTHI, S. y KUMAR, K., 2020. Hydroponics as an alternative fodder for sustainable livestock production. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, vol. 5, no. 01, pp. 2581-9615. DOI 10.30574/wjarr.

IOM, 2021. *Assessing the Evidence : Climate Change Climate Change*. S.l.: s.n. ISBN 9789290688822.

JAMAL, Y., ILAHI, H., ADNAN, M., REHMAN, F., ULLAH, Aziz, REHMAN, M.U.,

- ULLAH, Atta y ZUBAIR, S., 2021. Evaluation of fodder crops for hydroponic green fodder potential. , vol. 37, no. 2, pp. 108-111.
- JEMIMAH, R., GNANARAJ, T., KUMAR, S., GOPINATHAN, A. y SUNDARAM, S.M., 2020. Productivity and nutritional composition of maize fodder grown by hydroponic and conventional methods. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, vol. 9, no. 3. ISSN 2349-8234.
- KIM, D., KIM, G., LEE, S., PARK, J. y LEE, W., 2019. Optimization of growth conditions for forage production in a fresh forage growing system. , vol. 31, no. 10, pp. 759-767. DOI 10.9755/ejfa.2019.v31.i10.2016.
- KUMALASARI, N.R., PERMANA, A.T., SILVIA, R. y MARTINA, A., 2017. Interaction of Fertilizer, Light Intensity and Media on Maize Growth in Semi-Hydroponic System for Feed Production. *The 7th International Seminar on Tropical Animal Production* [en línea], pp. 90-96. Disponible en: <https://journal.ugm.ac.id/istaproceeding/article/download/29933/18039>.
- KUMAR, R., MATHUR, M., KARNANI, M., CHOUDHARY, S.D. y DEEPIKA, J., 2018. Hydroponics: An alternative to cultivated green fodder: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, vol. 6, no. 6, pp. 791-795.
- MAYTA ESPEJO, C., 2016. *Estudio del efecto de tres sustratos en el rendimiento y calidad de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays L.) en carpa solar*. S.l.: s.n.
- MONTALVO, J., 2020. Perú es uno de los países más vulnerables, pero también más atrasado frente al cambio climático. *San Pablo informa* [en línea]. Disponible en: <https://ucsp.edu.pe/peru-es-uno-de-los-paises-mas-vulnerable-pero-tambien-mas-atrasado-frente-al-cambio-climatico/#:~:text=Hay un estudio del Tyndall,variado en biodiversidad%2C pero por.>
- MORALES SINCHIRE, D.B., JIMÉNEZ ÁLVAREZ, L.S., BURNEO VALDIVIESO, J.I. y CAPA MORA, E.D., 2020. Oat and wheat forage production under hydroponic and conventional systems. *Ciencia Tecnología Agropecuaria*, vol. 21, no. 3. ISSN 25005308. DOI 10.21930/RCTA.VOL21\_NUM3\_ART1386.

- MORENO, I., 2018. *Evaluación nutricional y económica de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays) empleando grano comercial* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: [https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14958/TFG\\_Isaac Moreno Alvarado.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14958/TFG_Isaac%20Moreno%20Alvarado.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHUPACA, 2019. Plan de contingencia multisectorial ante bajas temperaturas -2019. . S.l.:
- NATSHEH, B., 2020. Barley green fodder production and effect of different saline water levels under hydroponic condition. , vol. 2, pp. 12-19. DOI 10.17501/26827018.2019.6102.
- NINA LUQUE, E., 2017. *Uso de diferentes métodos de producción bajo tres densidades de siembra en el cultivo verde hidropónico de cebada (Hordeum vulgare L.) en carpa solar*. S.l.: Universidad Mayor San Andres.
- NÚÑEZ-TORRES, P. y , GUERRERO-LÓPEZ JORGE, R., 2021. Hydroponic foods: an alternative for the feeding of domestic animals Forrajes hidropónicos: una alternativa para la alimentación de animales domésticos. *Selva Andina Animal Science*, vol. 8, pp. 44-52.
- ORDOÑEZ, E., IDROGO, E. y CORRALES, N., 2018. Soluciones nutritivas para el germinado hidropónico de Hordeum vulgare. *Rev Inv Vet Perú* 2018;, vol. 29, no. 2, pp. 389-395.
- PACCO, J.C., 2018. *Producción de forraje verde hidropónico de cebada y avena con adición de fitohormonas en cabana - puno*. S.l.: s.n.
- PRINT, I., 2019. Proceedings of the 9 th International Scientific Conference Rural Development 2019 Edited by prof . Asta Raupelienė HYDROPONIC DEVICES FOR GREEN FODDER PRODUCTION : A. , vol. 3230.
- RAGHAVENDRAN, V., ALEX ALBERT, V. y TAMILSELVAN, N., 2020. Hydroponic maize fodder production- Needfor Smalland marginal farmers. *Biotica research today*, no. July, pp. 601-603.
- RAMÍREZ VÍQUEZ, C. y SOTO BRAVO, F., 2017. Efecto de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz. *Agronomía*

*Costarricense 41(2)*; vol. 41, no. 2, pp. 79-91.

ROSALES, S. y CAMINADA, R., 2016. El eterno retorno del fenómeno de las heladas en el Perú: ¿Existen adecuadas políticas para combatir dicho fenómeno en el Perú? *Universidad de San Martín de Porres*,

ROSARIO JARAMILLO, R., 2018. *Efecto de cinco densidades de siembra de cebada (Hordeum vulgare L.) en y sin asociación con arveja (Pisum sativum L.) para producción de forraje verde hidropónico en condiciones de invernadero de Huaraz Ancash*. S.I.: Universidad nacional de Santiago Antúnez de Mayolo.

SALGADO, A., 2007. Evaluación Del Rigor Metodológico Y Retos. *Liberabit*, vol. 13, no. 1729-4827, pp. 71-78. ISSN 1729-4827.

SAMBO, P., NICOLETTO, C., GIRO, A., PII, Y., VALENTINUZZI, F., MIMMO, T., LUGLI, P., ORZES, G., MAZZETTO, F., ASTOLFI, S., TERZANO, R. y CESCO, S., 2019. Hydroponic Solutions for Soilless Production Systems: Issues and Opportunities in a Smart Agriculture Perspective. *Frontiers in Plant Science*, vol. 10, no. July. ISSN 1664462X. DOI 10.3389/fpls.2019.00923.

SÁNCHEZ VILLCA, S. y CHILÓN CAMACHO, E., 2019. Efecto del abono orgánico líquido aeróbico en la producción de forraje verde bio-hidropónico en dos variedades de avena (*Avena sativa* L.) en el centro experimental de Cota Cota. *Revista de la Carrera de Ingeniería Agronómica*, vol. 5, no. 1, pp. 1430-1440.

SHAIMAA, B., EL-AWADY, M., ZEINAB, B. y GENAIDY, M., 2019. Study or environmental factors affecting the growth and production of barley plant by using artificial neural network technology. , vol. 27, pp. 1843-1851.

SHARMA, K., GUPTA, G. y GRASSLAND, I., 2020. Hydroponics Technology for Green Fodder Production under Resource Deficit Condition. , no. October.

SHIT, N., 2019. Hydroponic Fodder Production: An Alternative Technology for Sustainable Livestock Production in India. *Exploratory Animal and Medical Research*, vol. 9, no. 2, pp. 108-119. ISSN 2319247X.

- SILVA ALMEIDA, J.C., KAIQUE VALENTIM, J., GUIMARÃES FARIA, D.J., SILVA NORONHA, C.M., DEL SOLAR VELARDE, J.M., PALERMO MENDES, J., ROLIM PIETRAMALE, R.T. y MOMO ZIEMNICZAK, H., 2020. Bromatological composition and dry matter production of corn hydroponic fodder. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, vol. 43, no. 1, pp. 1-8. ISSN 18078672. DOI 10.4025/actascianimsci.v43i1.48800.
- SMITH, R., 2018. *Germination and growth responses of hordeum vulgare SV13 cultivated as a green fodder crop for african conditions*. S.I.: Cape Peninsula University of Technology.
- SOTELO TOLEDO, J.M., 2019. *Rendimiento de forraje verde hidropónico de cebada (hordeum vulgare L.) cultivar variedad centenaria, aplicando tres volúmenes de riego por microaspersión, bajo condiciones de invernadero en Huaraz, año 2019*. S.I.: Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo.
- SOTO BRAVO, F. y RAMÍREZ VÍQUEZ, C., 2018. Effect of mineral nutrition on the yield and bromatological characteristics of corn hydroponic green forage. *Pastos y forrajes*, vol.42(2), pp.98-104, vol. 41, no. 2, pp. 98-104. ISSN 2078-8452.
- TOLEDO LARA, G.E., 2017. La investigación cualitativa y el estudio de casos: Una revisión teórica para su discusión. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, vol. IV, no. 2.
- TOMALÁ FLORES, N., 2021. *Producción de forraje verde hidropónico bajo la aplicación de biofertilizantes*. S.I.: Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- TREVIZAN RISPOLI, J.F. y CHALLAPA MOSCOSO, G.A., 2020. Comparación del rendimiento de forraje verde hidropónico con maíz lluteño y maíz comercial, utilizando cuatro calidades de agua. Arica, Chile. *Idesia (Arica)*, vol. 38, no. 3, pp. 113-122. DOI 10.4067/s0718-34292020000300113.
- UDDIN, M. y DHAR, A., 2018. Socioeconomic analysis of hydroponic fodder production in selected areas of Bangladesh: prospects and challenges. *SAARC Journal of Agriculture*, vol. 16, no. 1, pp. 233-247. ISSN 1682-8348. DOI 10.3329/sja.v16i1.37438.

- YANSI MÉNDEZ, A. y GONZÁLES DUARTE, V., 2018. *Evaluación de dos fertilizantes orgánicos en la producción de forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays) en el Centro de Prácticas San Isidro de la UNA Camoapa, durante el período de enero-marzo, 2018*. S.l.: Universidad nacional agraria.
- YOUSOF, F., MUSTAFA, E.-S. y MEGAHED, M., 2018. Some Factors Affecting the Value of Hydroponic Sprouted Barley for Green Fodder. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, vol. 45, no. 4, pp. 1231-1243. ISSN 1110-0338. DOI 10.21608/zjar.2018.48568.
- ZAGAL-TRANQUILINO, M., MARTÍNEZ GONZÁLEZ, S., SALGADO-MORENO, S., ESCALERA VALENTE, F., PEÑA-PARRA, B. y CARRILLO-DÍAZ, F., 2016. Producción de forraje verde hidropónico de maíz con riego de agua cada 24 horas. *Abanico veterinario*, vol. 6, no. 1, pp. 29-34. ISSN 2448-6132.
- ZEFERINO, P., VÁZQUEZ, D., LARA, D., TADEO, P., VELÁZQUEZ, M. y RODRÍGUEZ, A., 2021. Potential of native maize in the production of hidroponic green fodder under tropical condiction. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 24, pp. 1-9.

## ANEXOS


### Anexo N° 1. Declaración de originalidad de la autora

Yo, Jasmin Elizabeth Jiménez Barrera, con DNI 72115081 egresado de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de pregrado y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Lima Este, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al trabajo de Investigación / Tesis titulado: " Condiciones Ambientales Óptimas para Producción de Forraje Verde Hidropónico como Alternativa de Solución para las Épocas de Heladas ", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el trabajo de Investigación / Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda citatextual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima Este, 27 de Setiembre de 2021

Jiménez Barrera, Jasmin Elizabeth	
DNI: 72115081	
ORCID: 0000-0001-7184-2692	



## Anexo N° 2. Declaración de autenticidad del asesor


### Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, Mgtr. Samuel Carlos Reyna Mandujano docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Lima Este, asesor del Trabajo de Investigación / Tesis titulada: "Condiciones Ambientales Óptimas para Producción de Forraje Verde Hidropónico como Alternativa de Solución para las Épocas de Heladas", del autor JASMIN ELIZABETH JIMÉNEZ BARRERA constato que la investigación tiene un índice de similitud del 8% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender del trabajo de investigación / Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

San Juan de Lurigancho, 27 de Setiembre del 2021

Reyna Mandujano, Samuel Carlos	
DNI: 31662440	
ORCID: 0000-0002-0750-2877	

### Anexo N° 3. Matriz de consistencia

ÁMBITO TEMÁTICO	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CATEGORÍAS	SUB CATEGORIAS	CRITERIO 1	CRITERIO 2	CRITERIO 3	CRITERIO 4
Forraje verde hidropónico	¿Cuáles serán las condiciones ambientales óptimas para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021?	Determinar las condiciones ambientales óptimas para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021	¿Cuál será el tiempo de luz óptimas para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021?	Analizar el tiempo de luz óptimas para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021	Condiciones ambientales	Horas de germinación en oscuridad Horas de exposición a la luz	según al tipo de grano a utilizarse en la producción de forraje verde hidropónico	Condiciones climáticas donde se encontrará el sistema de forraje verde hidropónico	Rendimiento del forraje	Calidad alimentaria del forraje hidropónico
			¿Cuál será la temperatura óptima para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021?	Determinar la temperatura óptima para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021		Temperatura de germinación				
			¿Cuál será la humedad relativa óptima para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021?	Determinar la humedad relativa óptima para la producción de forraje verde hidropónico como alternativa de solución para las épocas de helada en el distrito de Ahuac – Chupaca – Junín, 2021		Humedad para la germinación				




### **Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, Jasmin Elizabeth Jiménez Barrera, con DNI 72115081 egresado de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de pregrado y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Lima Este, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al trabajo de Investigación / Tesis titulado: Condiciones Ambientales Óptimas para Producción de Forraje Verde Hidropónico como Alternativa de Solución para las Épocas de Heladas, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el trabajo de Investigación / Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima Este, 27 de Setiembre de 2021

Jiménez Barrera, Jasmin Elizabeth	
DNI: 72115081	
ORCID: 0000-0001-7184-2692	