

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



Tesis

Forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays* L.) y avena (*Avena sativa* L.) en la alimentación de cuy (*Cavia porcellus*) en post destete - Abancay 2023

Asesor:

M. Sc. Caballero Ramírez, Sandra Creceida

Autor:

Zevallos Villafuerte, Cirilo

Para optar el Título Profesional: Ingeniero Agrónomo

Abancay - Apurímac – Perú

2025

Acta de sustentación



Universidad
Tecnológica de los Andes

Transformando vidas



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

Acta N°: 016

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Abancay, a los 20 días del mes de agosto del 2025, siendo las 10:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 0151-2025-UTEA-FI-EPA de la Escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Ingeniería:

Presidente :	Dr. Medina Raya Francisco
Dictaminante:	Dr. Huilca Quispe Jhon
Replicante :	Ing. Marrufo Montoya Rosa Eufemia

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays L.*) y avena (*Avena sativa L.*) en la alimentación de cuy (*Cavia porcellus*) en post destete – Abancay 2023

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br.: Zevallos Villafuerte Cirilo
(Apellidos y Nombres)

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Agrónomo
(Denominación del Título)

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO (S):

Por: Unanimidad
(Unanimidad o Mayoría) (*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Zevallos Villafuerte Cirilo	Aprobado

Siendo las 13:30 pm horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Dr. Medina Raya Francisco
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)

Dictaminante: Dr. Huilca Quispe Jhon
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)

Replicante: Ing. Marrufo Montoya Rosa Eufemia
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)

(Firma)

(Firma)

(Firma)

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

Ciudad Universitaria Av. Perú N°700, Abancay Central Telefónica 051 (083) 321559
Filial Cusco: Av. Grau 516. Teléfono. (084) 251565
Filial Andahuaylas, San Jerónimo, Jr. Coatabay N°100 Teléfono (083) 421752
www.utea.edu.pe

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 208.

(*): Mayoría: Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; Unanimidad: Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art. 18 RGGAT.
(**): 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción. Art. 18 RGGAT.

Reporte de similitud






22% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 19%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 17%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos

Datos del Autor	
Apellidos y nombres	: Zevallos Villafuerte Cirilo
Tipo de documento de identidad	: DNI
Número de documento de identidad	: 09694230
URL ORCID	: https://orcid.org/0009-0000-2527-7733
Datos del Asesor	
Apellidos y nombres	: M. Sc. Caballero Ramírez, Sandra Creceida
Tipo de documento de identidad	: DNI
Número de documento de identidad	: 43318916
URL ORCID	: https://orcid.org/0000-0002-1998-2409
Datos de la investigación	
Facultad	: Ingeniería
Escuela Profesional	: Agronomía
Línea de investigación	: Agricultura y Ambiente
Rango de años en la que se realizó la investigación	: 2023 - 2024
Fuente de financiamiento	: Autofinanciado
Porcentaje de similitud	: 22%
URL de OCDE	: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.01.06

Dedicatoria

Esta tesis va dedicada con mucho amor para mis padres Felipe Zevallos Barazorda y María Villafuerte Cconislla, quienes con dedicación a más de amor me apoyaron incondicionalmente para poder alcanzar mi meta.

Dedico este tesis a mi querida esposa Sandra Giuliane Astete Arencio, por su apoyo y ánimo que me brinda día a día para alcanzar nuevas metas, tanto profesional como personal.

A mis queridos hermanos, Saul, Maritza, Ruth y Freyja quienes son parte importante en mi vida, esperando ser un ejemplo para ellos.

Cirilo

Agradecimiento

A la Universidad Tecnológica de los Andes, a la Facultad de Ingeniería, en especial al equipo de docentes de la Escuela Profesional de Agronomía, por haberme abierto las puertas al conocimiento y al saber en el desarrollo de mis estudios.

Mi eterno agradecimiento a Dios por darme la vida, salud, también a todos mis queridos docentes de la Escuela Profesional de Agronomía, permitiéndome así culminar esta etapa importante de mi carrera profesional.

A mi Asesora. M. Sc. Sandra Creceida Caballero Ramírez, quien me brindo su asesoramiento permanente durante el transcurso de este trabajo investigación. Igualmente, al M. Sc. Franklin Yanqui Díaz., por su asistencia en la parte estadística en la tesis.

Cirilo

Resumen

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de forraje hidropónico de cebada, maíz, avena y alfalfa (como testigo) en la alimentación de cuyes post destete en Abancay durante 2023. Se utilizó una metodología cuantitativa experimental con un diseño completamente aleatorizado, con 4 tratamientos: T1 (cebada), T2 (maíz), T3 (avena) y T4 (alfalfa). El experimento se realizó en un galpón con 12 posas, cada una con 7 cuyes hembras de 15 días, raza mejorada Perú, sumando un total de 84 animales. Los resultados mostraron que los cuyes alimentados con avena alcanzaron el mayor peso promedio a los 108 días (905.05 gramos) y a los 122 días (1043.62 gramos), destacándose por su mayor ganancia de peso y menor tiempo para alcanzar los 900 gramos, logrando este peso en 113 días. Aunque a los 66 días no se detectaron diferencias significativas en los pesos entre los grupos, a los 108 días se evidenció una diferencia significativa, con avena mostrando una ventaja clara sobre maíz y alfalfa. En cuanto a la ganancia de peso semanal, los cuyes alimentados con avena presentaron la mayor ganancia total (724.38 gramos), seguidos por cebada (702.03 gramos), maíz (609.59 gramos) y alfalfa (604.86 gramos). Respecto al consumo de forraje, todos los grupos aumentaron progresivamente su consumo, pasando de 700 gramos diarios a 2800 gramos al final del experimento. En términos de edad de saca, los cuyes alimentados con avena alcanzaron los 900 gramos en 113 días, seguidos por cebada y maíz (120 días), y alfalfa (127 días).

Palabras clave: Hidropónico, cuy, cebada, avena, maíz.

Abstract

The objective of the research was to evaluate the effect of hydroponic forage from barley, corn, oats, and alfalfa (as a control) on the feeding of post-weaning guinea pigs in Abancay during 2023. A quantitative experimental methodology was used with a completely randomized design, with 4 treatments: T1 (barley), T2 (corn), T3 (oats), and T4 (alfalfa). The experiment was conducted in a barn with 12 pens, each containing 7 female guinea pigs of 15 days of age, improved Peru breed, totaling 84 animals. The results showed that guinea pigs fed with oats achieved the highest average weight at 108 days (905.05 grams) and at 122 days (1043.62 grams), standing out for their greater weight gain and shorter time to reach 900 grams, achieving this weight in 113 days. Although no significant differences in weight were detected between the groups at 66 days, a significant difference was observed at 108 days, with oats showing a clear advantage over corn and alfalfa. Regarding weekly weight gain, guinea pigs fed with oats had the highest total gain (724.38 grams), followed by barley (702.03 grams), corn (609.59 grams), and alfalfa (604.86 grams). Regarding forage consumption, all groups progressively increased their consumption, rising from 700 grams per day to 2800 grams by the end of the experiment. In terms of slaughter age, guinea pigs fed with oats reached 900 grams in 113 days, followed by barley and corn (120 days), and alfalfa (127 days).

Keywords: Hydroponic, guinea pig, barley, oats, corn.

Índice

Portada.....	i
Acta de sustentación.....	ii
Acta de sustentación.....	ii
Reporte de similitud.....	iii
Metadatos.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
Índice.....	ix
Índice de tablas.....	xii
Índice de figuras.....	xiv
Índice de anexos.....	xvi
I. Introducción.....	17
II. Planteamiento del problema.....	18
2.1. Descripción y formulación del problemática.....	18
2.1.1. Problema general.....	19
2.1.2. Problema específico.....	19
2.2. Objetivos.....	20
2.2.1. Objetivo general.....	20
2.2.2. Objetivos específicos.....	20
2.3. Justificación e importancia.....	20
2.4. Hipótesis.....	22
2.4.1. Hipótesis general.....	22
2.4.2. Hipótesis específicos.....	22
2.5. Variables.....	22

III. Marco Teórico.....	25
3.1. Antecedentes.....	25
3.2. Bases teóricas.....	32
3.2.1. Forraje hidropónico.....	32
3.2.2. Ventajas en la producción de forraje hidropónico.....	33
3.2.3. Desventaja de la producción de forraje hidropónico.....	34
3.2.4. Sistema de producción de forraje verde hidropónico.....	34
3.2.5. Tipos de forraje verde hidropónico.....	36
3.2.6. Valor nutricional de la cebada, maíz y avena.....	40
3.2.7. El Cuy.....	41
3.2.8. Importancia de la crianza del cuy.....	42
3.2.9. Alimentación del cuy.....	43
3.2.10. Fisiología digestiva del cuy.....	43
3.2.11. Consumo de materia seca.....	43
3.2.12. Consumo de proteína cruda.....	43
3.2.13. Peso metabólico.....	44
3.2.14. Sistema de producción de cuyes.....	47
3.2.15. Fenología animal del cuy.....	47
3.2.16. Líneas genéticas: Andina, Perú e Inti.....	48
3.2.17. Infraestructura.....	49
3.3. Definición de términos.....	49
IV. Metodología.....	52
4.1. Tipo y nivel de investigación.....	52
4.1.1. Tipo de investigación.....	52
4.1.2. Nivel de investigación.....	52
4.2. Ámbito temporal y espacial.....	52
4.2.1. Ámbito temporal.....	52
4.2.2. Ámbito espacial.....	52

4.2.3. Diseño de la investigación.....	53
4.3. Población y muestra.....	57
4.3.1. Población.....	57
4.3.2. Muestra.....	57
4.3.3. Muestreo.....	57
4.4. Instrumentos.....	58
4.5. Procedimiento.....	58
4.6. Análisis de datos.....	61
4.7. Consideraciones éticas.....	61
V. Resultados y discusión.....	63
5.1. Resultados.....	63
5.1.1. Peso corporal total del cuy (<i>Cavia porcellus</i>) en post destete.....	63
5.1.2. Ganancia de peso del cuy (<i>Cavia porcellus</i>) en post destete semanal.....	73
5.1.3. Consumo de forraje del cuy (<i>Cavia porcellus</i>) en post destete.....	76
5.1.4. Edad de saca de cuy (<i>Cavia porcellus</i>) en post destete.....	78
5.2. Discusión.....	85
VI. Conclusiones.....	88
VII. Recomendaciones.....	90
VIII. Referencias.....	92
IX. Anexos.....	101

Índice de tablas

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	24
Tabla 2 Valor nutricional de la cebada, maíz y avena.....	40
Tabla 3 Fórmulas de análisis de varianza con diseño DCA de un factor.....	54
Tabla 4 Detalle de los tratamientos y número de repeticiones.....	54
Tabla 5 Datos observados del peso inicial (gr) a los 15 días de edad de los cuyes para ser alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, <i>maíz</i> , avena y alfalfa (testigo)).....	63
Tabla 6 Análisis de varianza de los promedios del peso (gr) a los 15 días de edad de los cuyes para ser alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, <i>maíz</i> , avena y alfalfa (testigo)).....	64
Tabla 7 Datos observados del Peso (gr) a los 66 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, <i>maíz</i> , avena y alfalfa (testigo)).....	65
Tabla 8 Análisis de varianza de los promedios del Peso (gr) a los 66 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (<i>cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)</i>).....	66
Tabla 9 Datos observados del Peso (gr) a los 108 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (<i>cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)</i>).....	67
Tabla 10 Análisis de varianza de los promedios del Peso (gr) a los 108 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (<i>cebada, maíz, avena y alfalfa</i>).....	69
Tabla 11 Comparación múltiple de Tukey de los promedios del Peso (gr) a los 108 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (<i>cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)</i>).....	69
Tabla 12 Datos observados del Peso (gr) a los 122 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (<i>cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)</i>).....	70
Tabla 13 Análisis de varianza de los promedios del Peso (gr) a los 122 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (<i>cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)</i>).....	71

Tabla 14 Comparación múltiple de Tukey de los promedios del Peso (gr) a los 122 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (<i>cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)</i>).....	72
Tabla 15 Ganancia de peso (gr/semana) de los cuyes (<i>Cavia porcellus</i>) alimentados con forraje hidropónico de tres especies (<i>cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)</i>)...73	73
Tabla 16 Promedio de consumo de forraje hidropónico de tres especies (<i>cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)</i>) por día de los cuyes en el período de la experimentación.....	76
Tabla 17 Resumen del peso promedio semanal del cuy por días de vida alimentada con forraje hidropónico de tres especies (<i>cebada, maíz, avena y alfalfa</i>).....	78
Tabla 18 Análisis de varianza de la regresión lineal de los pesos promedios de cuy por días de vida alimentada con forraje hidropónico de tres especies y un testigo (Cebada, maíz, Avena y Alfalfa = Testigo).....	81
Tabla 19 Coeficientes de la regresión lineal de los pesos promedios de cuy por días de vida alimentada con forraje hidropónico de tres especies (<i>cebada, maíz, avena y alfalfa</i>).....	82
Tabla 20 Estimación de los pesos promedios de cuy por días de vida alimentada con forraje hidropónico de tres especies (<i>cebada, maíz, avena y alfalfa</i>).....	84
Tabla 21 Matriz de consistencia.....	101
Tabla 22 Base de datos recopilados del peso del cuy en el proceso de alimentación....	104
Tabla 23 Ganancia de peso de cuyes alimentados con forrajes hidropónico.....	105
Tabla 24 Consumo de alimentos por los cuyes.....	106

Índice de figuras

Figura 1 <i>Croquis del galpón de cuy</i>	55
Figura 2 Promedios del Peso inicial (gr) a los 15 días de edad de los cuyes para ser alimentados con forraje hidropónico de tres especies (<i>cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)</i>).....	64
Figura 3 Promedios del Peso (gr) a los 66 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (<i>cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)</i>)	66
Figura 4 Promedios del Peso (gr) a los 108 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (<i>cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)</i>)	68
Figura 5 Promedios del Peso (gr) a los 122 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (<i>cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)</i>)	71
Figura 6 Evolución de la Ganancia de peso (gr) de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (<i>cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)</i>).....	75
Figura 7 Evolución del promedio de consumo de forraje hidropónico (gr) de tres especies (<i>cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)</i>) por día por cada 7 cuyes en el período de la experimentación.....	77
Figura 8 Peso promedio de cuy por días de vida alimentada con forraje hidropónico de tres especies (<i>cebada, maíz, avena y alfalfa</i>) y sus líneas de tendencia.....	80
Figura 9 <i>Distribución al azar de los cuyes para cada uno de los tratamientos y en cada poza individual</i>	107
Figura 10 <i>Instalación de la protección del galpón contra el frío con arpillera</i>	107
Figura 11 <i>Limpieza galpón del cuy</i>	108
Figura 12 <i>Cosecha de forraje hidropónico</i>	108
Figura 13 <i>Pesado de los alimentos forraje hidropónico Avena, cebada, maíz y alfalfa</i> ...	109
Figura 14 <i>Visita de la asesora de tesis M. Sc. Sandra Creceida Caballero Ramírez</i>	109
Figura 15 <i>Dosificación del forraje bajo peso por día</i>	110
Figura 16 <i>Pesado semanal de los cuyes</i>	110
Figura 17 <i>Almacenado del forraje hidropónico</i>	111
Figura 18 <i>Monitorio asesor Ing.M. Sc. Sandra Creceida Caballero Ramírez</i>	111
Figura 19 <i>Construcción de madera media agua invernadero para forraje hidropónico</i> ...	112

Figura 20 <i>Instalación cobertura techo con agrofilm y pared con malla raschel</i>	112
Figura 21 <i>Monitorio producción de FH. asesor Ing.M. Sc. Sandra Creceida Caballero Ramírez</i>	113
Figura 22 <i>Cosecha de forraje hidropónico asesor Ing.M. Sc. Sandra Creceida Caballero Ramírez</i>	113

Índice de anexos

A) Matriz de consistencia.....	101
B) Instrumento de recolección de información.....	103
C) Base de datos.....	104
D) Evidencias.....	107

I. Introducción

El cuy (*Cavia porcellus*), también conocido como cobayo o conejillo de Indias, es una especie de roedor originaria de la región andina de América del Sur y ha sido domesticada desde tiempos precolombinos por diversas culturas indígenas debido a su importancia tanto en la alimentación como en la medicina tradicional; actualmente, el cuy se cría extensamente en países como Perú, Ecuador, Bolivia y Colombia, donde se ha convertido en una fuente importante de proteínas para las poblaciones locales y una actividad económica relevante en las zonas rurales (Trail, J. C. M., 1984). Por otro lado, el destete es un período crítico en la vida de los cuyes, ya que deben adaptarse gradualmente a una dieta sólida después de la transición de la leche materna y, durante esta etapa, los cuyes son particularmente susceptibles a desequilibrios nutricionales que pueden afectar su crecimiento y desarrollo, razón por la cual la calidad y la disponibilidad de los alimentos desempeñan un papel fundamental en el éxito del destete y en la salud futura de los animales.

Tradicionalmente, la alimentación de los cuyes en post destete se basa en una combinación de alimentos como alfalfa, pasto, concentrados comerciales y subproductos agrícolas; sin embargo, el acceso a una nutrición adecuada puede ser limitado en algunas regiones, especialmente en áreas rurales o de difícil acceso, lo que genera la necesidad de explorar alternativas alimenticias que sean económicas, sostenibles y nutritivas. En este sentido, el forraje hidropónico (FH) es una opción prometedora para la alimentación animal, ya que este sistema de cultivo permite producir biomasa vegetal de alta calidad en un corto período de tiempo, utilizando menos agua y espacio en comparación con los métodos de cultivo convencionales, además de ser una fuente rica en nutrientes y poder ser cultivado durante todo el año, lo que lo convierte en una opción atractiva para la alimentación animal, especialmente en regiones con recursos limitados.

II. Planteamiento del problema

2.1. Descripción y formulación del problemática

En la crianza de cuyes, la elección de la alimentación adecuada es crucial para asegurar su óptimo desarrollo y rendimiento productivo, especialmente durante la etapa de post destete. El uso de forrajes hidropónicos como la cebada (*Hordeum vulgare*), el maíz (*Zea mays L.*) y la avena (*Avena sativa L.*) ha emergido como una alternativa viable para mejorar la calidad de la dieta de estos animales, ya que estos forrajes ofrecen una fuente nutritiva concentrada, sostenible y de fácil acceso. Sin embargo, a pesar de su potencial, el impacto real de estos forrajes en el crecimiento de los cuyes post destete aún no ha sido suficientemente evaluado en condiciones locales como las de Abancay.

La insuficiente información sobre el impacto de los forrajes hidropónicos en la nutrición de los cuyes en post destete es un problema que genera una limitada producción animal. A pesar de que diversos estudios han explorado el uso de forrajes en otras regiones, se carece de evidencia específica sobre su eficiencia en la región de Abancay. Esto genera incertidumbre entre los productores sobre cuál es el forraje más adecuado para maximizar la ganancia de peso, la eficiencia en el consumo y la velocidad de crecimiento de los cuyes post destete lo que a su vez genera el problema del desconocimiento sobre, en que medida el forraje hidropónico de cebada, maíz y avena afecta el crecimiento de los cuyes post destete, específicamente en términos de su peso corporal total, ganancia de peso semanal, consumo de forraje y edad de saca en la región de Abancay durante 2023. Este conocimiento es esencial para optimizar la producción de cuyes y mejorar la rentabilidad del sector.

Los efectos del uso de estos forrajes en los cuyes pueden manifestarse en diferentes aspectos. En primer lugar, la variación en el peso corporal total de los cuyes podría indicar la capacidad de cada forraje para fomentar el crecimiento. En segundo lugar, la ganancia de peso semanal es un indicador clave de la eficiencia de cada forraje, reflejando el ritmo de crecimiento y la respuesta metabólica de los cuyes. Además, el

consumo de forraje es crucial para evaluar la aceptabilidad y la calidad nutricional de los forrajes utilizados. Finalmente, el tiempo hasta alcanzar la edad de saca será un efecto crucial, ya que determina el tiempo con que los cuyes pueden ser llevados al mercado, afectando directamente los costos de producción y la rentabilidad de los criadores. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo proporcionar datos fundamentales para guiar a los productores en la elección del forraje más adecuado, mejorando la eficiencia de la crianza de cuyes y contribuyendo al desarrollo sostenible de la producción animal en Abancay.

2.1.1. Problema general

¿En qué medida tiene efecto el Forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays* L.) y avena (*Avena sativa* L.) en la alimentación de cuy (*Cavia porcellus*) en post destete - Abancay 2023?

2.1.2. Problema específico

- ¿Cuál es el efecto de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays* L.) y avena (*Avena sativa* L.) en el peso corporal total del cuy (*Cavia porcellus*) en post destete - Abancay 2023?
- ¿Cómo es el efecto de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays* L.) y avena (*Avena sativa* L.) en la ganancia del peso por semanal del cuy (*Cavia porcellus*) en post destete - Abancay 2023?
- ¿Cuál es el consumo de forraje hidropónico cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays*) y avena (*Avena sativa*) por el cuy (*Cavia porcellus*) en post destete - Abancay 2023?
- ¿Cómo es el efecto de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays* L.) y avena (*Avena sativa* L.) en la edad de saca de cuy (*Cavia porcellus*) en post destete - Abancay 2023?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de Forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays L.*) y avena (*Avena sativa L.*) en la alimentación de cuy (*Cavia porcellus*) en post destete - Abancay 2023.

2.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays L.*) y avena (*Avena sativa L.*) en el peso corporal total del cuy (*Cavia porcellus*) en post destete - Abancay 2023.
- Determinar el efecto de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays L.*) y avena (*Avena sativa L.*) en la ganancia del peso por semanal del cuy (*Cavia porcellus*) en post destete - Abancay 2023.
- Cuantificar el consumo de forraje hidropónico cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays L.*) y avena (*Avena sativa L.*) por el cuy (*Cavia porcellus*) en post destete - Abancay 2023.
- Evaluar el efecto de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays L.*) y avena (*Avena sativa L.*) en la edad de saca de cuy (*Cavia porcellus*) en post destete - Abancay 2023.

2.3. Justificación e importancia

La presente investigación tiene como propósito evaluar el efecto del forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays L.*) y avena (*Avena sativa L.*) en la alimentación de cuy (*Cavia porcellus*) en post destete, un tema de alta pertinencia y relevancia para la comunidad de Huayllabamba y otras zonas rurales de Abancay.

El cuy (*Cavia porcellus*) es una especie de gran relevancia económica y cultural en la región de Abancay, constituyendo una fuente importante de proteína de alto valor biológico y un complemento económico para las familias dedicadas a su crianza. Sin

embargo, uno de los factores que limita la producción eficiente de cuyes es la alimentación adecuada, especialmente durante la etapa de post destete, donde los animales requieren nutrientes balanceados para garantizar un crecimiento óptimo, buena ganancia de peso y desarrollo reproductivo futuro.

El forraje hidropónico se presenta como una alternativa innovadora y sostenible para mejorar la nutrición animal, ofreciendo ventajas como alta digestibilidad, disponibilidad durante todo el año, y reducción en costos de producción y dependencia de forrajes convencionales que pueden verse afectados por la estacionalidad o las condiciones climáticas. Evaluar los efectos de forrajes hidropónicos de cebada, maíz y avena permitirá identificar estrategias alimenticias más eficientes que impacten directamente en la salud, crecimiento y productividad del cuy.

Los resultados permitirán optimizar la dieta del cuy en post destete, mejorando la ganancia de peso, la eficiencia alimenticia y la edad de saca, aspectos críticos para incrementar la rentabilidad de la crianza de cuyes.

Proporcionará información científica que contribuya a la toma de decisiones en la elección del tipo de forraje más adecuado, promoviendo prácticas de alimentación más sostenibles y económicas.

Generará conocimientos sobre el valor nutritivo y los efectos productivos de forrajes hidropónicos en cuyes, lo que puede servir como referencia para estudios futuros en la región y en otros sistemas de producción animal.

Fomenta el uso de tecnologías de producción de forraje que reducen la dependencia de recursos convencionales, disminuyen los costos de alimentación y contribuyen a la seguridad alimentaria local.

Finalmente, este estudio tiene un impacto socioeconómico significativo, ya que busca mejorar la rentabilidad de la crianza de cuyes mediante la optimización de su alimentación. Al reducir los costos asociados a la compra de alimentos comerciales y aumentar la productividad de los animales, se espera que los criadores puedan

incrementar sus ingresos y mejorar su calidad de vida. Asimismo, la implementación de técnicas innovadoras como el cultivo de forraje hidropónico puede incentivar el desarrollo de capacidades locales y fortalecer la economía rural.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays*) y avena (*Avena sativa*) tendrá un efecto significativo en la alimentación de cuy (*Cavia porcellus*) en post destete - Abancay 2023.

2.4.2. Hipótesis específicos

- El forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays L.*) y avena (*Avena sativa L.*) tendrá un efecto significativo en el peso corporal total del cuy (*Cavia porcellus*) en post destete - Abancay 2023.
- El forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays L.*) y avena (*Avena sativa L.*) tendrá un efecto significativo en la ganancia del peso del cuy (*Cavia porcellus*) en post destete - Abancay 2023.
- El consumo de forraje hidropónico cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays L.*) y avena (*Avena sativa L.*) por el cuy (*Cavia porcellus*) en post destete - Abancay 2023 se incrementa significativamente con la edad del cuy.
- El forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays L.*) y avena (*Avena sativa L.*) tendrá un efecto significativo en la edad de saca de cuy (*Cavia porcellus*) en - Abancay 2023.

2.5. Variables

A) Variable independiente: Tipos de forraje hidropónico (cebada, maíz, avena y alfalfa - testigo)

Definición conceptual

El forraje hidropónico se define como un sistema de producción agrícola que permite el cultivo de plantas sin suelo, utilizando agua y nutrientes en un ambiente

controlado. Este tipo de forraje es una alternativa sostenible para la alimentación animal, especialmente en contextos donde los recursos hídricos y los suelos son limitados. En este estudio, el forraje hidropónico está representado por tres especies vegetales: cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays*) y avena (*Avena sativa*), cuyas características nutricionales y productivas se evalúan en función de su impacto en la alimentación de cuyes hembra en post destete.

Definición operacional

El forraje hidropónico se operacionaliza a través de tres tratamientos experimentales, cada uno correspondiente a una especie vegetal específica:

- Cebada (*Hordeum vulgare*): Forraje hidropónico producido a partir de semillas de cebada germinadas en un sistema hidropónico.
- Maíz (*Zea mays* L.): Forraje hidropónico producido a partir de semillas de maíz germinadas en un sistema hidropónico.
- Avena (*Avena sativa* L.): Forraje hidropónico producido a partir de semillas de avena germinadas en un sistema hidropónico.

La producción del forraje se realiza bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y tiempo de germinación (por ejemplo, 7 días). Las variables relacionadas con esta VI incluyen el tipo de especie utilizada y sus características nutricionales (proteínas, fibra, energía, etc.), aunque estas últimas pueden ser medidas indirectamente mediante su impacto en las variables dependientes.

B) Variable dependiente: Alimentación de cuy (*Cavia porcellus*) en post destete

Definición conceptual

La alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) hembras en post destete se refiere al proceso mediante el cual los animales jóvenes reciben nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo durante la etapa crítica posterior al destete. Esta variable se evalúa en términos de indicadores relacionados con el crecimiento del animal, como el peso corporal total, la ganancia de peso, el consumo de forraje y la edad de saca. Estos

indicadores reflejan la eficiencia del forraje hidropónico como fuente de alimento y su capacidad para satisfacer las necesidades nutricionales de los cuyes en esta etapa.

Definición operacional

La alimentación de cuyes en post destete se operacionaliza a través de las siguientes dimensiones e indicadores medibles:

- Peso corporal total: Medido en gramos (gr) utilizando una balanza digital al inicio y al final de la semana.
- Ganancia de peso: Calculada como la diferencia entre el peso final y el peso inicial, expresada en gramos (gr) o gramos medido por semana (gr/semana).
- Consumo de forraje: Medido en gramos (gr) diarios o semanales, registrando la cantidad de forraje ofrecida y la cantidad residual no consumida.
- Días de saca: Número de días necesarios para que los cuyes alcancen un peso óptimo para el sacrificio o comercialización, determinado según criterios establecidos previamente (900 gr de peso vivo).

Estos indicadores permiten evaluar directamente el efecto del forraje hidropónico sobre el desempeño productivo de los cuyes en post destete.

C) Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicadores	Índices
VI. Forraje hidropónico	Especies de forraje hidropónico	• Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	gr.
		• Maíz (<i>Zea mays</i>)	gr.
		• Avena (<i>Avena sativa</i>)	gr.
VD. Alimentación de cuy (<i>Cavia porcellus</i>) en post destete	Crecimiento de cuy hembra	• Peso corporal (peso total)	gr
		• Ganancia de peso semanal	gr/semana
		• Consumo de forraje	gr/día
		• Edad de saca	días

Nota. Elaboración propia

III. Marco Teórico

3.1. Antecedentes

Collado (2016), en su investigación sobre la ganancia de peso en cuyes machos (*Cavia porcellus*) post destete de la raza Perú, evaluó tres sistemas de alimentación: balanceado, mixto y testigo (alfalfa), con el objetivo de analizar su impacto en el rendimiento productivo. Se emplearon 42 cuyes machos destetados, distribuidos en tres tratamientos y tres repeticiones, utilizando un diseño de bloques completamente al azar y siete unidades experimentales de seis animales cada una. Los tratamientos fueron: T1 (mixto: alfalfa + balanceado), T2 (balanceado: afrecho de trigo, harina de soya y harina de maíz) y T3 (testigo: alfalfa). Se midieron variables como ganancia de peso, consumo de alimento, índice de conversión alimenticia y relación beneficio-costos. Se hallaron diferencias significativas en la ganancia de peso (T1: 7,06 g/animal/día; T3: 4,14 g/animal/día) y en la conversión alimenticia (T2: 5,0; T1: 9,0), destacando una mejor conversión alimenticia con el balanceado. En términos de rentabilidad, el tratamiento mixto reportó el mayor beneficio/costo (T1: 11,83 S/.), seguido del balanceado (T2: 9,82 S/.) y el testigo (T3: 7,83 S/.). Se concluye que el sistema de alimentación mixto en cuyes de la raza Perú tiene potencial para mejorar el rendimiento productivo.

Sánchez y Guevara (2017), realizó un experimento en Nicaragua para evaluar la suplementación de cobayos (*Cavia porcellus* L.) con forraje hidropónico de maíz (FVHM) y follaje fresco de nacedero (*Trichantera gigantea*, FTG), y su efecto en el comportamiento productivo y la morfometría del tracto gastrointestinal. Se utilizaron 18 cobayos machos mestizos de 60 días de edad (promedio 403,5 g de peso inicial), en un diseño completamente al azar con tres tratamientos y seis repeticiones. Los tratamientos fueron: T1 (concentrado comercial más follaje fresco de CT-169), T2 (70% concentrado comercial más FVHM) y T3 (70% concentrado comercial más FTG). Los resultados mostraron que la alimentación con 70% de concentrado comercial y FVHM no afecta significativamente el comportamiento productivo ni la morfometría del tracto

gastrointestinal en comparación con el concentrado comercial más CT-169, pero reduce los costos de producción y genera mayor beneficio financiero.

Punina (2015), en su tesis sobre el análisis económico-financiero del engorde de cuyes utilizando tres tipos de forraje verde hidropónico (cebada, avena y maíz) en la comunidad Tamboloma, Pilahuin, evaluó la eficacia de estos germinados en el proceso de engorde, comparando la rentabilidad mediante la relación beneficio/costo. Se trabajó con 72 cuyes (36 machos y 36 hembras), distribuidos en tres tratamientos con tres repeticiones cada uno, bajo las mismas condiciones de manejo. El consumo de forraje verde hidropónico fue mayor en el tratamiento dos (Avena 60% + balanceado 40%), asociado a una mejor palatabilidad; el menor consumo se observó en el tratamiento tres (Maíz 60% + balanceado 40%). El mayor incremento de peso fue para machos y hembras del tratamiento dos y del testigo (Alfalfa 60% + balanceado 40%), mientras que el tratamiento tres registró los peores resultados. La mejor conversión alimenticia se obtuvo en el tratamiento tres. Los tratamientos dos mostraron también el mayor incremento de peso y mejor conversión alimenticia; la rentabilidad más alta fue en el tratamiento uno, con 2,09 dólares por cuy. La mortalidad fue de 0% en todos los grupos.

Jara (2020), desarrolló un experimento riguroso en el sector Consacola de Loja (Ecuador) para analizar el efecto del forraje hidropónico de maíz en distintos estados de madurez sobre el crecimiento de cuyes. Utilizó un diseño de bloques completamente al azar con 48 cuyes machos destetados, asignados a cuatro tratamientos: el primero y testigo basado en alfalfa y rye grass, y los otros tres en pasto hidropónico de maíz de 15, 18 y 21 días de crecimiento, respectivamente. Esta estructura experimental permitió comparar el desempeño productivo (consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia), así como la mortalidad, la rentabilidad financiera y el valor nutritivo de cada dieta. Los resultados fueron contundentes: el grupo alimentado con alfalfa + rye grass mostró el mayor consumo y la mejor ganancia de peso (870 g), lo que evidencia la alta eficiencia nutricional de este forraje convencional. Además, requirieron

menos alfalfa-rye grass para lograr un gramo de peso vivo, mostrando una conversión alimenticia de 27,74. El análisis bromatológico señaló una composición proteica muy superior para el testigo (24,5% BS), mientras que el mejor de los hidropónicos fue el de 21 días (12,65% BS). La mortalidad fue preocupantemente alta con el FH de 15 días (25%), mientras que la dieta convencional y el FH de 18 días presentaron valores bajos (8,33%). En términos económicos, la alimentación tradicional tuvo la rentabilidad más alta: por cada \$100 de inversión, se obtuvieron \$28,16 de ganancia. De este modo, Jara concluye que, aunque el forraje hidropónico puede aportar en contextos de escasez de alfalfa, la dieta tradicional sigue siendo superior en la región evaluada.

Taboada (2022), llevó a cabo un experimento controlado en la Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima, Perú), enfocado en comparar el forraje hidropónico de cebada con otros sistemas de alimentación en cuyes en crecimiento. Se utilizaron 80 cuyes machos mejorados, organizados en cinco tratamientos: alimento balanceado integral, solo forraje hidropónico de cebada, solo chala de maíz, balanceado mixto con FH de cebada, y balanceado mixto con chala (testigo). El protocolo experimental abarcó desde la producción del FH hasta los 68 días de alimentación supervisada, aplicando un diseño completamente al azar con repetición. Resultados estadísticamente significativos mostraron que alimentar sólo con FH de cebada o solo chala fue ineficaz: los cuyes presentaron bajo incremento de peso, peores tasas de conversión alimenticia y menor eficiencia económica. En cambio, los sistemas mixtos (FH o chala + balanceado) mantuvieron desempeños similares y óptimos entre sí, mientras que el alimento balanceado integral concentró los mejores resultados técnicos y financieros. El estudio recomendó el uso del FH de cebada como sustituto funcional de la chala en sistemas mixtos, destacando la importancia de analizar los costos locales y el precio del cuy para determinar la conveniencia de cada alternativa. Así, Taboada demostró que la eficiencia y la rentabilidad están condicionadas a la combinación de alimentos y la realidad económica de cada zona productora.

Alvites (2019), realizó una intervención participativa en el centro poblado Almirante Grau - Cura Mori (Piura), orientada a modernizar la gestión productiva de los ganaderos locales a través del forraje hidropónico. Inició su trabajo realizando una radiografía organizacional: ninguna familia beneficiaria pertenecía previamente a una organización formal ni conocía tecnologías modernas de alimentación animal. El proyecto diseñó un sistema de administración de operaciones adaptado a la producción de forraje hidropónico, definiendo funciones y responsabilidades, un diagrama de flujo y la cuantificación óptima de raciones (3 kg, tres veces al día, 9 kg/animal/día). Sólo 30 de los 53 animales de la muestra fueron observados directamente por el enfoque de intervención. Tras la implementación, la encuesta final demostró un cambio radical: el 100% de los beneficiarios se organizó formalmente y manifestaron satisfacción completa tanto con la incorporación del sistema de gestión como con la tecnología de FH. El impacto fue doble: no sólo mejoraron la eficiencia alimentaria y la productividad, sino que también se fortaleció la cohesión social y la capacidad administrativa de los productores. Alvites concluyó que disponer de un sistema de administración de operaciones es crítico para que las organizaciones ganaderas pequeñas obtengan mejoras sostenibles en productividad y economía familiar, promoviendo la innovación y el fortalecimiento organizacional en la zona rural.

Mamani (2019), realizó una investigación titulada Determinación de la ganancia de peso vivo y mérito económico en el engorde de cuy (*Cavia porcellus* L.) suplementando con forraje hidropónico (*Hordeum vulgare*) - Puno, en el módulo de animales menores de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano - Puno. El objetivo principal fue determinar tanto la ganancia de peso vivo como el mérito económico del engorde de cuyes suplementados con forraje hidropónico. Se emplearon 28 cuyes machos en etapa de crecimiento, raza Perú, con 30 días de edad, distribuidos en dos tratamientos: T1 (100 g de forraje hidropónico más 40 g de concentrado por animal al día) y T2 (200 g de forraje hidropónico más 30 g de concentrado por animal al

día), con una mortalidad de uno por tratamiento. Los animales tuvieron un periodo de adaptación de 7 días y el control de peso se realizó durante 45 días. El análisis estadístico de los resultados (utilizando un Diseño Completamente al Azar con 13 repeticiones por tratamiento) mostró que la ganancia de peso en 45 días fue de $428,46 \pm 89,68$ g ($9,52 \pm 1,99$ g/día) en T1 y $381,54 \pm 84,89$ g ($8,48 \pm 1,89$ g/día) en T2, sin diferencias significativas ($P \geq 0,05$). En cuanto a la rentabilidad, se obtuvieron valores negativos para ambos tratamientos: -16,86% para T1 y -21,44% para T2, atribuibles a las adversidades climáticas propias de la época de estiaje.

Kajatt (2018), condujo el estudio titulado Reemplazo de la alfalfa en verde por forraje hidropónico de cebada en alimentación de cuyes mejorados en crecimiento a 2750 m.s.n.m. - INIA Ayacucho, en las instalaciones del INIA del distrito Andrés Avelino Cáceres, a 2750 msnm. El objetivo fue determinar la viabilidad de reemplazar la alfalfa en verde por forraje hidropónico de cebada en la dieta de cuyes mejorados para crecimiento. Se utilizaron 36 cuyes destetados de 18 días de edad y un peso promedio inicial de 296 g, distribuidos en cuatro tratamientos: 1) alfalfa; 2) forraje hidropónico de cebada; 3) alimento balanceado + alfalfa al 10% del peso vivo; y 4) alimento balanceado + forraje hidropónico de cebada al 10% del peso vivo, cada uno con tres repeticiones. El experimento duró 70 días. Con un análisis estadístico DCR y prueba de Duncan, se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) en peso vivo, incremento de peso y consumo de alimento balanceado. Los tratamientos 3 y 4 resultaron superiores en estos parámetros frente a los tratamientos 1 y 2, aunque no presentaron diferencias significativas entre ellos. No se detectaron diferencias en el índice de conversión ni en el rendimiento de carcasa entre tratamientos, indicando que el reemplazo de alfalfa por forraje hidropónico de cebada es factible por su eficiencia en conversión alimenticia y por la reducción de costos de producción.

Ramírez (2015), desarrolló el trabajo titulado Efecto de la Utilización de forraje hidropónico de *Hordeum vulgare* consociado a la *Vicia sativa* sobre la ganancia de peso

vivo en *Cavia porcellus* destetados, en el Distrito de Ascensión, Huancavelica, a 3692 msnm, en la propiedad del Sr. Manuel Castrejon Valdez. El objetivo fue determinar la ganancia de peso vivo, el consumo de alimento respecto al peso vivo y peso metabólico, además del mérito económico, en cuyes alimentados con combinaciones de forraje hidropónico de cebada y vicia durante 60 días. Se utilizaron 60 cuyes machos destetados tipo 1, divididos en cuatro grupos con diferentes proporciones de FH: T1 (40% cebada + 60% vicia), T2 (40% vicia + 60% cebada), T3 (100% vicia) y To (100% cebada), empleando la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0,05$) para el análisis de los resultados. Las ganancias de peso fueron: To, $304,17 \pm 6,04$ g; T1, $358,45 \pm 21,61$ g; T2, $326,92 \pm 15,79$ g; y T3, $308,42 \pm 14,44$ g, observándose diferencias significativas entre tratamientos. El consumo de materia seca (MS) fue de: To, 15,56 g/día; T1, 12,83 g/día; T2, 12,80 g/día; T3, 10,92 g/día, también con diferencias significativas. El consumo de MS respecto al peso metabólico mostró los siguientes valores: To, 8,94 g; T1, 8,02 g; T2, 7,67 g; T3, 6,45 g. Porcentualmente al peso vivo, T1 fue 2,48 g/día, T2 2,61 g/día, T3 2,25 g/día y To 3,35 g/día. En mérito económico, T1 registró S/15,734, T2 S/14,254, T3 S/24,642 y To S/8,877, destacando mejores resultados en ganancia de peso y consumo para T1, aunque con menor mérito económico debido al alto costo de semilla en algunos periodos.

Loa (2019), en su investigación titulada "Forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*) en la dieta de cuy machos (*Cavia porcellus*) en recría, Andahuaylas, Perú -2021", destaca que la hidroponía es una opción viable para los productores pecuarios que crían cuyes, ya que requiere poco espacio y agua. Con este enfoque, se propuso evaluar el uso de forraje hidropónico de cebada y maíz en la dieta de cuy machos en recría. La investigación se realizó en un galpón de crianza comercial-familiar en el centro poblado de Llantuyhuanca, distrito de Talavera, provincia de Andahuaylas, región Apurímac, Perú. Se utilizaron 45 cuy machos mestizos de 28 días, distribuidos aleatoriamente en tres tratamientos: T1 (forraje hidropónico de cebada +

concentrado), T2 (forraje hidropónico de maíz + concentrado) y T3 (alfalfa + concentrado), con 15 observaciones por tratamiento. El estudio se desarrolló durante 70 días, y los datos fueron analizados mediante un ANOVA de un solo factor, con comparaciones entre promedios utilizando Tukey ($\alpha = 0,05$). Los resultados mostraron que los cuyes alimentados con alfalfa más concentrado (T3) tuvieron la mayor ganancia de peso vivo (715,6 g), comparados con T1 (633,93 g) y T2 (569 g) ($P > 0,05$), concluyendo que la alfalfa más concentrado generó mayores ganancias de peso que el forraje hidropónico de cebada o maíz.

Saavedra (2018), en su investigación "Forraje hidropónico de tres variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) en la dieta de cuy (*Cavia porcellus*) en recría. Abancay" señala que la alimentación es un factor crucial en la producción de cuyes, lo que ha motivado la búsqueda de alternativas en las crianzas familiares para reemplazar los desperdicios de cocina que no cubren los requerimientos nutricionales. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del forraje hidropónico (FH) de tres variedades de cebada: INIA 411 San Cristóbal (T1), Grigñon (T2) e INIA Moronera (T3), sobre la ganancia de peso vivo de cuyes en el distrito de Abancay. El rendimiento productivo de FH por kg de semilla de cebada fue 4818 g en T1, 4511 g en T2 y 4012 g en T3, con alturas de 23.3 cm, 22.7 cm y 21 cm, respectivamente. En cada tratamiento participaron 15 cuyes de 15 días de edad, y la dieta consistió en un 60% de FH y un 40% de concentrado comercial. Se evaluaron la ganancia de peso vivo, la conversión alimenticia, el rendimiento de la carcasa y la rentabilidad (considerando solo los costos variables del FH). No se encontraron diferencias significativas en la ganancia de peso vivo (T1 = 497.4 g, T2 = 484.8 g, T3 = 429.40 g), pero el mejor índice de conversión alimenticia se obtuvo con T1 (4.0), seguido de T3 (4.12) y T2 (4.38). El rendimiento de la carcasa fue más alto en T2 (68.3%), seguido de T1 (67.3%) y T3 (66.4%). En términos de rentabilidad, T1 (88.39%) fue superior a T2 (67.66%) y T3 (67.12%).

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Forraje hidropónico

El forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables, sin uso de suelo y bajo condiciones ambientales controladas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO, 2001).

Forraje verde hidropónico se transforma en una alternativa interesante para producir alimento complementario. En el sistema de producción de forraje verde hidropónico las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al compararlas con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por kilogramo de materia seca. Como ejemplo de la eficiencia en el consumo de agua es el hecho de que se puede alcanzar tasas de uso del agua del orden de 3,6 kg de forraje verde hidropónico con la aplicación de 14,4 litros de agua de riego aplicado. Alternativamente, la técnica de forraje verde hidropónico (FVH) emplea menos de 2 litros de agua para producir 1 kg de forraje, con un consumo de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre un 12% a 18 % - (Romero et al., 2009).

El Forraje Verde Hidropónico (FVH), en la práctica consiste en la germinación de semillas gramíneas y leguminosas (poáceas y fabáceas) que pueden ser utilizadas como forrajeras. Este es, el producto obtenido del proceso de germinación de granos de cereales, que después de 12 días es cosechado y suministrado a los animales como alimento. Usualmente se utilizan semillas de trigo, avena, centeno, cebada, maíz y alfalfa. Para luego llevarlas a su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia de suelo. En este proceso se utilizan bandejas planas de material inerte y por un lapso de tiempo no mayor a los 12 o 15 días,

realizándose riegos con agua hasta que los brotes alcancen un largo de 18 a 22 cm aproximadamente - (Pérez, 1987, Abarca et al., 2016).

3.2.2. Ventajas en la producción de forraje hidropónico

- **Elevado contenido nutricional:** El forraje verde hidropónico (FVH), al incluir raíz, tallos, hojas y semillas, aporta carbohidratos, azúcares, proteínas, minerales y vitaminas, destacándose como un forraje de calidad superior frente a otros (FAO, 2001, citado en Vivas-Mejía, 2022).
- **Uso eficiente del agua:** El FVH minimiza pérdidas por evapotranspiración, escurrimiento o infiltración. En comparación, producir un kg de forraje en campo abierto requiere 372 litros para maíz y 271 litros para sorgo, mientras que el FVH necesita solo 2-3 litros por kg, con un contenido de materia seca del 12-18% según la especie, lo que equivale a 15-20 litros por kg de materia seca en 14 días (FAO, 2001, citado en Vivas-Mejía, 2022).
- **Reducción de costos y optimización del espacio:** Producir FVH es hasta 10 veces más económico que otros forrajes en campos abiertos. Además, su sistema modular vertical maximiza el uso del espacio, donde 170 m² de bandejas de 4 niveles para avena hidropónica equivalen a 5 hectáreas de cultivo convencional (FAO, 2001, citado en Vivas-Mejía, 2022; Juárez-López et al., 2013).
- **Producción rápida:** El FVH está listo para consumo animal en 10-12 días, aunque algunos lo cosechan entre 14-15 días. No se recomienda superar los 12 días, ya que su valor nutricional disminuye (FAO, 2001, citado en Vivas-Mejía, 2022).
- **Beneficios para los animales:** El FVH mejora la producción de leche, incrementa el contenido de grasa y sólidos, favorece la ganancia de peso, optimiza la conversión alimenticia, reduce días vacíos en vacas, disminuye casos de mastitis y retención de placenta, entre otros. Con una altura de 20-30 cm según el ciclo de

crecimiento, es un alimento palatable y adecuado para el consumo animal (FAO, 2001, citado en Vivas-Mejía, 2022; Juárez-López et al., 2013).

- **Higiene y seguridad:** Producido en condiciones controladas, el FVH es un forraje limpio, libre de plagas y enfermedades, evitando que los animales consuman pastos indeseados que afecten su metabolismo o absorción de nutrientes (Juárez-López et al., 2013).

3.2.3. Desventaja de la producción de forraje hidropónico

Desinformación y percepción exagerada de la tecnología: La carencia de información clara y accesible genera desventajas para su adopción.

Costo inicial elevado: Aunque algunos autores señalan como desventaja el alto costo de implementación, se ha comprobado que utilizando estructuras de invernaderos hortícolas convencionales se obtienen resultados óptimos (FAO, 2001, citado en Vivas-Mejía, 2022).

3.2.4. Sistema de producción de forraje verde hidropónico

El forraje verde hidropónico (FVH) es un método simple, eficiente y rápido, ideal para la agricultura familiar en tiempos de escasez de agua, ya que permite producir alimento animal de calidad con bajo consumo hídrico, en cualquier temporada y a un costo reducido.

1. Elección de semillas: Para el FVH se utilizan principalmente gramíneas como maíz, cebada, triticale, centeno, avena o trigo. Algunos expertos destacan el trigo por su germinación uniforme, alto contenido proteico, disponibilidad anual y menor costo. Comparado con otras semillas, el maíz demora más en crecer, la cebada produce un 5% más que el trigo en 8 días pero con menos proteína, y la avena tiene germinación irregular (Juárez-López et al., 2013). Es crucial seleccionar semillas de calidad, de origen confiable, adaptadas al entorno local y con buen rendimiento de germinación, considerando su valor nutricional, velocidad de crecimiento y contenido proteico (p. 152).

2. Cantidad de siembra: La dosis recomendada oscila entre 2,2 y 3,0 kg de semillas por metro cuadrado, asegurando que la capa de semillas en la bandeja no exceda 1,5 cm de altura.
3. Remojo y pregerminación: Esta etapa es esencial para garantizar una germinación exitosa. Las semillas se sumergen en agua limpia por un máximo de 24 horas, con una pausa de una hora a las 12 horas para oxigenarlas, vaciando el agua. Luego, se reanuda el remojo con agua limpia. Es importante retirar las semillas flotantes (inviabiles) con un colador, ya que pueden descomponerse y fomentar el crecimiento de hongos, un problema común en esta técnica (Pérez, 1987).
4. Desinfección y limpieza de semillas: La desinfección busca prevenir la proliferación de hongos, como el *Rhizopus*, presente en granos y suelos, que genera micotoxinas perjudiciales para el ganado al causar pudrición blanda. Este hongo degrada las pectinas de las células vegetales, ocasionando pérdidas económicas (Villavicencio, 2014; Abarca et al., 2016).
5. Siembra: Una vez hidratadas y desinfectadas, las semillas se siembran en bandejas de polietileno (45 cm x 35,5 cm, con 0,124 m² de superficie útil) cubriendo completamente la superficie sin superponer semillas. Estas bandejas, resistentes, reutilizables y fáciles de limpiar, deben tener 4-5 perforaciones de 5 mm en un lateral para drenar el exceso de agua y evitar la pudrición.
6. Germinación: Para germinar, las semillas requieren temperatura, humedad, oxígeno y oscuridad. La falta de alguno de estos factores puede comprometer el proceso (Abarca et al., 2016). Se colocan en una cámara oscura o se cubren con plástico negro para proporcionar las condiciones adecuadas. Las semillas se trasladan a estanterías cuando los brotes alcanzan unos 2 cm.
7. Riego: El riego debe ser uniforme, preferiblemente con aspersion de gotas finas, usando pulverizadores manuales, de mochila o sistemas conectados a una fuente

de agua. Se realizan 3 a 5 riegos diarios, según el tamaño del forraje y la temperatura ambiente (Villavicencio, 2014; Abarca et al., 2016).

8. Fertilización: Las semillas tienen suficiente energía para la primera etapa de crecimiento. A partir de una altura de 5 cm, se aplica fertilizante foliar con macro y micronutrientes para acelerar el desarrollo (Abarca et al., 2016).
9. Cosecha: El forraje está listo para cosechar entre los 12 y 14 días, cuando alcanza más de 20 cm de altura, y se entrega completo, incluyendo raíces, como un bloque de fácil manejo (Villavicencio, 2014; Abarca et al., 2016). Aunque puede ofrecerse fresco, es mejor dejarlo secar unas horas o un día para reducir olores que podrían afectar su palatabilidad. Para almacenarlo, debe secarse en un lugar sin luz directa y con buena ventilación durante al menos 5 días, hasta alcanzar un 13-15% de humedad, similar a un fardo.

3.2.5. Tipos de forraje verde hidropónico

La hidroponía, según Vargas (2020), es el cultivo de plantas con raíces en una solución acuosa con nutrientes esenciales, como sales minerales, en lugar de suelo. El forraje hidropónico, resultado de la germinación de cereales como cebada, avena o maíz, se desarrolla en 15-20 días, aprovechando la energía solar y los nutrientes de la solución. Este método, que no requiere grandes terrenos, largos períodos de cultivo ni almacenamiento especial, produce un forraje de alta calidad (19.4% proteína, 75% NDT, 3.15% grasa, 90% digestibilidad) que se suministra completo (hojas, tallos, semillas y raíces) al ganado, como los cuyes, proporcionando carbohidratos, azúcares, proteínas, minerales y vitaminas. Su sabor, color y textura lo hacen altamente palatable y favorecen la asimilación de otros alimentos (Cassman, 1999; 2008). Este sistema genera biomasa vegetal de alta sanidad y valor nutricional en 12-16 días, adaptable a cualquier época y lugar con las condiciones adecuadas.

El forraje hidropónico se obtiene de la germinación de granos de cereales, cosechado tras 12 días para alimentar animales. En un experimento, se regó cada 24

horas con un litro de agua por kg de maíz, logrando mayor consumo, ganancia de peso y una relación beneficio-costo más eficiente al usar forraje hidropónico de maíz deshidratado entre 24 y 36 horas, combinado con balanceado (Silva et al., 2019).

La hidroponía es parte de los sistemas de producción llamados Cultivos sin Suelo. En estos sistemas el medio de crecimiento y/o soporte de la planta está constituido por sustancias de diverso origen, orgánico o inorgánico, inertes o no inertes es decir con tasa variable de aportes a la nutrición mineral de las plantas. Podemos ir desde sustancias como perlita, vermiculita o lana de roca, materiales que son consideradas propiamente inertes y donde la nutrición de la planta es estrictamente externa, a medios orgánicos realizados con mezclas que incluyen turbas o materiales orgánicos como corteza de árboles picada, cáscara de arroz etc. que interfieren en la nutrición mineral de las plantas. Seguidamente se presenta una lista de materiales que pueden ser empleados como sustratos (Silva et al., 2019).

La hidroponía es un método de cultivo de plantas sin suelo, en el que los nutrientes esenciales se suministran a través de una solución acuosa balanceada, permitiendo el desarrollo óptimo de las raíces en un medio inerte o directamente en la solución nutritiva (Resh, 2022).

A) Forraje de cebada

Según Sánchez (2006), la cebada (*Hordeum vulgare*) se destina principalmente al forraje, con un 75-80% de su producción en países desarrollados utilizada para alimentación animal y un 20-25% para la fabricación de malta. Se distingue por su grano amarillo mediano, espiga densa y un ciclo vegetativo de aproximadamente 150 días. Se emplea como forraje en estado tierno y en seco para la industria cervecera.

La clasificación taxonómica de la cebada (*Hordeum vulgare*) que ha sido establecida por la Convención Internacional sobre Nomenclatura Botánica de la siguiente manera:

Reino: Plantae (Plantas)

División: Magnoliophyta (Plantas con flores)

Clase: Liliopsida (Monocotiledóneas)

Orden: Poales (Poáceas o gramíneas)

Familia: Poaceae (Gramineae o poáceas)

Género: *Hordeum*

Especie: Cebada (*Hordeum vulgare*)

B) Forraje de maíz

El maíz forrajero (*Zea mays* L.) es un alimento clave para rumiantes, comúnmente suministrado como ensilaje de la planta completa (Boon et al., 2012). En Perú, la variedad Marginal 28 Tropical (M28T) se cultiva en la selva alta y Costa Norte, adaptada hasta los 1,800 m.s.n.m. Proviene de un cruzamiento inter e intrapoblacional de los cultivares ACROSS 7728, FERKE 7928 y LA MÁQUINA 7928 del CIMMYT, optimizada por el INIA para condiciones tropicales de la Selva y Costa Norte (INIA Lambayeque, 2010). Por otro lado, el maíz Chuska, una variedad sintética forrajera, se desarrolló a partir de nueve líneas endogámicas por el Programa Nacional de Innovación Agraria en maíz (INIA Lambayeque, 2010).

Actualmente, producir forrajes de alta calidad sin fertilizantes sintéticos y con un uso eficiente del agua es crucial en zonas con recursos naturales limitados. Los sistemas de riego que minimizan pérdidas por conducción, aplicación y evaporación son esenciales. El riego por goteo subsuperficial (RGS) alcanza una eficiencia del 95% en la aplicación de agua y permite el fertirriego, optimizando la entrega de nutrientes según las etapas fenológicas del cultivo (Guevara-Escobar et al., 2005).

La clasificación taxonómica del maíz (*Zea mays*) es la siguiente:

Reino: Plantae (Plantas)

División: Magnoliophyta (Plantas con flores)

Clase: Liliopsida (Monocotiledóneas)

Orden: Poales (Poáceas o gramíneas)

Familia: Poaceae (Gramineae o poáceas)

Género: *Zea*

Especie: maíz (*Zea mays*)

C) Forraje de avena

La avena forrajera es una cereal de la familia gramíneas cultivado especialmente para alimentar los ganados o como cultivo de cobertura, destacando por alta producción de biomasa, sus características nutricionales y su resistencia enfermedades. Se puede usar en diferentes formatos. Como forraje verde, heno o ensilaje, con la cosecha variando su propósito, desde la floración el estado lechoso. El forraje verde hidropónico es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenido a partir de crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables (Acarapi, 2016).

La avena forrajera, una gramínea anual del género *Avena*, produce entre tres y ocho tallos huecos de 4–8 mm de diámetro y una altura de 50 a 180 cm bajo condiciones normales. Sus raíces fibrosas penetran hasta 50 cm en el suelo, dependiendo de su estructura. Las hojas miden entre 15–25 mm de ancho y 20–40 cm de largo, según la variedad. Su inflorescencia es una panícula ramificada con espigas que contienen dos o más flores, y la semilla es una cariósida oblonga, a veces con pelos finos en la parte superior. Adaptada a climas fríos y templados, en Perú se cultiva entre 1,500 y 4,000 metros de altitud.

De acuerdo con Acarapi (2016), la dosis óptima de semilla a sembrar por metro cuadrado oscila entre 2,2 y 3,4 kg, considerando que no debe superar los 1,5 cm de altura en la bandeja de siembra. En cuanto al riego del forraje verde hidropónico, este debe realizarse al inicio; durante los primeros cuatro días no se deben aplicar más de 0,5 litros por metro cuadrado al día, hasta llegar a un promedio de 0,9 a 1,5 litros (Acarapi, 2016). Asimismo, se han obtenido cosechas con una

altura promedio de 30 cm y una productividad de 12 a 18 kg de forraje verde hidropónico por cada kilo de semilla utilizada a los 15 días, bajo un clima favorable (Acarapi, 2016).

La clasificación taxonómica del maíz es la siguiente:

Reino: Plantae (Plantas)

División: Magnoliophyta (Plantas con flores)

Clase: Liliopsida (Monocotiledóneas)

Orden: Poales (Poáceas o gramíneas)

Familia: Poaceae (Gramineae o poáceas)

Género: Avena

Especie: Avena (*Avena sativa*)

3.2.6. Valor nutricional de la cebada, maíz y avena

Según Arias, R. A., & Maza, J. (2016) y Feedipedia. (2023) en cuanto al valor nutricional de la cebada, maíz y avena son como sigue:

Tabla 2

Valor nutricional de la cebada, maíz y avena

Forraje Verde	Materia Seca (%)	Proteína Cruda (%)	Fibra Cruda (%)	Extracto Etéreo (%)	Cenizas (%)	Energía Metabolizable (Mcal/kg MS)
Cebada	19–25	12–16	22–26	2–3	6–7	2.3–2.6
Maíz	20–24	7–10	24–28	1.9–2.8	6–7	2.2–2.5
Avena	18–24	9–14	25–28	2–3	7–8	2.0–2.3

Nota. (Arias, 2028 y Feedipedia, 2023)

La cebada se distingue por su alto contenido de proteína cruda (12-16%), superando al maíz y la avena, lo que la hace ideal para sistemas productivos enfocados en el crecimiento y la ganancia de peso. Además, ofrece una energía metabolizable adecuada (2.3-2.6 Mcal/kg MS) y un nivel equilibrado de fibra, promoviendo una buena digestión y desarrollo ruminal.

El maíz forrajero, en contraste, tiene un contenido proteico más bajo (7-10%), insuficiente para animales en crecimiento rápido o alta producción, pero su fibra cruda

(24-28%) y energía metabolizable (2.2-2.5 Mcal/kg MS) lo convierten en una fuente energética básica, aunque requiere complementarse con alimentos ricos en proteína. Su aporte de cenizas, similar al de la cebada, proporciona una cantidad moderada de minerales. La avena presenta un nivel intermedio de proteína cruda (9-14%) y destaca por su mayor contenido de cenizas (7-8%), favoreciendo el aporte de minerales esenciales. Su fibra cruda, similar a la del maíz, apoya la salud digestiva, pero su energía metabolizable (2.0-2.3 Mcal/kg MS), la más baja de los tres, limita su uso como fuente principal de energía para animales con altas necesidades nutricionales.

3.2.7. El Cuy

De acuerdo con Solarzano y Sarria (2014), el cuy (*Cavia porcellus*) es una especie de origen sudamericano, especialmente andino, cuya explotación carece de tecnologías avanzadas fuera de esta región. En países altoandinos, particularmente en Perú, se ha trabajado intensamente en su mejora. Hasta la década de 1960, no existían propuestas tecnológicas para su crianza, solo información sobre cuyes de laboratorio, que permitió establecer los requerimientos nutricionales de la especie, aún utilizados como base para tecnificar su alimentación.

- Vida reproductiva: Los cuyes pueden vivir hasta 8 años, pero por razones técnicas se recomienda criarlos solo entre 1.5 y 2 años, ya que después disminuye su capacidad reproductiva.
- Empadre: El empadre implica unir al macho y la hembra en el momento óptimo de reproducción (Montes, 2012).
 - Las hembras pueden empadrarse a los 3 meses o al alcanzar 800 g.
 - Los machos deben tener 4 meses y pesar 1,250 kg.
 - Se recomienda un macho por cada siete hembras.
 - La poza para el empadre debe medir 1.5 m de largo x 1.0 m de ancho x 0.45 m de alto, considerando el material y el espacio necesario según edad y sexo (Kajjak, 2015, p. 19).

- Gestación: Dura entre 57 y 60 días, período en el que las hembras requieren tranquilidad, mejor alimentación y acceso suficiente a agua. Si se les proporciona alimento seco con poco forraje verde, podrían abortar (Kajjak, 2015, p. 21).
- Parto: Ocurre al final de la gestación, generalmente sin intervención. Las hembras limpian las envolturas fetales de las crías. El proceso dura de 10 a 30 minutos, con intervalos de unos 7 minutos entre crías. Suelen nacer de 1 a 7 crías, siendo 3-4 lo más común. Las crías nacen maduras, con pelo, ojos abiertos y capacidad para alimentarse solas (Montes, 2012, p. 16).
- Lactancia: Las crías consumen calostro inmediatamente tras el nacimiento, lo que les otorga inmunidad y protección contra enfermedades. A pesar de tener solo dos pezones, la madre puede amamantar a más de dos crías gracias a la calidad de su leche. La lactancia dura de 7 a 21 días (Montes, 2012).
- Destete: Consiste en separar las crías de la madre para criarlas independientemente, entre los 7 y 14 días, o máximo 21 días. En este momento se sexan y pesan. Para identificar el sexo, se presiona la zona inguinal: una forma de V indica macho (a veces visible el pene), y una forma de Y indica hembra.
- Recría: Comienza tras el destete, formando lotes homogéneos por peso y separados por sexo. Esta etapa se extiende hasta que los cuyes están listos para reproducirse o comercializarse como carne (en pie o beneficiados). Su duración, de unas 7-8 semanas tras el destete, depende de la calidad genética y el manejo; una mejor genética reduce el tiempo de engorde (Montes, 2012, p. 17)

3.2.8. Importancia de la crianza del cuy

Según el Ministerio de Salud, la carne de cuy destaca por su alta calidad, con un 20.3% de proteína y solo un 7.8% de grasa. La crianza de cuyes es clave para las familias rurales, ya que esta especie nativa, muy resistente, ofrece una carne nutritiva, valorada y bien aceptada. Mejorar su manejo es fundamental, ya que proyectos validados en campo demuestran que un manejo técnico puede triplicar la producción a mediano

plazo y obtener carne en tres meses. Además, su crianza es simple y económica (FONCODES, 2014, pp. 5-6).

3.2.9. Alimentación del cuy

La alimentación es crucial en la producción pecuaria, ya que un aporte adecuado de nutrientes mejora los resultados productivos. Conocer las necesidades nutricionales del cuy permite formular dietas balanceadas para mantenimiento, crecimiento y reproducción. Se recomienda una dieta mixta que combine forraje verde y alimento concentrado (Ramírez, 2015, p. 46). Un cuy de 500 a 800 g consume diariamente hasta un 30% de su peso en forraje verde, equivalente a 150-240 g.

3.2.10. Fisiología digestiva del cuy

El cuy, como herbívoro, posee un sistema digestivo con un ciego y colon amplios, repletos de microorganismos que descomponen la fibra y sintetizan vitaminas del complejo B y vitamina K mediante fermentación post-absortiva (Castro, 2008). En el estómago, el ácido clorhídrico disuelve los alimentos, formando quimo, y elimina bacterias, protegiendo al organismo. La pepsina, activada por el ácido clorhídrico, descompone proteínas en polipéptidos, mientras que amilasas y lipasas degradan parcialmente carbohidratos y grasas, respectivamente. La gastrina regula la motilidad estomacal, y el factor intrínseco facilita la absorción de vitamina B12 en el intestino delgado, aunque no hay absorción en el estómago (Richardson, 2002).

3.2.11. Consumo de materia seca

El consumo de materia seca (CMS) es un indicador clave en nutrición, ya que determina la cantidad de nutrientes disponibles para satisfacer las necesidades del animal (National Research Council (NRC), 2007).

3.2.12. Consumo de proteína cruda

Las proteínas son esenciales para la formación de tejidos, dependiendo más de su calidad que de la cantidad ingerida. Los aminoácidos esenciales, que los animales monogástricos no sintetizan, deben suministrarse a través de la dieta. Una ingesta

insuficiente de proteínas puede provocar bajo peso al nacer, crecimiento lento, menor producción de leche, reducida fertilidad y menor eficiencia en la conversión alimenticia.

3.2.13. Peso metabólico

Las necesidades energéticas básicas de un animal consisten en obtener suficiente energía para mantenerse vivo, compensando las pérdidas corporales y manteniendo el equilibrio energético. Esta energía mínima, conocida como tasa metabólica basal (TMB), es proporcional al peso metabólico (peso vivo en kg elevado a la potencia 0.75). La TMB se mide en animales en ayuno, en reposo y en una zona de confort térmico, donde requieren un mínimo de energía para mantener su temperatura corporal. Fuera de esta zona, los animales necesitan más energía para regular su temperatura mediante jadeo o temblores. La zona de confort varía según el nivel de alimentación y la cobertura corporal del animal (Hidalgo, 2002).

a) Peso corporal total

El peso corporal total es un indicador clave para evaluar el crecimiento y desarrollo de animales de producción como el cuy (*Cavia porcellus*), reflejando la eficacia de las prácticas de alimentación y manejo.

- **Importancia:** Este parámetro indica el estado de salud y nutrición del animal. Un peso adecuado evidencia una dieta balanceada que cubre las necesidades nutricionales, siendo crucial para la comercialización debido a su impacto en el rendimiento y la calidad del producto (García et al., 2021).
- **Factores que lo afectan**
 - **Genética:** Las razas y líneas genéticas determinan variaciones en el crecimiento y peso final.
 - **Alimentación:** La cantidad y calidad de los alimentos son fundamentales para el desarrollo del peso (Hernández y Salazar, 2019).
 - **Manejo:** Las condiciones sanitarias y ambientales influyen significativamente en el crecimiento (López, 2020).

b) Ganancia de peso

La ganancia de peso mide el aumento del peso corporal total a lo largo del tiempo, siendo esencial para evaluar la eficacia de las dietas y métodos de alimentación en cuyes.

- **Importancia:** Refleja la eficiencia alimentaria y el bienestar del animal. Una ganancia de peso óptima indica una buena conversión de nutrientes en masa corporal, reduciendo el tiempo de cría y aumentando la rentabilidad en la producción de cuyes (Martínez et al., 2022).
- **Factores que la afectan**
 - Calidad del alimento: Dietas ricas en proteínas, carbohidratos y grasas promueven mayor ganancia de peso (Ramírez y Gómez, 2020).
 - Frecuencia de alimentación: El número de comidas diarias impacta la capacidad de ganar peso (Gutiérrez y Pérez, 2018).
 - Salud: Los animales sanos y libres de enfermedades ganan peso más eficientemente (Ortiz, 2019_forest: c) Consumo de Forraje
 - El consumo de forraje mide la cantidad de alimento ingerida por los cuyes en un período determinado, siendo vital para comprender sus necesidades nutricionales y la eficiencia de conversión alimenticia.
- **Importancia:** Un consumo adecuado de forraje garantiza el aporte necesario de nutrientes para un desarrollo óptimo, influyendo en la calidad de la carne y la salud general del animal (Fernández et al., 2021).
- **Factores que lo afectan**
 - Palatabilidad: El sabor, textura y aroma del forraje determinan su aceptación por el animal (Vargas, 2020).
 - Composición nutricional: Forrajes con mayor contenido de nutrientes esenciales son consumidos en mayores cantidades (González y Torres, 2019).

- Disponibilidad de agua: El acceso a agua limpia y fresca es esencial para un consumo adecuado (Cabrera, 2018).

c) Consumo de forraje

El consumo de forraje es una medida de la cantidad de alimento ingerido por los cuyes durante un período determinado. Este parámetro es crucial para entender las necesidades nutricionales y la eficiencia de conversión alimenticia en la cría de estos animales.

- **Importancia del consumo de forraje** El consumo de forraje está directamente relacionado con el crecimiento y la salud de los cuyes. Un consumo adecuado asegura que los animales están recibiendo los nutrientes necesarios para su desarrollo óptimo. Además, el tipo de forraje consumido puede influir en la calidad de la carne y en la salud general de los animales (Fernández et al., 2021).
- **Factores que afectan el consumo de forraje**
 - **Palatabilidad:** La aceptación del forraje por parte del animal depende de su sabor, textura y aroma (Vargas, 2020).
 - **Composición nutricional:** Forrajes con un alto contenido de nutrientes esenciales son consumidos en mayores cantidades (González y Torres, 2019).
 - **Disponibilidad de agua:** El acceso constante a agua limpia y fresca es crucial para mantener un consumo adecuado de forraje (Cabrera, 2018).

d) Días de saca

Los días de saca indican el tiempo requerido para que los cuyes alcancen el peso y tamaño adecuados para su comercialización o consumo, siendo un indicador clave de la eficiencia del sistema de cría.

- **Importancia:** Un período de cría más corto reduce costos y aumenta la rentabilidad, además de facilitar la planificación para satisfacer la demanda del mercado (Mendoza, 2019).

- **Factores que los afectan**
 - Raza y genética: Algunas razas alcanzan el peso de mercado más rápido (Sánchez y Ramos, 2020).
 - Condiciones de cría: Factores como temperatura, humedad y espacio influyen en el tiempo de crecimiento (Navarro, 2018).
 - Alimentación y manejo: Una dieta balanceada y un manejo sanitario y ambiental adecuado pueden acortar los días de saca (Quinteros, 2021).

3.2.14. Sistema de producción de cuyes

La cría de cuyes (*Cavia porcellus*) constituye una actividad pecuaria ancestral en los Andes sudamericanos, con especial relevancia en Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia. Los sistemas de producción se clasifican en tradicional, semi-tecnificado y tecnificado, según el grado de manejo zootécnico, alimentación, sanidad y control reproductivo (Valdivia et al., 2019). En el sistema tradicional, predominante en comunidades rurales, los cuyes se crían en corrales en contacto con el suelo, con alimentación basada en forrajes naturales y residuos agrícolas, lo que limita su productividad. Por el contrario, los sistemas tecnificados emplean jaulas elevadas, dietas balanceadas, programas sanitarios y líneas genéticas mejoradas, logrando mayor eficiencia reproductiva y productiva (INIA, 2020).

La transición hacia sistemas mejorados responde a la demanda creciente de carne de cuy, un alimento de alto valor proteico (20–21 % de proteína) y bajo contenido graso (3–5 %), reconocido por su calidad nutricional y aceptación cultural en la región andina (FAO, 2021).

3.2.15. Fenología animal del cuy

El cuy presenta una fenología reproductiva y de desarrollo notablemente precoz, lo que favorece su rápida renovación poblacional. Las hembras alcanzan la pubertad entre las 5 y 8 semanas de edad, y los machos entre las 8 y 10 semanas, dependiendo de la línea genética y las condiciones ambientales (García et al., 2020). El ciclo estral

dura aproximadamente 16 días, y la gestación se extiende entre 63 y 68 días, una de las más largas en proporción al tamaño corporal entre los roedores (Chauca, 2018).

Los cuyes nacen en estado precocial: con pelo, ojos abiertos, dientes funcionales y capacidad para ingerir alimento sólido desde las primeras 24 horas. El peso al nacer varía entre 70 y 110 g, y el destete se realiza a los 15–21 días. El tamaño promedio de camada es de 2 a 5 crías, aunque puede variar según la línea genética y el manejo reproductivo (INIA, 2020). Esta fenología permite hasta 4–5 partos por hembra al año, lo que convierte al cuy en una especie altamente eficiente para la producción de carne en pequeña escala.

3.2.16. Líneas genéticas: Andina, Perú e Inti

En el marco del mejoramiento genético del cuy en Perú, el Instituto Nacional de Innovación Agraria (**INIA**) ha desarrollado tres líneas mejoradas con objetivos productivos específicos: Andina, Perú e Inti.

- **La línea Andina**, fue seleccionada para condiciones de altiplano y clima frío (superiores a 3.500 m.s.n.m.). Se caracteriza por su resistencia al estrés térmico, buena fertilidad y capacidad de crianza en ambientes adversos. Presenta un peso promedio al destete de 350–400 g y es ideal para sistemas familiares en zonas altoandinas (INIA, 2020).
- **La línea Perú**, fue desarrollada para zonas de sierra media y valles interandinos. Se destaca por su rápido crecimiento, mayor tamaño corporal y eficiencia en la conversión alimenticia. Alcanza pesos de 900 gr. a 1 kg a los 60 días de edad, lo que la hace apta para producción de carne en sistemas semi-tecnificados (Chauca, 2018).
- **La línea Inti**, más reciente, es el resultado de cruces estratégicos entre las líneas Andina y Perú, con el objetivo de combinar adaptabilidad al altiplano y buen desempeño productivo. Esta línea exhibe un equilibrio entre prolificidad, tasa de

crecimiento y resistencia, y está orientada a fortalecer la producción en sistemas comunitarios con limitado acceso a insumos externos (INIA, 2022).

Estas líneas representan un avance significativo en la domesticación y mejora genética del cuy, permitiendo a los pequeños productores incrementar su productividad sin perder la adaptación local. Además, su uso racional —incluyendo esquemas de cruce terminal permite aprovechar el heterosis, mejorando hasta en un 20 % los indicadores productivos frente a animales criollos (García et al., 2020).

3.2.17. Infraestructura

Crianza en pozas (Crianza intensiva): Las instalaciones para la cría de cuyes deben diseñarse para regular temperatura, humedad y ventilación, cumpliendo con las necesidades de la especie. El sistema de pozas ha optimizado la producción en sistemas familiares y familiar-comerciales, y es utilizado en investigaciones y cría comercial, facilitando el control de factores como la competencia por alimento (Guerra, 2009).

3.3. Definición de términos

- 1. Forraje.** El forraje es el conjunto de plantas o partes de plantas que se utilizan como alimento para animales, especialmente para el ganado. El forraje puede ser consumido fresco, seco o ensilado, y puede provenir de diferentes plantas, como pastos, leguminosas, cereales, entre otros (Técnico, M., 2002).
- 2. Hidropónía.** La hidroponía se deriva del griego hydro (agua) y ponos (labor de trabajo), lo cual significa trabajo en agua. Por lo tanto, la hidroponía es un sistema de producción en el cual las raíces de las plantas no se encuentran establecidas en el suelo, sino en un sustrato o en la misma solución nutritiva utilizada. En la solución nutritiva, como su nombre dice, se encuentran disueltos los elementos necesarios para el crecimiento de la planta (Técnico, M., 2002).
- 3. Forraje hidropónico.** El forraje hidropónico (FH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a

partir de semillas viables. En la práctica, el FH consiste en la germinación de granos (semillas de cereales o de leguminosas) y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo. Usualmente se utilizan semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo. (Técnico, M., 2002).

4. **Disponibilidad forrajera.** Peso de forraje (MSOMO) por unidad de peso vivo animal en un momento dado. Concepto dinámico vinculado a la presión de pastoreo. Es la expresión inversa de la presión rasante; la unidad es kg/U.G. El término presión de carga debería excluirse del uso como variable técnica, pero conservarse para uso no técnico para referirse en general al grado de pastoreo del ganado (Scharnecchia, 1985).
5. **Galpón.** Un galpón es una construcción de una sola planta, generalmente de grandes dimensiones y diseño rústico, destinada principalmente al almacenamiento de mercancías, maquinaria o herramientas. También se utiliza como depósito, granero, para la cría de animales como pollos, o incluso para albergar eventos como ferias o conciertos. Sus sinónimos incluyen bodega, almacén o nave (Porto, J. P., & Merino, M. 2019).
6. **Comederos.** Un comedero es un recipiente, vasija, cajón o estructura diseñada para colocar y suministrar el alimento a los animales, como aves de corral, ganado u otros animales domésticos. Su función es permitir que los animales tengan un acceso fácil y periódico a la comida, evitando que esta se esparza. El tamaño y la altura del comedero deben adecuarse a la cantidad y tipo de animal para asegurar que todos puedan alimentarse correctamente (Porto, J. P., & Merino, M. 2019).
7. **Bebedero.** Un bebedero es un vaso, recipiente o sistema donde se pone la bebida para las aves y otros animales domésticos. Al igual que los comederos, son esenciales en la cría de animales, como las gallinas, para garantizar un

suministro constante y limpio de agua, lo que es vital para su bienestar y para evitar la deshidratación. Existen diversos tipos, desde cubetas y bebederos de campana hasta sistemas automáticos. En algunos países de América Latina, el término también se refiere a una fuente de agua potable en lugares públicos (Porto & Merino, 2019).

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

4.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es experimental con enfoque cuantitativo, ya que implica la manipulación de la variable independiente (especies de forraje hidropónico: cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)) para observar y medir su efecto en la variable dependiente (alimentación de cuyes en post destete). En esta investigación, se controlan y estandarizan las condiciones de cultivo y alimentación para establecer una relación de causa y efecto entre las variables. Se utilizan grupos experimentales para cada tipo de forraje y se aplican técnicas cuantitativas para analizar los resultados obtenidos.

4.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo, dado que busca identificar y explicar las causas y efectos del uso de diferentes especies de forraje hidropónico en la alimentación de cuyes en post destete. Se pretende comprender cómo cada especie de forraje afecta el crecimiento, la salud y el desarrollo de los cuyes. Este nivel de investigación implica un análisis profundo de los resultados para establecer conclusiones sobre la efectividad y los beneficios de cada especie de forraje en el contexto específico de Huayllabamba - Abancay en el año 2023.

4.2. Ámbito temporal y espacial

4.2.1. Ámbito temporal

La investigación se ha elaborado desde el mes de setiembre de 2023 a enero de 2024.

4.2.2. Ámbito espacial

Ubicación Política

Comunidad Campesina: Huayllabamba

Distrito: Abancay

Provincia: Abancay

Departamento: Apurímac

País: Perú.

Ubicación Geográfica

Latitud: 14°10'00"S

Longitud: 72°21'20"O

Altitud: 2800 m.s.n.m.

Ubicación Hidrográfica

Cuenca del Apurímac

Subcuenca del Pachachaca

Microcuenca del Mariño

4.2.3. Diseño de la investigación

El presente estudio siguió un Diseño Completamente al Azar (DCA) , el cual es un diseño experimental básico y ampliamente utilizado debido a su simplicidad y eficacia para evaluar el efecto de diferentes tratamientos bajo condiciones homogéneas. A continuación, se describe el diseño utilizado:

Modelo estadístico del DCA de un factor

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = valor observado en el j-ésimo repetición del i-ésimo tratamiento.

μ = media general.

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento ($i=1,2,\dots,t$).

ϵ_{ij} = error aleatorio asociado a la observación, con $\epsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$.

Supuestos

Los errores son **independientes**.

Los errores tienen **media cero**.

Los errores siguen una **distribución normal** con varianza constante σ^2 .

A continuación, se presenta la estructura típica de la tabla ANOVA para un DCA, asumiendo un modelo de efectos fijos y un solo factor (unifactorial).

Tabla 3

Fórmulas de análisis de varianza con diseño DCA de un factor

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	P valor
Tratamientos	t-1	$SCTRTR = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{Y}_i - \bar{Y}_{..})^2$	$CMTrat = SCTRTR / (t-1)$	$F = CMError / CMTrat$	$P(F_{t-1, N-t} \geq F_{calc})$
Error	N-t	$SCE = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.})^2$	$CMError = SCE / (N-t)$		
Total	N-1				

Nota. Elaboración propia

Tabla 4

Detalle de los tratamientos y número de repeticiones

Tratamiento	Detalle	Repeticiones
T1	Forraje a base de cebada	3
T2	Forraje a base de maíz	3
T3	Forraje a base de Avena	3
T4	Testigo (Alfalfa)	3
	Total unidades experimentales	12

Nota. Elaboración propia

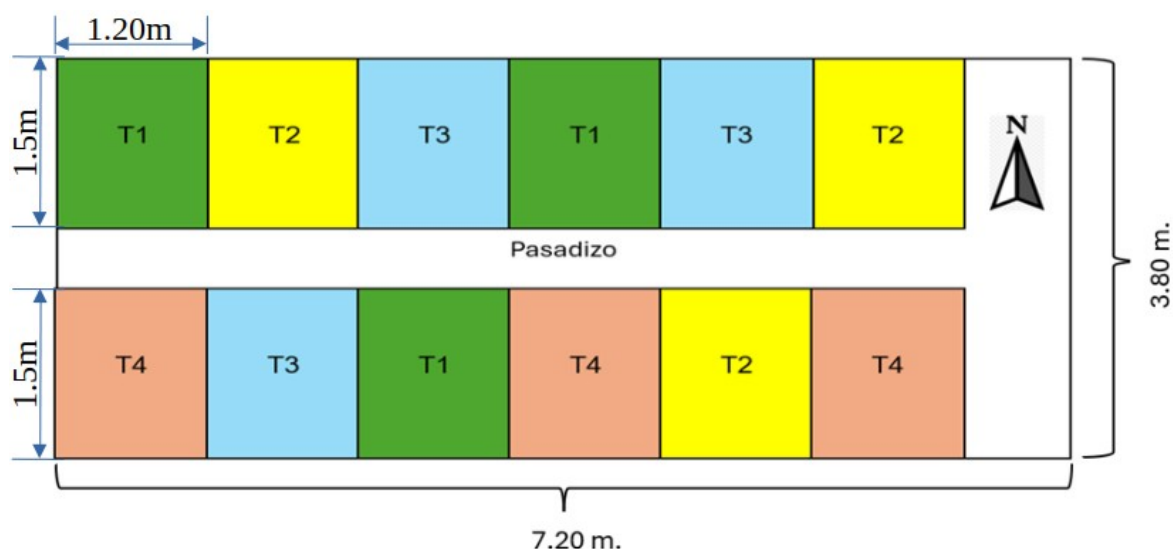
La **Tabla (4)** presenta los tratamientos experimentales utilizados en el estudio, junto con su descripción y el número de repeticiones asignadas a cada uno. En total, se evaluaron cuatro tratamientos:

- **T1: Forraje a base de cebada.** Este tratamiento consistió en alimentar a los cuyes con forraje hidropónico producido a partir de semillas de cebada (*Hordeum vulgare*). Se realizaron 3 repeticiones.
- **T2: Forraje a base de maíz.** Este tratamiento involucró el uso de forraje hidropónico elaborado con semillas de maíz (*Zea mays* L.). También se realizaron 3 repeticiones.
- **T3: Forraje a base de avena.** En este tratamiento, los cuyes fueron alimentados con forraje hidropónico producido a partir de semillas de avena (*Avena sativa* L.). Al igual que los otros tratamientos, se realizaron 3 repeticiones.

- **T4: Testigo (Alfalfa).** Este tratamiento sirvió como control y consistió en alimentar a los cuyes con alfalfa, un forraje tradicionalmente utilizado en la región. Se realizaron 3 repeticiones.

Figura 1

Croquis del galpón de cuy



Nota. Elaboración propia

La especificaciones técnicas del galpón son

El galpón (elaborada a base de madera y calaminas sobre el suelo de tierra) para cuyes contó con 12 pozas, 6 a cada lado, con capacidad para 7 cuyes por poza elaboradas en madera y malla metálica. Sus dimensiones fueron los siguientes:

Dimensiones

- **Largo:** El galpón tubo una longitud de 7.20 m, lo que permitía suficiente espacio para las pozas, los pasillos de circulación y las áreas de trabajo.
- **Ancho:** El ancho del galpón fue de 3.80 m, lo que brindaba suficiente espacio para las pozas y un pasillo central para la circulación.
- **Las pozas:** La dimensión de las pozas han sido 1.20m x 1.5m, la altura fue de 0.40 m y un pasadizo de 0.80 m, lo que facilitaba la ventilación y el manejo de los cuyes. Los materiales que se empleo para la construcción de pozas fueron los siguientes: Listones de madera, malla metálica, clavos de 2" y grapas.

Ventilación

- El galpón contó con una buena ventilación gracias a la presencia de ventanas y rejillas de ventilación, lo que evitaba la acumulación de gases y humedad.

Iluminación

- El galpón estuvo iluminado con techo de calamina transparente en ciertos espacios, que brindaban una iluminación adecuada para que los cuyes pudieran ver y moverse con facilidad.

Comederos

- El comedero de los cuyes (*Cavia porcellus*) es una estructura diseñada para facilitar la alimentación de estos animales, promoviendo su bienestar y eficiencia en la ingesta de alimentos.

Áreas de almacenamiento

- El galpón contó con un área de almacenamiento para guardar el alimento y otros suministros.

Limpieza

- El galpón se ha limpiado regularmente para evitar la acumulación de suciedad y bacterias. Las pozas y el piso se limpiaban dos veces a la semana.

Manejo de los cuyes

- Unidades experimentales: Los cuyes fueron colocados en las pozas grupales, de acuerdo al diseño experimental. Las pozas fueron construidas con materiales adecuados (madera, malla metálica) para permitir una buena ventilación y evitar escapes.
- Condiciones ambientales: Las pozas fueron ubicadas en un ambiente controlado, protegido de corrientes de aire, temperaturas extremas y humedad excesiva. La temperatura promedio se mantuvo entre 15 °C y 20 °C, y la iluminación fue con la luz natural.

Consideraciones adicionales

- **Depredadores** El galpón estaba protegido de los roedores como comadrejas, gatos y ratas mediante el cierre de cualquier acceso de estos depredadores con mallas metálicas.
- **Enfermedades** Se ha mantenido un monitoreo permanente para evitar que los cuyes se enfermaran evitando el hacinamiento, proporcionando suficiente ventilación y manteniendo los corrales secos y limpios lo que previene muchas enfermedades respiratorias y parasitarias, además

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

En el experimento se utilizaron 84 cuyes gazapos (hembras) destetados de la raza mejorada Perú, de 15 días de edad (12 días de destete más 3 días de adecuación). Adquiridos del "Galpón Karolcito" de la Comunidad de Huayllabamba.

4.3.2. Muestra

La muestra para esta investigación lo conforma 84 cuyes gazapos (hembras), es decir 7 cuyes por 12 pozas, en edad de post destete es decir toda la población ya que para realizar el análisis de varianza se requiere dos supuestos; la normalidad y la homogeneidad de varianza, por lo tanto se requiere mayor número de unidades de análisis.

4.3.3. Muestreo

En este trabajo de investigación el muestreo utilizado fue el probabilístico aleatorio simple ya que ésto garantiza que cada integrante de la población tenga la misma probabilidad de ser seleccionado para formar parte de la muestra. Esto proporciona una base sólida para inferir conclusiones sobre la población en su conjunto, ya que minimiza el sesgo y maximiza la representatividad de la muestra. Además, este enfoque permite la aplicación de técnicas estadísticas que pueden generalizarse de manera más confiable a

la población completa, lo que aumenta la validez y la fiabilidad de los resultados obtenidos.

4.4. Instrumentos

La técnica de recolección de datos utilizada fue la observación directa, que permitió registrar de forma objetiva y sistemática el comportamiento de los cuyes en relación con el consumo y respuesta al forraje hidropónico de cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo) durante el destete. Para ello, se empleó una ficha de observación, la cual garantizó la recopilación organizada, precisa y reproducible de los datos (Ver anexo B).

1. Materiales para el manejo de los cuyes

- Pozas experimentales / galpones
- Jabas de manejo
- Mochila fumigadora
- Materiales de limpieza (Escobas, recogedores, desinfectantes)

3. Instrumentos para la recolección y análisis de datos

- Balanza digital
- Registros y formatos de datos
- Software estadístico
- Instrumentos de medición complementarios (Termómetro ambiental)

4.5. Procedimiento

- 1. Selección y adaptación de los cuyes:** Primero, se seleccionaron gazapos (cuyes en post destete) con una edad promedio de 15 días (12 días de destete y 3 días de adaptación) y un peso homogéneo entre los grupos experimentales. Antes de iniciar el experimento, los animales atravesaron un período de adaptación de 3 días, durante el cual recibieron alimentación estándar y agua para habituarse al entorno experimental.
- 2. Diseño experimental y asignación de tratamientos:** Luego, se asignaron aleatoriamente los gazapos a cuatro tratamientos, cada uno con tres repeticiones.

Los tratamientos fueron: T1, forraje hidropónico de cebada; T2, forraje hidropónico de maíz; T3, forraje hidropónico de avena; y T4 (testigo), alfalfa fresca. Cada unidad experimental consistió en un grupo de cuyes alojados en pozas grupales, siguiendo el diseño establecido previamente.

- 3. Producción de forraje verde hidropónico.** La producción de forraje verde hidropónico comprende varias etapas sucesivas: primero, la selección y desinfección de semillas, con el fin de asegurar su viabilidad y reducir la presencia de patógenos; luego, el remojo y pre-germinación, donde las semillas se hidratan y se estimula la emisión inicial de brotes; a continuación, la siembra en bandejas, distribuyendo uniformemente las semillas sobre un soporte o directamente en la superficie de cultivo; posteriormente, se realiza el riego controlado, ajustando la cantidad de agua según la fase de crecimiento para evitar encharcamientos; sigue el manejo del crecimiento, que incluye mantener condiciones adecuadas de temperatura, humedad, ventilación y luz; finalmente, se efectúa la cosecha, entre los 12 y 15 días, cuando el forraje alcanza entre 20 y 30 cm de altura, logrando así un alimento fresco y de alta calidad nutricional.
- 4. Manejo y monitoreo durante el experimento:** Durante el desarrollo del experimento, el manejo y monitoreo de los cuyes fue minucioso para asegurar la uniformidad y el bienestar animal en todos los tratamientos. Cada grupo experimental recibió exclusivamente el tipo de forraje asignado según su tratamiento, asegurando que no hubiera contaminación entre dietas. La dosis de forraje ofrecida fue de 40 gramos de forraje verde fresco por cuy por día, ajustada diariamente según el consumo observado, para estimular el apetito y evitar desperdicios. Este forraje se pesaba con una balanza digital antes de entregarlo a cada grupo, y cualquier residuo no consumido era retirado y registrado al día siguiente para calcular el consumo real.

El suministro de forraje se realizaba en horarios estandarizados, repartiendo la entrega en dos tomas diarias (mañana 8 am. y tarde 4 pm.) para mantener constante la disponibilidad de alimento y reducir el estrés asociado a cambios bruscos de dieta.

Se llevaba a cabo un monitoreo diario del estado de salud de los cuyes, observando signos como actividad, comportamiento alimenticio, estado del pelaje, presencia de heces anormales o signos de enfermedad. También se controlaban la limpieza y el estado de las instalaciones, realizando el retiro de heces y residuos de forraje al menos una vez por día, y la limpieza completa de las pozas grupales dos veces semanal o cuando era necesario para mantener un ambiente higiénico y libre de olores. Todo este manejo se registraba en hojas de control, permitiendo corregir oportunamente cualquier desviación en consumo, salud o comportamiento.

Este protocolo de manejo y monitoreo minucioso garantizó que las diferencias observadas en el crecimiento y desarrollo de los cuyes respondieran principalmente al tipo de forraje suministrado, minimizando el impacto de factores ambientales o de manejo en los resultados finales del estudio.

- 5. Recolección y registro de datos.** El peso corporal de los cuyes se midió semanalmente empleando una balanza digital precisa, siempre a la misma hora del día para garantizar uniformidad en las mediciones y evitar variaciones por alimentación o metabolismo. La ganancia de peso se calculó como la diferencia entre el peso final e inicial, expresada en gramos (g) o gramos por día (g/día). Además, se anotó diariamente el consumo de forraje.
- 6. Evaluación final (edad de saca).** Finalmente, se evaluó la edad de saca, considerando el número de días necesarios para que los cuyes alcanzaran el peso óptimo para el sacrificio o la comercialización, establecido en 900 g en este estudio.

4.6. Análisis de datos

El análisis de datos se realizó empleando métodos estadísticos apropiados (ANOVA, Tukey) para evaluar el efecto del forraje hidropónico de cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo) en la alimentación de cuyes durante la etapa de destete. En primer lugar, se aplicaron análisis descriptivos con el fin de resumir las características generales de los datos recopilados. Estos análisis incluyeron medidas de tendencia central como la media y la desviación estándar de las variables, lo que permitió obtener una visión clara de la tendencia central y la variabilidad de los resultados.

Para comparar los efectos de los diferentes tipos de forraje sobre el crecimiento, la eficiencia alimenticia y los parámetros de ganancia de peso, se utilizaron pruebas estadísticas inferenciales, específicamente, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos. Cuando se detectaron diferencias significativas, se realizaron pruebas después del ANOVA mediante el método de Tukey a un nivel de confianza de 95%. Este análisis permitió identificar qué grupos específicos presentaban diferencias estadísticas entre sí, proporcionando una comprensión más detallada de los efectos de cada tipo de forraje en las variables evaluadas.

4.7. Consideraciones éticas

Se han adoptado procedimientos de manejo suaves y se ha reducido al mínimo el tiempo de manipulación de los cuyes, evitando cualquier situación que pudiera causarles estrés o incomodidad.

En relación a la transparencia y el reporte adecuado, se ha proporcionado una descripción completa y detallada de todos los aspectos del estudio. Esto incluye una explicación exhaustiva de los métodos utilizados, así como de los procedimientos de manejo y las condiciones de alojamiento de los animales. Se ha realizado un esfuerzo consciente para informar de manera transparente sobre cualquier limitación o posible

impacto en el bienestar de los cuyes, garantizando así la integridad y la ética en la realización y presentación de los resultados de la investigación.

Asimismo, este trabajo ha sido desarrollado con estricto cumplimiento del instructivo y el reglamento general de grados y títulos de la Universidad Tecnológica de los Andes, asegurando que todos los procedimientos, desde la planificación hasta la ejecución y redacción del estudio, cumplan con los estándares académicos y éticos requeridos. Es importante destacar que este trabajo es inédito, lo que refleja el compromiso del investigador con la originalidad y la contribución al conocimiento científico en el campo de la alimentación de cuyes mediante el uso de forraje hidropónico.

V. Resultados y discusión

5.1. Resultados

5.1.1. Peso corporal total del cuy (*Cavia porcellus*) en post destete

a) Peso inicial (gr) a 15 días

Tabla 5

Datos observados del peso inicial (gr) a los 15 días de edad de los cuyes para ser alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo))

Peso (gr) a los 15 días de edad	Alfalfa	Avena	Cebada	maíz
R1	285.86	236.57	236.86	239.86
R2	377.86	377.86	248.43	234.43
R3	269.29	343.29	304.00	450.14
Suma	933.00	957.71	789.29	924.43
Promedio	311.00	319.24	263.10	308.14
Desv. Est.	58.49	73.65	35.89	123.01

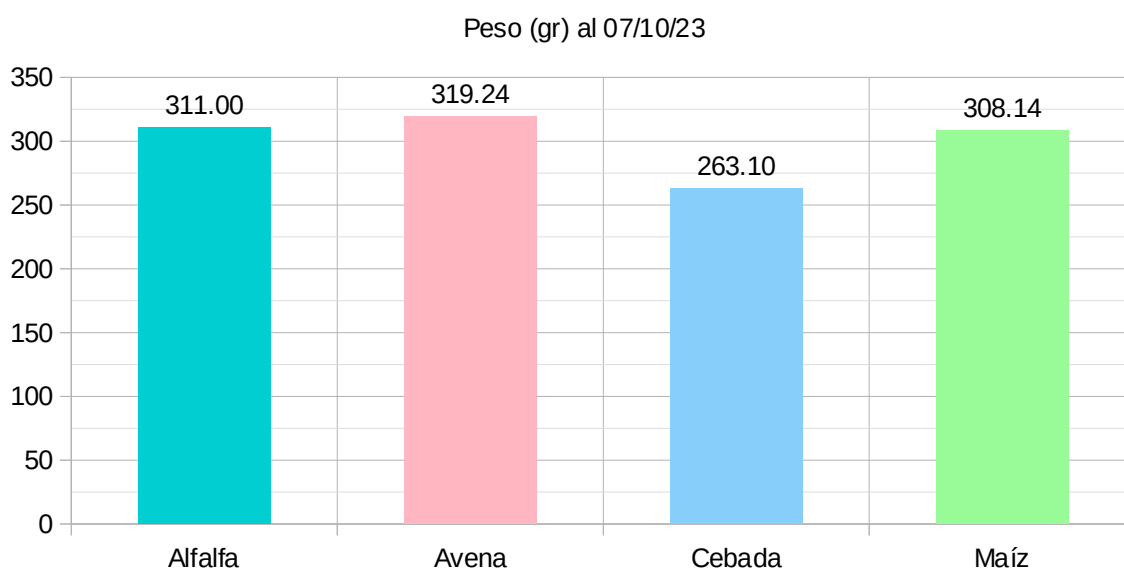
Nota. Elaboración propia

La **Tabla (5)** y la **Figura** presenta los pesos iniciales de los cuyes a los 15 días de edad antes de iniciar el estudio, con el objetivo de asegurar que los animales que entrarán en el experimento tengan pesos equivalentes. Los cuyes han sido pesados antes de ser alimentados con los diferentes tipos de forraje hidropónico: alfalfa, avena, cebada y maíz, lo que permite verificar que no existan diferencias significativas en los pesos iniciales que puedan influir en los resultados posteriores del estudio. Al analizar los promedios de peso, se observa que los cuyes alimentados con avena tienen un peso promedio ligeramente más alto (319.24 gramos), seguidos por los de alfalfa con 311.00 gramos, maíz con 308.14 gramos, y cebada con el promedio más bajo de 263.10 gramos. A pesar de estas pequeñas diferencias en los promedios, es importante resaltar que el objetivo del estudio es asegurar que los cuyes sean equivalentes en peso al inicio, y las diferencias observadas son mínimas y probablemente no afectarán los resultados finales si se distribuyen de manera equitativa en el grupo experimental. La desviación estándar también juega un papel importante en esta evaluación, ya que muestra la dispersión de los pesos dentro de cada grupo. La cebada tiene la desviación estándar más baja

(35.89), lo que indica una menor variabilidad en los pesos de los cuyes alimentados con este forraje. En cambio, el maíz presenta la mayor desviación estándar (123.01), sugiriendo que existe una mayor variabilidad en los pesos de los cuyes en este grupo. Aunque estas diferencias en la dispersión podrían ser relevantes, el análisis de los promedios y desviaciones estándar indica que los cuyes en general tienen pesos relativamente homogéneos antes de comenzar la alimentación con los diferentes forrajes.

Figura 2

Promedios del Peso inicial (gr) a los 15 días de edad de los cuyes para ser alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo))



Nota. Elaboración propia

Tabla 6

Análisis de varianza de los promedios del peso (gr) a los 15 días de edad de los cuyes para ser alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo))

Origen de variaciones	SC	GL	CM	F	Valor P	Sig.
Entre tratamientos	5,756.48	3	1,918.83	0.30	0.822	NS
Error	50,527.86	8	6,315.98			
Total	56,284.35	11				
CV. (%)	26.46			Promedio	300.37	

Nota. Elaboración propia

NS: No significativa

La **Tabla (6)** indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los promedios del peso inicial (a los 15 días de edad) de los cuyes destinados a ser alimentados con forraje hidropónico de cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo), así como el grupo control de alfalfa. Esto se evidencia por el valor de $F = 0.30$ y un valor $P = 0.822$, el cual es mucho mayor que el nivel de significancia típico ($\alpha = 0.05$), indicando que las variaciones observadas en los pesos iniciales son probablemente aleatorias y no atribuibles a los tratamientos asignados. El coeficiente de variación ($CV = 26.46\%$) sugiere una variabilidad moderadamente alta en los datos, lo que podría estar relacionado con factores externos o condiciones iniciales heterogéneas entre los animales.

b) Peso (gr) a los 66 días de edad

Tabla 7

Datos observados del Peso (gr) a los 66 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo))

Peso (gr) a los 66 días de edad	Alfalfa	Avena	Cebada	maíz
R1	508.71	490.86	550.86	492.57
R2	572.86	629.14	546.57	467.86
R3	454.43	610.43	601.43	640.86
Suma	1,536.00	1,730.43	1,698.86	1,601.29
Promedio	512.00	576.81	566.29	533.76
Desv. Est.	59.28	75.02	30.51	93.57

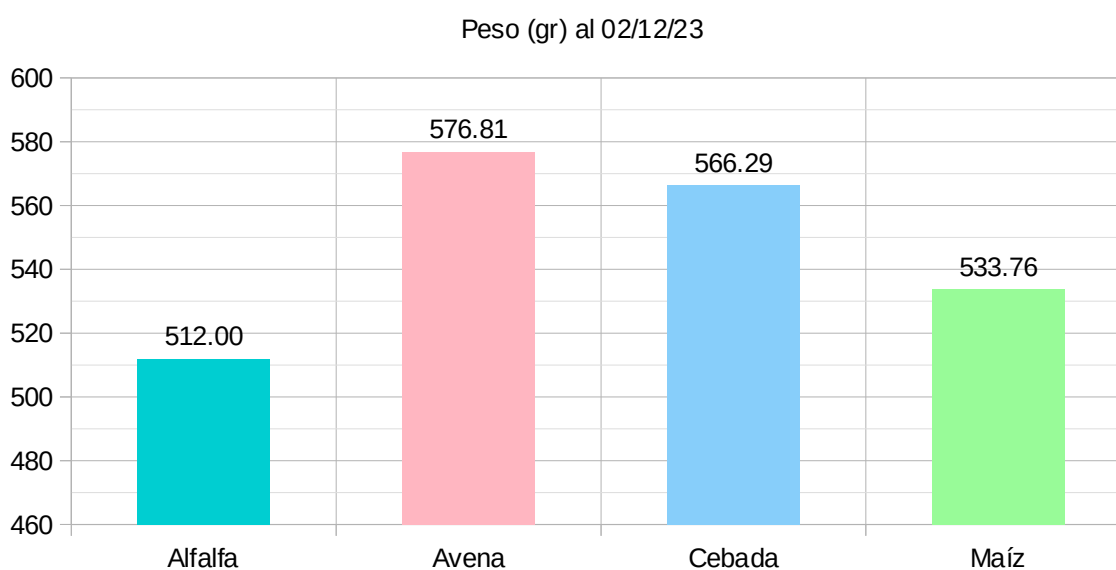
Nota. Elaboración propia

La **Tabla (7)** y la **Figura** presenta los datos observados del peso (en gramos) de los cuyes a los 66 días de edad, después de ser alimentados con forraje hidropónico de cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo), así como el grupo control alimentado con alfalfa. Los promedios de peso varían entre 512.00 g (alfalfa) y 576.81 g (avena), con un promedio general de 547.21 g, lo que sugiere que los cuyes alimentados con avena mostraron un mejor desempeño en términos de ganancia de peso. El grupo de cebada presentó un promedio de 566.29 g, mientras que el grupo de maíz tuvo un promedio intermedio de 533.76 g. La variabilidad en los pesos, medida por la desviación estándar, fue mayor en el grupo de maíz (93.57 gr.) y menor en el grupo de cebada (30.51 gr.),

indicando una mayor consistencia en los resultados para este último, es decir, estos datos sugieren que el tipo de forraje hidropónico utilizado influyó en el crecimiento de los cuyes, destacando el grupo de avena por su mayor peso promedio, aunque la variabilidad en algunos tratamientos podría requerir un análisis más profundo para confirmar estas tendencias.

Figura 3

Promedios del Peso (gr) a los 66 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo))



Nota. Elaboración propia

Tabla 8

Análisis de varianza de los promedios del Peso (gr) a los 66 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo))

Origen de variaciones	SC	GL	CM	F	Valor P	Sig.
Entre tratamientos	7,981.83	3	2,660.61	0.57	0.653	NS
Error	37,656.88	8	4,707.11			
Total	45,638.71	11				
CV. (%)	12.54			Promedio	547.21	

Nota. Elaboración propia

NS: No significativa

La **Tabla (8)** muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los promedios del peso de los cuyes a los 66 días de edad alimentados con forraje

hidropónico de cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo), así como el grupo control de alfalfa. Esto se evidencia por el valor de $F = 0.57$ y un valor $P = 0.653$, el cual es mucho mayor que el nivel de significancia típico ($\alpha = 0.05$), sugiriendo que las variaciones observadas en los pesos finales son probablemente aleatorias y no atribuibles a los tratamientos aplicados. El coeficiente de variación ($CV = 12.54\%$) refleja una variabilidad moderada en los datos, lo que podría deberse a factores externos o diferencias individuales entre los animales.

c) Peso (gr) a los 108 días de edad

Tabla 9

Datos observados del Peso (gr) a los 108 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo))

Peso (gr) a los 108 días de edad	Alfalfa	Avena	Cebada	maíz
R1	796.29	866.29	850.57	758.57
R2	850.57	949.71	789.71	755.71
R3	741.43	899.14	796.29	844.00
Suma	2,388.29	2,715.14	2,436.57	2,358.29
Promedio	796.10	905.05	812.19	786.10
Desv. Est.	54.57	42.03	33.40	50.17

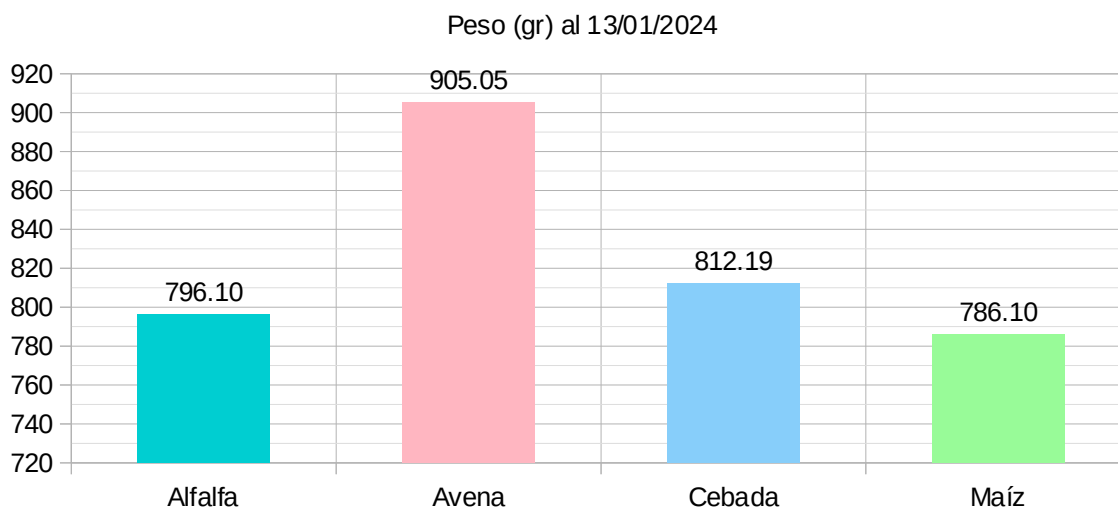
Nota. Elaboración propia

La **Tabla (9)** y la **Figura** que avena fue el forraje que generó el mayor crecimiento promedio en los cuyes, con un promedio de 905.05 gramos, lo que indica que los cuyes alimentados con avena tuvieron un crecimiento superior en comparación con los alimentados con los otros tipos de forraje. Esto sugiere que la avena fue la opción más eficaz para el desarrollo de los cuyes durante este periodo. En segundo lugar, los cuyes alimentados con cebada alcanzaron un promedio de 812.19 gramos, lo que también refleja un buen rendimiento en términos de ganancia de peso, aunque algo menor que el de los cuyes alimentados con avena. Por otro lado, los cuyes alimentados con alfalfa, el forraje testigo, tuvieron un promedio de 796.10 gramos, lo que sugiere que, aunque efectivo, no alcanzó los resultados obtenidos con avena o cebada. El forraje de maíz presentó el promedio más bajo, con 786.10 gramos, lo que indica que los cuyes alimentados con este forraje tuvieron el menor aumento de peso en comparación con los

otros grupos. Además de los promedios, la desviación estándar es un indicador importante para evaluar la variabilidad en los pesos. Los cuyes alimentados con avena presentaron la menor desviación estándar (42.03 gramos), lo que implica que los pesos fueron más consistentes y homogéneos entre los animales de este grupo. En cambio, los cuyes alimentados con cebada también tuvieron una variabilidad moderada, con una desviación estándar de 33.40 gramos, lo que sugiere un buen nivel de uniformidad en el crecimiento, aunque ligeramente superior a la de avena. Los cuyes alimentados con alfalfa y maíz mostraron una mayor dispersión en sus pesos, con desviaciones estándar de 54.57 gramos y 50.17 gramos, respectivamente, lo que indica que los cuyes alimentados con estos forrajes tuvieron respuestas más variables en cuanto a ganancia de peso.

Figura 4

Promedios del Peso (gr) a los 108 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo))



Nota. Elaboración propia

Tabla 10

Análisis de varianza de los promedios del Peso (gr) a los 108 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa)

Origen de variaciones	SC	GL	CM	F	Valor P	Sig.
Entre tratamientos	26,762.07	3	8,920.69	4.26	0.045	*
Error	16,753.36	8	2,094.17			
Total	43,515.43	11				
CV. (%)	5.55			Promedio	824.86	

Nota. Elaboración propia

*: Significativa

La **Tabla** (10) muestra el análisis de varianza de los promedios del Peso (gr) a los 108 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)), en la que se visualiza que el Valor P es 0.045 menor a 0.05, por lo tanto, estadísticamente existe diferencia significativa entre dichos promedios, es decir al menos dos de los tratamientos, estadísticamente tienen los promedios diferentes.

Tabla 11

Comparación múltiple de Tukey de los promedios del Peso (gr) a los 108 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo))

Tratamiento	Promedio	grupo
Avena	905.05	A
Cebada	812.19	A
Alfalfa	796.10	A
maíz	786.09	A

Nota. Elaboración propia

La **Tabla** (11) muestra Comparación múltiple de Tukey de los promedios del Peso (gr) a los 108 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)), en la que se evidencia que los promedios de peso obtenidos fueron 905.05 gramos para el grupo alimentado con Avena, 812.19 gramos para Cebada, 796.10 gramos para Alfalfa (Avena), y 786.09 gramos para maíz. Aunque se observan variaciones numéricas entre estos valores, la prueba de Tukey no detectó diferencias estadísticamente significativas, asignando la letra "A" a todos los tratamientos en la columna "grupo". Es importante destacar que la prueba de Tukey es un

método estadístico utilizado para comparar múltiples medias y determinar si existen diferencias significativas entre ellas, controlando el error de tipo I (falsos positivos). Por lo tanto, estos resultados indican que las diferencias observadas en los promedios de peso podrían deberse al azar y no a un efecto real de los tratamientos de forraje.

d) Peso (gr) a los 122 días de edad

Tabla 12

Datos observados del Peso (gr) a los 122 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo))

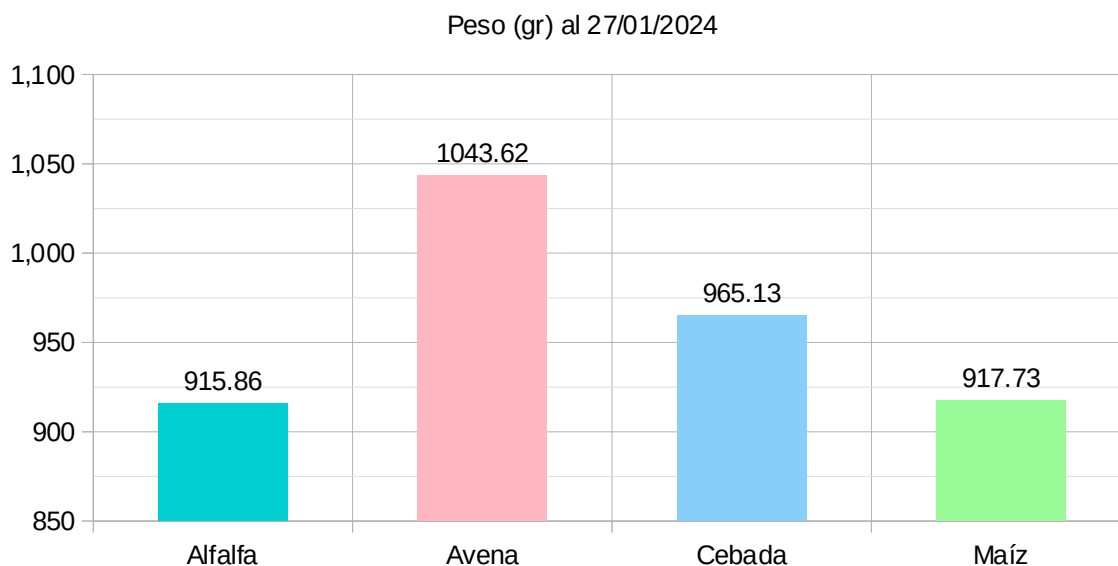
Peso (gr) a los 122 días de edad	Alfalfa	Avena	Cebada	maíz
R1	918.86	994.71	952.21	851.06
R2	949.57	1,073.57	931.60	946.86
R3	879.14	1,062.57	1,011.57	955.29
Suma	2,747.57	3,130.86	2,895.38	2,753.20
Promedio	915.86	1,043.62	965.13	917.73
Desv. Est.	35.31	42.71	41.52	57.90

Nota. Elaboración propia

La **Tabla** (12) y la **Figura** muestra los datos observados del peso (en gramos) de los cuyes a los 122 días de edad, después de ser alimentados con forraje hidropónico de cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo), así como el grupo control alimentado con alfalfa. Los promedios de peso varían entre 915.86 g (alfalfa) y 1,043.62 g (avena), con un promedio general de 960.58 g, lo que indica que los cuyes alimentados con avena presentaron el mayor crecimiento en esta etapa. El grupo de cebada mostró un promedio intermedio de 965.13 g, mientras que el grupo de maíz tuvo un desempeño similar al grupo control (917.73 g). La variabilidad en los pesos, medida por la desviación estándar, fue mayor en el grupo de maíz (57.90 g) y menor en el grupo de alfalfa (35.31 g), sugiriendo mayor consistencia en este último, es decir, estos resultados indican que el tipo de forraje hidropónico, especialmente la avena, podría tener un efecto positivo en el crecimiento a largo plazo de los cuyes, aunque las diferencias no parecen ser muy pronunciadas entre los tratamientos.

Figura 5

Promedios del Peso (gr) a los 122 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo))



Nota. Elaboración propia

Tabla 13

Análisis de varianza de los promedios del Peso (gr) a los 122 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo))

Origen de variaciones	SC	GL	CM	F	Valor P	Sig.
Entre tratamientos	32,256.42	3	10,752.14	5.28	0.027	*
Error	16,294.07	8	2,036.76			
Total	48,550.49	11				
CV. (%)	4.70			Promedio	960.58	

Nota. Elaboración propia

*: Significativa

La **Tabla** (13) muestra el análisis de varianza de los promedios del Peso (gr) a los 122 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)), en la que se visualiza que el Valor P es 0.027 menor a 0.05, por lo tanto, estadísticamente existe diferencia significativa entre dichos promedios, es decir al menos dos de los tratamientos, estadísticamente tienen los promedios diferentes.

Tabla 14

Comparación múltiple de Tukey de los promedios del Peso (gr) a los 122 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo))

Tratamiento	Promedio	grupo
Avena	1043.62	A
Cebada	965.13	AB
maíz	917.74	B
Alfalfa	915.86	B

Nota. Elaboración propia

La **Tabla** (14) muestra Comparación múltiple de Tukey de los promedios del Peso (gr) a los 122 días de edad de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)), en el que se evidencia que Los cuyes alimentados con Avena tuvieron la mayor ganancia de peso promedio (1043,62 gr), seguidos de los cuyes alimentados con Cebada (965,13 gr), luego maíz (917,74 gr) y Alfalfa (915,86 gr) finalmente. El análisis de Tukey indica que hay diferencias significativas en la ganancia de peso promedio entre los cuyes alimentados con Avena y los cuyes alimentados con maíz y Alfalfa (grupos A y B, respectivamente). No hay diferencias significativas en la ganancia de peso promedio entre los cuyes alimentados con cebada y los cuyes alimentados con avena (ambos en el grupo A). Tampoco hay diferencias significativas en la ganancia de peso promedio entre los cuyes alimentados con cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo) (todos en el grupo B). Por lo tanto, los resultados sugieren que la Avena puede ser el mejor forraje hidropónico para la producción de carne de cuy, ya que los cuyes alimentados con este forraje tuvieron la mayor ganancia de peso promedio.

5.1.2. Ganancia de peso del cuy (*Cavia porcellus*) en post destete semanal

Tabla 15

Ganancia de peso (gr/semana) de los cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo))

Fecha	Día	Ganancia de peso Alfalfa (gr/semana)	Ganancia de peso Avena (gr/semana)	Ganancia de peso Cebada (gr/semana)	Ganancia de peso maíz (gr/semana)
Peso inicial		311	319.24	263.1	308.14
07/10/23	15	0.00	0.00	0.00	0.00
14/10/23	22	2.14	42.76	23.85	32.15
21/10/23	29	54.24	35.95	60.00	33.19
28/10/23	36	17.72	12.15	26.34	21.62
04/11/23	43	45.42	53.28	81.47	50.66
11/11/23	50	16.91	22.43	19.67	15.10
18/11/23	57	11.81	44.00	27.52	22.85
25/11/23	64	36.52	29.43	56.38	36.48
02/12/23	71	16.24	17.57	7.96	13.57
09/12/23	78	5.86	20.20	9.33	20.48
16/12/23	85	76.09	38.42	40.38	28.43
23/12/23	92	42.81	81.71	70.67	61.47
30/12/23	99	35.38	33.62	24.57	51.10
06/01/24	106	74.34	49.95	17.43	30.57
13/01/24	113	49.62	104.34	83.52	60.29
20/01/24	120	51.04	77.57	91.67	53.07
27/01/24	127	68.72	61.00	61.27	78.56
Total ganancia		604.86	724.38	702.03	609.59
TC (%)	Tasa de crecimiento	4.76	5.7	5.53	4.8
TMC (%)	Tasa media de crecimiento	0.85	0.93	1.02	0.86

Nota. Elaboración propia

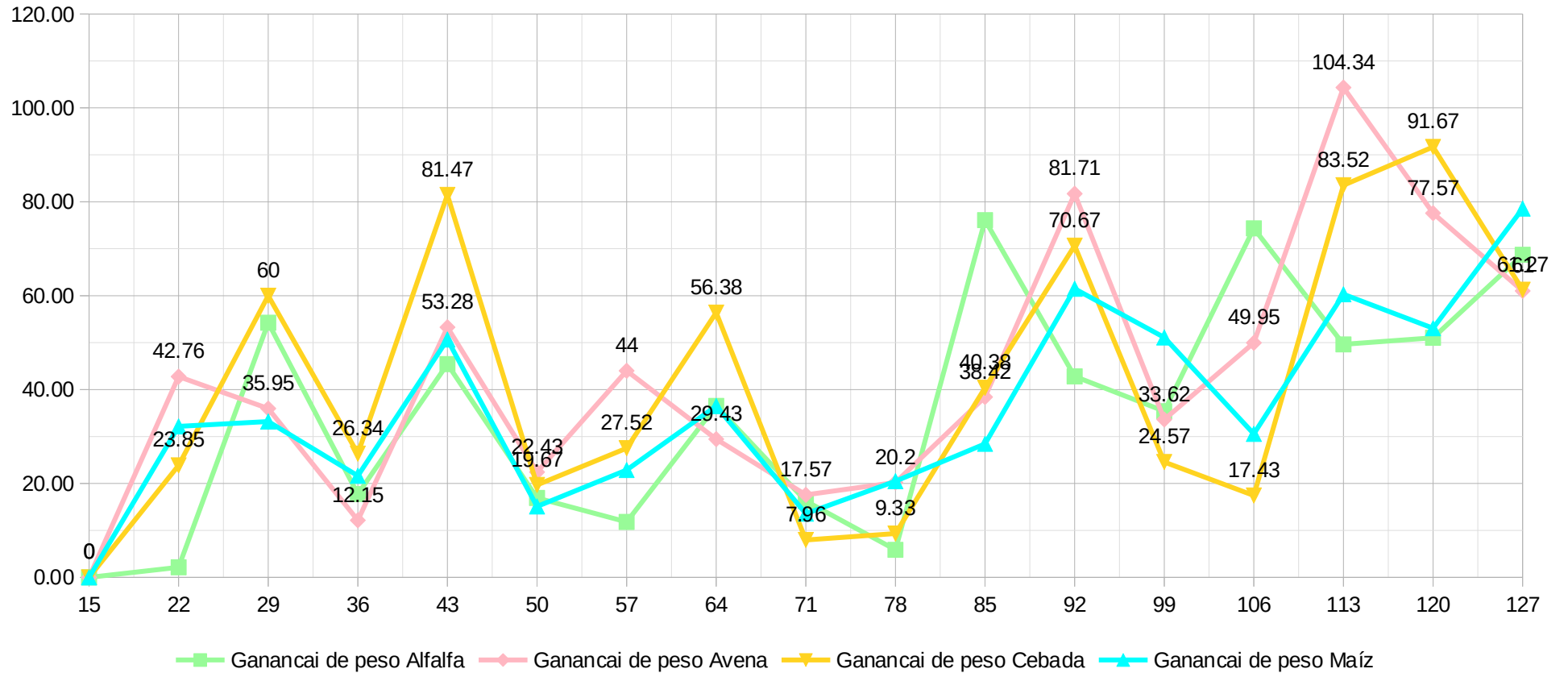
La **Tabla (15)** muestra la ganancia de peso semanal de los cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con forraje hidropónico de cuatro especies: alfalfa (testigo), avena, cebada y maíz. Al analizar los datos, los cuyes alimentados con avena fueron los que presentaron la mayor ganancia de peso total, con 724.38 gramos en total a lo largo de las 15 semanas. A lo largo del estudio, la avena mostró una ganancia constante, destacándose especialmente en la semana del 13 de enero, con una ganancia de 104.34 gr/semana, el valor más alto registrado en el estudio. Esto sugiere que la avena fue el forraje más eficiente en términos de crecimiento para los cuyes durante el período de análisis.

Los cuyes alimentados con cebada también presentaron una ganancia considerable, con un total de 702.03 gramos. Aunque cebada mostró un buen rendimiento, especialmente en las primeras semanas, como en el 21 de octubre con 60.00 gr/semana, en otras semanas las ganancias fueron menores, como se observa en el 2 de diciembre con solo 7.96 gr/semana. Esto indica que aunque la cebada fue efectiva en algunas etapas, la ganancia de peso fluctuó a lo largo del estudio. Por otro lado, los cuyes alimentados con alfalfa, el forraje testigo, mostraron una ganancia de peso moderada, con un total de 604.86 gramos a lo largo del estudio. Las ganancias de peso no fueron tan altas como en avena o cebada, pero los cuyes alimentados con alfalfa mantuvieron una ganancia constante, alcanzando su pico más alto el 4 de noviembre con 45.42 gr/semana. La variabilidad fue algo mayor en alfalfa en comparación con los otros forrajes, lo que sugiere que este forraje tuvo una respuesta menos uniforme en los cuyes.

Los cuyes alimentados con maíz tuvieron la menor ganancia total, con 609.59 gramos. Aunque hubo algunas semanas con buenas ganancias, como el 23 de diciembre con 61.47 gr/semana, en general, la ganancia de peso fue más baja en comparación con los otros forrajes. La **Figura 5** muestra la evolución de la Ganancia de peso (gr) de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)) que también se muestra en la **Tabla (15)**. Además muestran que el tipo de forraje hidropónico influye significativamente en el crecimiento de los cuyes, destacándose la avena como la mejor opción en términos absolutos, con la mayor ganancia diaria de peso (5,70 g/día) y el peso final más alto (1.043,62 g), seguida de cerca por la cebada (5,53 g/día), que, pese a un peso final ligeramente menor, presentó la tasa media de crecimiento relativo más alta (1,03 %/día) debido a su menor peso inicial, lo que indica una mayor eficiencia proporcional en el crecimiento; en contraste, los tratamientos con alfalfa y maíz mostraron desempeños similares y claramente inferiores (alrededor de 4,8 g/día y 0,85 %/día), sugiriendo que, bajo las condiciones del estudio, los cereales como avena y cebada son forrajes hidropónicos más efectivos que la alfalfa.

Figura 6

Evolución de la Ganancia de peso (gr) de los cuyes alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo))



Nota. Elaboración propia

5.1.3. Consumo de forraje del cuy (*Cavia porcellus*) en post destete

Tabla 16

Promedio de consumo de forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)) por día de los cuyes en el período de la experimentación

Fecha	días	Alfalfa (gr)	Avena (gr)	Cebada (gr)	maíz (gr)
07/10/23	15	700	700	700	700
14/10/23	22	700	700	700	700
21/10/23	29	700	700	700	700
28/10/23	36	700	700	700	700
04/11/23	43	1400	1400	1400	1400
11/11/23	50	1400	1400	1400	1400
18/11/23	57	1400	1400	1400	1400
25/11/23	64	1400	1400	1400	1400
02/12/23	71	2100	2100	2100	2100
09/12/23	78	2100	2100	2100	2100
16/12/23	85	2100	2100	2100	2100
23/12/23	92	2100	2100	2100	2100
30/12/23	99	2100	2100	2100	2100
06/01/24	106	2800	2800	2800	2800
13/01/24	113	2800	2800	2800	2800
20/01/24	120	2800	2800	2800	2800
27/01/24	127	2800	2800	2800	2800

Nota. Elaboración propia

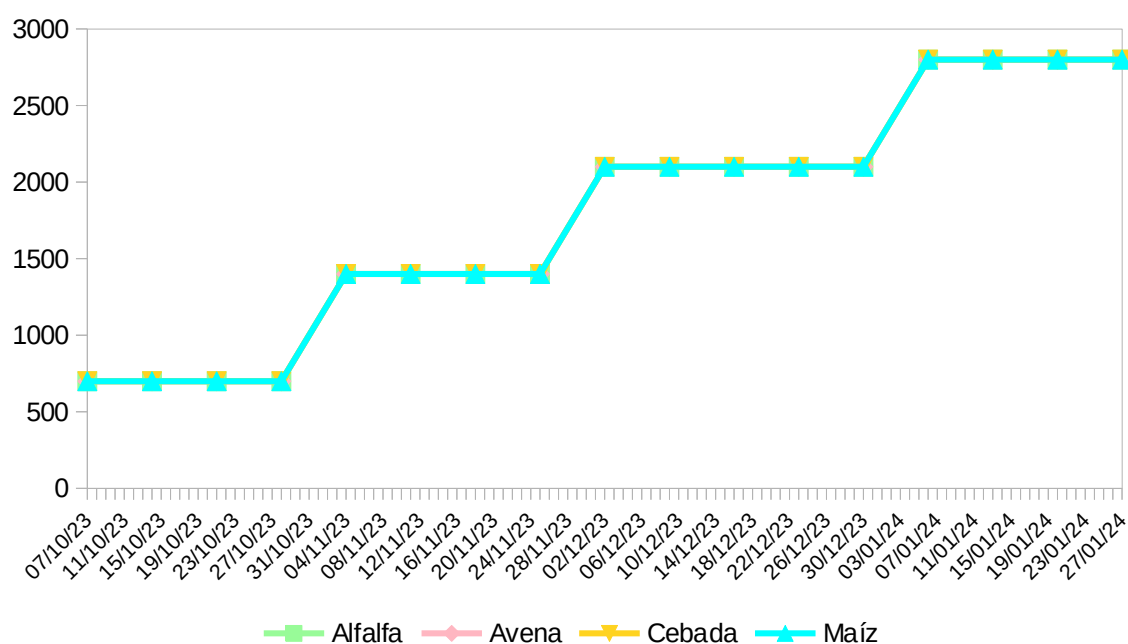
La **Tabla** (16) presenta el promedio de consumo diario de forraje hidropónico de tres especies diferentes (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)) por parte de los cuyes durante el período de la experimentación. Un aspecto notable es que la cantidad de forraje consumido fue exactamente la misma para las tres especies en cada fecha registrada es decir se mantuvo un control estricto sobre la dieta para lograr una comparación justa del impacto de cada forraje en el crecimiento de los cuyes.

El consumo comenzó con una cantidad relativamente baja de 700 gramos por día por cada poza de 7 cuyes el 07/10/23 y se mantuvo en ese nivel hasta el 28/10/23 (36 días), luego, se aumentó hasta alcanzar 1400 gramos por día desde el 04/11/23 (43 días) hasta el 25/11/23 (64 días), este incremento está relacionado con el aumento de los requerimientos nutricionales de los cuyes a medida que crecían y ganaban peso durante las primeras etapas del experimento. Un cambio más significativo ocurrió el 02/12/23 (71 días), cuando el consumo de forraje se elevó a 2100 gramos por día, manteniéndose en ese nivel hasta el 23/12/23 (92 días), y finalmente, el consumo alcanzó su punto máximo

de 2800 gramos por día desde el 30/12/23 (99 días) hasta el final del experimento el 27/01/24 (127 días), este aumento sustancial en la ingesta de forraje fue necesario para satisfacer las crecientes demandas nutricionales de los cuyes en las etapas finales de su crecimiento y desarrollo. Se ajustaron cuidadosamente la cantidad de forraje proporcionada a los cuyes a medida que avanzaba su crecimiento, con el fin de garantizar un suministro adecuado de nutrientes y energía para respaldar su crecimiento óptimo. Esta estrategia de alimentación adaptativa demuestra la importancia de monitorear y ajustar continuamente las dietas en función de las necesidades cambiantes de los animales en diferentes etapas de crecimiento. Información que también se visualiza en la **Figura (7)**

Figura 7

Evolución del promedio de consumo de forraje hidropónico (gr) de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa (testigo)) por día por cada 7 cuyes en el período de la experimentación



Nota. Elaboración propia

5.1.4. Edad de saca de cuy (*Cavia porcellus*) en post destete

Tabla 17

Resumen del peso promedio semanal del cuy por días de vida alimentada con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa)

Fecha	Edad (días)	Peso con Alfalfa (gr)	Peso con Avena (gr)	Peso con Cebada (gr)	Peso con maíz (gr)
07/10/23	15	311	319.24	263.1	308.14
13/01/24	113	796.1	905.05	812.19	786.1
20/01/24	120	847.14	982.62	903.86	839.17
27/01/24	127	915.86	1043.62	965.13	917.73

Nota. Elaboración propia

La **Tabla** (17) presenta la evolución del peso promedio de los cuyes en función de su edad y el tipo de forraje con el que fueron alimentados. Los datos se registraron en intervalos de 7 días, desde los 15 días hasta los 127 días de vida de los cuyes.

Los cuyes alimentados con alfalfa experimentan un aumento constante de peso a lo largo del tiempo. Comienzan con un peso de 311 gramos a los 15 días y alcanzan un peso final de 915.86 gramos a los 127 días. Este incremento sostenido indica que la alfalfa favorece un crecimiento continuo. El peso de 900 gramos se alcanza a los 127 días, lo que significa que la saca de los cuyes alimentados con alfalfa ocurre en ese momento.

Por otro lado, los cuyes alimentados con avena muestran un aumento continuo y significativo en su peso. A los 15 días, el peso inicial es de 319.24 gramos, y a los 127 días, alcanzan los 1043.62 gramos, evidenciando el mayor incremento de peso entre los grupos. Este resultado sugiere que la avena es el forraje más efectivo para promover el crecimiento de los cuyes. El peso de 900 gramos se alcanza a los 113 días, por lo que la saca de los cuyes alimentados con avena ocurre a los 113 días de vida.

Los cuyes alimentados con cebada también experimentan un crecimiento constante, aunque su peso inicial es más bajo, con 263.1 gramos a los 15 días. A los 127 días, alcanzan los 965.13 gramos. Aunque el crecimiento inicial es más lento, la cebada finalmente produce un aumento significativo de peso. El peso de 900 gramos se alcanza

a los 120 días, por lo que la saca de los cuyes alimentados con cebada ocurre a los 120 días.

Finalmente, los cuyes alimentados con maíz muestran un incremento regular en su peso. Comienzan con 308.14 gramos a los 15 días y alcanzan 917.73 gramos a los 127 días. Aunque su crecimiento es constante, es ligeramente superior al de los cuyes alimentados con alfalfa en términos de peso final. El peso de 900 gramos se alcanza a los 120 días, lo que significa que la saca de los cuyes alimentados con maíz también ocurre a los 120 días.

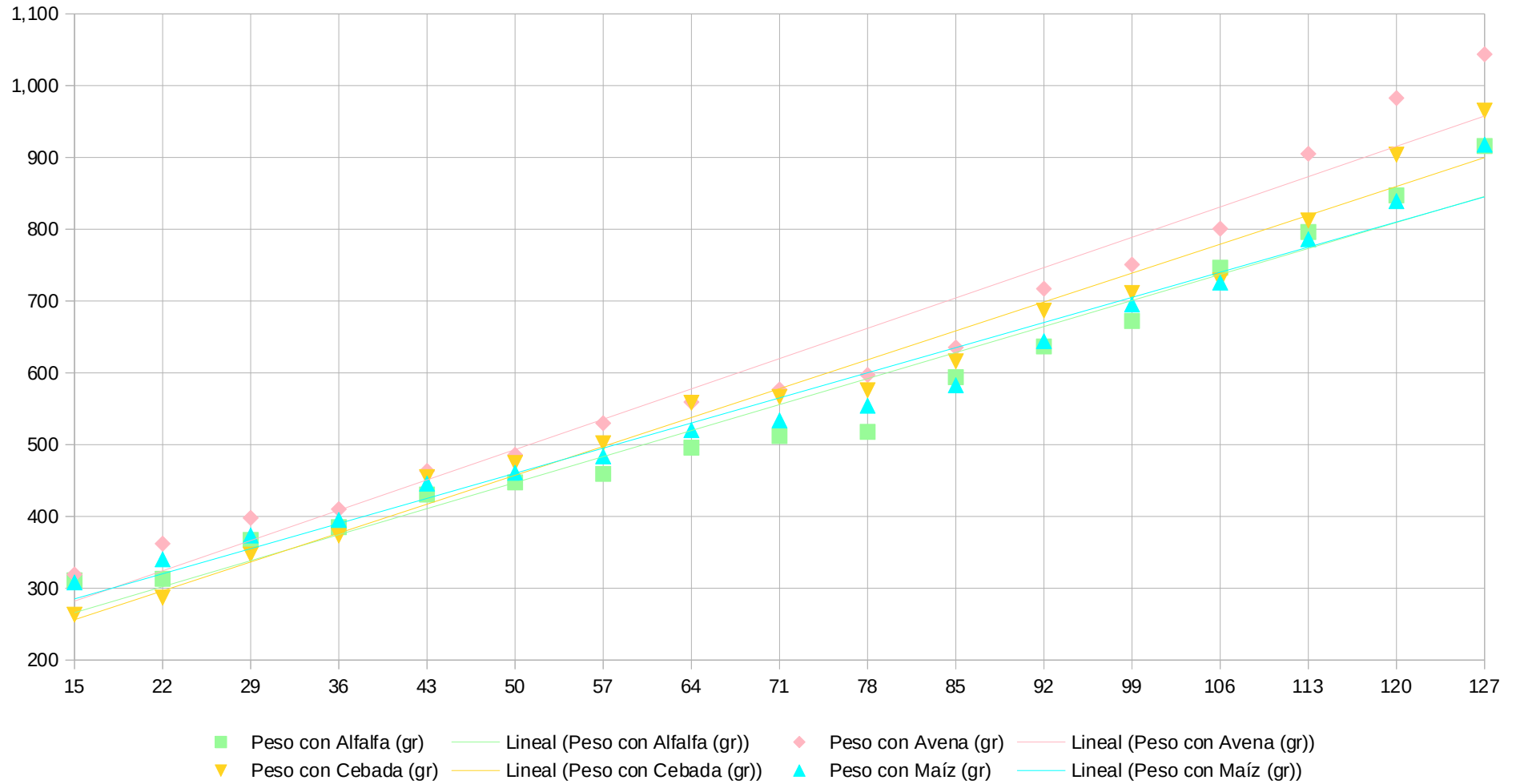
En resumen, la avena se destaca como el forraje más efectivo para el aumento de peso en cuyes, seguida por cebada, maíz y, finalmente, alfalfa. Aunque todos los tipos de forraje hidropónico resultan en un incremento significativo del peso de los cuyes a lo largo del tiempo, la tasa de crecimiento varía según el forraje utilizado. Los días de saca, cuando los cuyes alcanzan al menos 900 gramos, son los siguientes:

- Avena: 113 días
- Cebada: 120 días
- Maíz: 120 días
- Alfalfa: 127 días

Esta información es crucial para seleccionar el forraje más adecuado según los objetivos específicos de producción o investigación en la crianza de cuyes, permitiendo optimizar el tiempo de saca en función del tipo de forraje utilizado. La **Figura 7** muestra el peso promedio de los cuyes por días de vida alimentados con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa), junto con sus respectivas líneas de tendencia.

Figura 8

Peso promedio de cuy por días de vida alimentada con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa) y sus líneas de tendencia



Nota. Elaboración propia

Tabla 18

Análisis de varianza de la regresión lineal de los pesos promedios de cuy por días de vida alimentada con forraje hidropónico de tres especies y un testigo (Cebada, maíz, Avena y Alfalfa = Testigo)

forraje hidropónico		GL	SC	CM	F	p- valor
Alfalfa	Regresión	1	5,672,285.65	5,672,285.65	668.45	0.00
	Residuo	15	135,770.89	8,485.68		
	Total	16	5,808,056.54			
Avena	Regresión	1	7,140,144.23	7,140,144.23	765.14	0.00
	Residuo	15	149,309.69	9,331.86		
	Total	16	7,289,453.92			
Cebada	Regresión	1	6,245,944.55	6,245,944.55	918.34	0.00
	Residuo	15	108,821.91	6,801.37		
	Total	16	6,354,766.47			
maíz	Regresión	1	5,786,053.43	5,786,053.43	589.66	0.00
	Residuo	15	157,001.40	9,812.59		
	Total	16	5,943,054.83			

Nota. Elaboración propia

Esta **Tabla** (18) presenta un análisis de varianza (ANOVA) que evalúa el impacto de diferentes tipos de forraje hidropónico; Alfalfa, Avena, Cebada y Maíz, sobre el peso promedio de cuyes a lo largo de los días de vida. Este análisis se realiza mediante una regresión lineal, y los resultados se presentan para cada tipo de forraje por separado.

Para el forraje de Alfalfa, el modelo de regresión explica una gran parte de la variación en el peso del cuy, con una suma de cuadrados de la regresión de 5,672,285.65. El estadístico F, que mide la relación entre la variabilidad explicada por el modelo y la variabilidad no explicada, es de 668.45. El p-valor asociado a este estadístico es 0.00, lo que indica que el efecto del forraje de Alfalfa sobre el peso del cuy es estadísticamente significativo. Esto sugiere que el tipo de forraje utilizado tiene un impacto notable en el peso del cuy.

En el caso del forraje de Avena, la suma de cuadrados de la regresión es de 7,140,144.23, lo que refleja una alta capacidad del modelo para explicar la variación en el peso del cuy. El estadístico F es de 765.14, y nuevamente, el p-valor es 0.00, lo que confirma que el forraje de Avena tiene un efecto significativo sobre el peso del cuy. Este

resultado es consistente con la idea de que el tipo de forraje es un factor determinante en el crecimiento del cuy.

Para el forraje de Cebada, la suma de cuadrados de la regresión es de 6,245,944.55, y el estadístico F es de 918.34, lo que indica una fuerte relación entre el tipo de forraje y el peso del cuy. El p-valor de 0.00 refuerza la conclusión de que el forraje de Cebada influye significativamente en el peso del cuy. Esto sugiere que la Cebada es un alimento efectivo para el crecimiento de los cuyes. Finalmente, para el forraje de Maíz, la suma de cuadrados de la regresión es de 5,786,053.43, con un estadístico F de 589.66. El p-valor de 0.00 indica que el forraje de Maíz también tiene un efecto significativo sobre el peso del cuy. Esto implica que el Maíz es otro tipo de forraje que contribuye de manera importante al crecimiento de los cuyes.

Por lo tanto, el análisis de varianza muestra que todos los tipos de forraje hidropónico evaluados tienen un efecto significativo sobre el peso promedio de los cuyes. Los p-valores de 0.00 para cada tipo de forraje indican que la probabilidad de que estos resultados se deban al azar es extremadamente baja, lo que refuerza la validez de la hipótesis de que el tipo de forraje es un factor clave en el crecimiento de los cuyes. Estos resultados subrayan la importancia de seleccionar el tipo adecuado de forraje para maximizar el crecimiento y el bienestar de los cuyes.

Tabla 19

Coefficientes de la regresión lineal de los pesos promedios de cuy por días de vida alimentada con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa)

forraje hidropónico		Coefficientes	Error estándar	Estadística t	Valor P
Alfalfa	X	7.33	0.28	25.85	0.00
	R ² ajustado	0.98			
Avena	X	8.22	0.3	27.66	0.00
	R ² ajustado	0.98			
Cebada	X	7.69	0.25	30.3	0.00
	R ² ajustado	0.98			
maíz	X	7.4	0.3	24.28	0.00
	R ² ajustado	0.98			

Nota. Elaboración propia

La **Tabla** (19) muestra los coeficientes de regresión lineal para los pesos promediados de cuyes alimentados con forraje hidropónico de cuatro especies diferentes: alfalfa, avena, cebada y maíz. Cada fila corresponde a una especie forrajera.

Para los cuyes alimentados con alfalfa, el coeficiente de regresión es 7.33, lo que indica que, en promedio, el peso de los cuyes aumenta en 7.33 gramos por cada día de vida. El error estándar es 0.28, lo que sugiere una precisión relativamente alta del coeficiente estimado. La estadística t es 25.85, y el valor p es 0.00, lo que indica que el coeficiente de regresión es altamente significativo. El R^2 ajustado es 0.98, lo que significa que el 98% de la variabilidad en el peso de los cuyes puede explicarse por el número de días de vida, lo cual refleja una excelente capacidad predictiva del modelo.

En el caso de los cuyes alimentados con avena, el coeficiente de regresión es 8.22, lo que significa que el peso de los cuyes aumenta en 8.22 gramos por día. El error estándar de 0.3 indica una alta precisión del estimado. La estadística t es 27.66, con un valor p de 0.00, indicando nuevamente una alta significancia estadística del coeficiente. El R^2 ajustado es 0.98, demostrando que el modelo explica el 98% de la variabilidad en el peso de los cuyes, similar a los otros tipos de forraje.

Para los cuyes alimentados con cebada, el coeficiente de regresión es 7.69, indicando un aumento de 7.69 gramos por día en el peso promedio. El error estándar es 0.25, sugiriendo una estimación precisa. La estadística t de 30.3 y el valor p de 0.00 reflejan una significancia estadística muy alta. El R^2 ajustado también es 0.98, lo que confirma la capacidad del modelo para explicar la variabilidad en el peso de los cuyes.

Finalmente, para los cuyes alimentados con maíz, el coeficiente de regresión es 7.4, lo que indica un aumento de 7.4 gramos por día en el peso promedio. El error estándar es 0.3, mostrando precisión en la estimación. La estadística t es 24.28 y el valor p es 0.00, nuevamente indicando una alta significancia estadística del coeficiente. El R^2 ajustado de 0.98 confirma que el modelo explica la mayor parte de la variabilidad en el peso de los cuyes.

Es decir, todos los tipos de forraje hidropónico muestran coeficientes de regresión significativamente altos y valores de R^2 ajustado de 0.98, lo que indica una excelente capacidad del modelo para predecir el peso de los cuyes en función de los días de vida. La avena tiene el coeficiente más alto, sugiriendo que es el forraje que más incrementa el peso de los cuyes por día, seguido por la cebada, el maíz y la alfalfa.

Tabla 20

Estimación de los pesos promedios de cuy por días de vida alimentada con forraje hidropónico de tres especies (cebada, maíz, avena y alfalfa)

forraje hidropónico	Ecuación	Inversa	Estimación para 900 gr (días)	Estimación para 1200 gr (días)
Alfalfa	$Y=7.33X$	$X=Y/7.33$	122.78	163.71
Avena	$Y=8.22X$	$X=Y/8.22$	109.49	145.99
Cebada	$Y=7.69X$	$X=Y/7.69$	117.04	156.05
maíz	$Y=7.4X$	$X=Y/7.4$	121.62	162.16

Nota. Elaboración propia

La **Tabla** (20) presenta las estimaciones de los pesos promedio de cuyes alimentados con forraje hidropónico de cuatro especies diferentes: alfalfa = Testigo, avena, cebada y maíz.

Para los cuyes alimentados con alfalfa, la ecuación de regresión es $Y=7.33X$, indicando que el peso promedio aumenta en 7.33 gramos por día. La ecuación inversa, $X=Y/7.33$, permite calcular los días necesarios para alcanzar un peso específico. Según esta ecuación, los cuyes alcanzan 900 gramos en aproximadamente 122.78 días y 1200 gramos en aproximadamente 163.71 días. Esto sugiere que la alfalfa proporciona un crecimiento constante pero relativamente más lento en comparación con los otros forrajes.

En el caso de los cuyes alimentados con avena, la ecuación de regresión es $Y=8.22X$, lo que significa un aumento de peso de 8.22 gramos por día. La ecuación inversa es $X=Y/8.22$. Con esta ecuación, se estima que los cuyes alcanzan los 900 gramos en aproximadamente 109.49 días y los 1200 gramos en aproximadamente

145.99 días. Esto indica que la avena es el forraje más efectivo para un crecimiento rápido, permitiendo alcanzar los pesos objetivo en el menor tiempo.

Para los cuyes alimentados con cebada, la ecuación de regresión es $Y=7.69X$, lo que indica un aumento de 7.69 gramos por día en el peso promedio. La ecuación inversa, $X=Y/7.69$, estima que los cuyes alcanzan los 900 gramos en aproximadamente 117.04 días y los 1200 gramos en aproximadamente 156.05 días. Esto sugiere que la cebada proporciona un crecimiento intermedio en comparación con la avena y la alfalfa.

Finalmente, para los cuyes alimentados con maíz, la ecuación de regresión es $Y=7.4X$, indicando un aumento de peso de 7.4 gramos por día. La ecuación inversa es $X=Y/7.4$. Según esta ecuación, los cuyes alcanzan los 900 gramos en aproximadamente 121.62 días y los 1200 gramos en aproximadamente 162.16 días. Esto muestra que el maíz proporciona un crecimiento constante y comparable al de la alfalfa, aunque ligeramente más rápido.

En resumen, la avena se destaca como el forraje más efectivo para alcanzar rápidamente los pesos objetivo de 900 gramos y 1200 gramos, seguida por la cebada, el maíz y finalmente la alfalfa. Estos resultados permiten a los productores de cuyes elegir el forraje más adecuado según sus objetivos de producción, optimizando el tiempo necesario para alcanzar los pesos deseados en los cuyes.

5.2. Discusión

En este estudio, se observó que avena fue el forraje más efectivo, mostrando el mayor promedio de peso tanto a los 108 días (905.05 gramos) como a los 122 días (1043.62 gramos), lo que coincide con los resultados de Punina (2015), quien también encontró que la avena mostró un mejor rendimiento en el incremento de peso en cuyes. Este autor reportó un incremento de peso de 629.32 gramos para machos y hembras en el tratamiento con avena y balanceado, similar a la tendencia observada en este estudio.

Por otro lado, en este estudio, los cuyes alimentados con cebada también tuvieron un buen rendimiento, aunque algo inferior a la avena, lo que se alinea con los hallazgos

de Kajatt (2018), quien también encontró que la cebada, cuando se usó como parte de la dieta, mostró buenos resultados en cuanto a ganancia de peso. Sin embargo, en el caso de maíz, este estudio encontró que los cuyes alimentados con este forraje tuvieron la menor ganancia de peso total, similar a lo reportado por Jara (2020) y Loa (2019), quienes también observaron un rendimiento inferior al utilizar maíz en la dieta de cuyes, tanto en términos de ganancia de peso como de conversión alimenticia.

En cuanto al consumo de forraje, los resultados de este estudio indican que no hubo diferencias en el consumo entre los grupos de cuyes alimentados con diferentes forrajes. Este hallazgo es consistente con los resultados de Sánchez (2017), quien también indicó que no hubo un efecto significativo en el consumo de forraje hidropónico de maíz en comparación con otros forrajes en cobayos. A pesar de que el consumo fue similar entre los grupos, en este estudio, la avena destacó por promover una mayor ganancia de peso, lo que sugiere que, aunque el consumo de forraje fue similar, la calidad nutricional de la avena pudo haber influido más en el rendimiento de los cuyes.

En términos de edad de saca, este estudio encontró que los cuyes alimentados con avena alcanzaron el peso de 900 gramos en 113 días, lo que es consistente con los resultados de Ramírez (2015), quien también encontró que la dieta basada en forraje hidropónico (en su caso, cebada) permitió alcanzar un peso vivo adecuado en un tiempo relativamente corto. Además, en este estudio, la estimación de la regresión lineal proyectó que los cuyes alimentados con avena alcanzarían el peso objetivo en 109.49 días, lo cual coincide con la tendencia de alcanzar una mayor eficiencia en menor tiempo observada en otros estudios, como el de Mamani (2019), quien reportó una mayor ganancia de peso y una conversión alimenticia más eficiente con forraje hidropónico.

El estudio de Collado (2016) reportó que los cuyes alimentados con una dieta mixta (alfalfa y balanceado) tuvieron una mejor conversión alimenticia que los alimentados solo con alfalfa, lo cual resalta la importancia de las dietas balanceadas. Sin embargo, en este estudio, los cuyes alimentados con avena mostraron un buen

rendimiento en términos de ganancia de peso sin la necesidad de un suplemento balanceado. Este hallazgo sugiere que el forraje hidropónico de avena puede ser una fuente suficiente de nutrientes para promover un crecimiento eficiente en cuyes post destete. Por otro lado, el estudio de Saavedra (2018) también destaca que el forraje hidropónico de cebada es adecuado para el engorde de cuyes, coincidiendo con los resultados de este estudio en que la cebada fue un forraje eficaz, aunque no tan superior como la avena.

En general, los resultados de este estudio sobre el forraje hidropónico de avena coinciden con los de varios estudios previos que han destacado la efectividad de la avena para promover un crecimiento saludable y rápido en cuyes. Sin embargo, los estudios de Quispe (2016) y Sánchez (2017) sobre la utilización de dietas balanceadas y el maíz en la alimentación de cuyes ofrecen una perspectiva diferente, sugiriendo que, en algunos casos, la combinación de forrajes y concentrados puede ser más eficiente en términos de conversión alimenticia. Sin embargo, en términos de ganancia de peso, la avena mostró consistentemente mejores resultados, respaldando su potencial como un forraje eficiente en la alimentación de cuyes post destete. La cebada también mostró buenos resultados, aunque con algo más de variabilidad en el rendimiento de los cuyes. En cambio, el maíz presentó un rendimiento algo inferior, tanto en ganancia de peso como en eficiencia de conversión, lo cual concuerda con los hallazgos de otros estudios previos que también observaron un rendimiento menor con este forraje.

VI. Conclusiones

- En cuanto al efecto de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays* L.) y avena (*Avena sativa* L.) en el peso corporal total del cuy (*Cavia porcellus*) en post destete se ha encontrado que el peso corporal total, a los 66 días de edad, si bien los cuyes alimentados con avena mostraron el mayor peso promedio (576.81 gramos), el análisis de varianza no detectó diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, sin embargo, a los 108 días de edad, el análisis de varianza sí mostró diferencias significativas. Los cuyes alimentados con avena alcanzaron el mayor promedio de peso (905.05 gramos), seguidos por cebada, alfalfa y maíz. No obstante, la prueba de Tukey no encontró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en este punto. Finalmente, a los 122 días de edad, el análisis de varianza nuevamente indicó diferencias significativas entre los promedios de peso. El promedio más alto se registró en el grupo de avena (1043.62 gramos), y la prueba de Tukey reveló diferencias significativas en la ganancia de peso promedio entre los cuyes alimentados con avena y los alimentados con maíz y alfalfa. No se encontraron diferencias significativas entre la avena y la cebada, ni entre la cebada, el maíz y la alfalfa.
- Respecto al efecto de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays* L.) y avena (*Avena sativa* L.) en la ganancia del peso semanal del cuy (*Cavia porcellus*) en post destete se ha encontrado que la ganancia de peso semanal, mostraron que los cuyes alimentados con avena presentaron la mayor ganancia de peso total (724.38 gramos) a lo largo de las 15 semanas del estudio, destacándose una ganancia semanal de 104.34 gramos en la semana del 13 de enero. Los cuyes alimentados con cebada también mostraron una ganancia total considerable (702.03 gramos), aunque con más fluctuaciones semanales. La alfalfa resultó en una ganancia de peso total de 604.86 gramos, con una ganancia más constante.

Los cuyes alimentados con maíz tuvieron la menor ganancia total de peso (609.59 gramos) en comparación con los otros forrajes.

- Respecto al consumo de forraje, se mantuvo exactamente igual para los cuatro grupos (alfalfa, avena, cebada y maíz) en cada fecha registrada durante el periodo experimental. El consumo diario se incrementó progresivamente a lo largo del estudio, comenzando en 700 gramos y llegando hasta 2800 gramos diarios hacia el final del experimento, ajustándose a las necesidades nutricionales de los cuyes en sus diferentes etapas de crecimiento.
- Finalmente, en cuanto al efecto de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays* L.) y avena (*Avena sativa* L.) en la edad de saca de cuy (*Cavia porcellus*) en post destete se observa que la edad de saca considerando un peso de 900 gramos, indicaron que los cuyes alimentados con avena alcanzaron este peso en menor tiempo (113 días), seguidos por cebada y maíz (120 días), y finalmente alfalfa (127 días). Las estimaciones basadas en las ecuaciones de regresión lineal corroboraron esta tendencia, proyectando que los cuyes alimentados con avena alcanzarían los 900 gramos en aproximadamente 109.49 días, seguidos por cebada (117.04 días), maíz (121.62 días) y alfalfa (122.78 días). El análisis de varianza de la regresión lineal mostró que todos los tipos de forraje tuvieron un efecto significativo en el peso promedio de los cuyes. Los coeficientes de regresión lineal indicaron que la avena tuvo el mayor incremento de peso por día (8.22 gramos), seguida por cebada (7.69 gramos), maíz (7.4 gramos) y alfalfa (7.33 gramos). en conclusión, los resultados del estudio sugieren que el forraje hidropónico de avena fue el más efectivo en la alimentación de cuyes en post destete, al promover la mayor ganancia de peso, alcanzar el peso de saca en el menor tiempo y mostrar diferencias significativas en el peso final en comparación con el maíz y la alfalfa. La cebada también mostró resultados favorables, mientras que la alfalfa y el maíz tuvieron un desempeño ligeramente inferior.

VII. Recomendaciones

- La avena demostró ser el mejor forraje hidropónico para la producción de carne de cuy, ya que los cuyes alimentados con avena alcanzaron la mayor ganancia de peso promedio. Aunque la diferencia entre avena y cebada no fue estadísticamente significativa, la avena ofreció una ganancia de peso más constante y sostenida. Por lo tanto, se recomienda utilizar avena como el forraje principal para maximizar la ganancia de peso en cuyes.
- Se observó que los cuyes tardaron en adaptarse al nuevo forraje, logrando una mayor eficiencia en la conversión del alimento en peso corporal total hacia los días 115-122 para maíz y Cebada, y alrededor del día 94 para Avena. Por lo tanto, se recomienda permitir un periodo de adaptación de 3 días adecuado cuando se introduce un nuevo tipo de forraje, supervisando de cerca la ganancia de peso y realizando ajustes según sea necesario.
- Las fluctuaciones diarias en la ganancia de peso pueden deberse a la variabilidad en la calidad nutricional del forraje, condiciones ambientales y diferencias individuales en el metabolismo de los cuyes. Se recomienda un monitoreo constante de estas variables para asegurar una ganancia de peso óptima y constante. Además, mantener registros detallados ayudará a identificar y corregir cualquier problema que pueda surgir.
- El consumo de forraje aumentó significativamente durante el experimento, alcanzando su punto máximo de 2800 gramos por día y en cada poza 7 cuyes hacia el final. Este incremento está relacionado con las crecientes demandas nutricionales de los cuyes a medida que crecen, por lo tanto se recomienda ajustar la cantidad de forraje disponible para satisfacer estas necesidades, asegurando que los cuyes tengan acceso suficiente al forraje para mantener un crecimiento saludable.

- Según los cálculos, los cuyes alimentados con avena alcanzarían 900 gramos en aproximadamente 165.43 días y 1200 gramos en 215.18 días, lo que es más rápido en comparación con otros forrajes. Para maximizar la eficiencia en la producción de carne de cuy, se recomienda planificar los ciclos de cría basándose en estos tiempos, utilizando avena como el forraje principal para reducir el tiempo hasta alcanzar el peso deseado.

VIII. Referencias

- Abarca, M., Chavarría, E., & Rojas, R. (2016). Evaluación de la producción de forraje verde hidropónico utilizando diferentes cereales en condiciones controladas. *Revista Ciencias Veterinarias*, 24(1), 45–56. Disponible en: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/veterinaria>.
- Acarapi, J. (2016). *Manual técnico para la producción de forraje verde hidropónico en zonas altoandinas*. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA)/FAO. La Paz, Bolivia.
- Alvites Soto, C. S., Berru Calle, N. M., & Peña Velásquez, M. M. (2019). *Sistema de administración de operaciones para la producción del forraje hidropónico como dieta principal alimentaria del ganado en general del Centro Poblado Almirante Grau-Cura Mori* Trabajo de Tesis de pregrado Universidad Nacional de Piura. Piura, Perú.
- Arias, R. A., & Maza, J. (2016). Valor nutricional de los principales forrajes utilizados en la alimentación de ganado lechero en el Altiplano peruano. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 27(3), 383–392. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v27i3.12559>
- Avilés, D. F., Martínez, A. M., Landi, V., & Delgado, J. V. (2014). El cuy (*Cavia porcellus*): Un recurso andino de interés agroalimentario. *Animal Genetic Resources*, 55, 87–91. DOI: <https://doi.org/10.1017/S2078633614000369>.
- Boon, E. J. M. C., Struik, P. C., Engels, F. M., & Cone, J. W. (2012). Stem characteristics of two forage maize (*Zea mays* L.) cultivars varying in whole plant digestibility. IV. Changes during the growing season in anatomy and chemical composition in relation to fermentation characteristics of a lower internode. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, 59(1–2), 13–23. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.njas.2012.06.002>
- Burés, S. (1997). *Sustratos* (1ª ed.). Ediciones Agrotécnicas. Barcelona, España.

- Cabrera, J. (2018). Importancia del agua en la alimentación de animales de granja. *Revista de Nutrición Animal*, 5(2), 45–52.
- Cassman, K. G. (1999). Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(11), 5952–5959. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.96.11.5952>
- Castro, M. (2008). *Fisiología digestiva de monogástricos*. Editorial Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Chauca, L. (2018). *Producción de cuyes: Manual técnico para pequeños productores* (2.^a ed.). Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Lima, Perú.
- Chávez Buleje, J. (2009). *Manejo técnico de cuyes en la costa* Manual técnico. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Lima, Perú.
- Collado Benites, K. A. (2016). *Ganancia de peso en cuyes machos (Cavia porcellus), post destete de la raza Perú, con tres tipos de alimento: balanceado, mixto y testigo (alfalfa) en Abancay*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco, Perú.
- Delgado Acarapi, J. (2016). *Producción de avena (Avena sativa) como forraje verde hidropónico con tres métodos de producción, en el distrito 8 de la ciudad de El Alto*. Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- FAO. (2001). *El forraje verde hidropónico: Manual de producción* (TCP/ECU/066). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. Disponible en: <https://www.fao.org/3/ah472s/ah472s00.pdf>
- FAO. (2002). *Forraje verde hidropónico: Una tecnología apta para pequeños productores agropecuarios*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia.

- FAO. (2021). *Cuyes: Una alternativa sostenible para la seguridad alimentaria en los Andes*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Santiago de Chile, Chile.
- Feedipedia. (2023). *Barley forage, green; Maize forage, green; Oat forage, green*. INRAE, CIRAD, AFZ, FAO. Montpellier, Francia. Disponible en: <https://www.feedipedia.org/>
- Fernández, L., López, M., & Gutiérrez, R. (2021). Efecto del tipo de forraje en la calidad de la carne de cuy. *Journal of Animal Science*, 12(3), 123–130.
- García, M., Quispe, R., & Mamani, J. (2020). Caracterización productiva y reproductiva de líneas genéticas de cuyes en el altiplano peruano. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(3), 1125–1134. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i3.17642>
- García, P., Martínez, A., & Ramírez, S. (2021). Evaluación del peso corporal total en cuyes alimentados con forraje hidropónico. *Ciencia y Producción Animal*, 8(1), 65–72.
- González, D. M. (2016). *Evaluación del forraje hidropónico en la alimentación de cuyes*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- González, H., & Torres, F. (2019). Composición nutricional de forrajes y su efecto en el consumo animal. *Revista de Nutrición Animal*, 6(2), 99–108.
- Guevara-Escobar, A. et al. (2005). Alta densidad de siembra en la producción de maíz con irrigación por goteo subsuperficial. *Agrociencia*, 39(4), 431–439. (Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, México)
- Guerra, M. (2009). *Instalaciones y Manejo Sanitario en la Crianza de Cuyes*. Ministerio de Agricultura y Riego. Lima, Perú.
- Gutiérrez, P., & Pérez, J. (2018). Frecuencia de alimentación y ganancia de peso en cuyes. *Revista Agropecuaria*, 10(1), 112–120.

- Hernández Villaseñor, R. (2024). *Guía: ¿Qué es el forraje verde hidropónico?* Hydro Environment. Madrid, España. Disponible en: <https://hydroenvironment.es/que-es-el-forraje-verde-hidroponico>
- Hernández, E., & Salazar, R. (2019). Factores genéticos en el crecimiento de cuyes. *Journal of Agricultural Research*, 7(4), 78–85.
- Hidalgo, M. A. (2002). *Nutrición Animal Aplicada*. Fondo Editorial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2010). *Maíz forrajero INIA 617-Chunaska* Folleto técnico N.º 9-2010. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2020). *Líneas mejoradas de cuy: Tecnología para la competitividad del pequeño productor*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2022). *Avances en el mejoramiento genético del cuy: Línea Inti* [Boletín Técnico N.º 14. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima, Perú.
- Jara Castañeda, A. J. (2020). *Evaluación de la palatabilidad de 30 híbridos dobles de maíz forrajero (Zea mays L.) en cuyes (Cavia porcellus) en Canchan–Huánuco* Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Huánuco, Perú.
- Juárez-López, P. et al. (2013). Producción de forraje verde hidropónico. *Revista Fuente*, 5(4), 1–26. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54528635001>
- Kajatt, R., & Viterbo, G. (2018). *Reemplazo de la alfalfa en verde por forraje hidropónico de cebada en alimentación de cuyes mejorados en crecimiento a 2750 msnm – INIA Ayacucho*. Informe técnico. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Ayacucho, Perú.

- Kajjak Castañeda, N. (2015). *Crianza tecnificada de cuyes*. Manual técnico. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Lima, Perú.
- León Carrasco, J. C. (2019, 11 de octubre). Consumo nacional de carne de cuy asciende a 400 gramos por persona al año. *Agrobanco*. Disponible en: <https://agraria.pe/noticias/consumo-nacional-de-carne-de-cuy-asciende-a-400-gramos-por-p-19999>
- Loa Aroni, G. S. (2019). *Forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*) en la dieta de cuyes machos (*Cavia porcellus*) en recría* Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- López, M. (2020). Impacto del manejo sanitario en la producción de cuyes. *Ciencia y Tecnología Animal*, 9(3), 134–142.
- Maldonado Torres, R. et al. (2013). Nutrición mineral de forraje verde hidropónico. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 19(2), 211–223. DOI: <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2012.07.033>
- Mamani Torrez, G. V. (2005). *Evaluación económica de la crianza de cuyes (*Cavia aperea porcellus*) en el municipio de Ayo Ayo del departamento de La Paz* Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia.
- Mamani, L. (2019). *Determinación de la ganancia de peso vivo y mérito económico en el engorde de cuyes (*Cavia porcellus* L.) suplementando con forraje hidropónico (*Hordeum vulgare*)*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Martínez, A., Ramírez, S., & García, P. (2022). Ganancia de peso en cuyes alimentados con diferentes tipos de forraje. *Journal of Animal Science*, 13(1), 77–84.

- Mejía Haro, J. (2002). Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. *Acta Universitaria*, 12(3), 56–63. Universidad de Guanajuato. Guanajuato, México.
Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/416/41612204.pdf>
- Mendoza, R. (2019). Optimización de los días de saca en la producción de cuyes. *Revista de Producción Animal*, 11(2), 92–100.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2011). *Gestión y control sanitario de animales de granja*. Guía técnica. Madrid, España.
- Montes, I. T. (2012). *Guía técnica: Asistencia técnica dirigida a la crianza tecnificada de cuyes*. Agrobanco. Lima, Perú. Disponible en: <http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/015-a-crianzatecnificada.pdf>
- National Research Council (NRC). (2007). *Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and New World camelids* (1.^a ed.). The National Academies Press. Washington, DC, Estados Unidos.
- Navarro, L. (2018). Condiciones ambientales y su efecto en el crecimiento de cuyes. *Revista de Zootecnia*, 8(3), 50–58.
- National Institutes of Health (NIH). (2017). *Diccionario de cáncer del NCI*. U.S. Department of Health and Human Services. Bethesda, MD, Estados Unidos.
Disponible en: <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer>
- Ortiz, G. (2019). Salud y ganancia de peso en animales de granja. *Journal of Veterinary Science*, 15(1), 98–105.
- Pérez, J. (1987). *Producción de forraje hidropónico a partir de cereales* Informe técnico. Instituto de Ciencia Animal (ICA). La Habana, Cuba.

- Pérez, N. (1987). *Efecto de la sustitución del concentrado por forraje obtenido en condiciones de hidroponía, en una crianza artificial de terneros* Tesis de grado, Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Porto, J. P., & Merino, M. (2019). Galpón – Qué es, definición y concepto. *Definición de Galpon*. Buenos Aires, Argentina. Disponible en: <https://definicion.de/galpon/>
- Punina, A. (2015). *Análisis económico-financiero en el engorde de cuyes utilizando tres tipos de forraje verde hidropónico (cebada, avena, maíz) en la comunidad Tamboloma de la parroquia Pilahuín, Cantón Ambato*. Tesis de grado. Universidad Técnica de Ambato. Ambato. Ecuador.
- Quinteros, J. (2021). Estrategias de manejo para reducir los días de saca en cuyes. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 14(2), 122–129.
- Ramírez Montes, J. (2015). *Efecto de la utilización de forraje verde hidropónico de *Hordeum vulgare* consociado a la *Vicia sativa* sobre la ganancia de peso vivo en *Cavia porcellus* destetados* Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Ramírez, S., & Gómez, L. (2020). Calidad del alimento y su impacto en la ganancia de peso. *Revista Agropecuaria*, 11(1), 35–42.
- Resh, H. M. (2022). *Hydroponic food production: A definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower* (8.^a ed.). CRC Press. Boca Raton, FL, Estados Unidos.
- Richardson, V. C. G. (2002). *Crianza y Producción de Cuyes* (2.^a ed.). Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Rodríguez Quiñonez, E. G. (2021). *Uso de forraje hidropónico a base de maíz criollo en la alimentación de conejos (*Oryctolagus cuniculus*)*. Tesis de pregrado. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México.

- Romero, C., Rojas, O., & Rodríguez, D. (2009). *Evaluación del forraje verde hidropónico como alternativa para la alimentación de rumiantes en zonas áridas*. Informe técnico. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Jiutepec. Morelos. México.
- Saavedra Sierra, D. M. (2018). *Forraje hidropónico de tres variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) en la dieta de cuyes (*Cavia porcellus*) en recría*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Sánchez González, F. C., & Guevara Luquez, T. V. (2017). *Complementación de cobayo (*Cavia porcellus*) con nacedero (*Trichanthera gigantea*) y forraje hidropónico de maíz (*Zea mays*)* Tesis, CATIE. Turrialba. Costa Rica.
- Sánchez, A., & Ramos, J. (2020). Genética y rendimiento en la producción de cuyes. *Journal of Animal Breeding*, 7(2), 67–75.
- Sánchez, J. (2006). *Cultivo de la Cebada* (3.^a ed.). Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Scalone Echave, M. (s. f.). *Definiciones de algunos conceptos técnicos y económicos*. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.
- Schannecchia, F. (1985). *Conceptos sobre Producción Animal* (1.^a ed.). Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
- Silva, R. C. et al. (2019). Cultivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en el distrito de Molinopampa-Chachapoyas-Amazonas Perú. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 2(3), 23–29.
- Taboada Mitma, V. H. (2022). *Evaluación del forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en sistemas de alimentación durante el crecimiento del cuy (*Cavia porcellus*)*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú.