

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA



TEMA: EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE CUYES (*Cavia porcellus* L.) DE ENGORDE ALIMENTADOS CON DOS DIETAS HIDROPÓNICAS, CAYAMBE

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniera Agropecuaria

AUTORA:

Lara Quishpe Anahi Adamari

DIRECTOR:

MVZ. Francisco Xavier Bonifaz Aguinaga, MSc

Ibarra-Ecuador 2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE CUYES (*Cavia porcellus* L.) DE ENGORDE ALIMENTADOS CON DOS DIETAS HIDROPÓNICAS, CAYAMBE

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como
requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

APROBADO:

MVZ. Francisco Xavier Bonifaz Aguinaga, MSc.

DIRECTOR

FIRMA

Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc.

ASESOR

FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

DIRECCIÓN BIBLIOTECA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Lara Quishpe Anahi Adamari

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación de la productividad de cuyes (<i>Cavia porcellus</i> L.) de engorde alimentados con dos dietas hidropónicas, Cayambe
AUTORA:	Lara Quishpe Anahi Adamari
FECHA: DD/MM/AAAA	07 de febrero de 2025
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agropecuaria
DIRECTOR/ASESOR:	MVZ. Francisco Xavier Bonifaz Aguinaga, MSc/Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 11 días del mes de mayo del 2026

LA AUTORA:

Lara Quishpe Anahi Adamari

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Lara Quishpe Anahi Adamari.

Ibarra a los 11 días del mes de mayo del 2026

.....

MVZ. Francisco Xavier Bonifaz Aguinaga, MSc.

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 11 días del mes de mayo del 2026

Anahi Adamari Lara Quishpe: EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE CUYES (*Cavia porcellus* L.) DE ENGORDE ALIMENTADOS CON DOS DIETAS HIDROPÓNICAS, CAYAMBE.

Trabajo de titulación. Ingeniera Agropecuaria.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 11 días del mes de mayo del 2026, 70 páginas.

DIRECTOR: MVZ. Francisco Xavier Bonifaz Aguinaga, MSc.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar la productividad de cuyes (*Cavia porcellus* L.) de engorde alimentados con dos dietas hidropónicas, Cayambe.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Comparar el efecto de la inclusión de forraje hidropónico en los parámetros zootécnicos de cuyes de engorde (*Cavia porcellus* L.), Cayambe.
- Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer infinitamente a todas las personas que fueron participes en el trascurso de la culminación de esta etapa importante de mi vida.

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por permitirme alcanzar una meta más en mi vida, por brindarme salud, fortaleza y sabiduría para superar cada obstáculo presentado en el camino.

A mis padres Carlos Lara y Lourdes Quishpe, y a mi hermana Estrella Lara por su amor y apoyo incondicional. En especial a mis padres, por ser mi ejemplo a seguir, por nunca dejarme sola y enseñarme que a pesar de las adversidades siempre es posible salir adelante.

A la Universidad Técnica del Norte, por abrirme las puertas y brindarme una formación integral. Asimismo, extendiendo mi gratitud a mis docentes quienes, con su vocación, compromiso y profesionalismo compartieron sus conocimientos y experiencias, guiándome con paciencia a lo largo de mi formación académica.

De manera especial, expreso mi sincero agradecimiento a mi director de tesis, MVZ. Xavier Bonifaz Aguinaga, por su orientación, paciencia y apoyo constante, así también por compartir sus conocimientos durante este proceso investigativo, contribuyendo de manera significativa al desarrollo de este trabajo.

Finalmente, agradezco a mis amigo/as y compañeros por su amistad, apoyo y motivación constante, ya que de una u otra manera formaron parte de este proceso, alentándome siempre a ser mejor.

Mil gracias a todos.

Anahi Adamari Lara Quishpe

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de tesis, en primer lugar, a Dios, por darme la vida, la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesaria para alcanzar una de las metas más importantes de mi vida.

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante, sus sacrificios y consejos, quienes han sido el pilar fundamental en mi formación personal y profesional. Gracias por creer en mí, por impulsarme a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles y por enseñarme el valor del esfuerzo y la responsabilidad.

A mi hermana, quien ha sido mi motivación diaria, mi ejemplo a seguir y quien me ha acompañado en cada paso de este largo camino, brindándome su mano para continuar luchando por mis sueños.

A mi familia en general, por su cariño, comprensión y palabras de aliento que me ayudaron a no rendirme y a mantenerme firme en el logro de este objetivo.

Finalmente, me dedico este logro a mí misma, por la constancia, el esfuerzo y la dedicación invertidos en cada etapa de este proceso, demostrando que con disciplina y fe todo es posible.

El logro es mío, pero el triunfo es de ustedes, papá y mamá.

Anahi Adamari Lara Quishpe

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I	16
1.1 ANTECEDENTES.....	16
1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	18
1.3 JUSTIFICACIÓN	18
1.4 OBJETIVOS	20
1.4.1 Objetivo general	20
1.4.2 Objetivos específicos.....	20
1.5 HIPÓTESIS.....	20
1.5.1 Hipótesis nula.....	20
1.5.2 Hipótesis alternativa	20
CAPÍTULO II.....	21
MARCO TEÓRICO.....	21
2.1 Origen del cuy	21
2.1.1 Generalidades del cuy.....	21
2.1.2 Etapas del cuy	22
2.2 Anatomía digestiva del cuy.....	23
2.3 Fisiología digestiva del cuy	23
2.4 Requerimientos nutricionales del cuy	24
2.5 Sistemas de alimentación.....	24

2.5.1 Alimentación a base de forraje.....	25
2.5.2 Alimentación mixta	25
2.5.3 Alimentación con forraje verde hidropónico	26
2.6 Cantidad de alimento de forraje verde hidropónico (FVH) para cuyes	26
2.7 Ventajas del forraje hidropónico	26
2.8 Especies cultivadas en sistemas hidropónicos	27
2.8.1 Avena (Avena sativa L.)	27
2.8.2 Cebada (Hordeum vulgare L.)	27
2.9 Marco legal	28
CAPÍTULO III.....	30
MARCO METODOLÓGICO	30
3.1 Descripción del área de estudio	30
3.1.1 Caracterización del área de estudio	30
3.2 Materiales	31
3.3 Métodos	31
3.3.1 Factores en estudio	31
3.3.2 Diseño experimental.....	32
3.3.3 Características del experimento	33
3.3.4 Análisis estadístico	34
3.3.5 Variables evaluadas	34
3.4 Manejo del experimento	37
3.5 Métodos de producción de forraje hidropónico	37
3.5.1 Selección de semilla	37
3.5.2 Lavado y desinfección.....	38
3.5.3 Remojo.....	38

3.5.4 Siembra	38
3.5.5 Germinación.....	38
3.5.6 Preparación de soluciones nutritivas y riego.....	38
3.5.7 Riego.....	40
3.5.8 Cosecha.....	40
CAPÍTULO IV	41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1 Consumo de alimento (g)	41
4.2 Ganancia de peso (g)	43
4.3 Ganancia de peso acumulado (g)	45
4.4 Índice de conversión alimenticia.....	48
4.5 Consumo de agua (ml).....	50
4.6 Rendimiento a la canal (%).....	52
4.7 Relación beneficio/costo.....	54
CAPÍTULO V.....	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
5.1 CONCLUSIONES	58
5.2 RECOMENDACIONES	58
REFERENCIAS.....	59
ANEXOS	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Mapa de la ubicación del área de investigación.</i>	30
Figura 2 <i>Diseño experimental utilizado en la investigación en el desarrollo productivo de cuyes.</i>	32
Figura 3 <i>Diseño de la unidad experimental que se evaluó.</i>	33
Figura 4 <i>Manejo del experimento en cuyes</i>	37
Figura 5 <i>Resultados de los niveles evaluados en la variable consumo de alimento en forraje verde que incluye alfalfa, avena y cebada hidropónica (g) durante 6 semanas.</i>	42
Figura 6 <i>Resultados de la ganancia de peso (g) por semana en cuyes.</i>	44
Figura 7 <i>Resultados de la variable ganancia de peso acumulado durante 6 semanas de evaluación.</i>	47
Figura 8 <i>Resultados de la variable conversión alimenticia evaluados durante 6 semanas en cuyes.</i>	49
Figura 9 <i>Resultados de la variable de consumo de agua evaluados en 6 semanas en cuyes.</i> ..	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Contenido nutricional requerido en las distintas etapas de desarrollo del cuy.</i>	24
Tabla 2 <i>Cantidad de alimento de forraje verde hidropónico para cuyes.</i>	26
Tabla 3 <i>Valor nutricional del forraje hidropónico de avena.</i>	27
Tabla 4 <i>Valor nutricional del forraje hidropónico de cebada.</i>	28
Tabla 5 <i>Materiales, equipos, insumos y herramientas utilizados en el trabajo de evaluación de dietas en cuyes.</i>	31
Tabla 6 <i>Características del experimento.</i>	33
Tabla 7 <i>Características de la unidad experimental.</i>	33
Tabla 8 <i>Solución concentrada "A"</i>	39
Tabla 9 <i>Solución concentrada "B"</i>	39
Tabla 10 <i>Resultado de la variable rendimiento a la canal.</i>	53
Tabla 11 <i>Costos de los insumos utilizados en la evaluación del Nivel 0.</i>	54
Tabla 12 <i>Costos de insumos utilizados en la evaluación del Nivel 1.</i>	55
Tabla 13 <i>Costos de insumos utilizados en la evaluación del Nivel 2.</i>	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Proceso de preparación y composición de soluciones nutritivas</i>	68
Anexo 2 <i>Rendimiento de la alfalfa y cebada</i>	69
Anexo 3 <i>Rendimiento de avena</i>	70

EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE CUYES (*Cavia porcellus* L.) DE ENGORDE ALIMENTADOS CON DOS DIETAS HIDROPÓNICAS, CAYAMBE.

Lara Quishpe Anahi Adamari

Universidad Técnica del Norte

Correo: aalaraq@utn.edu.ec

RESUMEN

La producción de cuyes es fundamental para la economía campesina; sin embargo, enfrenta limitaciones por la baja calidad nutritiva del forraje tradicional, afectando el desempeño productivo lo que exige alternativas nutricionales eficientes. El objetivo del estudio fue evaluar la productividad de cuyes (*Cavia porcellus* L.) de engorde alimentados con dos dietas hidropónicas. Se evaluaron siete variables zootécnicas durante el estudio de 6 semanas en el que participaron 45 cuyes con un peso de 350-400 g. La investigación se realizó utilizando un diseño en bloques completamente al azar, donde el factor de estudio fue la dieta estructurada en tres niveles: alfalfa (N0), avena hidropónica (N1) y cebada hidropónica (N2). Los resultados determinaron que el mayor consumo de alimento obtuvo el N2 que registró 531 g. No obstante, el N0 registro la mayor ganancia de peso con 436.11 g, una conversión alimenticia eficiente de 1.95 y el mejor rendimiento a la canal con 60.15%. El análisis de relación beneficio/costo confirmó que todos los niveles resultaron rentables presentando valores superiores a 1, lo que indica que todos los niveles evaluados son económicamente viables. Se concluye que, aunque los niveles N1 y N2 presentan un desempeño zootécnico aceptable, el nivel N0 ofrece la mayor eficiencia productiva.

Palabras clave: hidropónico, parámetros zootécnicos, forraje, conversión alimenticia, rentabilidad.

EVALUATION OF THE PRODUCTIVITY OF FATTENING GUINEA PIGS (*Cavia porcellus* L.) FED TWO HYDROPONIC DIETS, CAYAMBE.

Lara Quishpe Anahi Adamari

Universidad Técnica del Norte

Correo: aalaraq@utn.edu.ec

ABSTRACT

Guinea pig production is fundamental to the rural economy; however, it faces limitations due to the low nutritional quality of traditional forage, affecting productive performance and requiring efficient nutritional alternatives. The objective of this study was to evaluate the productivity of fattening guinea pigs (*Cavia porcellus* L.) fed two hydroponic diets. Six zootechnical variables were evaluated during the 6-week study, which involved 45 guinea pigs weighing 350–400 g. The research was conducted using a completely randomized block design, where the study factor was the diet structured at three levels: alfalfa (N0), hydroponic oats (N1), and hydroponic barley (N2). The results determined that the highest feed intake was obtained at level N2, registering 531 g. However, the N0 recorded the highest weight gain with 436.11 g, an efficient feed conversion of 1.95 and the best carcass yield with 60.15%. The benefit-cost ratio analysis confirmed that all levels were profitable, presenting values greater than 1, indicating that all evaluated levels are economically viable. It is concluded that, although levels N1 and N2 show acceptable zootechnical performance, level N0 offers the greatest productive efficiency.

Keywords: Hydroponics, zootechnical parameters, forage, feed conversion, profitability.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El cuy (*Cavia porcellus* L.) es un pequeño animal conocido como conejillo de indias o cobayo, es un roedor originario de las regiones andinas de América del Sur como: Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia. A nivel mundial, se estima una población aproximada de 35 millones de individuos de esta especie, la cual representa una alta capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas, desde zonas costeras hasta una altitud de 4500 m s. n. m. (Montes, 2012).

La productividad de esta especie en el Ecuador se encuentra vigente en todas las regiones, con una población de 21 millones de individuos debido a su constante reproducción, de los cuales se producen 47 millones de crías. De acuerdo con estos promedios, la zona del área andina más productiva está localizada principalmente en las provincias interandinas de la sierra como: Tungurahua, Azuay, Cotopaxi, Pichincha, Chimborazo e Imbabura, seguida por la Costa y la Amazonía (Reyes et al., 2021). Además, este roedor, debido a su valor nutricional, prolificidad, calidad de carne y mayor adaptación a diversas condiciones climáticas, se ha ido extendiendo a mayor escala en el ámbito comercial, no solo nacional sino internacional (Pindo, 2024).

En relación con la alimentación, los forrajes hidropónicos han sido ampliamente estudiados como una alternativa sostenible para la nutrición animal. Diversas investigaciones han demostrado que estos poseen adecuados parámetros nutricionales y pueden sustituir a los sistemas tradicionales, sin afectar variables productivas como la ganancia de peso, conversión alimenticia o el comportamiento de los animales (Yanchaliquin, 2022). Martínez y Herradora (2018) señalan que esta alternativa ofrece ventajas como alto contenido proteico, mejor digestibilidad y disponibilidad constante a lo largo del año.

En el caso específico de cuyes, varios estudios han evaluado el efecto de forraje verde hidropónico en diferentes etapas productivas. Investigaciones realizadas en Perú han analizado el uso de forrajes hidropónicos de cebada, maíz y avena en cuyes en etapa de post destete encontrando sistemas productivos experimentales (Zevallos, 2025). En cuanto a la proporción

de dieta, Alvarado (2021), ha demostrado que el uso combinado de forraje verde hidropónico y concentrado genera mejores resultados productivos destacando que una dieta balanceada 50% forraje verde hidropónico y 50% concentrado permite alcanzar adecuados parámetros zootécnicos.

De igual manera, estudios comparativos entre forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.) y avena (*Avena sativa* L.) han demostrado que el uso de forraje verde hidropónico puede igualar o mejorar parámetros zootécnicos como la ganancia de peso, rendimiento a la canal y la rentabilidad en cuyes de engorde. Esto refuerza su potencial como alternativa alimenticia en sistemas productivos (Alvarado, 2021).

Por otra parte, aunque en menor proporción, investigaciones en otras especies respaldan el uso de forraje verde hidropónico como recurso alimenticio. Orjuela, (2015), en una investigación realizada en zonas rurales en el Norte de Córdova, indica que el uso de forrajes hidropónicos en la alimentación de cabras incrementa los rendimientos en la producción de leche entre un 40% y 50%. Además, permite dos pariciones anuales en cabras y ovejas y aumenta la producción lechera en un 40%. De manera similar Viloría (2019) evidenció mejoras al suministrar forraje verde hidropónico en la alimentación a vacas lecheras ya que obtuvo hasta un 1.8 kg de proteína diaria. Lo que se traduce en un aumento en la producción de leche entre un 10% y 20% en comparación con dietas tradicionales. En México, vacas de raza Holstein alimentadas con este tipo de forraje presentaron, a la tercera semana de suplementación, un pelaje más brillante, una ganancia diaria promedio de peso 180 g; y un aumento del 12% en la producción de leche. Además, los problemas de mastitis disminuyeron en un 40% y la fertilidad aumentó en un 16% (Viloría, 2019).

Asimismo, la alimentación de conejos criollos, con una dieta compuesta por un 60% de forraje hidropónico y un 40% de balanceado comercial, resultó en una ganancia de peso de 1.9 kg a las siete semanas, en comparación con los 1.8 kg obtenidos con una dieta basada al 100% en concentrado comercial (Nava et al., 2005). Finalmente, Núñez y Guerrero (2021) destacan que, el forraje verde hidropónico en gallinas ponedoras mejora la digestión y aumenta el peso de los huevos en un 20%. En pollos destinados a la producción de carne, la calidad de la canal es superior en términos de firmeza y sabor.

En contexto, la presente investigación propone la producción de forrajes hidropónicos de avena y cebada como una fuente sostenible y eficiente para la alimentación de cuyes de engorde. Este sistema en sí, permite producir forraje fresco de alta calidad en cortos períodos y con un uso mínimo de recursos hídricos y espacio (Núñez et al.,2023). Los forrajes hidropónicos son una excelente fuente de proteína para la alimentación animal, especialmente para animales herbívoros, dependiendo del tipo de grano utilizado y su manejo en el proceso de germinación.

1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La producción de cuyes en Ecuador enfrenta diversos desafíos que afectan tanto la eficiencia productiva como la rentabilidad del sistema. Entre los principales problemas se encuentra la deficiencia nutricional, originada por el uso de raciones alimenticias formuladas con residuos de cocina y de cosecha, que representan un 1.5% de la dieta (Soto, 2021). Sin embargo, estos residuos no siempre son nutritivos, no cubren las necesidades alimenticias de los animales y, en muchos casos, provocan problemas digestivos, una notable disminución en el crecimiento, menor productividad y, en situaciones extremas, un incremento en la mortalidad (Delgado, 2020).

Además, los altos costos de producción, especialmente los relacionados con la adquisición de alimentos balanceados comerciales, representan hasta el 70% de los costos totales en la crianza de cuyes, lo que disminuye considerablemente la rentabilidad para los pequeños productores (Rodríguez, 2024). Por otro lado, la disminución de suelo agrícola es un factor crítico, impulsado por la expansión descontrolada de las ciudades y el crecimiento poblacional, lo que ha llevado a la ocupación de terrenos fértiles destinados para la agricultura. Según Rengifo (2022), el crecimiento urbano ha ocupado alrededor del 25% de las tierras agrícolas disponibles en la última década, afectando directamente la capacidad de producción de forrajes y otros cultivos esenciales para la alimentación animal.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El uso de dietas hidropónicas es una de las alternativas sostenibles en la alimentación animal, ha surgido como clave importante abasteciendo la necesidad del productor en cubrir esas deficiencias nutricionales. Esto permite mejorar calidad de la dieta y garantizar que los cuyes reciban los nutrientes necesarios para su crecimiento óptimo (Avilés et al., 2014).

Amaguaña (2012) manifiesta que, el forraje hidropónico ha ganado relevancia debido a su eficiente transformación en la producción animal ya que, presenta una forma innovadora de cultivar forrajes de alta calidad nutritiva en espacios reducidos y con un uso significativamente menor de agua en comparación con los métodos tradicionales. Además, al no depender de las estaciones climáticas ni de suelos agrícolas, asegura una disponibilidad constante de alimento, lo que contribuye a la mejora de los parámetros zootécnicos, como el crecimiento, la conversión alimenticia y bienestar animal.

Implementar el forraje hidropónico no solo beneficia la producción de cuyes, sino que también promueve prácticas agropecuarias, sostenibles y económicas, reduciendo los costos de alimentación y el impacto ambiental asociado a la producción convencional de forrajes. Esta alternativa es clave para optimizar la producción de cuyes, mejorar la seguridad alimentaria y aportar un modelo replicable para pequeños y medianos productores.

Delgado (2020) menciona que, la producción efectiva de forraje verde hidropónico (FVH) proveniente de granos de cereales como cebada, maíz, avena entre otros contienen alta proteína y a la vez satisfacen las necesidades nutricionales de los animales en un determinado tiempo. Dichos granos se desarrollan en un periodo de 10 a 12 días, captando la energía del sol, libres de pesticidas y fungicidas que no solo satisface la necesidad de optimizar la producción animal sino también de tener un gran impacto ambiental positivo (Casa, 2008).

Es por ello que, se plantea la necesidad de evaluar el efecto de dos dietas hidropónicas en los parámetros zootécnicos de cuyes de engorde, con el objetivo de determinar cuál de ellas promueve un mejor crecimiento, eficiencia alimenticia, bienestar animal etc. De esta manera, se busca encontrar alternativas eficientes que no solo optimicen el rendimiento productivo sino también, sea sostenible y económico para los productores. Además, esta investigación podría proporcionar una idea innovadora para aquellas personas que deseen establecer un negocio propio, con parámetros específicos y adopten nuevas prácticas de alimentación con beneficios económicos y medioambientales.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la productividad de cuyes (*Cavia porcellus* L.) de engorde alimentados con dos dietas hidropónicas, Cayambe

1.4.2 Objetivos específicos

- Comparar el efecto de la inclusión de forraje hidropónico en los parámetros zootécnicos de cuyes de engorde (*Cavia porcellus* L.), Cayambe.
- Analizar los resultados económicos de los tratamientos en estudio.

1.5 HIPÓTESIS

1.5.1 Hipótesis nula

La alimentación de cuyes en la etapa de engorde con forrajes hidropónicos no influye en los parámetros zootécnicos.

1.5.2 Hipótesis alternativa

La alimentación de cuyes en la etapa de engorde con forrajes hidropónicos influye en los parámetros zootécnicos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Origen del cuy

El cuy (*Cavia porcellus* L.) también conocido como conejillo de Indias, es originario de la región andina de América del Sur especialmente en países como Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia (Vivas, 2009). En los países andinos se halla una población invariable de aproximadamente 35 millones de individuos. Perú un país reconocido con mayor población y consumo que produce anualmente 16 500 toneladas de carne procedente de más de 65 millones de cuyes de una población de más o menos de 22 millones de animales criados básicamente con sistemas de producción familiar. La mayoría de la población está distribuida principalmente en Perú y Ecuador es amplia ya que, se encuentra en casi todo el territorio a comparación de Colombia y Bolivia que es regional y con poblaciones menores. Además, debido a su alta capacidad de adaptación a varias condiciones climáticas pueden encontrarse desde zonas costeras hasta alturas de 4 500 m s.n.m (FAO, 2014).

Desde el punto de vista zootécnico, los cuyes pueden clasificarse según la conformación de su cuerpo en dos tipos principales: Tipo A y Tipo B. El Tipo A se caracteriza por presentar un mayor desarrollo muscular mejor conversión alimenticia y un temperamento dócil lo que facilita su manejo y lo hace más adecuado para fines productivos. En contraste, el Tipo B presenta menor desarrollo muscular cuerpo menos profundo y un comportamiento más nervioso, lo que dificulta su manejo y reduce su eficiencia productiva (Montes, 2012).

Por otra parte, hoy en día el cuy es muy reconocido en diversas partes del mundo tanto por su valor cultural y gastronómico porque, ha logrado adaptarse y ganar popularidad en distintos contextos culturales, cumpliendo con fines alimenticios, culturales y afectivos según la región (Ávila y Alva, 2021).

2.1.1 Generalidades del cuy

Según Ortiz (2021), la forma del cuerpo del cuy es alargado y cubierto de pelos desde su nacimiento, la cabeza es relativamente grande en comparación con su volumen corporal, con orejas pequeñas, redondeadas y cubiertas de pelo fino por lo general son caídas. Los ojos son grandes y prominentes de color negro y rojo con tonalidades de claro a oscuro lo que les permite

un amplio campo de visión. El hocico es corto, con fosas nasales y ollares pequeños, tiene labios flexibles y adaptados para cortar el alimento, cuello grueso, musculoso y bien insertado al cuerpo, conformado por siete vertebras de las cuales el atlas y el axis están bien desarrolladas. Tronco de forma cilíndrica y está conformado por 13 vertebras dorsales que sujetan un par de costillas articulándose con el esternón, las 3 últimas son flotantes. Abdomen como base anatómica a 7 vértebras lumbares, es de gran volumen y capacidad. Las extremidades cuentan con cuatro dedos con uñas cortas, siendo los miembros anteriores más cortos que los posteriores.

2.1.2 Etapas del cuy

Para asegurar un adecuado crecimiento y mantener el buen estado sanitario del cuy es necesario brindar cuidados específicos en cada etapa de su ciclo de vida ya que en cada fase resulta fundamental garantizar condiciones ambientales adecuadas, una alimentación balanceada y un manejo apropiado. Asimismo, desde el punto de vista zotécnico la crianza busca optimizar características productivas como la ganancia de peso, la calidad de carne y la eficiencia reproductiva (Flores, 2016).

2.1.2.1 Lactante. La etapa lactante comprende aproximadamente desde el nacimiento hasta los 7 días de vida siendo considerada una fase crítica en el desarrollo del cuy. En este periodo, las crías también denominadas lechones dependen completamente de la leche materna como fuente principal de nutrientes la cual resulta esencial para su adecuado crecimiento y desarrollo.

Durante esta etapa los animales atraviesan importantes procesos fisiológicos y de adaptación al medio. Además, se inicia progresivamente la transición hacia una alimentación más diversa lo que marcará el comienzo de su independencia de la lactancia en las etapas posteriores (Pareja, 2011).

2.1.2.2 Recría. La fase de recría se extiende desde el destete hasta aproximadamente los 90 días de edad. Este período es determinante para el desarrollo del cuy, ya que en él se

establecen los hábitos alimenticios y se consolida el crecimiento tanto en machos como en hembras.

Para garantizar un desarrollo adecuado es indispensable mantener un ambiente higiénico seguro y con un control constante de alimentación. Asimismo, la correcta socialización entre ellos favorece su comportamiento y adaptación al entorno aspectos clave para su desempeño en etapas posteriores (Vargas et al. 2006).

2.1.2.3 Reproductor. La etapa reproductiva inicia alrededor de las 16 semanas de edad, cuando los cuyes alcanzan la madurez sexual. En esta fase se seleccionan los animales destinados a la reproducción diferenciando entre machos y hembras con el fin de evitar problemas como la consanguinidad y preservar la variabilidad genética (Vargas, 2022).

Durante este periodo las hembras deben encontrarse en óptimas condiciones de salud y peso para asegurar una gestación adecuada. Es fundamental proporcionar un ambiente limpio y tranquilo que reduzca el estrés y favorezca el apareamiento. Las hembras gestantes deben mantenerse en espacios adecuados que faciliten tanto la gestación como el parto. El periodo de gestación en el cuy oscila entre 59 y 72 días dependiendo de factores como la genética y las condiciones de manejo (Pareja, 2011).

2.2 Anatomía digestiva del cuy

El cuy (*Cavia porcellus* L.) presenta un sistema digestivo adaptado a una dieta herbívora caracterizado por un estómago simple, es decir monogástrico y un intestino grueso altamente desarrollado. Uno de los órganos más importantes es el ciego, el cual ocupa gran parte de la cavidad abdominal y cumple un papel fundamental en la fermentación de la fibra gracias a la acción de microorganismos que degradan los componentes estructurales de los vegetales (Chauca,1997). El tránsito digestivo incluye la ingestión, digestión gástrica y absorción intestinal, seguido de procesos fermentativos en el ciego y colon lo que permite el aprovechamiento de nutrientes que no fueron digeridos en etapas anteriores (Sakaguchi,2003).

2.3 Fisiología digestiva del cuy

El cuy es un fermentador cecal, lo que significa que gran parte de la digestión de la fibra ocurre en el ciego, mediante la fermentación microbiana produciendo ácidos grasos volátiles que son

utilizados como fuente de energía (Quesenberry y Carpenter, 2012). Además, presenta el fenómeno de la cecotrofia mediante el cual el animal ingiere nuevamente las heces blandas para aprovechar vitaminas del complejo B, vitamina K y proteínas microbianas sintetizadas en el ciego. Esta adaptación fisiológica es esencial para maximizar el uso de dietas ricas en fibra lo que hace al cuy altamente eficiente en sistemas de alimentación basados en forrajes (Harkness y Wagner 1995).

2.4 Requerimientos nutricionales del cuy

Los requerimientos nutricionales de los cuyes permiten, establecer raciones balanceadas que logren satisfacer las necesidades de mantenimiento, crecimiento y producción. Al igual que en otros animales, los nutrientes requeridos por el cuy son: agua, proteína (aminoácidos), fibra, energía, ácidos grasos esenciales, minerales y vitaminas ya que, estos requerimientos que dependen de la edad, estado fisiológico, genotipo y medio ambiente donde se desarrolla la crianza (Ruiz, 2016). En la Tabla 1 se presentan dichos requerimientos.

Tabla 1

Contenido nutricional requerido en las distintas etapas de desarrollo del cuy.

Nutrientes	Unidad	Gestación	Lactancia	Crecimiento
Proteínas	(%)	18	18-22	13-17
ED	kcal/kg	2 800	3 000	2 800
Fibra	(%)	8-17	8-17	10
Calcio	(%)	1.4	1,4	0.8-1.0
Fósforo	(%)	0.8	0,8	0.4-0.7
Magnesio	(%)	0.1-0.3	0,1 0,3	0.1-0.3
Potasio	(%)	0.5-14	0.5-1.4	0.5-1.4
Vitamina C	(mg)	200	200	200

Fuente: Ruiz (2016).

2.5 Sistemas de alimentación

Los estudios en nutrición animal permiten identificar los requerimientos óptimos necesarios para alcanzar una alta productividad. Sin embargo, para lograr una crianza exitosa, es fundamental gestionar adecuadamente los sistemas de alimentación.

En el caso de los cuyes, los sistemas de alimentación se ajustan según la disponibilidad de recursos alimenticios. La combinación de forrajes y concentrados, incluso cuando existe alguna

restricción en su suministro, demuestra la capacidad de adaptación de esta especie ya que pueden comportarse como herbívoros estrictos o depender más de los balanceados según las condiciones de su dieta (Calderón, 2015).

2.5.1 Alimentación a base de forraje

Este sistema se basa en el uso exclusivo de forraje como fuente de alimentación, lo que genera dependencia directa de su disponibilidad. Dicha disponibilidad está influenciada por la estacionalidad en la producción de forraje verde, estableciéndose una estrecha relación entre la dinámica poblacional de los animales y el acceso a este recurso. En este contexto el pasto se convierte en la principal fuente de nutrientes, garantizando además una adecuada ingesta de vitamina C. El cuy puede consumir forraje verde equivalente al 30% de su peso corporal (Tamayo, 2011). Cuando su alimentación se compone únicamente de forraje, como alfalfa es capaz de alcanzar un aumento diario de peso de aproximadamente de 3.5 g (Gualoto, 2018).

El 90% de la dieta del cuy se basa en forraje verde, ya que este proporciona nutrientes, agua y vitamina C esenciales para su desarrollo. El 10% restante se complementa con sobrealimento o concentrado. La alfalfa (*Medicago sativa* L.) y otros pastos cultivados, como el ray grass (*Lolium multiflorum* Lam.), sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* (L) Moench), pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.) y gramalote (*Axonopus scoparius* (fluegge) Kuhlman), constituyen alrededor del 80% de este forraje verde fresco (Vargas y Yupa, 2011). El uso exclusivo de forraje como fuente de alimento garantiza una adecuada ingesta de vitamina C; sin embargo, esta dieta no cubre completamente los requerimientos nutricionales necesarios para lograr un rendimiento óptimo en los cuyes, ya que satisface el volumen de alimento, pero no la totalidad de sus necesidades nutritivas.

2.5.2 Alimentación mixta

La dieta de los cuyes generalmente incluye forraje verde y alimento balanceado. El forraje, al ser un alimento voluminoso, proporciona principalmente agua y vitaminas, mientras que el alimento balanceado suministra proteínas y energía. La combinación de ambos tipos de alimentos, dependiendo de la disponibilidad de cada uno, hace que el cuy sea una especie flexible en su nutrición. Es esencial implementar programas de alimentación que utilicen un

sistema mixto o integral, ajustando la dieta según la disponibilidad de los alimentos (Reynaga et al., 2020).

2.5.3 Alimentación con forraje verde hidropónico

El forraje verde hidropónico (FVH) se obtiene a partir de la germinación de granos de cereales como cebada, avena, trigo y maíz. Este proceso que dura entre 10 y 15 días aprovecha la energía solar y los minerales presentes en una solución nutritiva empleando métodos hidropónicos sin necesidad de un sustrato (Hernández, 2018). El uso de este forraje en cuyes de engorde permite reducir el tiempo de producción para su comercialización, logrando que estén listos en un periodo más corto entre 2 y 2.5 meses. Además, en madres de productores favorece el proceso de empadre contribuyendo al incremento del número de crías por parto (Trujillo e Hidalgo, 2021).

2.6 Cantidad de alimento de forraje verde hidropónico (FVH) para cuyes

La cantidad de forraje verde suministrada a los cuyes varía en función de su edad y categoría productiva. En este sentido, en la Tabla 2 se presentan los valores referenciales de consumo diario por animal.

Tabla 2

Cantidad de alimento de forraje verde hidropónico para cuyes.

Categoría	Cantidad de FVH/ día/cuy
Adultos	350 g
Maltones	200-290 g
Crías	100-150 g

Fuente: Trujillo e Hidalgo (2021).

2.7 Ventajas del forraje hidropónico

Este método no sólo facilita la obtención de forraje nutritivo en áreas reducidas, sino que también maximiza la eficiencia en el uso del agua, representando una alternativa viable en zonas con acceso limitado a tierras agrícolas o con condiciones climáticas poco favorables para el cultivo convencional de pastos. Asimismo, el forraje hidropónico ofrece la ventaja de estar disponible durante todo el año garantizando así una fuente continua de alimento fresco para varias especies lo que contribuye a mejorar su productividad y bienestar (Herrera, 2009).

2.8 Especies cultivadas en sistemas hidropónicos

2.8.1 Avena (*Avena sativa* L.)

La avena es una planta herbácea anual que pertenece a la familia de las gramíneas. Se caracteriza por tener un sistema radicular robusto, con raíces más profundas y abundantes en comparación con otros cereales. Sus tallos son gruesos, rectos y están compuestos por varios entrenudos que terminan en nudos prominentes, aunque presentan baja resistencia al viento.

Las hojas son largas, planas y estrechas de un tono verde oscuro y con una textura áspera al tacto. Sus nervios son paralelos y están bien definidos. Esta gramínea tiene un crecimiento erecto y puede alcanzar hasta 1.5 m de altura dependiendo de la especie. Crece en forma de macollo y su inflorescencia tiene forma de panícula generalmente la primera cosecha se realiza aproximadamente a los 110 días después de la siembra (Gélvez, 2019).

2.8.1.1 Valor nutricional del forraje hidropónico de avena. El forraje hidropónico de avena cosechado a los 10 días presenta un valor nutricional significativo, contiene aproximadamente un 35.49 % de materia seca como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3

Valor nutricional del forraje hidropónico de avena.

Constituyente (%)	Aporte nutricional 10 días	Aporte nutricional 12 días
Proteína cruda	14.1	13.0
Fibra detergente neutra	45.7	43.0
Fibra detergente ácida	20.1	21.5
Lignina	2.6	3.4
Celulosa	20.8	20.7
Hemicelulosa	25.6	21.4
Extracto etéreo	6.8	6.6
Energía metabolizable	2 200	2 000

Fuente: Gélvez (2019).

2.8.2 Cebada (*Hordeum vulgare* L.)

La cebada es una planta perteneciente a la familia de las gramíneas. Sus espiguillas están conectadas directamente al raquis y si disponen de manera que se superponen entre sí. Las glumas son alargadas y terminan en un vértice puntiagudo, mientras que las glumillas

pertenecen adheridas al grano, excepto en la variedad conocida como “cebada desnuda”. Además, las glumillas se extienden formando una arista (Lema et al., 2017).

Esta planta se caracteriza por tener hojas angostas de un color verde claro. En comparación con el trigo que presente un tono de verde más tenue y durante las primeras etapas de su crecimiento la planta de trigo tiende a ser más erecta.

2.8.2.1 Valor nutricional del forraje verde hidropónico de cebada. El forraje hidropónico de cebada cultivado sin la adición de nutrientes, contiene un 9.36% de materia seca y un 11.01% de proteína bruta. Esto significa que, aunque no se le suministren fertilizantes durante su producción, el forraje mantiene un nivel moderado de proteína, aunque su contenido de materia seca es relativamente bajo debido a su alta humedad (Candia, 2014) tabla 4.

Tabla 4

Valor nutricional del forraje hidropónico de cebada.

Constituyente (%)	Raíces	Tallos	Hojas	Total
Proteína cruda	12.19	27.18	35.28	16.02
Grasa	5.68	4.55	3.77	5.37
Fibra cruda	10.29	26.32	21.50	12.94
ELN	68.29	36.78	34.66	62.63
Ceniza	2.56	5.17	4.80	3.03
NDT	84.03	61.29	76.26	80.91

Fuente: Candia (2014).

2.9 Marco legal

La presente investigación está enmarcada dentro de las leyes que protegen la naturaleza y le otorgan derechos para asegurar su preservación tal como lo concreta la Constitución de la República del Ecuador del 2008. Capítulo II, Sección Segunda: Ambiente Sano Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Asimismo, se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Por otra parte, la Constitución de la República del Ecuador en su artículo 281 establece que la soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico del Estado, orientado a garantizar el

acceso permanente a alimentos sanos, nutritivos y culturalmente apropiados. En concordancia con ello la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria señala en su artículo 24 que la inocuidad alimentaria tiene como finalidad proteger la salud de la población y prevenir enfermedades derivadas del consumo de alimentos contaminados.

En relación con el desarrollo del sector agropecuario, el Plan Nacional de Desarrollo “Ecuador No se Detiene” 2025-2029 plantea dentro del eje económico, productivo y de empleo la necesidad de fortalecer la producción agropecuaria con valor agregado, promoviendo la inclusión de pequeños productores y el acceso a mercados sostenibles. (Secretaría Nacional de planificación, 2024). Este enfoque se vincula directamente con la presente investigación ya que la implementación de dietas hidropónicas en la alimentación de cuyes constituye una alternativa innovadora que mejora la eficiencia productiva y optimice el uso de recursos.

En el ámbito internacional la investigación se ajusta con los lineamientos de la organización de las Naciones Unidas a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenible particularmente con el objetivo 2: Hambre Cero que busca garantizar la seguridad alimentaria y promover la agricultura sostenible y el Objetivo 12: Producción y consumo responsable (ONU, 2015). Estos objetivos fomentan prácticas productivas sostenibles como el uso de tecnologías alternativas en la alimentación.

Finalmente, en el ámbito técnico productivo se considera Manual Técnico de Buenas Prácticas pecuarias en la crianza de cuyes, elaborado por la Agencia de Regulación y Control Zoonosanitario el cual establece lineamientos para garantizar la sanidad, bienestar animal e inocuidad en la producción pecuaria (Agrocalidad, 2015).

CAPÍTULO III

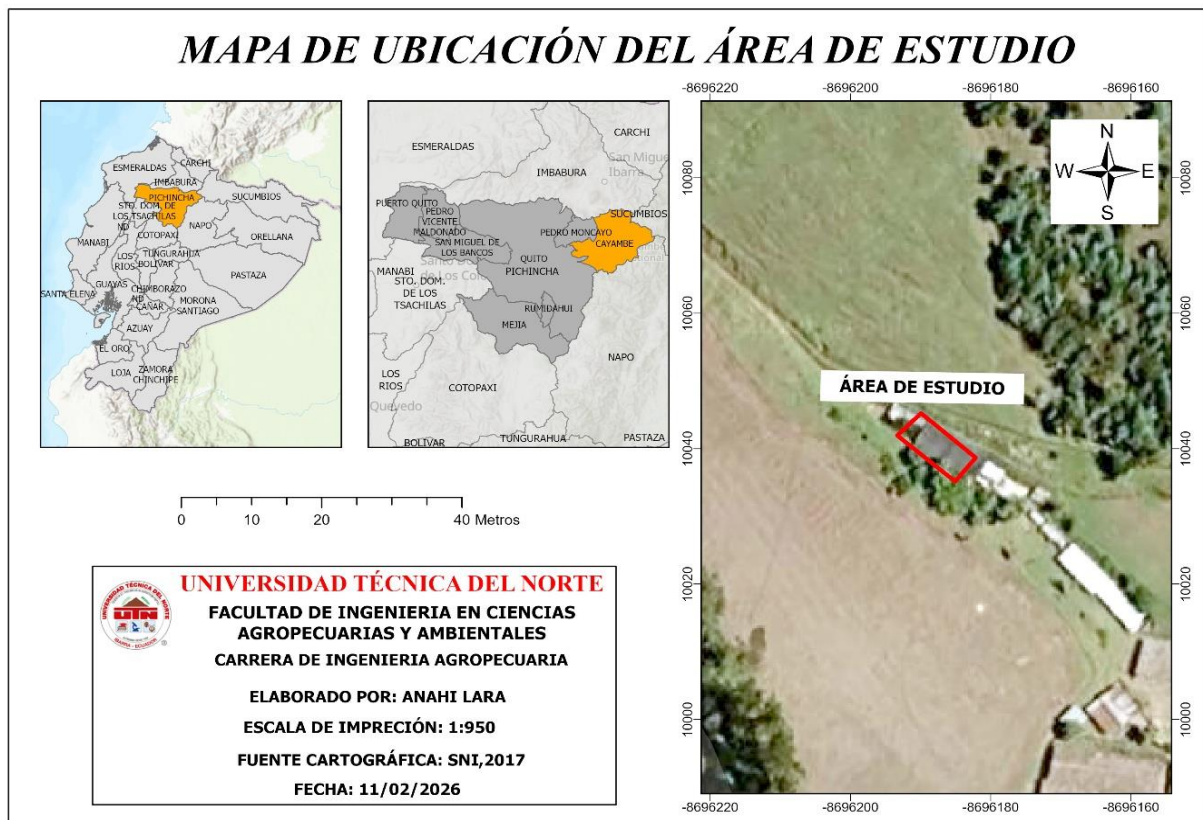
MARCO METODOLÓGICO

3.1 Descripción del área de estudio

El presente estudio se localiza en la parroquia Ayora, cantón Cayambe ubicado en la provincia de Pichincha específicamente en el sector Santa Rosa de Ayora como se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Mapa de la ubicación del área de investigación.



Fuente: Instituto Geográfico Militar (2020).

3.1.1 Caracterización del área de estudio

El área de estudio se localizó en el sector de Santa Rosa de Ayora perteneciente a la parroquia Ayora, cantón Cayambe, provincia de Pichincha, Ecuador. Esta zona se encuentra a una altitud

de 3035 m s. n. m. Geográficamente, el estudio se ubica coordenadas geográficas aproximadas de latitud 0° 08' 97'' y longitud 78° 11' 88'' y una temperatura media anual de 13° (IGM, 2020).

3.2 Materiales

En la tabla 5, se detalla los materiales, equipos y herramientas que se utilizaron en la fase experimental en campo.

Tabla 5

Materiales, equipos, insumos y herramientas utilizados en el trabajo de evaluación de dietas en cuyes.

Material Experimental	Materiales	Equipos	Insumos	Herramientas
45 cuyes criollos	Rótulos			
	Bandejas	Balanza	Avena	Palas
	Tablas	Termóhigrometro	Cebada	Escoba
	Mallas	Metro	Alfalfa	Guantes
	Clavos		Balanceado	Resaltadores
	Bloques		engorde	Hoja de registro
	Cemento			Computadora
	Plástico			
	Sarán			
	Triplex			
	Palos			
	Comederos			
	Bebederos			

3.3 Métodos

La presente investigación es de tipo experimental, en la cual se evaluaron 7 variables productivas. Los datos recolectados fueron sometidos a análisis estadístico los mismos que se realizaron con ayuda del software estadístico, Infostat versión 2020.

3.3.1 Factores en estudio

Factor: Niveles

N0. Balanceado + Alfalfa (*Medicago sativa* L.)

N1. Balanceado + Hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare* L.)

N2. Balanceado + Hidropónico de avena (*Avena sativa* L.)

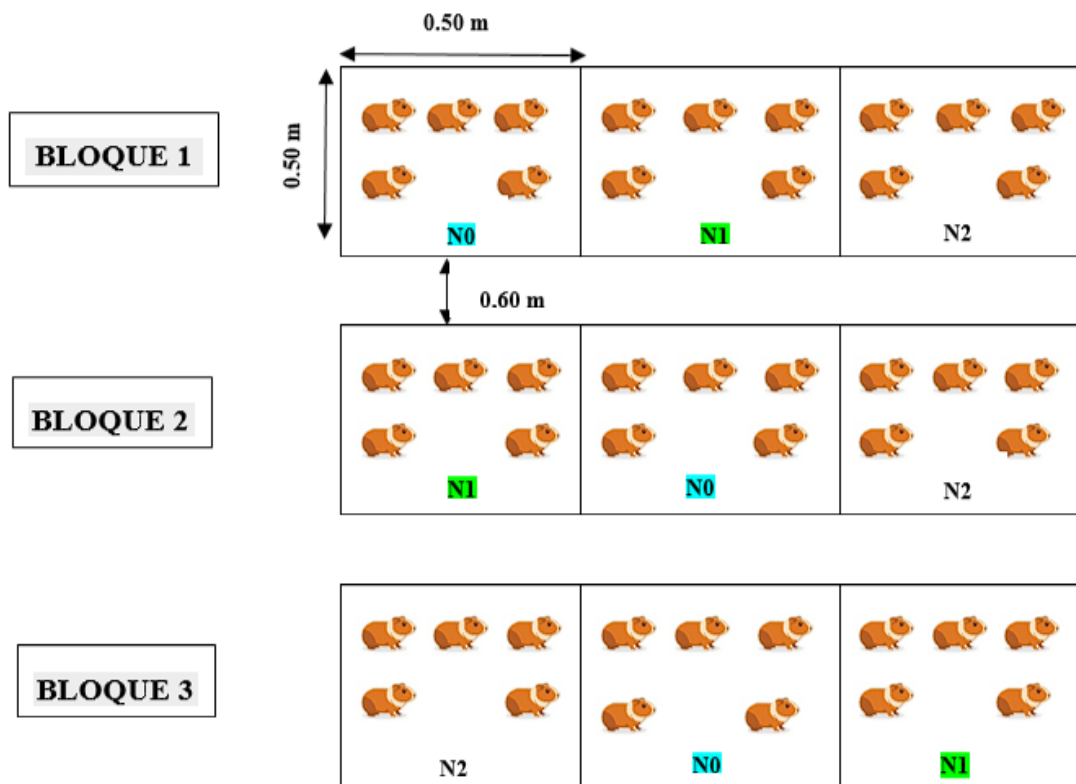
Para todos los niveles la oferta alimenticia se calculó semanalmente ajustando al peso vivo (PV) de los animales. Se suministró una ración de forraje verde equivalente al 30% del PV complementada con un aporte de materia seca del 4% del PV asegurando que los requerimientos nutricionales para la etapa de engorde fueran cubiertos técnica y proporcional al crecimiento.

3.3.2 Diseño experimental

La siguiente investigación se estructuró bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) conformado por 3 bloques y 3 niveles. Cada unidad experimental estuvo integrada por 5 cuyes machos criollos, con una edad aproximada de un mes y medio y un peso inicial de 350 a 400 g, tal como se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Diseño experimental utilizado en la investigación en el desarrollo productivo de cuyes.



3.3.3 Características del experimento

En la tabla 6 se presenta las diferentes características que presentó el proyecto de investigación.

Tabla 6

Características del experimento.

Bloques	3
Niveles	3
Unidades experimentales	9
Área total del experimento	15 m ²

3.3.3.1 Características de la unidad experimental. A continuación, se detallan las características que presentó cada unidad experimental como se muestra en la tabla 7 y en la figura 3.

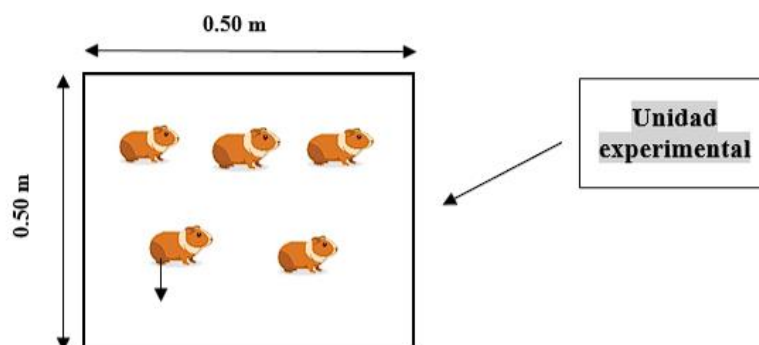
Tabla 7

Características de la unidad experimental.

Datos	Medidas
Número total de animales por poza	5
Número total de animales experimentales	45
Largo y ancho de cada unidad experimental	50 x 50 cm
Profundidad de la poza de cada unidad experimental	50 cm
Caminos	50 cm

Figura 3

Diseño de la unidad experimental que se evaluó.



3.3.4 Análisis estadístico

Una vez verificado el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de medias, se procedió a realizar el análisis de varianza de un factor (ADEVA), complementando con pruebas de comparación de medias ($\alpha=0.05$) empleando el programa estadístico Infostat versión 2020.

3.3.5 Variables evaluadas

Las fórmulas descritas a continuación para el respectivo cálculo de variables fueron tomadas de Cepeda (2024).

Consumo de alimento (g): Esta variable se evaluó de manera diaria. Se registró el peso de 5 cuyes por cada unidad experimental, a partir de los cuales se obtuvo un promedio representativo (Vázquez et al., 2024). El alimento fresco fue pesado cada mañana con ayuda de una balanza; posteriormente se determinó el consumo diario de alimento en materia seca mediante la sumatoria correspondiente de cada unidad experimental con la siguiente formula:

$$Ac= Ao - Ar \quad (1)$$

Donde:

- **Ac:** Alimento consumido (g)
- **Ao:** Alimento ofrecido (g)
- **Ar:** Alimento rechazado (g)

Conversión alimenticia (g): Para el cálculo de esta variable se tomó el promedio del consumo de alimento de cuyes y fue dividido entre el peso promedio ganado (Nuñez y Jorge, 2021). Este dato se lo registro cada semana y se obtuvo mediante la siguiente formula:

$$CA=\frac{Ac}{Gp} \quad (2)$$

Donde:

- **CA:** Conversión alimenticia
- **Ac:** Alimento consumido

- **Gp:** Ganancia de peso

Consumo de agua (ml): El consumo de agua se midió diariamente de cada bebedero. Se suministró 100 ml de agua con ayuda de una jeringa. Este valor del consumo se estimó mediante la diferencia entre la cantidad de agua ofrecida y la cantidad de agua desperdiciada.

(3)

$$CA = \text{agua suministrada} - \text{agua desperdiciada}$$

Ganancia de peso (g): Para la evaluación de esta variable se registró el peso inicial y final de 5 cuyes por cada unidad experimental semanalmente, para luego por medio de la diferencia estimar la ganancia de peso en cada una de las semanas (Reyes et al., 2021). Para la obtención de la ganancia de peso en g se utilizó la siguiente fórmula:

$$GP(g) = Pf - Pi \quad (4)$$

Donde:

- **Gp:** Ganancia de peso (g)
- **Pf:** Peso final (g)
- **Pi:** Peso inicial (g)

Ganancia de peso acumulado (g): Para el cálculo de la variable ganancia de peso acumulado se determinó a partir de los registros semanales de peso vivo de los cuyes durante un período experimental de seis semanas. Para su evaluación, se consideró la ganancia de peso semanal obtenida por la diferencia entre el peso registrado en cada semana y el peso inicial. Posteriormente, la ganancia de peso acumulado se obtuvo mediante la suma progresiva de las ganancias semanales, es decir, el valor de la semana 1 se sumó con la semana 2, y así sucesivamente hasta la semana 6, permitiendo evaluar el incremento total de peso a lo largo del experimento (Gualsaquí y Morales, 2014). Este procedimiento se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$\text{GPA (g): Pf} - \text{Pi} \quad (5)$$

Donde:

- **GPA:** Ganancia de peso acumulado (g)
- **Pf:** Peso final (g)
- **Pi:** Peso inicial (g)

Rendimiento a la canal (%): Al culminar el ensayo se procedió a registrar el último peso del animal vivo utilizando una balanza. Posteriormente se realizó la faena de cada cuy; para la obtención del peso a la canal los animales fueron faenados hasta quedar sin vísceras sin sangre y sin pelo.

$$\text{RC} = \frac{\text{PC}}{\text{PV}} \times 100 \quad (6)$$

Donde:

- **RC:** Rendimiento a la canal
- **PC:** Peso de la canal
- **PV:** Peso vivo

Relación beneficio/costo: La variable relación costo beneficio se basó en la representación global entre los costos y los beneficios obtenidos durante el periodo experimental. (Cabrera, 2022). El análisis se realizó considerando, por un lado, los costos asociados a la infraestructura utilizada insumos, materiales y herramientas empleadas en la crianza de los cuyes. Por otro lado, se calcularon los ingresos generados a partir de la venta de los cuyes al finalizar el ensayo. Finalmente, la relación beneficio/costo se determinó aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{B/C} = \frac{\text{Total ingresos}}{\text{Total costos}} \quad (7)$$

3.4 Manejo del experimento

Las actividades que se llevaron a cabo durante la etapa de desarrollo de los cuyes fueron las siguientes como se muestra en la Figura 4.

Figura 4

Manejo del experimento en cuyes



Nota. A: Adquisición de insumos. B: Adecuación y construcción de jaulas. C: Implementación de los forrajes hidropónicos. D: Compra y pesaje de animales. E: Etapa de adaptación. F: Manejo de alimentación. G: Sanidad animal. H: Temperatura I: Sistema de registro y control y J: Faenamiento.

3.5 Métodos de producción de forraje hidropónico

3.5.1 Selección de semilla

Para el desarrollo del estudio se seleccionó semilla de alta calidad, asegurando una tasa de germinación entre el 85% y 90%. Siguiendo las recomendaciones de Juárez et al., (2013), se verificó que el material vegetativo proviniera de un origen conocido y sea adecuada para las condiciones climáticas; así mismo, se evitó el uso de semillas tratadas con insecticidas que pudieran interferir con el proceso hidropónico.

3.5.2 Lavado y desinfección

Primero, las semillas fueron lavadas con agua limpia para eliminar granos rotos material flotante y cualquier otra impureza. Luego, tanto las semillas como las bandejas se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio a 1%, utilizando 2 ml por litro de agua.

Siguiendo el protocolo de Camero (2018), las semillas permanecieron sumergidas en una solución por un tiempo de 15 a 20 minutos, mientras que las bandejas se desinfectaron entre 10 a 15 minutos. Finalmente, todo el material se enjuagó con abundante agua.

3.5.3 Remojo

Siguiendo la metodología de Días (2020), las semillas se colocaron en una bolsa de tela y se sumergieron en un recipiente plástico con agua limpia; durante un periodo de 24 horas. Transcurridas las primeras 12 horas se retiraron las semillas del agua y se procedió a distribuir las en bandejas desechables de 25 x 35.5 cm.

3.5.4 Siembra

En esta fase, se distribuyó de forma uniforme 210 g de semilla de avena y 300 g de cebada previamente remojadas en cada bandeja. En total se utilizaron 300 bandejas para el ensayo (Torres, 2013).

3.5.5 Germinación

El proceso de germinación duro alrededor de 48 horas.

3.5.6 Preparación de soluciones nutritivas y riego.

Para la nutrición del forraje se prepararon dos tipos de soluciones concentradas madres distribuidas de la siguiente manera:

3.5.6.1 Preparación de la solución A. Se utilizaron 3 envases con capacidad de 5 litros cada uno. En el primero se disolvieron 85 g de fosfato monoamónico, en el segundo 520 g de nitrato de calcio y el tercero 275 g de nitrato de potasio. Cada compuesto se diluyó inicialmente con una fracción de agua y posteriormente se completó el volumen hasta alcanzar los 5 litros por envase como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8

Solución concentrada "A".

Sal Mineral	Cantidad
Fosfato Mono Amónico	85 g
Nitrato de Calcio	520 g
Nitrato de Potasio	275 g

Fuente: La Huerta Hidroponica Popular (1996).

3.6.5.2 Preparación de la solución B. En un recipiente con capacidad de 10 litros se incorporaron todas las soluciones correspondientes a la formulación B. Estos se disolvieron inicialmente en 5 litros de agua y una vez lograda la disolución total se completó el volumen con otros 5 litros hasta alcanzar el aforo final de 10 litros como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9

Solución concentrada "B".

Sal Mineral	Cantidad
Sulfato de Magnesio	492 g
Sulfato de Cobre	0.48 g
Sulfato de Manganeso	2.48 g
Sulfato de Zinc	1.20 g
Ácido Bórico	6.20 g
Molibdeno de Amonio	0.02 g
Quelato de Hierro	50 g

Fuente: La Huerta Hidroponica Popular (1996).

3.6.5.3 Aplicación y dosificación. Para el riego de las bandejas se preparó una solución nutritiva final diluida en un litro de agua. La dosificación consistió en una incorporación de 2

ml de la solución A (tomados de cada uno de los tres botellones) y 0.5 ml de la solución B. Una vez homogeneizada la mezcla se procedió a la aplicación foliar sobre el cultivo.

3.5.7 Riego

Se aplicó de 2-3 litros de agua/kg de semilla 2 a 3 veces al día manualmente asegurando de humedecer toda la semilla sin generar encharcamiento (Solano, 2018).

3.5.8 Cosecha

La cosecha se realizó cuando el forraje verde hidropónico llegó a los 25 cm de altura. En esa etapa, se recolectó toda la biomasa vegetal que, incluye un tapete radicular compuesto por raíces, tallos, hojas, semillas no germinadas y germinadas. Siguiendo el protocolo de Abarca y Aguirre (2019), el forraje se retiró de las bandejas y se permitió el escurrimiento del exceso de agua durante un tiempo determinado antes de ser suministrado a los animales.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

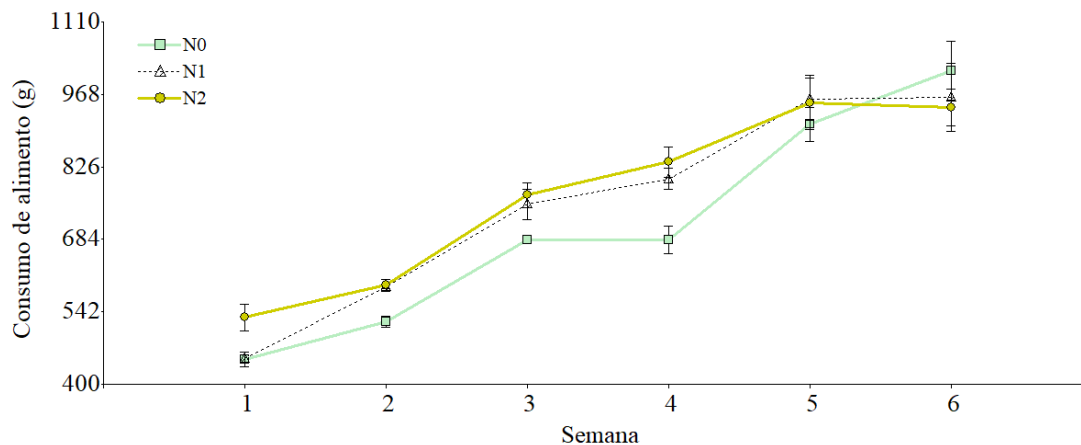
4.1 Consumo de alimento (g)

Los resultados del análisis de varianza muestran que existe interacción entre los factores semana y nivel ($p=0.0457$) para la variable consumo de alimento. Lo que conllevaría a pensar que el consumo depende del tiempo y el nivel.

En la figura 5 se observa el consumo de alimento en cuyes evaluados durante seis semanas bajo dietas de alfalfa, avena y cebada hidropónica; se evidenció una tendencia general ascendente en los tres niveles de acuerdo con el avance del periodo experimental. Al inicio de la investigación, el N2 destacó, mostrando un consumo de 531.33 ± 26.09 g lo que representa una superioridad del 15% con relación a los niveles N0 y N1 que presentaron consumos de 448.87 ± 14.21 g y 450.40 ± 7.80 g respectivamente. Esta tendencia de mayor consumo en el N2 se mantuvo entre las semanas 1 y 5. Sin embargo, el análisis estadístico indica que, a partir de la semana 2, no existieron diferencias significativas ($p > 0.05$) en cuanto al consumo de forrajes hidropónicos de avena y cebada. Por otro lado, los niveles N1 y N2 marcaron una diferencia estadística frente al testigo (N0), lo que sugiere una mayor aceptabilidad y una adaptación más acelerada hacia las dietas hidropónicas. Finalmente, en la semana 6 del experimento, se observó que no hubo diferencia estadística entre los niveles evaluados, lo cual indicaría que la selectividad del forraje disminuye a medida que los animales alcanzan la madurez.

Figura 5

Resultados de los niveles evaluados en la variable consumo de alimento en forraje verde que incluye alfalfa, avena y cebada hidropónica (g) durante 6 semanas.



Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran que el consumo de alimento en los cuyes presentó una tendencia ascendente durante seis semanas de evaluación, lo cual se relaciona específicamente con el incremento de las necesidades nutricionales a medida que los animales avanzan en su etapa de crecimiento y engorde. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Zevallos (2025), quien menciona que el consumo de alimento aumenta progresivamente a medida que los cuyes desarrollan mayor capacidad digestiva y mayor rendimiento energético.

En la etapa inicial del experimento, el nivel N2 presentó el mayor consumo de alimento, alcanzando valores superiores en comparación con el N0 y N1. Esto concuerda con Tubón (2014), ya que la mayor palatabilidad y digestibilidad de los forrajes verdes hidropónicos, específicamente cuando se utilizan gramíneas como avena y cebada en estados tempranos de crecimiento, favorece la aceptación del alimento por parte de los cuyes. Además de que estos forrajes presentan buena aceptabilidad y son consumidos eficientemente debido a su textura tierna y alto contenido de humedad.

Así mismo, los resultados evidenciaron que en la semana 2 y la semana 5 no existieron diferencias estadísticas entre los niveles que incluyeron avena y cebada hidropónica. Gualavisi

(2025), en su investigación, probó distintos tipos de forrajes hidropónicos en la que se determinó que tanto la avena como la cebada presentan características nutritivas similares y pueden generar respuestas productivas comparables en los cuyes durante la etapa de crecimiento.

Cuenca (2016), menciona que los cuyes pueden incrementar gradualmente el consumo de forraje hidropónico de manera que se acostumbran a su composición y estructura vegetal, alcanzando posteriormente consumos similares entre niveles cuando los cuyes se encuentran completamente adaptados a este tipo de alimento. De igual manera, los resultados coinciden con lo reportado por Gómez (2023), quien encontró que los niveles que incluyeron forrajes hidropónicos presentaron elevados niveles de consumo acumulado de alimento en cuyes durante el periodo experimental, demostrando que este tipo de forrajes puede ser eficientemente aprovechado por los animales.

Sin embargo, en la presente investigación se evidenció que hacia la semana 6 no existieron diferencias entre los niveles, lo cual podría explicarse, que a medida que los cuyes se aproximan a la madurez, el consumo tiende a estabilizarse y la selectividad por el tipo de forraje disminuye como resultado de una regulación fisiológica del consumo voluntario asociada al peso corporal y a los requerimientos energéticos del animal (Caycedo,2000).

4.2 Ganancia de peso (g)

Los resultados del análisis de varianza muestran que no existe interacción entre los factores semana y nivel, lo que indica que el tipo de forraje no influyó de manera distinta en el peso ($p=0.3225$). Sin embargo, se encontró una diferencia con respecto a las semanas ($p=0.0004$).

En la figura 6 se detallan los resultados de la variable ganancia de peso obtenidos durante las seis semanas de evaluación. Se observa que el ritmo de crecimiento no fue lineal, presentando fluctuaciones asociadas a la adaptación metabólica de los cuyes. Las semanas 1 y 3 registraron los valores más bajos, con promedios de 280.33 ± 17.61 g y 320.67 ± 14.68 g, respectivamente. Este comportamiento inicial en la semana 1 es atribuible al estrés post destete y al periodo de transición hacia el consumo de forraje verde hidropónico.

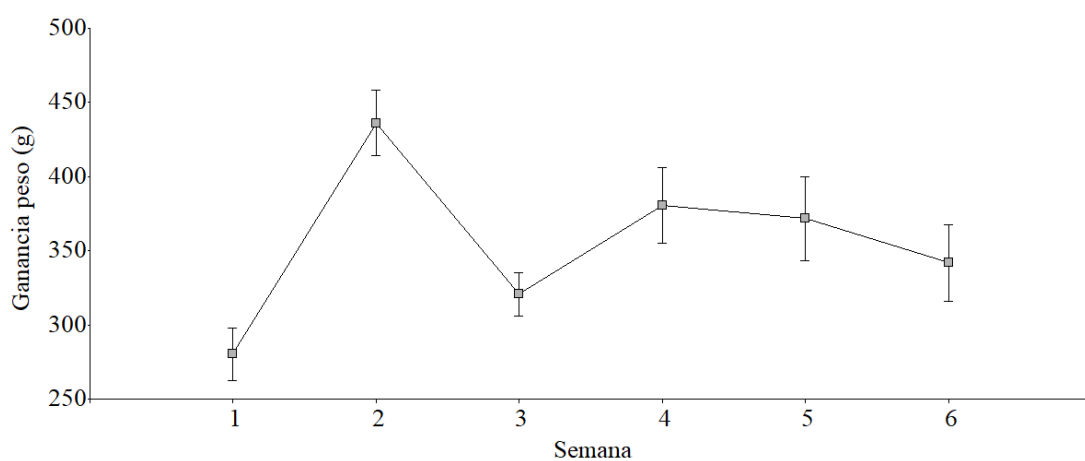
El punto máximo de eficiencia se alcanzó en la semana 2 con una ganancia promedio de 436.11 ± 22.00 g, superando en valores equivalentes al 35.72% respecto a la semana 1 y al 26.47% frente a la semana 3. Este pico productivo sugiere una respuesta fisiológica de crecimiento compensatorio donde el organismo optimiza la absorción de nutrientes tras superar la fase de adaptación.

A partir de las semanas 4, 5 y 6, la ganancia de peso mostró una tendencia hacia la homeostasis metabólica, manteniendo valores similares de 380.78 ± 25.39 g, 371.78 ± 28.25 g y 341.78 ± 25.72 g, respectivamente. Esta estabilización del ritmo de crecimiento indica que los cuyes alcanzaron una madurez fisiológica adecuada para el aprovechamiento de las dietas hidropónicas evaluadas, permitiendo así una acumulación de tejido muscular constante sin las fluctuaciones drásticas observadas en las etapas iniciales.

Respecto a los niveles de alimentación, aunque no se registraron diferencias el N0 presentó el mayor valor de 366.44 ± 20.96 g seguido por N1 363.11 ± 19.10 g y N2 336.17 ± 17.89 g. Existe una diferencia de aproximadamente 30.27 g entre forraje convencional y forraje verde hidropónico de cebada lo que demuestra que el forraje hidropónico mantiene niveles productivos cercanos a los tradicionales.

Figura 6

Resultados de la ganancia de peso (g) por semana en cuyes.



Los resultados muestran que la fluctuación en la ganancia de peso observada durante las seis semanas de evaluación coincide con lo reportado por Chauca (1997), quien menciona que el desarrollo del cuy no es constante, sino que responde a picos influenciados por la dieta y la edad cronológica. El descenso en la semana 1 se atribuye al estrés post-destete en donde Morales et al., (2011), argumentan que el cambio de alimentación genera una depresión temporal en el crecimiento debido a la adaptación de la microflora cecal.

El incremento significativo registrado en la semana 2 sugiere un efecto de crecimiento compensatorio, según Mesa (2014), al introducir dietas con alta digestibilidad como el forraje verde hidropónico de avena y cebada, el animal optimiza el aprovechamiento de la energía metabolizable tras un periodo de estrés inicial. Este pico de eficiencia es superior a los reportados por Sánchez et al., (2010), quienes en sistemas de alimentación convencional obtuvieron ganancias menos acentuadas en las primeras etapas, lo que resalta la ventaja del forraje verde hidropónico en la estimulación del apetito y la absorción de nutrientes.

En cuanto a los niveles la ausencia de diferencias es un hallazgo relevante, aunque numéricamente el N0 superó por 30 g al N2 las similitudes estadísticas concuerda con Valderrama (2019), quien afirma que el forraje puede sustituir parcialmente a forrajes tradicionales. Esta estabilidad productiva entre niveles sumada al homeostasis metabólica observada en la semana 4. Vivas (2017) demuestra que, al acercarse a la madurez fisiológica, el tejido muscular se vuelve más constante y eficiente. Este comportamiento demuestra que la sustitución total por forraje verde hidropónico no sólo mantiene el ritmo productivo, sino que permite una transición suave hacia la etapa de acabado, evitando las caídas drásticas de peso que ocurren en dietas basadas únicamente en gramíneas de baja calidad proteica.

4.3 Ganancia de peso acumulado (g)

Los resultados del análisis de varianza mostraron que no existió interacción entre los factores semana y nivel ($p= 0.9839$), lo que indica que los niveles evaluados no cambiaron el patrón de crecimiento a lo largo del tiempo. Sin embargo, se evidenciaron diferencias entre semanas ($p<0.0001$), lo cual se atribuye al desarrollo fisiológico normal de los animales ya que la

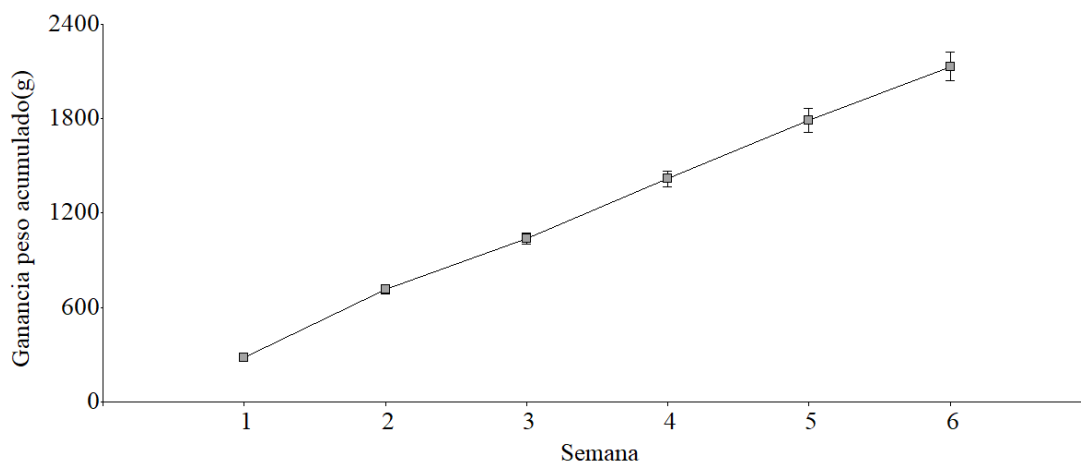
ganancia de peso es un proceso acumulativo que incrementa de acuerdo con el avance de la edad.

En la figura 7 se observa la ganancia de peso acumulado durante las seis semanas de evaluación en la cual se presentó un incremento progresivo, evidenciando un comportamiento ascendente. El menor valor se registró en la semana 1 con 280.33 ± 17.61 g mientras que el mayor valor se alcanzó en la semana 6 con 2131.44 ± 91.65 g lo que representa un crecimiento continuo de los animales y un adecuado aprovechamiento del alimento suministrado durante el periodo de engorde.

Por otra parte, aunque estadísticamente no se evidenciaron diferencias entre niveles, es importante mencionar que el N0 presentó el mayor valor de ganancia de peso acumulado de (1263.78 ± 165.20 g), seguido del N1 con (1260.94 ± 158.29 g) mientras que el N2 registró el valor más bajo de (1161.72 ± 146.01 g). Estas diferencias, aunque no sean significativas podrían atribuirse a factores como mayor digestibilidad, contenido proteico y balance nutricional del N0 en comparación con el N1 y N2 los cuales pueden presentar variabilidad en su composición dependiendo de las condiciones de producción. Así mismo la ligera disminución del N2 podría relacionarse con su menor palatabilidad o contenido de fibra estructural lo que influye en el consumo voluntario y por ende en la ganancia de peso.

Figura 7

Resultados de la variable ganancia de peso acumulado durante 6 semanas de evaluación.



El incremento progresivo de ganancia de peso acumulado a lo largo de las seis semanas evidencia un crecimiento continuo de los cuyes durante la fase de engorde lo cual concuerda con lo señalado por Chauca (1997) quién indica que, el crecimiento en esta especie es sostenido y dependiente de la edad, consumo y calidad nutricional de la dieta.

La ausencia de interacción significativa entre semana y nivel sugiere que los niveles no alteraron el patrón de crecimiento en el tiempo, lo que indica que las dietas evaluadas fueron capaces de cubrir los requerimientos necesarios de los animales. Resultados similares fueron reportados por Caycedo (2000) quien menciona que, el uso de dietas alternativas no siempre genera diferencias en parámetros productivos cuando existe un adecuado balance nutricional.

En relación con los niveles, aunque no se evidenciaron diferencias estadísticas el N2 presentó una ligera disminución en la ganancia de peso acumulado. Este comportamiento podría estar asociado a la inclusión de forraje verde hidropónico en mayor proporción, el cual presenta un alto contenido de humedad y una menor concentración de materia seca. En este sentido estudios como el de Ramírez y Silva (2011) reportan que, el uso de diferentes niveles de forraje

hidropónico puede generar variaciones en el desempeño productivo dependiendo del porcentaje de inclusión en la alimentación.

Asimismo, investigaciones como la de Altamirano (2019), señalan que no siempre existen diferencias en el peso final entre niveles con o sin forraje hidropónico lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio. Por otro lado, de la Cruz (2022), evaluó el crecimiento de cuyes mediante registros de peso en diferentes semanas en donde evidencio un crecimiento progresivo en el tiempo independientemente del nivel de inclusión de forraje.

Adicionalmente, estudios recientes como el de Cuenca (2023), indican que el forraje hidropónico puede influir en los parámetros productivos dependiendo de su manejo y composición nutricional. Esto permite inferir que la ligera disminución observada en el nivel N2 podría estar relacionada con la menor densidad nutricional del forraje hidropónico debido a su alto contenido de humedad lo que puede ocasionar una menor ingestión efectiva de nutrientes afectando ligeramente la ganancia de peso acumulado

En conjunto los resultados obtenidos sugieren que el uso de forraje y verde hidropónico no afecta significativamente la ganancia de peso acumulada en cuyes, aunque en niveles elevados de inclusión podrían generar una leve reducción en el rendimiento productivo sin comprometer el crecimiento general de los animales.

4.4 Índice de conversión alimenticia

El análisis de varianza mostró interacción entre los factores semana y nivel ($p=0.0477$), indicando que el efecto de los niveles de alimentación sobre la variable conversión alimenticia varió según la semana de evaluación. Por lo tanto, los resultados se interpretaron considerando ambos factores simultáneamente.

En la figura 8 se detalla el comportamiento del índice de conversión alimenticia, en la cual se observa que durante la semana 1 los niveles N0 y N1 presentaron valores similares 2.44 ± 0.10 y 2.74 ± 0.41 respectivamente, mientras que el nivel N2 inició con una conversión menos eficiente de 3.49 ± 0.32 . Sin embargo, en la semana 2, todos los niveles alcanzaron su máxima

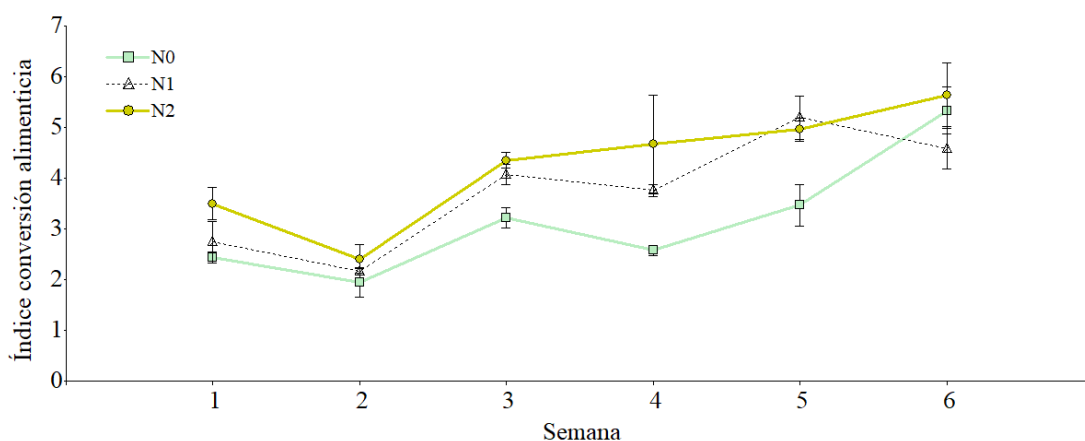
eficiencia; se destaca especialmente el nivel N0 con el valor más bajo de todo el experimento, 1.95 ± 0.30 , seguido de cerca por el nivel N1 (2.17 ± 0.05) y N2 (2.41 ± 0.28).

A partir de la semana 3 se observa un incremento generalizado en los índices de conversión. Los niveles N1 y N2 mostraron una tendencia mayor más pronunciada que el nivel N0. En la semana 4, esta tendencia se acentuó, marcando una separación clara entre las dietas, en donde el nivel N0 mantuvo una eficiencia de 2.57 ± 0.10 y los niveles N1 y N2 elevaron sus valores en (3.76 ± 0.12) y (4.68 ± 0.96) respectivamente. Este incremento sugiere que, conforme aumenta el peso de los animales, el consumo de forraje verde hidropónico debe ser mayor para cubrir los requerimientos energéticos crecientes debido a su alto contenido de humedad.

Un punto crítico ocurrió en la semana 5, donde el nivel N1 registró su menor eficiencia con un valor de 5.19 ± 0.42 . Finalmente, en la semana 6, la conversión se elevó en todos los niveles N0 (5.33), N1 (4.58) y N2 (5.64). Este ascenso sostenido hacia el final del ensayo refleja que los cuyes, al aproximarse a su madurez fisiológica, destinan una mayor proporción de alimento consumido a procesos de mantenimiento metabólico en lugar de ganancia de peso muscular, lo cual es un comportamiento típico en la etapa de acabado de los cuyes.

Figura 8

Resultados de la variable conversión alimenticia evaluados durante 6 semanas en cuyes.



El eficiente índice de conversión alimenticia observado en la semana 2 coincide con lo reportado por Vázquez (2022), quien menciona que los cuyes en etapas iniciales de engorde

presentan mayor eficiencia en el aprovechamiento del alimento donde la síntesis de tejido muscular es más eficiente que la deposición de grasa.

Sin embargo, a partir de la semana 4, el incremento en la conversión alimenticia de los niveles de N1 y N2 relacionado con el nivel N0 refleja una limitante física del sistema digestivo del cuy. Al respecto, Valverde (2020) sostiene que el forraje verde hidropónico, debido a su alto contenido de humedad, posee una baja densidad de materia seca. Esto obliga al animal a consumir volúmenes mucho más altos de forraje fresco para alcanzar sus requerimientos energéticos, lo que eleva el valor numérico de la conversión alimenticia en comparación con forrajes tradicionales como lo es la alfalfa.

Finalmente, el aumento de la conversión alimenticia en la semana 6 en todos los niveles se ajusta a lo descrito por Sarango (2021) quien explica que, al acercarse a la madurez fisiológica, el cuy reduce su eficiencia de transformación. Esto ocurre porque el animal destina una mayor parte de alimento ingerido al mantenimiento metabólico y a la formación de tejido adiposo, procesos que requieren más energía que la formación de músculo, justificando así el ascenso final de las curvas en todos los niveles.

4.5 Consumo de agua (ml)

El resultado del análisis de varianza indicó que no existió interacción entre los factores semana y nivel ($p=0.2921$). De igual manera, no se evidenciaron diferencias estadísticas entre los niveles evaluados. Sin embargo, se presentaron diferencias entre semanas para la variable consumo de ($p=0.0395$). Estos resultados indican que el consumo de agua varió a lo largo del tiempo, pero no fue influenciado por el tipo de dieta suministrada.

En la figura 9 se observa el comportamiento del consumo de agua en cuyes evaluados durante 6 semanas. En general, el consumo mostró una tendencia creciente de acuerdo a cómo avanzó el periodo experimental. Durante las semanas 1 y 2, el consumo de agua se mantuvo en niveles mínimos con promedios de 15.53 ± 1.75 ml y 17.58 ± 1.35 ml, respectivamente. Estos valores bajos son característicos de la etapa inicial de engorde, donde la superficie corporal del animal

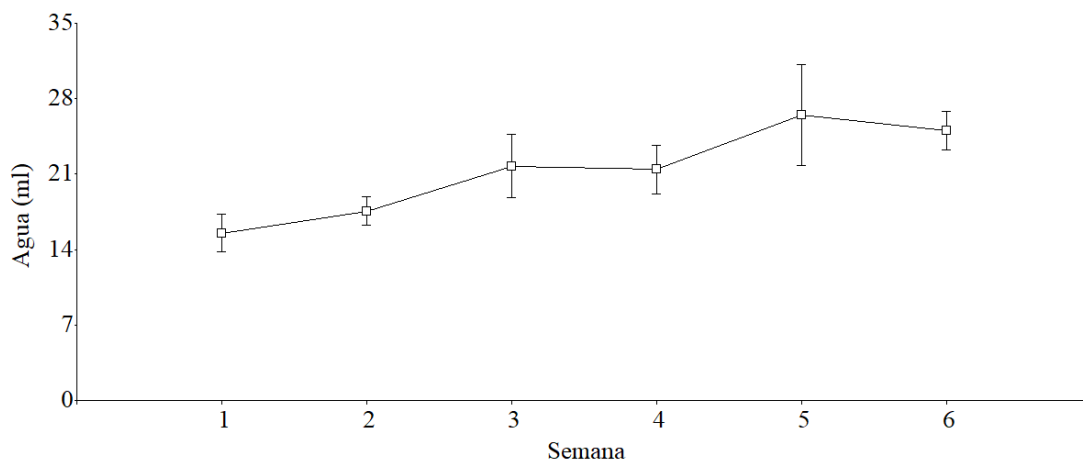
es menor y la ingesta de agua a través del forraje verde hidropónico satisface gran parte de sus necesidades biológicas.

Posteriormente, en las semanas 3 y 4, el consumo mostró una estabilización relativa con valores de 21.73 ± 2.94 ml y 21.42 ± 2.22 ml. Sin embargo, en la semana 5 se registró el pico máximo de ingesta hídrica con 26.49 ± 4.69 ml, marcando una diferencia notable frente a los periodos anteriores. Finalmente, en la semana 6 el consumo se mantuvo elevado 25.02 ± 1.78 lo que sugiere que en etapa de acabado los animales requieren un mayor consumo de agua para facilitar la digestión y el transporte de nutrientes hacia los tejidos en crecimiento.

Por otro lado, el análisis estadístico determinó que no existen diferencias estadísticas para el factor nivel ($p=0.4242$), lo que indica que el consumo de agua fue independiente del tipo de forraje suministrado. Debido a esta similitud se registró un consumo promedio general en donde el N0 presentó valores de 22.77 ± 1.63 ml seguido del N2 (21.70 ± 2.94 ml) y finalmente del N1 (19.42 ± 1.08). Estos promedios demuestran que las dietas basadas en forraje verde hidropónico permiten mantener una ingesta hídrica equivalente a la dieta convencional sin alterar el comportamiento fisiológico del animal en cuanto a la hidratación voluntaria.

Figura 9

Resultados de la variable de consumo de agua evaluados en 6 semanas en cuyes.



La tendencia creciente en el consumo de agua voluntaria a medida que avanza el periodo experimental tiene una relación directa con el incremento de la masa corporal y la tasa metabólica del animal. Según Sánchez (2018), el requerimiento hídrico en cuyes es proporcional al peso vivo, ya que el agua es el transporte principal para la termorregulación y la excreción de desechos metabólicos que aumentan durante el engorde.

Un estudio relevante en esta investigación es que, a pesar del crecimiento de los animales, los niveles de consumo de agua en los bebederos se mantuvieron en rangos moderados de 15 y 26 ml. Este comportamiento se explica por el uso de dietas hidropónicas. Al respecto, Valverde (2020) sostiene que, el forraje verde hidropónico actúa como una fuente de agua biológica, aportando entre el 85 y 90% de humedad en la ración. Esto reduce la dependencia del animal hacia el agua de bebida directa, a diferencia de sistemas de alimentación basados en concentrados secos o forrajes maduros, donde el consumo de agua voluntaria suele ser significativamente mayor para facilitar el tránsito intestinal.

El pico observado en la semana 5 y la estabilidad en la semana 6 coinciden con la etapa de mayor depósito de tejidos. Según Vivas (2017), mencionan que en la fase de acabado el metabolismo requiere un flujo hídrico constante para el transporte eficiente de nutrientes hacia los depósitos de reserva, lo que justifica que los animales incrementen su ingesta voluntaria para compensar el aumento de materia seca consumida en las etapas finales de la investigación.

Finalmente, la estabilidad en los promedios de los niveles concuerda por Valverde (2020), quien menciona que el cuy ajusta su consumo de agua según el aporte de agua biológica del forraje. Al obtener promedios tan cercanos se infiere que tanto la avena como la cebada cumplen la misma función hidratante que la alfalfa fresca permitiendo al productor elegir la dieta según la disponibilidad de semilla o costos de producción sin temor a afectar la ingesta hídrica.

4.6 Rendimiento a la canal (%)

Los resultados del análisis de varianza muestran que no existieron diferencias estadísticas significativas entre los niveles de alimentación ($p= 0.2428$).

En la tabla 10 se detallan los resultados obtenidos para la variable rendimiento a la canal. El nivel N0 presentó un rendimiento promedio de $60.15 \pm 1.18\%$, mientras que los niveles N1 y N2 registraron valores de $58.23 \pm 1.17\%$ y $57.92 \pm 1.26\%$ respectivamente. Por otra parte, desde el punto de vista estadístico, estos resultados indican que el rendimiento a la canal fue comparable entre todos los niveles evaluados. Este comportamiento demuestra que la sustitución de la alfalfa por dietas basadas en avena y cebada hidropónica no afecta la proporción de carcasa aprovechable en el cuy. Además, sugiere que el forraje verde hidropónico proporciona los nutrientes necesarios para el desarrollo de tejidos musculares y óseos de manera similar a la dieta tradicional, manteniendo estándares de calidad.

Tabla 10

Resultado de la variable rendimiento a la canal.

Nivel	Rendimiento a la canal (%)	Error estándar
0	60.15	± 1.18
1	58.23	± 1.17
2	57.92	± 1.26

Los resultados obtenidos para el rendimiento a la canal demuestran que el uso de forraje verde hidropónico permite obtener canales competitivas frente al uso de forrajes tradicionales. Según Valverde (2021), en un estudio realizado en la sierra ecuatoriana el rendimiento a la canal no presenta variaciones significativas cuando se sustituye el forraje tradicional por forraje verde hidropónico, siempre que se cubran los requerimientos de fibra, lo cual coincide con lo hallado en esta investigación.

Por otro lado, Andrade et al. (2020), menciona que el rendimiento a la canal en el cuy está fuertemente relacionado con el peso vivo, el sacrificio y el manejo genético, más que con la fuente de ración verde. Los valores de este ensayo se encuentran dentro del rango óptimo reportado por Gualpa (2022), en su evaluación de dietas no convencionales, quién obtuvo rendimientos cercanos a 59% utilizando cebada hidropónica. Esto confirma que el forraje verde hidropónico es una alternativa biológicamente eficiente que no desmejora la calidad de la carcasa ni la proporción de carne aprovechable.

4.7 Relación beneficio/costo

Tabla 11

Costos de los insumos utilizados en la evaluación del Nivel 0.

Costos de producción N0				
N0	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Ingresos				
Cuyes faenados	unidad	15	15.00	225.00
Total ingresos				225.00
Egresos				
Animales	unidad	15	3.00	45.00
Semilla alfalfa	kg	126.6	0.78	98.75
Concentrado	kg	13.51	0.66	8.92
Agua	l	37.8	0.0005	0.02
Mano de obra				
Preparación del terreno	jornal	1	15.00	15.00
Siembra	jornal	1	15.00	15.00
Deshierbe	jornal	1	15.00	15.00
Riego	jornal	1	15.00	15.00
Cosecha	jornal	1	15.00	15.00
Total egresos				197.68
Beneficio/costo				1.14

En la tabla 11 se detalla la evaluación económica correspondiente al nivel N0 los ingresos obtenidos provinieron de la venta de los 15 cuyes a un precio de \$15, alcanzando un ingreso total de \$225. Los egresos registrados para este nivel fueron de \$197.68. Como resultado, se obtuvo un índice beneficio/costo de \$1.14 lo que indica que por cada dólar invertido se generó un retorno de \$0.14, evidenciando que este nivel de alimentación fue económicamente rentable y permitió obtener una ganancia neta.

Tabla 12*Costos de insumos utilizados en la evaluación del Nivel 1.*

Costos de producción N1				
N1	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Ingresos				
Cuyes faenados	Unidad	15	15,00	225,00
Total ingresos				225,00
Egresos				
Cuyes	Unidad	15	3	45.00
Semilla avena	kg	27.27	0.66	18.00
Concentrado	kg	13.51	0.67	9.05
Agua	l	3.08	0.005	0.02
Soluciones nutritivas	g	10	0.80	8.00
Frasco de cloro	ml	1	1.00	1.00
Platos desechables	unidad	129.92	0.27	35.08
Fundas plásticas	lb	10	0.10	1.00
Poma	unidad	1	3.44	3.44
Botellas	unidad	3	0.65	1.95
Rociador	unidad	1	3.04	3.04
Jeringa	unidad	1	0.60	0.60
Mano de obra				
Preparación del material	jornal	1	15.00	15.00
Preparación de semilla	jornal	1	15.00	15.00
Siembra	jornal	1	15.00	15.00
Mantenimiento del cultivo	jornal	1	15.00	15.00
Cosecha	jornal	1	15.00	15.00
Total egresos				201.18
Beneficio/costo				1.12

En la tabla 12, se detalla la evaluación económica del N1 los ingresos derivados de la venta de 15 cuyes fueron igualmente de \$225, considerando un precio de venta de \$15 por animal. Sin embargo, los egresos ascendieron a \$201.18, superando a los ingresos obtenidos. En consecuencia, el índice beneficio/costo fue de 1.12, lo que demuestra que este nivel es económicamente rentable, ya que por cada dólar invertido se recuperaron \$0.12.

Tabla 13*Costos de insumos utilizados en la evaluación del Nivel 2.*

Costos de producción N2				
N2	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Ingresos				
Cuyes faenados	unidad	15	15,000	225
Total ingresos				225
Egresos				
Cuyes	unidad	15	3.00	45
Semilla cebada	kg	51.37	0.44	22.60
Concentrado	kg	13.46	0.67	9.02
Agua	l	3.08	0.005	0.02
Soluciones nutritivas	g	10	0.80	8.00
Frasco de cloro	ml	1	1.00	1.00
Platos desechables	unidad	171.27	0.27	46.24
Fundas plásticas	unidad	10	0.10	1.00
Poma	unidad	1	3.44	3.44
Botellas	unidad	3	0.65	1.95
Rociador	unidad	1	3.04	3.04
Jeringa	unidad	1	0.60	0.60
Mano de obra				
Preparación del material	jornal	1	15.00	15.00
Preparación de semilla	jornal	1	15.00	15.00
Siembra	jornal	1	15.00	15.00
Mantenimiento del cultivo	jornal	1	15.00	15.00
Cosecha	jornal	1	15.00	15.00
Total egresos				216.91
Beneficio/costo				1.04

En la tabla 13 se detalla el N2; los ingresos obtenidos por la venta de 15 cuyes a un precio unitario de \$15 alcanzaron un total de \$225, mientras que los egresos registrados fueron de 216.91 g. Este balance permitió obtener un índice beneficio/costo de 1.04, lo que indica que por cada dólar invertido se obtuvo un retorno de \$0.04. Aunque este tratamiento fue económicamente viable, la rentabilidad obtenida fue menor en comparación con el nivel N0.

El mayor índice en el N0 coincide con lo señalado por Chauca (1997), quien destaca la eficiencia de la alfalfa por su bajo costo relativo y alta digestibilidad. Sin embargo, los

resultados del N1 son altamente competitivos lo que contradice parcialmente lo expuesto por Gualavisi (2025), quien sugiere que los costos operativos del forraje hidropónico suelen afectar negativamente la rentabilidad. En este estudio el uso de avena hidropónica demostró que, mediante una gestión eficiente de insumos, es posible obtener una rentabilidad similar a los sistemas tradicionales. Por otro lado, el N2, aunque superó la unidad mostró un margen menor.

Esto concuerda con Alvarado (2021), quien indica que los sistemas hidropónicos presentan márgenes más ajustados que los sistemas tradicionales, especialmente cuando no se logra compensar el mayor costo de producción con incrementos significativos en el rendimiento productivo. La diferencia entre el N1 y N2 radica principalmente en la eficiencia de la semilla ya que la avena requirió una menor densidad de siembra por bandeja (210 g) en comparación con la cebada (300 g) lo que optimizó los costos de producción.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se determinó que la utilización de alfalfa y forraje verde hidropónico (avena y cebada) constituye una alternativa viable en la alimentación de cuyes de engorde al mantener parámetros zootécnicos adecuados. Los forrajes hidropónicos presentaron mayor consumo de alimento mientras que la alfalfa mostró una ligera ventaja en la conversión alimenticia y rendimiento a la canal. No obstante, la ganancia de peso y el consumo de agua no evidenciaron diferencias lo que indica que los forrajes hidropónicos pueden sustituir parcial o totalmente a la alfalfa sin afectar el desempeño productivo constituyéndose así una opción alimenticia técnicamente eficiente.
- Desde el punto de vista económico todos los niveles evaluados resultaron rentables al presentar un índice beneficio/costo superior a 1. Sin embargo, el N0 obtuvo la mayor rentabilidad (\$ 0.14) consolidándose como una alternativa viable. Estos resultados indican que, aunque los forrajes hidropónicos mostraron un comportamiento productivo adecuado, los mayores costos asociados a insumos, materiales y manejo del sistema hidropónico pueden reducir su rentabilidad.

5.2 RECOMENDACIONES

- Analizar el efecto de distintos tipos de agua ya sea agua potable o agua de riego en la germinación y desarrollo de forraje hidropónico, así como evaluar su comportamiento en distintos pisos altitudinales para determinar su influencia en el crecimiento, rendimiento y calidad de forraje.
- Desarrollar investigaciones que evalúen los parámetros zootécnicos de los cuyes bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo especialmente en distintas etapas productivas, para determinar el momento exacto de inclusión del forraje hidropónico en la dieta.

REFERENCIAS

- Agrocalidad. (2015). *Buenas prácticas pecuarias en la producción de cuyes*. <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2022/02/pecu5.pdf>
- Avilés, D., Martínez, A., & Vincenzo, L. (2014). El cuy (*Cavia porcellus*): Un recurso andino de interés agroalimentario. <https://www.researchgate.net/publication/285269341>
- Alvarado, E. M. (2021). *Evaluación del rendimiento productivo y rentabilidad de cuyes tipo I alimentados con forraje verde hidropónico de cebada frente a cuyes alimentados con alfalfa* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4177>
- Altamirano Muñoz, L. (2019). Evaluación comparativa del forraje hidropónico en cuyes. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/3163>
- Amaguaña, M. (2012). *Evaluación de los forrajes hidropónicos de cebada y trigo en condiciones de fertilización orgánica y mineral en la alimentación de cuyes* [Tesis de grado, Universidad de Nariño]. <https://sired.udenar.edu.co/3950/>
- Andrade, V., Fuentes, I., Vargas, J., Quinteros, R., & Lima, R. (2020). Producción de cuyes en un sistema de crianza familiar a base de pastos y forrajes en la región amazónica ecuatoriana. *Huellas del Sumaco*. https://www.uea.edu.ec/web/v1/wp-content/uploads/2018/07/vol_12_articulo_3.pdf
- Ávila, M., & Alva, J. (2021). Serie alimentos andinos: El cuy. *El Brujo*. <https://www.elbrujo.pe/blog/serie-alimentos-andinos-el-cuy>
- Cabrera, S. (2022). *Determinación de costos y rendimiento para la producción de cuyes en la propiedad de la familia Cabrera Piedra en la parroquia Urdaneta, cantón Saraguro* [Tesis, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/items/52545faf-2b24-4d14-9c70-03e7c52008c0>
- Calderón, S. (2015). *Evaluación de diferentes niveles de inclusión de pulpa de café biofermentada en raciones para cuyes durante la fase de crecimiento-engorde* [Tesis

- de grado, Universidad Nacional de Loja].
<https://dspace.unl.edu.ec/items/1db58fc6-66a3-4166-a805-735feb164864>
- Camero, A. (2008). *Evaluación biológica y económica del uso de forraje verde hidropónico en la producción de leche* [Tesis, Instituto Tecnológico de Costa Rica].
<https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/3085>
- Caycedo, A. J. (2000). *Experiencias investigativas en la producción de cuyes (Cavia porcellus)*. Universidad de Nariño.
<https://bibliotecadigital.udenar.edu.co/handle/11144/1806>
- Candia, L. (2014). Evaluación de la calidad nutritiva de forraje hidropónico de cebada fertilizado con soluciones de guano de cuy. *Salud y Tecnología*, 55–62.
<https://revistas.upch.edu.pe/index.php/STV/article/view/2202>
- Casa, C. (2008). *Efecto de la utilización de forraje verde hidropónico en la alimentación de cuyes* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/f4ec1f58-925e-44d7-ab5e-a7061e80e2a5>
- Cepeda, S. (2024). *Evaluación de piensos alimenticios a base de harina de tuna (Opuntia ficus-indica) en cobayos* [Tesis, Universidad Técnica del Norte].
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15969>
- Cuenca Condoy, M., et al. (2023). *Impacto de forraje hidropónico y microorganismos eficientes en cuyes*. Revista ALFA.
<https://portal.amelica.org/ameli/journal/540/5404632007/html/>
- Chauca, L. (1997). *Producción de cuyes (Cavia porcellus)*. FAO.
<https://www.fao.org/4/w6562s/w6562s00.htm>
- Delgado, A. (2020). La alimentación estratégica promueve la sostenibilidad del sistema productivo del cuy. AGROSAVIA.
<https://www.agrosavia.co/noticias/la-alimentaci%C3%B3n-estrat%C3%A9gica-promueve-la-sostenibilidad-del-sistema-productivo-del-cuy>

- De La Cruz Gabino, R. A. (2022). Comportamiento productivo del cuy utilizando forraje hidropónico.
<https://repositorio.upse.edu.ec/items/dde0a42f-02f4-4050-821d-5435c8e8befe>
- Díaz, C. (2020). *Producción de forraje verde hidropónico en condiciones agroclimáticas de la región occidental de Guatemala* [Informe técnico, Centro Universitario de Nor Occidente].
<https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Informes%20Finales%20IICA-CRIA%202020/12%20OVINOS/Validaci%C3%B3n%20Forraje%20VHidrop-CUNOROC-C%20D%C3%ADaz/Forraje%20Verde%20Hidroponico.pdf>
- Flores, M. P. (2016). *Manual de crianza y producción de cuyes*. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/686>
- Gélvez, L. (2019). Avena (*Avena sativa*). *Mundo Pecuario*.
<https://mundo-pecuario.com/tema191/gramineas/avena-1052.html>
- Gualavisí-Escobar, J. M. (2020). *Evaluación del forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays) en la alimentación de cuyes (Cavia porcellus) en la etapa de engorde* [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador].
- Gómez Mamani, R. G. (2023). *Evaluación del forraje hidropónico de cebada en la alimentación del cuy (Cavia porcellus) sobre los índices productivos* [Tesis de grado, Universidad Nacional San Luis Gonzaga]. Repositorio institucional.
<https://repositorio.unica.edu.pe/items/cec1eaa8-91e2-420e-9eb9-df8be6e5aab1>
- Gualoto, A. (2018). *Evaluación de diferentes niveles de harina de Pennisetum violaceum en la elaboración de bloques nutricionales y su utilización en la alimentación de cuyes en la etapa de crecimiento-engorde* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/bde80d9c-e259-4e4b-9d53-5ea9d089b54d>
- Gualpa, J. L. (2022). *Efecto de la suplementación con forraje verde hidropónico de cebada sobre el rendimiento productivo de cuyes en la etapa de engorde* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

- Gualsaqi, R. M., & Morales, G. R. (2014). Evaluación del comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con forraje verde hidropónico de avena (*Avena sativa*) en la etapa de engorde. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 7(21), 567-572. <http://www.scielo.org.bo/pdf/arca/v7n21/a6-567-572.pdf>
- Guevara, J., Carcelén, F., Bezada, S., Huamán, A., & Arbaiza, T. (2016). Análisis económico de la crianza de cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con forraje y suplementación de concentrado. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 27(4), 682–689.
- Harkness, J. E., & Wagner, J. E. (1995). *Biology and medicine of rabbits and rodents*. Williams & Wilkins.
- Hernández, R. (2024). ¿Qué es el forraje verde hidropónico? La guía definitiva. *Comercializadora Hydro Environment*. <https://hydroenv.com.mx/id125/>
- Herrera, C. (2009). Caracterización y distribución celular del proceso de producción de forraje hidropónico. *Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento*, 163–173. <https://www.redalyc.org/pdf/2570/257020617016.pdf>
- Instituto Geográfico Militar (IGM). (2020). *Cartografía básica del Ecuador*.
- Juárez, P., Morales, H., Sandoval, M., Gómez, A., & Ortega, J. (2013). *Producción de forraje verde hidropónico*. Universidad Académica de Agricultura. https://www.researchgate.net/publication/275715557_PRODUCION_DE_FORRAJE_VERDE_HIDROPONICO
- La Huerta Hidropónica Popular. (2003). *Forraje verde hidropónico*. FAO. <https://www.fao.org/4/ah501s/ah501s.pdf>
- Lema-Aguirre, A.C., Basantes-Morales, E. R., & Pantoja-Guaman, J. L. (2017). Producción de cebada con urea normal y polimerizada en Pintag, Quito, Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 115-125. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212017000100007

- Meza-Bone, J. S., Meza-Bone, G. A., Guanoluisa, L., & Avellaneda, J. H. (2014). Evaluación de la ganancia de peso en cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con forraje verde hidropónico de maíz y cebada. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*.
- Morales, A., Carcelén, F., Ara, M., Arbaiza, T., & Chauca, L. (2011). Efecto de la exclusión de forraje en el crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus*) de engorde. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 22(1), 23–28.
- Martínez, M., & Herradora, M. (2018). Uso potencial de germinados en la alimentación de conejos. *BM Editores*.
<https://bmeditores.mx/entorno-pecuario/uso-potencial-de-germinados-en-la-alimentacion-de-conejos/>
- Montes, T. (2012). Asistencia técnica dirigida en la crianza de cuyes. Cajabamba: UNALM.
- Núñez, O., & Guerrero, J. (2021). Forrajes hidropónicos: una alternativa para la alimentación de animales domésticos. *Revista de Producción Animal*. 33(2), 44–52.
<https://www.researchgate.net/publication/351719008>
- Núñez, O. P., Guerrero, J. R., Borja, B. E., & Vaca, C. (2023). Comportamiento de los índices productivos en cuyes utilizando avena de corte e hidropónica. *Bionatura*, 6(4), 1–10.
<https://revistabionatura.com/files/Vol-6-N-4.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2014). *Producción de cuyes (Cavia porcellus)*. Roma: FAO.
- Orjuela, W. (2015). *Evaluación del uso de forraje verde hidropónico de trigo como alternativa nutricional en la producción de leche del ganado bovino en Turmequé* [Tesis, de pregrado Universidad Nacional Abierta y a Distancia].
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/3712>
- Ortiz, S. (2021). Características morfológicas del cuy. [Presentación]. *Scribd*.
<https://es.scribd.com/presentation/535967324/CARACTERISTICAS-MORFOLOGICAS-DEL-CUY>

- Pareja, E. (2011). *Manual técnico de crianza de cuyes*. Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- Pindo, F. (2024). *Estudio de mercado y plan de comercialización para exportar carne de cuy* [Tesis, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/items/7e32356d-f538-40cf-9448-a22910b321a0>
- Quesenberry, K. E., & Carpenter, J. W. (2012). *Ferrets, rabbits, and rodents: Clinical medicine and surgery*. Elsevier.
- Rengifo, D. (2022). *Impacto de la expansión urbana sobre tierras productivas y sus repercusiones en la producción agrícola*. [Tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar].
- Reyes, F., Enríquez, M., Aguiar, S., & Uvidia, H. (2021). Análisis del manejo, producción y comercialización del cuy (*Cavia porcellus* L.) en Ecuador. *Ciencias Técnicas y Aplicadas*, 7(3), 1004–1018. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383725>
- Reyes, L. (2021). *Comportamiento productivo de cuyes con la aplicación de bloques nutricionales con diferentes niveles de Medicago sativa como suplemento en su alimentación* [Tesis, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/0f3deb32-5404-4a9e-80a7-b585bd176b4f/content>
- Ramírez, E., & Silva, M. (2011). Utilización de dietas alimenticias en base a forraje hidropónico en cuyes. Universidad Técnica de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/643baa0f-01d7-4776-b049-b5a79302ece6>
- Reynaga, M., Vergara, V., Chauca, L., & Muscari, J. (2020). Sistemas de alimentación mixta e integral en la etapa de crecimiento de cuyes de las razas Perú, Andina e Inti. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(3), e18376.
- Rodríguez, N. (2024). Evaluación de alimentos balanceados comerciales en la etapa de crecimiento-engorde del cuy. [Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio institucional.

- Ruiz, J. (2016). Evaluación de pulpa de zapallo en engorde de cuyes [Tesis de grado, Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica]. <http://repositorio.unica.edu.pe/handle/20.500.13028/3003>
- Sánchez, A. (2018). Parámetros productivos y fisiológicos del cuy (*Cavia porcellus*) en la zona de planificación 1 [Tesis de grado]. Universidad Técnica del Norte.
- Sánchez, A., Sánchez, S., & Godoy, S. (2010). Sistemas de alimentación para la producción de cuyes en la zona de Quevedo. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Sakaguchi, E. (2005). Digestive strategies of small hindgut fermenters. *Animal Science Journal*, 74(5), 327–337. <https://doi.org/10.1046/j.1344-3941.2003.00124.x>
- Sarango, C. J. (2021). Comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus*) en la etapa de engorde bajo tres sistemas de alimentación [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
- Soto, J. (2021). ¿Cómo afecta el cambio climático el acceso al agua? Greenpeace. <https://www.greenpeace.org/mexico/informacion-prensa/9460/como-afecta-el-cambio-climatico-el-acceso-al-agua/>
- Solano, J. (2018). *Producción de forraje verde hidropónico y su manejo agronómico*. Universidad Técnica de Ambato.
- Tamayo, A. (2011). Evaluación de dos raciones alimenticias utilizando diferentes niveles de alfalfa, vicia y raygrass más una ración casera en el engorde de cuyes mejorados [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/25ddf519-afa1-4432-b558-684d0962e89c/content>
- Torres, D. (2013). Establecimiento de un invernadero para forraje verde hidropónico y siembra de dos gramíneas (maíz y avena) [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/items/781cdc83-b4e4-4187-8029-785885498e69>
- Trujillo, J., & Hidalgo, L. (2021). *Desarrollo del conocimiento en cuyes*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

<https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/224a38e4-35ca-4ca1-8066-0ab1b4396455/content>

- Tubón, J. (2014). *Producción de forraje verde hidropónico de cebada (Hordeum vulgare) y su utilización en la alimentación de cuyes (Cavia porcellus)* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio ESPOCH.
- Vargas, S., & Yupa, E. (2011). Determinación de la ganancia de peso en cuyes con dos tipos de alimento balanceado [Tesis de grado, Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/aa959d5f-d1de-4ea4-80ed-2f33996793c2>
- Valverde, M. R. (2020). Efecto del forraje verde hidropónico sobre los parámetros productivos en especies menores. *Revista de Investigación Agropecuaria*, 5(2), 112–125.
- Vargas, S., López, M., & Ramírez, J. (2006). *Manejo y producción de cuyes en sistemas familiares*. Universidad Nacional Agraria.
- Vargas, R. (2022). *Producción tecnificada de cuyes*. Editorial Académica.
- Vásquez, J. E. (2022). Determinación de la curva de crecimiento y eficiencia alimenticia en cuyes mejorados bajo dietas no convencionales [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
- Vázquez, F., Flores del Real, W., Ibarra, C., Lepe, R., Carmona, C., Peña, B., & Ávila, F. (2024). Consumo de alimento y ganancia de peso en cuyes alimentados con tres dietas en pellet. *Abanico Agroforestal*. <https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/abanico-agroforestal/article/view/200>
- Valderrama, M. (2019). *Evaluación del comportamiento productivo de cuyes (Cavia porcellus) alimentados con diferentes niveles de forraje verde hidropónico de cebada (Hordeum vulgare) en reemplazo de la alfalfa (Medicago sativa)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UNAP. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/11542>
- Viloria, F. (2019). Forraje verde hidropónico para la alimentación de animales. *Info Pastos y Forrajes*. <https://infopastosyforrajes.com/suplementacion/forraje-verde-hidroponico/>

- Vivas, J. (2009). *Especies alternativas: Manual de crianza de cobayos (Cavia porcellus)*. Universidad Nacional Agraria.
<https://repositorio.una.edu.ni/2472/1/RENL01V856.pdf>
- Vivas, R. A. (2017). Evaluación de niveles de energía metabolizable en dietas para cuyes en la zona de Quevedo [Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo].
- Yanchaliquín, J. (2022). Forrajes hidropónicos en la alimentación de cuyes [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.].
<https://dspace.espoch.edu.ec/items/5d8d1c09-3248-4f60-b741-bfe12895be95>
- Zevallos Villafuerte, C. (2025). Uso de forraje verde hidropónico en la alimentación de cuyes en etapa post destete [Tesis de grado, Universidad Tecnológica de los Andes].

ANEXOS

Anexo 1

Proceso de preparación y composición de soluciones nutritivas.



A

SOLUCIÓN NUTRITIVA A

CONTIENE:

Sales Minerales	g
Fosfato mono amónico	85
Nitrato de Calcio	520
Nitrato de Potasio	275

B

SOLUCIÓN NUTRITIVA B

CONTIENE:

Sales minerales	g
Sulfato de Magnesio	492
Sulfato de Cobre	0,48
Sulfato de Manganeso	2,48
Sulfato de Zinc	1,20
Ácido Bórico	6,20
Molibdato de Amonio	0,02
Quelato de Hierro	50

Nota: A: Preparación de soluciones nutritivas A y B y B: Composición de soluciones nutritivas A y B.

Anexo 2

Rendimiento de la alfalfa y cebada.

RENDIMIENTOS

ALFALFA

7 m surco = 3.5 x 3.608 = 12.628 kg FV de 1 surco.
 2 m surco de 9 plantas. ↑ peso de 9 plantas.

12.628 kg x 4 = 50.512 kg peso total de la cama / 12.6 m² = 4 kg FV/m²

$$\frac{4 \text{ kg FV}}{126.6 \text{ FV}} \quad \text{m}^2 \quad \times \rightarrow (31.65 \text{ m}^2)$$

CEBAJA

$\frac{591 \text{ g FV}}{300 \text{ g semilla}} = 1.97 \text{ rendimiento.}$

$$\frac{887.5 \text{ cm}^2}{10.000 \text{ cm}^2} \quad 300 \text{ g semilla} \quad \times \rightarrow 3.380.28 \text{ g semilla / m}^2$$

$$\frac{887.5 \text{ cm}^2}{10.000 \text{ cm}^2} \quad 591 \text{ g FV} \quad \times \rightarrow 6.659.15 \text{ g FV / m}^2$$

Si ocupo de semilla 3380.28 g semilla / m² obtengo 6659.15 g FV / m²

Bandejas que se ocupó

$$\frac{6.659 \text{ kg FV}}{101.2 \text{ kg FV}} \quad \text{m}^2 \quad \times \rightarrow 15.20 \text{ m}^2 / \frac{10.000 \text{ cm}^2}{\text{m}^2} = \frac{152.000 \text{ cm}^2}{887.5 \text{ cm}^2 / \text{bandeja}}$$

total = 171.27 bandejas.

$$3.380 \text{ kg semilla} \quad \text{m}^2 \quad \times \rightarrow 51.37 \text{ kg semilla cebada.}$$

Anexo 3

Rendimiento de avena.

Avena

$$\frac{508 \text{ g FV}}{210 \text{ g semillas}} = 2.41 \text{ rendimiento.}$$
$$\frac{887.5 \text{ cm}^2}{10000 \text{ cm}^2} \times 210 \text{ g semilla} \rightarrow 2366.20 \text{ g semilla / m}^2.$$
$$\frac{887.5 \text{ cm}^2}{10000 \text{ cm}^2} \times 508 \text{ g FV} \rightarrow 5723.94 \text{ kg FV / m}^2.$$

Si ocupo de semilla $2366.20 \text{ g semilla / m}^2$ obtengo $5723.94 \text{ kg FV / m}^2$.

Bandejas que se ocupo'

$$\frac{5723 \text{ kg FV}}{65.98 \text{ kg FV}} \times \text{m}^2 \rightarrow 11.53 \text{ m}^2 / \frac{10000 \text{ cm}^2}{\text{m}^2} = \frac{115.300 \text{ cm}^2}{887.5 \text{ cm}^2 / \text{bandeja}}$$

$\rightarrow \text{total} = 129.92 \text{ bandejas}$

$$\frac{2366 \text{ kg semilla}}{X} \times 11.53 \rightarrow 27.27 \text{ kg semilla avena.}$$