

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE NEGOCIOS
AGRONÓMICOS Y FORESTALES**



TESIS

**Efecto de tres sistemas de alimentación en algunos parámetros
productivos de cuyes (*Cavia porcellus*) en etapa de recría**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Agronomía

PRESENTADO POR:

Delgado Rojas, Katherine Gloria

ASESOR:

Dr. Hinojosa Benavides, Rene Antonio

HUANTA - AYACUCHO

2026

NOMBRE DEL TRABAJO

Efecto de tres sistemas de alimentación en algunos parámetros productivos de cuyes (*Cavia porcellus*) en etapa de recría

AUTOR

Katherine Gloria Delgado Rojas

RECuento DE PALABRAS

24867 Words

RECuento DE CARACTERES

120908 Characters

RECuento DE PÁGINAS

95 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

59.1MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 23, 2026 5:23 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 23, 2026 5:25 AM GMT-5

● **12% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Firmado digitalmente
por HINOJOSA
BENAVIDES Rene
Antonio FAU
20574653798 soft
Fecha: 2026.06.23
06:37:58 -05'00'



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERA DE NEGOCIOS AGRONÓMICOS Y
FORESTALES**

En la ciudad de Huanta, en el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería de Negocios Agronómicos y Forestales del campus universitario de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, ubicado en la autopista Carlos Ch. Hiraoka, desvío a Ccollana, a los 19 días del mes de junio de 2026, siendo las 12:00 horas, se dio inicio al acto académico de sustentación de tesis con la presencia de los miembros del jurado calificador:

Dr. Reynaldo Sucari Leon

Miembro titular 1 (Presidente)

Dr. Genaro Mario Condori Ramos

Miembro titular 2

Dr. Rene Antonio Hinojosa Benavides

Miembro titular 3

Acto seguido se procedió a dar lectura a la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 085-2026-CO-UNAH, en la que señala fecha, hora y designación de jurado evaluador para la sustentación de tesis de la **Bach. Katherine Gloria Delgado Rojas**, con la tesis titulada: **"Efectos de tres sistemas de alimentación en algunos parámetros productivos de cuyes (*Cavia porcellus*) en etapa de recría"**; asesorado por el Dr. Rene Antonio Hinojosa Benavides, para optar el Título profesional de: Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales.

Observaciones:

Ninguna.....
.....
.....

Terminada la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por los miembros del jurado evaluadores, los mismos que fueron defendidos y absueltos por la tesista. Acto seguido se procedió a calificar con el resultado siguiente:

Aprobado Regular	()
Aprobado Bueno	()
Aprobado Muy Buenos	()
Aprobado Excelente	(X)

Con la calificación de *Dieciocho*..... (18)

Siendo las *1:14 p.m.* se da por finalizada el acto académico de sustentación de tesis pasando a firmar los miembros del jurado evaluador.


.....
Dr. Reynaldo Sucari Leon
Miembro Titular 1 (Presidente)


.....
Dr. Genaro Mario Condori Ramos
Miembro Titular 2


.....
Dr. Rene Antonio Hinojosa Benavides
Miembro Titular 3

Efecto de tres sistemas de alimentación en algunos parámetros productivos de cuyes (*Cavia porcellus*) en etapa de recría

TESISTA

Delgado Rojas, Katherine Gloria

ASESOR

Dr. René Antonio Hinojosa Benavides

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación, en primer lugar, a Dios, por brindarme salud, fortaleza y perseverancia para culminar esta etapa académica. Asimismo, a mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante a lo largo de mi formación profesional. De manera especial, dedico este esfuerzo a todas las personas que confiaron en mí y me alentaron a seguir adelante frente a las dificultades, contribuyendo de manera directa e indirecta a la culminación de esta investigación.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, a la Facultad de Ingeniería y Gestión y a la Escuela Profesional de Ingeniería de Negocios Agronómicos y Forestales, por la formación académica recibida y por brindar las condiciones necesarias para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Agradezco de manera especial a mi asesor de tesis, Dr. René Antonio Hinojosa Benavides, por su orientación académica, disponibilidad y valiosos aportes científicos, los cuales fueron fundamentales para la correcta ejecución y culminación de esta investigación.

Asimismo, extiendo mi agradecimiento a los docentes, compañeros y a todas las personas que colaboraron directa o indirectamente en el desarrollo del estudio, ya sea mediante apoyo técnico, logístico o moral, contribuyendo significativamente al logro de los objetivos planteados.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres sistemas de alimentación y del sexo sobre indicadores productivos, de eficiencia alimenticia, de canal y referencias del momento de beneficio mediante modelación de crecimiento en cuyes (*Cavia porcellus*) en etapa de recría, bajo condiciones altoandinas de Ayacucho. Se compararon el forraje verde hidropónico (FVH) de maíz, la alfalfa fresca y el alimento balanceado comercial, considerando consumo de materia seca, ganancia media diaria, índice de conversión alimenticia, rendimiento de canal y parámetros del modelo de Gompertz.

El estudio se desarrolló bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3×2 (sistema de alimentación $\times$ sexo), utilizando 84 cuyes distribuidos en 42 jaulas como unidades experimentales. El consumo fue determinado por jaula en base a materia seca mediante oferta y rechazo. Se registraron peso inicial, peso final, peso de canal y pesos longitudinales. Los datos fueron analizados mediante ANOVA factorial, prueba de Tukey y ajuste del modelo no lineal de Gompertz para estimar parámetros de crecimiento, t_{inf} y t_{90} .

Los resultados mostraron que el sistema de alimentación influyó significativamente en el peso final, consumo de materia seca, ganancia media diaria, índice de conversión alimenticia y en la mayoría de parámetros de crecimiento. El alimento balanceado generó el mayor peso final y la mayor ganancia diaria; el FVH de maíz presentó una respuesta intermedia y conversión favorable, mientras que la alfalfa registró el menor desempeño. El FVH y el balanceado mostraron los menores valores de ICA. El rendimiento de canal se mantuvo cercano al 70 % y no fue afectado por la dieta, el sexo ni su interacción. En Gompertz, el balanceado presentó mayor peso asintótico, tasa de maduración y velocidad máxima de crecimiento, además de alcanzar antes el t_{90} . Se concluye que el balanceado produjo la mejor respuesta productiva, mientras que el FVH de maíz constituye una alternativa técnicamente viable para la recría, aunque su recomendación práctica debe complementarse con evaluación económica.

Palabras clave: cuyes, sistemas de alimentación, forraje verde hidropónico, materia seca, conversión alimenticia, rendimiento de canal, Gompertz.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of three feeding systems and sex on productive performance, feed efficiency, carcass traits, and slaughter-time references estimated through growth modeling in growing guinea pigs (*Cavia porcellus*) under high-Andean conditions in Ayacucho, Peru. Hydroponic green maize fodder (HGF), fresh alfalfa, and commercial balanced feed were compared by assessing dry matter intake, average daily gain, feed conversion ratio, carcass yield, and Gompertz growth parameters.

A completely randomized design with a 3×2 factorial arrangement (feeding system $\times$ sex) was used, with 84 guinea pigs distributed into 42 cages as experimental units. Feed intake was measured at cage level on a dry matter basis using the offer-refusal method. Initial body weight, final body weight, carcass weight, and longitudinal body weight records were collected. Data were analyzed using factorial ANOVA, Tukey's test, and the Gompertz nonlinear growth model to estimate growth parameters, t_{inf} , and t_{90} .

The results showed that feeding system significantly affected final body weight, dry matter intake, average daily gain, feed conversion ratio, and most growth parameters. Commercial balanced feed produced the highest final body weight and average daily gain; hydroponic green maize fodder showed an intermediate response and favorable feed conversion, whereas fresh alfalfa showed the lowest productive performance. HGF and balanced feed had the lowest feed conversion ratios. Carcass yield remained close to 70 % and was not affected by feeding system, sex, or their interaction. In the Gompertz model, balanced feed resulted in higher asymptotic weight, maturation rate, and maximum growth velocity, and reached t_{90} earlier. It is concluded that balanced feed produced the best productive response, while hydroponic green maize fodder represents a technically viable feeding alternative for the growing stage, although its practical recommendation should be complemented with an economic evaluation.

Keywords: guinea pigs, feeding systems, hydroponic green fodder, dry matter, feed conversion ratio, carcass yield, Gompertz.

ÍNDICE

RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
ÍNDICE	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	17
1.1 Planteamiento del problema	17
1.2 Formulación del problema	18
1.2.1 Problema general	18
1.2.2 Problemas específicos	19
1.3 Objetivos	19
1.3.1 Objetivo general	19
1.3.2 Objetivos específicos	19
1.4 Justificación e importancia	19
1.4.1 Justificación teórica	19
1.4.2 Justificación práctica	20
1.4.3 Justificación metodológica	20
1.4.4 Justificación científica	20
1.4.5 Justificación económica	20
1.4.6 Justificación social	21
1.4.7 Importancia	21

1.5	Hipótesis	21
1.5.1	Hipótesis general	21
1.5.2	Hipótesis específicas	21
1.6	Variables del estudio	22
1.6.1	Variables independientes	22
1.6.2	Variables dependientes	22
1.6.3	Variables de control	22
1.7	Operacionalización de variables	24
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO		26
2.1	Antecedentes	26
2.1.1	Internacional	26
2.1.2	Nacional	27
2.1.3	Local	28
2.2	Bases teóricas	29
2.2.1	Fisiología digestiva del cuy	29
2.2.2	Requerimientos nutricionales en cría	30
2.2.3	Consumo en base materia seca	30
2.2.4	Forraje verde hidropónico de maíz	31
2.2.5	Alfalfa fresca	31
2.2.6	Alimento balanceado comercial	32
2.2.7	Crecimiento del cuy	33
2.2.8	Modelo Gompertz en producción animal	33
2.2.9	Indicadores de eficiencia productiva	34
2.3	Definición de términos	35
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA		37
3.1	Enfoque, tipo y nivel de investigación	37

3.2	Ámbito espacial y condiciones del estudio	37
3.3	Temporalidad y fases del estudio	38
3.4	Diseño experimental	39
3.5	Población, muestra y unidad experimental	39
3.5.1	Producción de FVH de maíz y control de calidad	40
3.6	Registro de datos y frecuencia de medición	40
3.7	Cálculo de indicadores	41
3.8	Determinación del rendimiento a la canal	41
3.9	Modelamiento de crecimiento (Gompertz)	41
3.10	Análisis estadístico	42
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		43
4.1	Resultados	43
4.1.1	En respuesta al objetivo general	43
4.1.2	En respuesta al primer objetivo específico	45
4.1.3	En respuesta al segundo objetivo específico	48
4.1.4	En respuesta al tercer objetivo específico	49
4.2	Discusión	53
4.2.1	Efecto general de la dieta y el sexo	53
4.2.2	Consumo y ganancia de peso	53
4.2.3	Conversión alimenticia y canal	54
4.2.4	Crecimiento y momento de beneficio	55
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES		56
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES		57
CAPÍTULO VII. REFERENCIAS		58
ANEXOS		64

7.1	Anexo 1. Panel fotográfico	64
7.1.1	Supervisión del asesor en el galpón experimental de cuyes	64
7.1.2	Verificación de la balanza y supervisión del asesor	64
7.1.3	Fase agronómica: producción de forraje verde hidropónico de maíz	65
7.1.4	Fase experimental: instalaciones, manejo y suministro de tratamientos	71
7.1.5	Fase de beneficio y evaluación de la respuesta productiva	72
7.2	Anexo 2. Registros experimentales	75
7.3	Anexo 3. Script R resumido del análisis estadístico	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1.	Interacción entre el sistema de alimentación y el sexo para los indicadores productivos, de eficiencia y de canal. Los puntos representan medias estimadas y las barras sus intervalos de confianza del 95 %.	45
Figura 4.2.	Distribución del peso vivo final, consumo total de materia seca y ganancia media diaria por tratamiento y sexo. Los puntos corresponden a jaulas independientes y los rombos representan las medias.	47
Figura 4.3.	Índice de conversión alimenticia y rendimiento de canal por tratamiento y sexo. Los puntos representan jaulas independientes y los rombos las medias de cada combinación.	49
Figura 4.4.	Curvas de crecimiento ajustadas mediante el modelo de Gompertz por tratamiento y sexo. Los símbolos representan los pesos observados y las bandas los intervalos de confianza del 95 %.	50
Figura 4.5.	Distribución de los parámetros del modelo de Gompertz por tratamiento y sexo. Los puntos muestran estimaciones por jaula y los símbolos centrales representan las medias con sus intervalos de confianza del 95 %.	51
Figura 7.1.	Supervisión del galpón y verificación de tratamientos	64
Figura 7.2.	Verificación de balanza y supervisión del pesaje	64
Figura 7.3.	Selección sanitaria de semillas para FVH de maíz.	65
Figura 7.4.	Depuración de semillas no germinadas en bandejas.	65
Figura 7.5.	Módulo vertical protegido para crecimiento del FVH.	66
Figura 7.6.	Verificación del crecimiento mediante medición de plántulas.	67
Figura 7.7.	Control de altura del dosel previo al corte.	68
Figura 7.8.	FVH de maíz listo para cosecha y suministro.	69
Figura 7.9.	Pan de FVH con raíces integradas y granos germinados.	70
Figura 7.10.	Supervisión del protocolo de producción y suministro.	71
Figura 7.11.	Consumo del FVH y organización de jaulas experimentales.	71
Figura 7.12.	Pesaje final individual de cuyes por tratamiento.	72
Figura 7.13.	Pesaje de canal para cálculo del rendimiento cárnico.	73
Figura 7.14.	Pesaje de fracciones no comestibles del beneficio.	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.	Operacionalización resumida de las variables del estudio	24
Tabla 3.1.	Cronograma general del estudio y actividades principales.	38
Tabla 3.2.	Distribución factorial de unidades experimentales y animales por tratamiento y sexo.	39
Tabla 4.1.	Verificación de los supuestos para las variables productivas finales	43
Tabla 4.2.	ANOVA factorial del efecto del sistema de alimentación, sexo e interacción sobre las variables finales	44
Tabla 4.3.	Peso final, consumo total de materia seca y ganancia media diaria por trata- miento y sexo	46
Tabla 4.4.	Agrupamiento de medias mediante Tukey para peso final, consumo de materia seca y ganancia media diaria	46
Tabla 4.5.	Índice de conversión alimenticia y rendimiento de canal por tratamiento y sexo	48
Tabla 4.6.	Agrupamiento de medias mediante Tukey para el índice de conversión ali- menticia y el rendimiento de canal	48
Tabla 4.7.	Parámetros del modelo de Gompertz y referencias del beneficio por trata- miento y sexo	50
Tabla 4.8.	ANOVA factorial de los parámetros y referencias derivados del modelo de Gompertz	52
Tabla 7.1.	Datos productivos y de canal registrados por animal	76
Tabla 7.2.	Pesos observados de los cuyes durante el periodo experimental	80
Tabla 7.3.	Consumo semanal de materia seca por jaula durante el ensayo	88
Tabla 7.4.	Base analítica consolidada por unidad experimental	92

INTRODUCCIÓN

La crianza de cuyes (*Cavia porcellus*) constituye una actividad pecuaria de importancia alimentaria, económica y sociocultural en los sistemas productivos altoandinos. En Ayacucho, esta especie representa una fuente estratégica de proteína animal y de ingresos para pequeños y medianos productores. Dentro del ciclo productivo, la etapa de recría es determinante, debido a que en ella se consolida el crecimiento, la eficiencia de utilización del alimento y el desempeño posterior al beneficio.

La alimentación es uno de los factores que más influye en el peso final, el consumo de materia seca, la ganancia media diaria, el índice de conversión alimenticia y la dinámica de crecimiento del cuy. Sin embargo, en zonas altoandinas, la disponibilidad de forrajes puede verse afectada por la estacionalidad, el déficit hídrico y el costo de los insumos, lo que hace necesario evaluar alternativas alimenticias que permitan sostener la productividad y mejorar la eficiencia del sistema.

El forraje verde hidropónico (FVH) de maíz surge como una alternativa para producir biomasa vegetal en periodos cortos, espacios reducidos y bajo condiciones controladas. No obstante, su valor real debe evaluarse en base a materia seca y compararse experimentalmente con fuentes tradicionales como la alfalfa fresca y con dietas de mayor uniformidad nutricional, como el alimento balanceado comercial.

En este contexto, la presente investigación evaluó el efecto de tres sistemas de alimentación: FVH de maíz, alfalfa fresca y alimento balanceado comercial, considerando además el sexo de los cuyes. Se analizaron indicadores productivos, de eficiencia alimenticia, de canal y parámetros de crecimiento estimados mediante el modelo de Gompertz, con el propósito de generar evidencia técnica útil para la toma de decisiones en la crianza tecnificada de cuyes bajo condiciones altoandinas de Ayacucho.

CAPÍTULO I.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La producción animal enfrenta el reto de mantener sistemas alimentarios más eficientes y resilientes frente al cambio climático, la variabilidad hídrica y el incremento de los costos de los insumos. Estos factores afectan directamente la disponibilidad de forrajes convencionales y obligan a buscar alternativas de alimentación que permitan sostener la productividad con menor dependencia de suelo agrícola y agua (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021; Pörtner et al., 2022; OECD and Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023). En este contexto, el forraje verde hidropónico (FVH) ha sido propuesto como una alternativa para producir biomasa fresca en periodos cortos, con uso controlado de agua y posibilidad de implementación en espacios reducidos; sin embargo, su valor real depende de la especie animal, del tipo de semilla, del manejo productivo y de su comparación con sistemas tradicionales de alimentación (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2001a; Naik et al., 2015; Pastorelli et al., 2024a).

A nivel nacional, la crianza de cuyes (*Cavia porcellus*) constituye una actividad pecuaria relevante por su aporte alimentario, económico y sociocultural, especialmente en familias rurales y pequeños productores. No obstante, la eficiencia de la recría depende en gran medida de la calidad nutricional de la dieta, del consumo de materia seca, de la ganancia de peso, del índice de conversión alimenticia y del rendimiento de canal (Chauca de Zaldívar, 1997; Chauca Francia, 2020; Reynaga Rojas et al., 2020). Estudios desarrollados en el Perú evidencian que los sistemas de alimentación influyen en el comportamiento productivo de los cuyes, pero los resultados pueden variar según el tipo de forraje, el uso de balanceado, la raza, el sexo, la edad y las condiciones agroecológicas donde se realiza la crianza (Huaman et al., 2021a; Castro-Bedriñana and Chirinos-Peinado, 2021; Alagón et al., 2024).

En el contexto de Ayacucho, la producción de cuyes se desarrolla bajo condiciones altoandinas donde la estacionalidad forrajera, el déficit hídrico y la limitada disponibilidad de pastos de calidad pueden afectar la continuidad y rentabilidad de la alimentación animal. Los reportes de riesgo y emergencia por déficit hídrico en el departamento evidencian la vulnerabilidad de la región frente a sequías y restricciones de agua, situación que compromete la producción de alfalfa y otros forrajes convencionales (Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) and Instituto Na-

cional de Defensa Civil (INDECI), 2023; Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), 2025). Aunque existen antecedentes locales sobre alimentación de cuyes y producción de forraje hidropónico, aún se requiere generar evidencia experimental que compare, bajo las mismas condiciones de manejo, el FVH de maíz, la alfalfa fresca y el alimento balanceado comercial en cuyes en etapa de recría (Ayala Pérez, 2014; Huayhua Quicaño, 2020; Robles Kajatt, 2018; Machaca-Tomaylla, 2021).

El problema principal radica en la limitada información local sobre cuál sistema de alimentación permite obtener mejores indicadores productivos, de eficiencia alimenticia, de canal y de crecimiento en cuyes en recría bajo condiciones altoandinas de Ayacucho. Esta situación se relaciona con varias causas: la variabilidad nutricional de los forrajes frescos, la dependencia de la alfalfa en épocas de disponibilidad irregular, el costo del alimento balanceado, la escasa evaluación del FVH de maíz como alternativa práctica y la falta de análisis que incorporen simultáneamente el efecto del sistema de alimentación y del sexo sobre el desempeño animal. En consecuencia, los productores pueden tomar decisiones alimentarias sin suficiente respaldo técnico local, lo que puede traducirse en menor ganancia de peso, mayor conversión alimenticia, menor rendimiento de canal y uso ineficiente de los recursos disponibles (McDonald et al., 2011; Huaman et al., 2021a; Cuenca Condoy et al., 2023).

Frente a esta problemática, la presente investigación aporta evidencia experimental para evaluar comparativamente tres sistemas de alimentación: FVH de maíz, alfalfa fresca y alimento balanceado comercial, considerando además el efecto del sexo en cuyes en etapa de recría. Sus resultados permitirán identificar el sistema con mejor respuesta productiva y eficiencia alimenticia, valorar la pertinencia del FVH de maíz como alternativa frente a escenarios de estacionalidad forrajera y déficit hídrico, y generar información útil para mejorar la toma de decisiones en la crianza tecnificada de cuyes en Ayacucho. De esta manera, el estudio contribuirá a optimizar el manejo alimentario, fortalecer la sostenibilidad productiva y proponer alternativas adaptadas a las condiciones locales de pequeños y medianos productores (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2001b; Pastorelli et al., 2024b; Huaman et al., 2021b; Vega-Vilca et al., 2023b).

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

- ¿Cuál es el efecto de tres sistemas de alimentación (FVH de maíz, alfalfa y balanceado comercial) y del sexo sobre la eficiencia productiva (CMS, GMD, ICA y canal) y sobre

puntos de referencia del momento de beneficio estimados mediante modelación no lineal del crecimiento en cuyes durante la recría?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo varían el consumo de materia seca y la ganancia media diaria por dieta y sexo en cuyes de recría?
- ¿Qué diferencias existen en el ICA y el rendimiento de canal entre dietas, considerando el efecto del sexo?
- ¿Qué valores de t_{inf} y/o t_{90} (modelo Gompertz) se estiman por dieta y sexo como referencias técnicas para el beneficio?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de tres sistemas de alimentación (FVH de maíz, alfalfa y balanceado comercial) y del sexo sobre indicadores productivos, de eficiencia alimenticia, de canal y referencias del momento de beneficio mediante modelación de crecimiento en cuyes en recría.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el consumo total (base MS) y la ganancia media diaria por dieta y sexo en cuyes en recría.
- Determinar el ICA y el rendimiento de canal por dieta y sexo en cuyes en recría.
- Estimar parámetros de crecimiento y puntos de referencia del beneficio (t_{inf} , t_{90}) mediante el ajuste de modelos no lineales (Gompertz) por dieta y sexo.

1.4 Justificación e importancia

1.4.1 Justificación teórica

La investigación aporta evidencia sobre el desempeño productivo de cuyes en recría bajo condiciones altoandinas, incorporando la modelación de crecimiento mediante un enfoque no lineal. El ajuste de curvas (p. ej., Gompertz) permite caracterizar parámetros biológicos y derivar puntos de referencia que contribuyen a decisiones productivas basadas en criterios técnicos (Noguera et al., 2008; Tapie et al., 2024a; Vega-Vilca et al., 2023a). Asimismo, al contextualizar la alimentación bajo restricción hídrica y variabilidad climática,

el estudio se alinea con desafíos de adaptación de los sistemas agroalimentarios (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021; Pörtner et al., 2022).

1.4.2 Justificación práctica

El trabajo evalúa el potencial del FVH de maíz como alternativa para estabilizar la oferta de alimento en periodos de escasez estacional, bajo un protocolo de manejo uniforme (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2001a). La comparación con dietas tradicionales permitirá sustentar decisiones de alimentación en recría con base en desempeño y eficiencia (Huaman et al., 2021a; Huayhua Quicaño, 2020).

1.4.3 Justificación metodológica

La investigación fortalece la replicabilidad al estandarizar el proceso de producción del FVH (selección, desinfección, germinación, cosecha uniforme) y al definir la unidad experimental conforme al registro de consumo. El uso de consumo por oferta–rechazo expresado en base MS, junto con pesajes en horarios constantes y el cálculo de indicadores por unidad experimental, mejora la comparabilidad entre tratamientos (Huaman et al., 2021a). La estandarización de higiene del material germinado es coherente con lineamientos de inocuidad aplicables a brotes y productos afines (Codex Alimentarius Commission, 2003; World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023).

1.4.4 Justificación científica

El estudio generará evidencia cuantitativa sobre la eficiencia comparada de dietas (FVH, alfalfa y balanceado) y su relación con variables de canal en recría. Además, la discusión incorporará antecedentes sobre respuestas reportadas para FVH bajo distintos manejos, con el fin de interpretar la pertinencia biológica del sistema de alimentación (Cuenca Condoy et al., 2023; Arif et al., 2023).

1.4.5 Justificación económica

Dado que la alimentación concentra una fracción importante del costo operativo, identificar dietas con mejor eficiencia biológica (menor ICA y mayor rendimiento de canal) aporta insumos para decisiones con impacto económico (Ayala Pérez, 2014; Chauca Francia, 2020). La estimación formal de rentabilidad requiere costos locales detallados; por ello, el estudio aporta la base productiva necesaria para análisis económicos complementarios.

Asimismo, ante volatilidad de insumos, la comparación de dietas contribuye con evidencia técnica útil para el sector (OECD and Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023)

1.4.6 Justificación social

La crianza de cuyes es relevante para la seguridad alimentaria andina; mejorar la eficiencia alimenticia contribuye a la disponibilidad sostenida de proteína animal en hogares rurales (Chauca de Zaldívar, 1997). En escenarios de mayor riesgo climático, evaluar alternativas de oferta estable puede fortalecer la resiliencia de sistemas familiares con limitación de agua y espacio (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2001a; Pörtner et al., 2022).

1.4.7 Importancia

La relevancia del estudio radica en integrar evidencia comparativa de eficiencia productiva y de canal, estandarización de manejo del FVH y modelación de crecimiento para orientar decisiones de alimentación y beneficio en cuyes en recría bajo condiciones de Ayacucho. Los resultados podrán servir como base para asistencia técnica y mejoras de manejo en sistemas familiares (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), 2025; Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) and Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), 2023; Chauca Francia, 2020).

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

El sistema de alimentación —forraje verde hidropónico de maíz, alfalfa y alimento balanceado comercial—, el sexo y la interacción entre ambos factores influyen significativamente en los indicadores productivos, la eficiencia alimenticia, el rendimiento de canal y los parámetros de crecimiento de cuyes en etapa de recría.

1.5.2 Hipótesis específicas

- El sistema de alimentación, el sexo y la interacción sistema de alimentación $\times$ sexo influyen significativamente en el consumo total de materia seca y en la ganancia media diaria de cuyes en etapa de recría.
- El sistema de alimentación, el sexo y la interacción sistema de alimentación $\times$ sexo influyen

significativamente en el índice de conversión alimenticia y en el rendimiento de canal de cuyes en etapa de recría.

- El sistema de alimentación, el sexo y la interacción sistema de alimentación $\times$ sexo influyen significativamente en los parámetros del modelo de Gompertz y en los puntos de referencia para el beneficio, expresados mediante t_{inf} y t_{90} , en cuyes en etapa de recría.

1.6 Variables del estudio

Las variables se definieron de forma consistente con el diseño factorial 3×2 (Tratamiento $\times$ Sexo) y con la unidad experimental (jaula con 2 animales del mismo sexo), dado que el consumo se registró por oferta–rechazo a nivel de jaula.

1.6.1 Variables independientes

- **Sistema de alimentación (A):** dieta suministrada durante la recría.

T1: FVH de maíz.

T2: Alfalfa fresca.

T3: Balanceado comercial.

- **Sexo (B):** machos y hembras.

1.6.2 Variables dependientes

- **Peso vivo final (PF, g):** peso al día 86 del periodo experimental.
- **Ganancia media diaria (GMD, g/día):** $\frac{PF - PI}{86}$.
- **Consumo de materia seca (CMS, g):** oferta menos rechazo expresado en base MS (AOAC 934.01).
- **Índice de conversión alimenticia (ICA):** $\frac{CMS}{\Delta PV}$.
- **Rendimiento de canal (%):** $\frac{P_{canal}}{PV_{beneficio}} \times 100$, con definición operativa de canal según el protocolo de beneficio.
- **Parámetros de crecimiento (Gompertz):** A , B , K y puntos de referencia derivados:
 - t_{inf} (edad al punto de inflexión): $t_{inf} = \frac{\ln(B)}{K}$.
 - t_{90} (edad cuando $W(t) = 0.90A$): $t_{90} = \frac{\ln(B / \ln(1/0.90))}{K}$.

1.6.3 Variables de control

- **Unidad experimental:** jaula con dos cuyes del mismo sexo; el consumo se registró por jaula.

- **Homogeneidad inicial:** animales con edad comparable, peso inicial homogéneo y buen estado sanitario.
- **Manejo experimental:** alojamiento, densidad, comederos, bebederos, limpieza y sanidad bajo condiciones uniformes.
- **Medición:** registros y pesajes realizados en horarios constantes.
- **Agua:** suministro *ad libitum*.

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1.1. Operacionalización resumida de las variables del estudio

Variable	Indicador / criterio de medición	Fórmula o criterio operativo	Unidad o escala
Variables independientes			
Sistema de alimentación	Tratamiento alimenticio asignado a cada unidad experimental.	T1 = forraje verde hidropónico de maíz. T2 = alfalfa fresca. T3 = alimento balanceado comercial.	Nominal
Sexo	Condición biológica de los cuyes evaluados.	Macho. Hembra.	Nominal
Variables dependientes			
Peso vivo y crecimiento productivo	Peso inicial, peso final, ganancia total y ganancia media diaria.	Ganancia total = $PF - PI$ $GMD = \frac{PF - PI}{86}$	g g/día
Consumo de materia seca	Consumo total de alimento en base seca por unidad experimental.	$CMS = \sum [(O \times MS_O) - (R \times MS_R)]$	g MS/UE
Eficiencia alimenticia	Índice de conversión alimenticia. Un menor valor indica mayor eficiencia.	$ICA = \frac{CMS}{\Delta PV}$	g MS/g ganado
Rendimiento de canal	Relación porcentual entre el peso de canal y el peso vivo al beneficio.	$RC = \frac{P_{canal}}{PV_{beneficio}} \times 100$	%

Variable	Indicador / criterio de medición	Fórmula o criterio operativo	Unidad o escala
Crecimiento modelado mediante Gompertz	Parámetros de crecimiento y puntos de referencia para el beneficio.	$W(t) = A \exp[-B \exp(-Kt)]$	g
		$t_{\text{inf}} = \frac{\ln(B)}{K}$	días
		$t_{90} = \frac{\ln [B / \ln(1/0.90)]}{K}$	
Variables de control			
Unidad experimental y homogeneidad inicial	Jaula, número de animales, edad, peso inicial y condición sanitaria.	42 unidades experimentales.	Registro experimental
		2 cuyes por jaula.	
		Peso inicial homogéneo.	
		Animales clínicamente sanos.	
Manejo, alojamiento y sanidad	Condiciones uniformes de crianza durante el periodo experimental.	Misma densidad por jaula.	Bitácora / checklist
		Mismo tipo de comedero y bebedero.	
		Agua <i>ad libitum</i> .	
		Rutina de limpieza y horario de registro constantes.	
Calidad del alimento suministrado	Condición física, sanitaria y contenido de materia seca del alimento ofrecido.	Control diario del alimento ofrecido y rechazado.	Registro de alimentación
		Verificación de color, olor y ausencia visible de mohos.	
		Determinación de materia seca.	

Nota. UE = unidad experimental; FVH = forraje verde hidropónico; MS = materia seca; O = alimento ofrecido; R = alimento rechazado; MS_O = materia seca del alimento ofrecido; MS_R = materia seca del residuo; PF = peso final; PI = peso inicial; GMD = ganancia media diaria; CMS = consumo de materia seca; ICA = índice de conversión alimenticia; RC = rendimiento de canal; PV = peso vivo.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Internacional

Bindelle et al. (2007), en la República Democrática del Congo, desarrollaron el artículo científico titulado *Voluntary intake, chemical composition and in vitro digestibility of fresh forages fed to guinea pigs in periurban rearing systems of Kinshasa*. El objetivo fue evaluar el consumo voluntario, la composición química y la digestibilidad *in vitro* de diferentes forrajes frescos suministrados a cuyes en sistemas de crianza periurbanos. La metodología consistió en comparar diversas especies forrajeras mediante mediciones de consumo, análisis químico y pruebas de digestibilidad. Los resultados evidenciaron diferencias en la aceptación, palatabilidad y valor nutritivo de los forrajes evaluados. Los autores concluyeron que la selección del forraje debe considerar su disponibilidad, calidad nutricional y capacidad de consumo por parte de los animales. Este antecedente es importante porque demuestra que el tipo de forraje influye directamente en la respuesta alimenticia del cuy.

Sánchez González and Guevara Luquez (2020), en Nicaragua, realizaron el trabajo de graduación titulado *Complementación de cobayo (Cavia porcellus) con nacedero (Trichanthera gigantea) y forraje verde hidropónico de maíz (Zea mays)*. El objetivo fue evaluar el uso de nacedero y forraje verde hidropónico de maíz como complemento alimenticio en cobayos. La investigación fue de tipo experimental y comparó tratamientos alimenticios mediante variables relacionadas con el comportamiento productivo. Los resultados mostraron que el forraje verde hidropónico de maíz puede utilizarse como fuente complementaria de alimento, debido a su aporte de biomasa fresca y a su utilidad en sistemas de producción animal. Se concluyó que el FVH de maíz representa una alternativa viable para mejorar la disponibilidad de forraje en condiciones donde el alimento convencional es limitado.

Cuenca Condoy et al. (2023), en Ecuador, publicaron el artículo científico titulado *Impacto de forraje hidropónico y microorganismos eficientes en cuyes: parámetros productivos, hematológicos y bioquímicos nutricionales*. El objetivo fue evaluar

el efecto del forraje hidropónico y de los microorganismos eficientes sobre parámetros productivos, hematológicos y bioquímicos en cuyes. La metodología correspondió a un estudio experimental en el que se evaluaron variables como consumo de alimento, incremento de peso, conversión alimenticia, mortalidad, rendimiento de materia seca, digestibilidad y parámetros sanguíneos. Los resultados evidenciaron que el uso de forraje hidropónico favoreció la disponibilidad de biomasa y presentó efectos sobre indicadores productivos y nutricionales. Los autores concluyeron que el forraje hidropónico puede constituir una alternativa de suplementación en la alimentación de cuyes.

2.1.2 Nacional

Reynaga Rojas et al. (2020), en Perú, desarrollaron el artículo científico titulado *Sistemas de alimentación mixta e integral en la etapa de crecimiento de cuyes (Cavia porcellus) de las razas Perú, Andina e Inti*. El objetivo fue determinar el efecto de los sistemas de alimentación sobre el comportamiento productivo de cuyes en crecimiento. La metodología consistió en comparar sistemas de alimentación mixta e integral en diferentes razas de cuyes, evaluando indicadores como ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y costos de alimentación. Los resultados mostraron que el sistema de alimentación influyó en el desempeño productivo de los animales. Los autores concluyeron que los sistemas de alimentación integral y mixta pueden utilizarse como alternativas técnicas para mejorar la eficiencia productiva en la crianza de cuyes.

Huaman et al. (2021a), en Perú, publicaron el artículo científico titulado *Comportamiento productivo en cuyes (Cavia porcellus) machos raza Perú bajo el efecto de tres sistemas de alimentación, criados en condiciones de valles interandinos del Perú*. El objetivo fue determinar el comportamiento productivo de cuyes machos raza Perú bajo tres sistemas de alimentación. La metodología fue experimental y consideró tratamientos basados en alfalfa, alimento balanceado y una combinación de alimento balanceado con alfalfa. Se evaluaron variables como peso al beneficio, rendimiento de carcasa, conversión alimenticia y rentabilidad. Los resultados indicaron respuestas productivas diferenciadas entre tratamientos, observándose mayor eficiencia alimenticia en el sistema que combinó alimento balanceado con alfalfa. Los autores concluyeron que la combinación de fuentes alimenticias puede mejorar la eficiencia productiva y económica en cuyes criados en condiciones interandinas.

Lezma Lima (2025), en Perú, desarrolló la tesis titulada *Rendimiento productivo de cuyes (Cavia porcellus) en crecimiento y engorde con tres forrajes diferentes bajo sistema de alimentación mixta*, presentada en la Universidad Nacional Agraria La Molina. El objetivo fue evaluar el rendimiento productivo de cuyes en crecimiento y engorde alimentados con tres tipos de forraje bajo un sistema de alimentación mixta. La metodología consistió en comparar tratamientos alimenticios formulados con distintos forrajes, registrando indicadores de crecimiento, consumo y eficiencia alimenticia. Los resultados evidenciaron que la fuente forrajera influye en el desempeño productivo debido a diferencias en composición nutricional, digestibilidad y aprovechamiento del alimento. Se concluyó que la elección del forraje dentro de un sistema mixto es determinante para mejorar la productividad en cuyes.

2.1.3 Local

Ayala Pérez (2014), en Ayacucho, Perú, desarrolló la tesis de pregrado titulada *Tres programas de alimentación en crecimiento y acabado de cuyes machos línea Perú (Cavia porcellus) – Ayacucho a 2750 m.s.n.m.*, presentada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. El objetivo fue evaluar tres programas de alimentación en cuyes machos línea Perú durante las etapas de crecimiento y acabado. La metodología fue experimental y comparó programas alimenticios mediante variables como peso, ganancia de peso y eficiencia alimenticia. Los resultados evidenciaron que los programas de alimentación influyeron en el comportamiento productivo de los cuyes bajo condiciones altoandinas. Se concluyó que la planificación alimenticia es un factor determinante para mejorar el crecimiento y acabado de los animales.

Robles Kajatt (2018), en Ayacucho, Perú, realizó la tesis de pregrado titulada *Reemplazo de la alfalfa en verde por forraje verde hidropónico de cebada (Hordeum vulgare L.) en la alimentación de cuyes (Cavia porcellus), para carnes*, presentada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. El objetivo fue determinar el efecto del reemplazo de alfalfa verde por forraje verde hidropónico de cebada en cuyes destinados a carne. La metodología consistió en evaluar diferentes niveles de sustitución de alfalfa por FVH de cebada, considerando parámetros productivos durante la etapa de crecimiento. Los resultados mostraron que el forraje verde hidropónico puede utilizarse como alternativa parcial frente a la alfalfa, especialmente en contextos

donde la disponibilidad de forraje convencional es limitada. Se concluyó que el FVH constituye una opción viable para diversificar la alimentación de cuyes en condiciones altoandinas

Huayhua Quicaño (2020), en Ayacucho, Perú, desarrolló la tesis titulada *Niveles decrecientes de alfalfa más concentrado comercial en la alimentación de cuyes (Cavia porcellus) en crecimiento, Ayacucho 2018*, presentada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. El objetivo fue evaluar el efecto de niveles decrecientes de alfalfa combinados con concentrado comercial sobre la respuesta productiva de cuyes en crecimiento. La metodología fue experimental y comparó tratamientos con diferentes proporciones de alfalfa y concentrado, registrando consumo, ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento productivo. Los resultados evidenciaron que la proporción entre forraje y concentrado influye en el desempeño de los cuyes debido al aporte diferencial de nutrientes y energía. Se concluyó que el uso combinado de alfalfa y concentrado comercial puede mejorar la eficiencia alimenticia y el comportamiento productivo.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Fisiología digestiva del cuy

El cuy es un mamífero monogástrico herbívoro adaptado al consumo de dietas con fracciones fibrosas moderadas. A diferencia de los rumiantes, no posee una cámara pregástrica especializada para la fermentación; sin embargo, presenta una importante actividad fermentativa en el ciego y colon proximal. En estas regiones, la microbiota transforma parte de los polisacáridos estructurales en ácidos grasos volátiles, los cuales contribuyen al suministro energético del animal (Chauca Francia, 2020; National Research Council, 1995).

La eficiencia digestiva del cuy también se relaciona con la cecotrofia, proceso mediante el cual el animal reingiere cecotrofos o heces blandas para recuperar proteína microbiana, vitaminas hidrosolubles y compuestos nitrogenados sintetizados en el intestino posterior. Este mecanismo mejora el aprovechamiento de nutrientes, especialmente cuando la dieta contiene una proporción adecuada de fibra y nitrógeno disponible (National Research Council, 1995).

Asimismo, el crecimiento continuo de los incisivos y el comportamiento inges-

tivo propio de la especie exigen un suministro regular de alimento. Por ello, las dietas destinadas a recría deben mantener un equilibrio entre fibra estructural, densidad energética, proteína digestible y aporte vitamínico-mineral, con el propósito de sostener el consumo, la salud digestiva y el crecimiento.

2.2.2 Requerimientos nutricionales en recría

La recría corresponde a una fase de crecimiento activo posterior al destete, en la cual el animal incrementa masa corporal mediante la deposición de tejido magro y el desarrollo estructural. Durante esta etapa, los requerimientos nutricionales deben cubrir adecuadamente energía, proteína digestible, aminoácidos esenciales, fibra efectiva, minerales y vitaminas (Chauca Francia, 2020).

Uno de los aspectos nutricionales más importantes en cuyes es la provisión de vitamina C o ácido ascórbico, debido a que esta especie no puede sintetizarla en cantidades suficientes. Su deficiencia puede afectar la integridad de los tejidos, la respuesta inmunológica y el crecimiento normal del animal (National Research Council, 1995). Por tanto, los sistemas de alimentación deben garantizar una fuente constante de este nutriente, especialmente cuando se emplean dietas con bajo contenido de forraje fresco.

La relación energía–proteína influye directamente en la eficiencia de deposición corporal. Una dieta con baja densidad energética puede limitar la ganancia de peso, mientras que una dieta con exceso de energía y deficiente equilibrio proteico puede reducir la eficiencia alimenticia. De igual manera, la fibra estructural cumple una función reguladora sobre la motilidad intestinal y la estabilidad de la fermentación cecal. Por ello, la selección de alimentos para recría debe considerar tanto el contenido nutricional como su digestibilidad y consumo real.

2.2.3 Consumo en base materia seca

El consumo voluntario determina la cantidad diaria de nutrientes que recibe el animal. Sin embargo, cuando se comparan alimentos con diferente contenido de humedad, como el forraje verde hidropónico, la alfalfa fresca y el alimento balanceado comercial, no es suficiente evaluar el consumo en base fresca. Para evitar interpretaciones erróneas, es necesario expresar la ingestión en base materia seca (Latimer, 2023).

La materia seca representa la fracción del alimento libre de agua y permite

comparar objetivamente dietas con distinta humedad. En estudios experimentales, el consumo de materia seca se estima mediante el método de oferta y rechazo, considerando la cantidad de alimento ofrecido, la cantidad rechazada y el porcentaje de materia seca de cada insumo. Este procedimiento resulta especialmente importante en el FVH y en la alfalfa fresca, debido a que ambos presentan alto contenido de agua.

Expresar el consumo en materia seca permite relacionar de manera más precisa la ingestión de nutrientes con la ganancia de peso y el índice de conversión alimenticia. Por tanto, este indicador constituye una base metodológica fundamental para evaluar la eficiencia de los sistemas de alimentación en cuyes.

2.2.4 Forraje verde hidropónico de maíz

El forraje verde hidropónico de maíz es una biomasa vegetal obtenida mediante la germinación y crecimiento temprano de semillas de maíz en ausencia de suelo, bajo condiciones controladas de humedad, temperatura, aireación e higiene (Feedipedia, 2021). Su producción se caracteriza por ciclos cortos, uso reducido de espacio y mayor eficiencia en el uso de agua en comparación con sistemas convencionales de producción forrajera.

Durante la germinación ocurren transformaciones bioquímicas relacionadas con la movilización de reservas de la semilla, la emergencia de raíces y brotes, y la modificación de algunas fracciones nutricionales. La edad de cosecha influye en el contenido de materia seca, fibra y proteína, por lo que su estandarización es necesaria para garantizar comparabilidad entre tratamientos.

Desde el punto de vista productivo, el FVH de maíz representa una alternativa para zonas con escasez de forraje, limitación hídrica o reducción de áreas agrícolas. No obstante, por su alto contenido de humedad, su aporte nutricional debe evaluarse en base materia seca. Además, debido a que se produce en condiciones de humedad elevada, requiere manejo higiénico riguroso para reducir riesgos microbiológicos y asegurar su calidad como alimento animal.

2.2.5 Alfalfa fresca

La alfalfa (*Medicago sativa*) es uno de los forrajes más utilizados en la alimentación de cuyes por su contenido de proteína, minerales, fibra y agua. Su valor nutricional

depende del estado fenológico, las condiciones de cultivo, la frecuencia de corte y el manejo poscosecha (Feedipedia, 2016). Cuando la planta avanza en madurez, aumenta la proporción de pared celular y lignina, lo que puede disminuir su digestibilidad.

En sistemas tradicionales de crianza, la alfalfa fresca constituye una fuente importante de nutrientes y agua. Sin embargo, su disponibilidad puede verse afectada por la estacionalidad, el déficit hídrico y la disponibilidad de terreno agrícola. En regiones altoandinas, estos factores pueden generar variabilidad en la oferta y calidad del forraje, afectando el consumo y el desempeño productivo del cuy.

Al igual que otros forrajes frescos, la alfalfa presenta un elevado contenido de humedad. Por esta razón, su comparación con el alimento balanceado o con el FVH debe realizarse en base materia seca, evitando atribuir ventajas productivas únicamente al volumen o peso fresco consumido (Latimer, 2023).

2.2.6 Alimento balanceado comercial

El alimento balanceado comercial es una dieta formulada para proporcionar nutrientes de manera relativamente uniforme por unidad de materia seca. Generalmente integra fuentes energéticas, proteicas, minerales y vitamínicas en proporciones definidas, con el propósito de cubrir requerimientos específicos según la especie y etapa productiva (Chauca Francia, 2020).

Su principal ventaja frente a los forrajes frescos es la mayor estabilidad composicional. Esta característica permite reducir la variabilidad diaria de nutrientes ingeridos y facilita el ajuste de la dieta a las necesidades de crecimiento. En la recría de cuyes, el alimento balanceado puede mejorar la densidad energética y proteica de la ración, contribuyendo a una mayor ganancia de peso y mejor conversión alimenticia.

No obstante, su uso también debe evaluarse en términos productivos y económicos. Aunque puede mejorar el desempeño animal, su costo puede representar una limitación para pequeños productores. Por ello, resulta importante compararlo con alternativas como el FVH de maíz y la alfalfa fresca, considerando no solo el crecimiento, sino también la eficiencia alimenticia y el rendimiento de canal.

2.2.7 Crecimiento del cuy

El crecimiento del cuy es un proceso biológico dinámico determinado por la interacción entre genética, alimentación, sanidad, ambiente y manejo. Durante la recría, la deposición de tejido magro predomina sobre la acumulación de grasa, por lo que esta etapa resulta estratégica para alcanzar pesos adecuados en menor tiempo y con mayor eficiencia alimenticia (Tapie et al., 2024b; Vega-Vilca et al., 2023b).

La trayectoria de crecimiento suele presentar un comportamiento sigmoideo, con una fase inicial de aceleración, una etapa de mayor tasa de crecimiento y una fase de desaceleración conforme el animal se aproxima a la madurez. La alimentación influye directamente sobre esta curva, debido a que determina la disponibilidad de nutrientes para mantenimiento y ganancia de peso.

En términos zootécnicos, el crecimiento se evalúa mediante el peso inicial, peso final, ganancia de peso y ganancia media diaria. Estos indicadores permiten comparar tratamientos alimenticios y establecer qué sistema favorece una mejor respuesta productiva durante la recría.

2.2.8 Modelo Gompertz en producción animal

El modelo Gompertz es una función no lineal utilizada para describir trayectorias de crecimiento sigmoideas en animales de producción. Su aplicación permite estimar parámetros con significado biológico, tales como peso asintótico, velocidad de maduración y edad en el punto de inflexión (Tjørve and Tjørve, 2017; Vega-Vilca et al., 2023b).

La expresión general del modelo es:

$$W(t) = A \cdot e^{-B \cdot e^{-kt}} \quad (2.1)$$

donde $W(t)$ representa el peso corporal a la edad t ; A corresponde al peso asintótico o peso maduro teórico; B es una constante de integración asociada con la condición inicial del crecimiento; y k representa la tasa relativa de madurez.

El punto de inflexión se calcula mediante la siguiente expresión:

$$t_{\text{inf}} = \frac{\ln(B)}{k} \quad (2.2)$$

Asimismo, el peso en el punto de inflexión se expresa como:

$$W(t_{\text{inf}}) = \frac{A}{e} \quad (2.3)$$

La edad a la cual el animal alcanza el 90

$$t_{90} = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{B}{-\ln(0.9)} \right) \quad (2.4)$$

Estos parámetros permiten interpretar la precocidad biológica y la dinámica de crecimiento, aportando información complementaria a los indicadores productivos tradicionales como peso final, ganancia media diaria e índice de conversión alimenticia.

2.2.9 Indicadores de eficiencia productiva

Los indicadores de eficiencia productiva permiten cuantificar la respuesta de los cuyes frente a los sistemas de alimentación evaluados. Entre los principales indicadores se encuentran el peso final, la ganancia media diaria, el consumo de materia seca, el índice de conversión alimenticia y el rendimiento de canal.

El peso final corresponde al peso corporal registrado al término del periodo experimental. La ganancia media diaria se calcula mediante la relación entre la diferencia del peso final y el peso inicial, dividida entre los días de evaluación:

$$GMD = \frac{PF - PI}{d} \quad (2.5)$$

donde GMD es la ganancia media diaria, PF es el peso final, PI es el peso inicial y d representa el número de días del periodo experimental.

El consumo de materia seca corresponde a la diferencia entre el alimento ofrecido y el alimento rechazado, expresada en base materia seca. Este indicador permite determinar la cantidad real de nutrientes consumidos por los animales.

El índice de conversión alimenticia expresa la cantidad de alimento consumido en base materia seca por cada unidad de peso ganado:

$$ICA = \frac{CMS}{\text{Ganancia de peso}} \quad (2.6)$$

donde ICA es el índice de conversión alimenticia y CMS es el consumo de

materia seca. Valores menores de ICA indican mayor eficiencia, debido a que el animal requiere menos alimento para producir una unidad de peso vivo.

Finalmente, el rendimiento de canal se calcula mediante la relación entre el peso de canal y el peso vivo al beneficio:

$$\text{Rendimiento de canal (\%)} = \frac{\text{Peso de canal}}{\text{Peso vivo}} \times 100 \quad (2.7)$$

Este indicador permite estimar el aprovechamiento cárnico del animal y constituye una variable importante para valorar la eficiencia final del sistema de alimentación.

2.3 Definición de términos

- **Cuy (*Cavia porcellus*).** Mamífero monogástrico herbívoro de origen sudamericano, utilizado en la producción de carne. Presenta fermentación cecal y cecotrofia, mecanismos que favorecen el aprovechamiento de alimentos con fracción fibrosa (Chauca Francia, 2020; National Research Council, 1995).
- **Recría.** Etapa productiva posterior al destete y previa al engorde o beneficio. En esta fase se busca consolidar el crecimiento, uniformizar el lote y mejorar la eficiencia de utilización del alimento (Chauca Francia, 2020).
- **Sistema de alimentación.** Conjunto de alimentos, proporciones y formas de suministro utilizados para cubrir los requerimientos nutricionales del animal durante una etapa productiva determinada.
- **Forraje verde hidropónico de maíz.** Biomasa vegetal obtenida por germinación y crecimiento temprano de semillas de maíz en ausencia de suelo. Se caracteriza por su producción rápida, alto contenido de humedad y potencial uso en contextos de limitada disponibilidad de forraje convencional.
- **Alfalfa fresca.** Forraje verde de la especie *Medicago sativa*, utilizado tradicionalmente en la alimentación de cuyes por su aporte de proteína, minerales, fibra y agua.
- **Alimento balanceado comercial.** Dieta formulada industrialmente con ingredientes energéticos, proteicos, minerales y vitamínicos, destinada a cubrir requerimientos nutricionales específicos con composición relativamente uniforme.
- **Materia seca (MS).** Fracción del alimento libre de agua. Es la base más adecuada para comparar alimentos con diferente contenido de humedad, como FVH, alfalfa fresca y alimento

balanceado (Latimer, 2023).

- **Consumo de materia seca (CMS).** Cantidad de alimento consumido expresado en base materia seca. Bajo el método de oferta y rechazo, se calcula considerando la materia seca del alimento ofrecido menos la materia seca del alimento rechazado.
- **Ganancia media diaria (GMD).** Incremento promedio del peso vivo por día durante el periodo experimental. Se utiliza como indicador directo de crecimiento.
- **Índice de conversión alimenticia (ICA).** Relación entre el consumo de materia seca y la ganancia de peso. Valores menores indican mayor eficiencia en la transformación del alimento en peso vivo.
- **Peso final (PF).** Peso vivo registrado al finalizar el periodo experimental. Representa el resultado acumulado del crecimiento bajo cada tratamiento alimenticio.
- **Rendimiento de canal.** Relación porcentual entre el peso de canal y el peso vivo al beneficio. Permite valorar el aprovechamiento cárnico del animal.
- **Fermentación cecal.** Proceso de degradación microbiana de fracciones fibrosas en el ciego, con producción de ácidos grasos volátiles que contribuyen al suministro energético del cuy (National Research Council, 1995).
- **Cecotrofia.** Proceso fisiológico mediante el cual el cuy reingiere cecotrofos o heces blandas, permitiendo recuperar proteína microbiana, vitaminas y compuestos nitrogenados sintetizados en el intestino posterior (National Research Council, 1995).
- **Fibra detergente neutro (FDN).** Fracción fibrosa de la pared celular vegetal que puede limitar el consumo cuando se encuentra en niveles elevados Van Soest (1994).
- **Fibra detergente ácido (FDA).** Fracción fibrosa compuesta principalmente por celulosa y lignina. Se relaciona inversamente con la digestibilidad del alimento (Van Soest, 1994).
- **Densidad energética.** Cantidad de energía digestible o metabolizable por unidad de materia seca del alimento. Es un criterio importante para comparar dietas y explicar diferencias en crecimiento y eficiencia alimenticia.
- **Modelo Gompertz.** Modelo matemático no lineal utilizado para describir el crecimiento sigmoideo de los animales. Permite estimar parámetros como peso asíntotico, tasa de madurez y punto de inflexión (Vega-Vilca et al., 2023b).
- **Estiaje.** Periodo seco con menor disponibilidad de agua, que puede limitar la producción de forrajes y afectar la alimentación animal.

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA

3.1 Enfoque, tipo y nivel de investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de tipo experimental y nivel explicativo, con el objetivo de evaluar el efecto de tres sistemas de alimentación sobre las variables productivas, de eficiencia alimenticia y de rendimiento de canal en cuyes (*Cavia porcellus*) de la raza Perú tipo I durante la etapa de recría (Creswell, 2014; Hernández Sampieri et al., 2014). El carácter experimental se sustentó en la manipulación deliberada del factor dieta, la asignación aleatoria de unidades experimentales y el registro sistemático de respuestas bajo un protocolo de manejo uniforme (Montgomery, 2019; Shadish et al., 2002).

3.2 Ámbito espacial y condiciones del estudio

Ubicación y condiciones experimentales

El estudio se llevó a cabo en un módulo de crianza integral diseñado para la recría de cuyes de la raza Perú tipo I y la producción de forraje verde hidropónico (FVH) de maíz (*Zea mays*) (Abarca Reyes et al., 2016; Chauca de Zaldívar, 1997; Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2001a). La unidad experimental se localiza en el distrito de San Juan Bautista, provincia de Huamanga, región Ayacucho, a una altitud de 2800 msnm.

La producción de FVH se gestionó mediante un sistema de riego por nebulizadores, estructurado en dos fases diferenciadas para optimizar el rendimiento biológico (Abarca Reyes et al., 2016; Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2001a):

- **Área de germinación:** Un modulo cubierto con película de polietileno oscuro bajo condiciones de oscuridad controlada (fase escototrópica) destinado a favorecer una germinación uniforme y la elongación inicial de las plántulas (Abarca Reyes et al., 2016; Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2001a).
- **Área de crecimiento y acabado:** Un módulo cubierto con película de polietileno transparente, diseñado para maximizar la captura de radiación solar y promover la actividad fotosintética durante la etapa de desarrollo foliar (Abarca Reyes et al., 2016; Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2001a).

3.3 Temporalidad y fases del estudio

La ejecución tuvo una duración total de 91 días, desde el 25 de enero de 2024 hasta el 24 de abril de 2024, considerando el año bisiesto 2024 en el cómputo del cronograma. El estudio se estructuró en dos fases para estabilizar el consumo y reducir sesgos por cambio dietario:

- **Fase pre-experimental (acostumbramiento):** del 25 de enero de 2024 al 29 de enero de 2024 (5 días). Se introdujeron gradualmente las dietas para estabilizar el consumo voluntario y disminuir estrés por transición alimentaria (Chauca Francia, 2020; Ramírez-Navarro and Cárdenas-Alayo, 2022).
- **Fase experimental (evaluación):** del 30 de enero de 2024 al 24 de abril de 2024(86 días). Se registraron consumo, crecimiento, conversión y variables de canal bajo un esquema de medición estandarizado.

Tabla 3.1. Cronograma general del estudio y actividades principales.

Fase	Periodo	Actividades clave
Pre-experimental	25 de enero de 2024 – 29 de enero de 2024 (5 días)	Adaptación progresiva a dietas; estandarización de horarios de suministro; ajuste de comederos y bebederos; control sanitario; registro piloto de oferta y rechazo.
Experimental	30 de enero de 2024 – 24 de abril de 2024 (86 días)	Registro diario de oferta–rechazo por jaula; determinación de MS por tratamiento; pesajes programados; cálculo de GMD, consumo (MS) e ICA; control higiénico del FVH; evaluación final de canal; ajuste del modelo Gompertz(Latimer, 2023; Bindelle et al., 2007; Chauca Francia, 2020; Fitzhugh, 1976).

3.4 Diseño experimental

El experimento se condujo bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 3×2 , para evaluar el efecto del sistema de alimentación (A), del sexo (B) y su interacción (A×B) sobre las variables respuesta.

El factor A correspondió al sistema de alimentación con tres niveles: FVH de maíz (T1), alfalfa verde (T2) y alimento balanceado comercial (T3). El factor B fue el sexo con dos niveles: machos y hembras.

Cada combinación tratamiento–sexo contó con 7 repeticiones. La unidad experimental (UE) fue la jaula con 2 cuyes del mismo sexo, debido a que el consumo se registró por jaula. En total se evaluaron 42 UE(84 cuyes).

Tabla 3.2. Distribución factorial de unidades experimentales y animales por tratamiento y sexo.

Tratamiento	Jaulas (rep.)		Animales	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
T1: FVH de maíz	7	7	14	14
T2: Alfalfa verde	7	7	14	14
T3: Balanceado comercial	7	7	14	14
Total	21	21	42	42

La asignación de jaulas a tratamientos se realizó por aleatorización dentro de cada sexo, procurando una distribución espacial balanceada para reducir sesgos por microambiente.

3.5 Población, muestra y unidad experimental

La población objetivo estuvo conformada por cuyes en etapa de recría. La muestra incluyó 84 cuyes clínicamente sanos, distribuidos en 42 machos y 42 hembras, seleccionados con edad comparable y rango de peso inicial homogéneo (Festing and Altman, 2002; National Research Council, 2011).

La unidad experimental fue la jaula (Festing and Altman, 2002). Para variables asociadas a consumo y eficiencia, los cálculos se realizaron por jaula. Para variables de peso, el peso por UE se definió como el promedio de los dos animales por jaula en cada control, evitando pseudorrepli-

cación y manteniendo coherencia con el diseño (Hurlbert, 1984).

3.5.1 Producción de FVH de maíz y control de calidad

El forraje verde hidropónico (FVH) de maíz se elaboró mediante un procedimiento estandarizado orientado a obtener un insumo fresco, uniforme y comparable entre días de evaluación. Operativamente, el FVH se definió como biomasa obtenida a partir de la germinación y crecimiento temprano de plántulas en bandejas, bajo control de agua y sanidad del sistema (Naik et al., 2015; Sneath and McIntosh, 2003).

El proceso comprendió: (i) selección y limpieza de semilla, descartando granos partidos o con daño visible; (ii) acondicionamiento sanitario y enjuague con agua limpia; (iii) remojo y germinación previa hasta la emisión uniforme de radícula; (iv) distribución homogénea en bandejas y conducción del crecimiento en estantería bajo cubierta plástica; y (v) cosecha a los 14 días, estandarizando la edad fisiológica del FVH suministrado (Naik et al., 2015; Sneath and McIntosh, 2003). Para asegurar disponibilidad diaria de FVH fresco durante el periodo experimental, se aplicó siembra escalonada mediante lotes consecutivos, registrando fecha/hora de siembra, fecha de cosecha, identificación de lote y observaciones de calidad (Naik et al., 2015).

La higiene del sistema se condujo bajo principios de Buenas Prácticas de Higiene aplicables a productos germinados, priorizando limpieza rutinaria de bandejas y superficies, control de agua estancada y retiro inmediato de material deteriorado, debido a que las condiciones de germinación pueden favorecer el crecimiento microbiano si no se aplican controles preventivos (Codex Alimentarius Commission, 2003). Como criterios de aceptación del FVH previo al suministro se consideraron: color verde uniforme, olor fresco no fermentativo, ausencia de mohos visibles, tapete radicular sin exceso de humedad libre y aspecto general íntegro; los lotes no conformes fueron descartados (Codex Alimentarius Commission, 2003).

3.6 Registro de datos y frecuencia de medición

El consumo se estimó por jaula mediante registro diario de alimento ofrecido y residuo (oferta–rechazo). El suministro se realizó en horarios fijos; la cantidad ofrecida se ajustó para mantener rechazo observable y permitir estimación del consumo real (McDonald et al., 2011).

El peso vivo se registró en: día 0 (inicio del periodo experimental), controles programados cada 7 días y al final del ensayo, para reducir variación por llenado gastrointestinal (Suckow et al., 2012).

La materia seca (MS) se determinó por método gravimétrico oficial (AOAC 934.01) para expresar el consumo en base seca, considerando diferencias de humedad entre FVH/alfalfa y balanceado (Latimer, 2023; McDonald et al., 2011). La MS se determinó por tratamiento mediante submuestras representativas y se aplicó al cálculo del consumo diario (MS).

3.7 Cálculo de indicadores

Los indicadores se calcularon por unidad experimental (jaula), usando pesos promedio por jaula: (McDonald et al., 2011; Sánchez González and Guevara Luquez, 2020)

$$\text{Ganancia total (g)} = PV_f - PV_i, \quad (3.1)$$

$$\text{GMD (g/día)} = \frac{PV_f - PV_i}{86}, \quad (3.2)$$

$$\text{Consumo (MS, g)} = \sum [(Oferta \times \%MS) - (\text{Residuo} \times \%MS)], \quad (3.3)$$

$$\text{ICA} = \frac{\text{Consumo total (MS)}}{\text{Ganancia total}}. \quad (3.4)$$

3.8 Determinación del rendimiento a la canal

Al culminar el periodo experimental se registró el peso vivo al beneficio y el peso de canal por animal (Wilfong and O'Quinn, 2018). El rendimiento de canal se calculó a nivel de unidad experimental como el promedio de los dos animales por jaula (Williamson et al., 2022):

$$\text{Rendimiento de canal (\%)} = \frac{P_{\text{canal}}}{PV_{\text{beneficio}}} \times 100. \quad (3.5)$$

3.9 Modelamiento de crecimiento (Gompertz)

Para caracterizar la trayectoria del peso vivo a lo largo del periodo experimental y derivar puntos de decisión técnica, se ajustó el modelo no lineal de Gompertz a la serie de pesos promedio por unidad experimental (Noguera et al., 2008; Tapie et al., 2024a). La expresión matemática del modelo es:

$$W(t) = A \exp(-B \exp(-Kt)) \quad (3.6)$$

Donde:

- $W(t)$: es el peso estimado (g) a la edad o día t .
- A : representa el peso asintótico o potencial de crecimiento máximo.

- B : es un parámetro de escala o constante de integración relacionada con el peso inicial.
- K : es la tasa de maduración o índice de precocidad, que define la velocidad de aproximación a la asíntota.

A partir de los parámetros estimados, se calcularon indicadores biológicos críticos para la gestión de la saca:

1. **Edad al punto de inflexión (t_{inf}):** Representa el momento de máxima velocidad de crecimiento diario, calculado como:

$$t_{inf} = \frac{\ln(B)}{K} \quad (3.7)$$

2. **Velocidad máxima de crecimiento (V_{max}):** Es la ganancia diaria predicha en el punto de inflexión, fundamental para comparar la intensidad del crecimiento entre dietas:

$$V_{max} = \frac{A \cdot K}{e} \quad (3.8)$$

3. **Edad al 90 % del peso asintótico (t_{90}):** Utilizado como umbral de rendimientos decrecientes para orientar la edad óptima de beneficio bajo criterios técnicos (Vega-Vilca et al., 2023a):

$$t_{90} = \frac{\ln\left(\frac{B}{\ln(1/0.90)}\right)}{K} \quad (3.9)$$

Este enfoque permitió no solo describir el crecimiento final, sino identificar la "ventaja acumulativa" de los sistemas basados en alimento balanceado y FVH de maíz frente a la alfalfa tradicional, basándose en la dinámica temporal del peso vivo.

3.10 Análisis estadístico

Para las variables finales por unidad experimental (PV final, GMD, consumo total MS, ICA y rendimiento de canal) se aplicó ANOVA factorial de dos vías (Fisher, 1935; Montgomery, 2019):

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + (T \times S)_{ij} + \varepsilon_{ijk}, \quad (3.10)$$

donde T_i corresponde al tratamiento ($i = 1, 2, 3$), S_j al sexo ($j = 1, 2$) y ε_{ijk} al error aleatorio. Se verificaron supuestos de normalidad (Shapiro–Wilk) (Shapiro and Wilk, 1965) y homogeneidad de varianzas (Levene) (Levene, 1960). Cuando existió efecto significativo ($\alpha = 0.05$), se aplicó comparación de medias de Tukey (Tukey, 1949).

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 En respuesta al objetivo general

El objetivo general fue evaluar el efecto de tres sistemas de alimentación y del sexo sobre los indicadores productivos, la eficiencia alimenticia, el rendimiento de canal y las referencias del momento de beneficio obtenidas mediante la modelación del crecimiento. Antes del análisis factorial se verificaron los supuestos de normalidad de los residuos y homogeneidad de varianzas. Como se observa en la Tabla 4.1, todos los valores de probabilidad fueron superiores a 0,05; por tanto, no se encontraron evidencias para rechazar dichos supuestos y resultó procedente aplicar el ANOVA factorial 3×2 .

Tabla 4.1. Verificación de los supuestos para las variables productivas finales

Variable	Shapiro–Wilk		Levene	
	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Peso vivo final	0,983	0,761	0,432	0,824
Consumo de MS	0,975	0,492	0,286	0,918
Ganancia media diaria	0,985	0,840	0,209	0,957
Índice de conversión alimenticia	0,973	0,410	1,176	0,340
Rendimiento de canal	0,969	0,310	1,044	0,407

Nota. MS = materia seca. En ambas pruebas, $p > 0,05$ indica que no se rechaza el supuesto evaluado. Fuente: elaboración propia a partir de la base experimental.

La Tabla 4.2 muestra que el sistema de alimentación produjo efectos altamente significativos sobre el peso vivo final, el consumo de materia seca, la ganancia media diaria y el índice de conversión alimenticia ($p < 0,001$), pero no sobre el rendimiento de canal ($p = 0,945$). El sexo tuvo efecto significativo sobre el peso final, la ganancia media diaria y el índice de conversión alimenticia ($p < 0,001$), mientras que no modificó el consumo de materia seca ni el rendimiento de canal. La interacción entre tratamiento y sexo no fue significativa para ninguna de las cinco variables finales ($p > 0,05$), lo que indica que el patrón de respuesta a las dietas fue semejante en machos y hembras.

Tabla 4.2. ANOVA factorial del efecto del sistema de alimentación, sexo e interacción sobre las variables finales

Variable	Tratamiento		Sexo		Tratamiento $\times$ sexo	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Peso vivo final	253,73	< 0,001	159,81	< 0,001	2,44	0,101
Consumo total de MS	6027,71	< 0,001	0,04	0,835	0,12	0,891
Ganancia media diaria	202,02	< 0,001	103,00	< 0,001	1,36	0,271
Índice de conversión alimenticia	183,77	< 0,001	85,03	< 0,001	1,20	0,313
Rendimiento de canal	0,06	0,945	1,78	0,191	0,57	0,569

Nota. Grados de libertad: tratamiento = 2; sexo = 1; interacción = 2; error = 36. Fuente: elaboración propia a partir de 42 unidades experimentales.

Cuando el efecto del tratamiento resultó significativo, las comparaciones entre dietas se realizaron mediante la prueba de Tukey. Los agrupamientos compactos de medias se presentan, según el objetivo correspondiente, en las Tablas 4.4 y 4.6. Debido a que el factor sexo tuvo únicamente dos niveles, su contraste se interpretó directamente a partir del ANOVA y de las medias por sexo, sin requerir una agrupación múltiple adicional.

La Figura 4.1 sintetiza las medias estimadas y sus intervalos de confianza. Los perfiles de machos y hembras mantienen tendencias paralelas en los tres sistemas de alimentación, lo cual coincide con la ausencia de interacción significativa. Las diferencias más evidentes se concentran en el peso final, la ganancia media diaria y el índice de conversión alimenticia; en cambio, el rendimiento de canal presenta amplios solapamientos entre tratamientos y sexos.

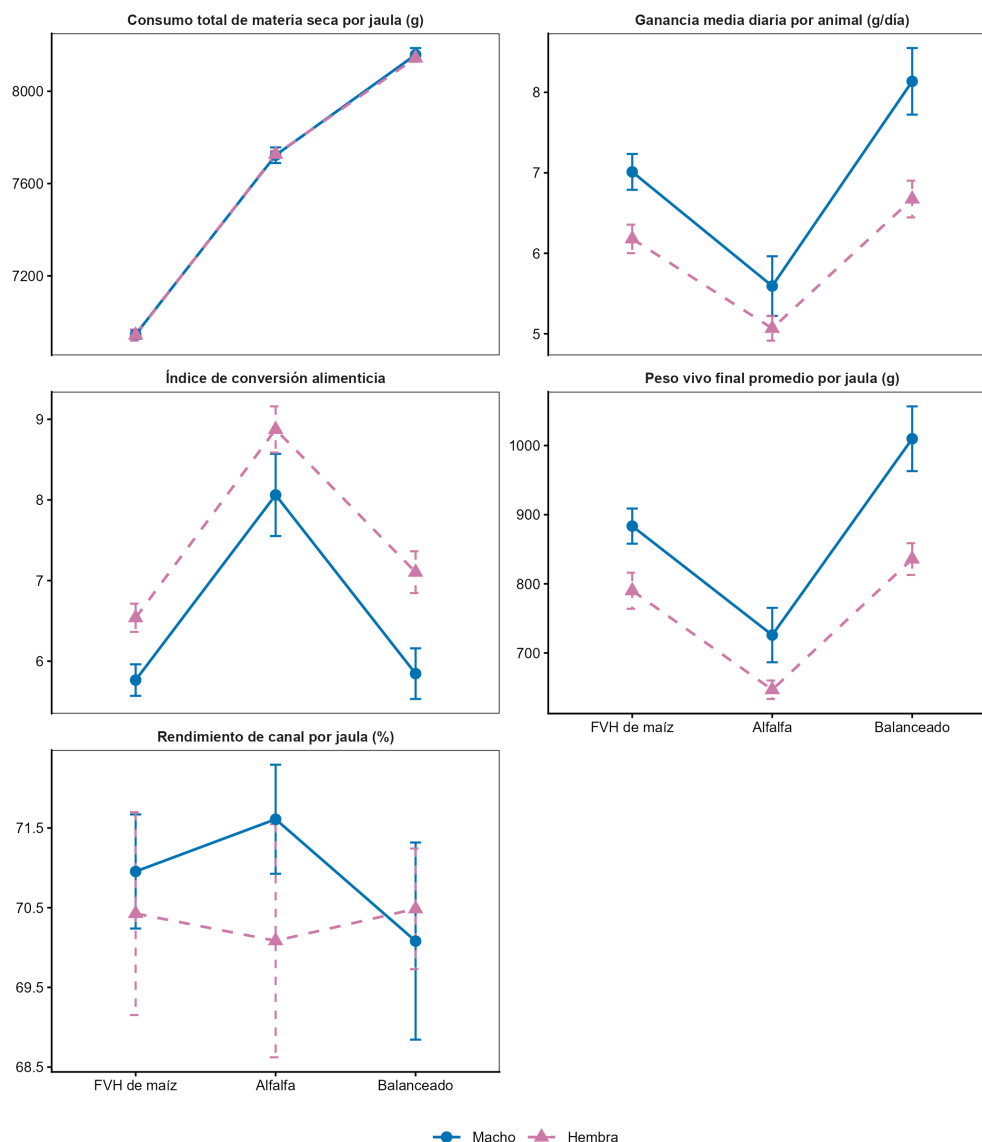


Figura 4.1. Interacción entre el sistema de alimentación y el sexo para los indicadores productivos, de eficiencia y de canal. Los puntos representan medias estimadas y las barras sus intervalos de confianza del 95 %.

En el componente de indicadores productivos finales, estos resultados brindan respaldo *parcial* a la hipótesis general: el sistema de alimentación y el sexo influyeron en varias respuestas productivas y de eficiencia, pero no se observaron efectos sobre el rendimiento de canal ni una interacción generalizada entre ambos factores. La integración con los parámetros de crecimiento se completa en el tercer objetivo específico.

4.1.2 En respuesta al primer objetivo específico

El primer objetivo específico fue determinar el consumo total de materia seca y la ganancia media diaria por dieta y sexo. Como indicador productivo complementario también

se presenta el peso vivo final. La Tabla 4.3 evidencia que el alimento balanceado registró los mayores valores de peso final y ganancia media diaria en ambos sexos. La alfalfa presentó el menor crecimiento, mientras que el FVH de maíz mostró valores intermedios. El consumo de materia seca fue mayor con balanceado, seguido de alfalfa y FVH de maíz.

Tabla 4.3. Peso final, consumo total de materia seca y ganancia media diaria por tratamiento y sexo

Tratamiento	Sexo	Peso final (g)	CMS por jaula (g)	GMD (g/día)
FVH de maíz	Macho	885,79 ± 39,28	6940,52 ± 31,45	7,01 ± 0,36
FVH de maíz	Hembra	771,07 ± 34,30	6948,18 ± 29,97	6,16 ± 0,31
Alfalfa	Macho	743,81 ± 24,64	7724,04 ± 22,86	5,79 ± 0,25
Alfalfa	Hembra	656,44 ± 24,85	7721,00 ± 27,54	5,03 ± 0,28
Balanceado	Macho	1013,24 ± 22,56	8155,71 ± 37,89	8,18 ± 0,26
Balanceado	Hembra	877,86 ± 23,15	8156,85 ± 25,52	7,06 ± 0,27

Nota. Valores expresados como media ± desviación estándar; $n = 7$ jaulas por combinación. CMS = consumo de materia seca; GMD = ganancia media diaria por animal. Fuente: elaboración propia.

La prueba de Tukey confirmó diferencias entre los sistemas de alimentación para las tres respuestas del primer objetivo. La Tabla 4.4 presenta las medias marginales ordenadas de mayor a menor y sus letras de agrupamiento. Para peso final y GMD se obtuvo el orden balanceado > FVH de maíz > alfalfa; para CMS, el orden fue balanceado > alfalfa > FVH de maíz. En todos los casos, las tres dietas quedaron en grupos estadísticos diferentes.

Tabla 4.4. Agrupamiento de medias mediante Tukey para peso final, consumo de materia seca y ganancia media diaria

Variable	Mayor media	Media intermedia	Menor media
Peso final (g)	Balanceado: 945,55 ^a	FVH de maíz: 828,43 ^b	Alfalfa: 700,13 ^c
CMS por jaula (g)	Balanceado: 8156,28 ^a	Alfalfa: 7722,52 ^b	FVH de maíz: 6944,35 ^c
GMD (g/día)	Balanceado: 7,62 ^a	FVH de maíz: 6,59 ^b	Alfalfa: 5,41 ^c

Nota. Las medias marginales se ordenaron de mayor a menor. Dentro de cada fila, letras diferentes indican diferencias significativas entre sistemas de alimentación según Tukey ($p < 0,05$). CMS = consumo de materia seca; GMD = ganancia media diaria. Fuente: elaboración propia.

Como se aprecia en la Tabla 4.4, el balanceado formó el grupo superior (a) en las tres variables. El FVH de maíz ocupó el grupo intermedio (b) para peso final y GMD, mientras que

la alfalfa ocupó dicho grupo para CMS. Esta separación confirma que la respuesta productiva dependió principalmente del sistema de alimentación.

La Figura 4.2 complementa los valores de las Tablas 4.3 y 4.4. La distribución de las jaulas muestra poca superposición entre tratamientos para el peso final, el consumo y la GMD. El balanceado concentra los valores superiores de crecimiento; la alfalfa los menores, y el FVH de maíz ocupa una posición intermedia, especialmente en la GMD.

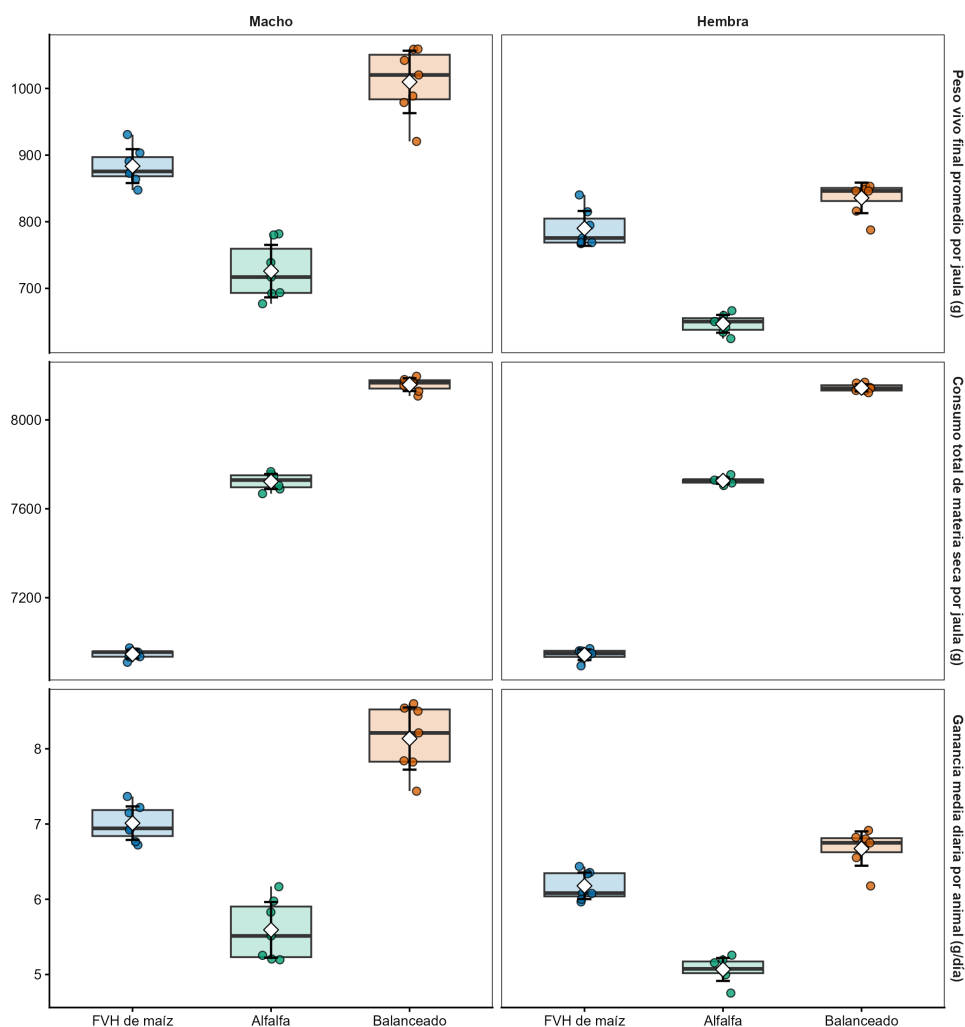


Figura 4.2. Distribución del peso vivo final, consumo total de materia seca y ganancia media diaria por tratamiento y sexo. Los puntos corresponden a jaulas independientes y los rombos representan las medias.

Por consiguiente, la primera hipótesis específica recibió respaldo parcial: el sistema de alimentación afectó significativamente el CMS y la GMD; el sexo afectó la GMD, pero no el CMS; y no se detectó interacción significativa entre tratamiento y sexo.

4.1.3 En respuesta al segundo objetivo específico

El segundo objetivo específico fue determinar el índice de conversión alimenticia y el rendimiento de canal por dieta y sexo. En la Tabla 4.5, los menores valores de ICA —y, por tanto, la mayor eficiencia de conversión— correspondieron al FVH de maíz y al balanceado. La alfalfa presentó los valores más altos de ICA en machos y hembras. En todas las dietas, las hembras mostraron un ICA mayor que los machos.

Tabla 4.5. Índice de conversión alimenticia y rendimiento de canal por tratamiento y sexo

Tratamiento	Sexo	ICA	Rendimiento de canal (%)
FVH de maíz	Macho	5,77 ± 0,30	70,24 ± 1,09
FVH de maíz	Hembra	6,57 ± 0,36	70,25 ± 1,10
Alfalfa	Macho	7,76 ± 0,35	69,82 ± 1,33
Alfalfa	Hembra	8,96 ± 0,51	70,70 ± 1,30
Balanceado	Macho	5,80 ± 0,18	70,15 ± 0,80
Balanceado	Hembra	6,72 ± 0,26	70,59 ± 0,67

Nota. Valores expresados como media ± desviación estándar; $n = 7$ jaulas por combinación. Un ICA menor representa mayor eficiencia alimenticia. Fuente: elaboración propia.

El ANOVA factorial indicó efectos significativos del tratamiento y del sexo sobre el ICA, sin interacción entre factores (Tabla 4.2). La Tabla 4.6 resume la comparación de Tukey para el tratamiento. La alfalfa formó un grupo separado y presentó un ICA significativamente mayor, mientras que el FVH de maíz y el balanceado compartieron la misma letra, lo cual indica que no difirieron entre sí. En el rendimiento de canal los tres sistemas compartieron la letra a, coherente con el ANOVA no significativo.

Tabla 4.6. Agrupamiento de medias mediante Tukey para el índice de conversión alimenticia y el rendimiento de canal

Variable	Mayor media	Media intermedia	Menor media
ICA	Alfalfa: 8,36 ^a	Balanceado: 6,26 ^b	FVH de maíz: 6,17 ^b
Rendimiento de canal (%)	Balanceado: 70,37 ^a	Alfalfa: 70,26 ^a	FVH de maíz: 70,25 ^a

Nota. Las medias marginales se ordenaron de mayor a menor. Dentro de cada fila, medias con una letra común no difieren significativamente; letras diferentes indican diferencias según Tukey ($p < 0,05$). En el ICA, un valor menor representa una mejor eficiencia alimenticia. Fuente: elaboración propia.

La Tabla 4.6 muestra que, aunque la alfalfa registró la media más alta de ICA, este resultado representa menor eficiencia. Por el contrario, el FVH de maíz y el balanceado exhibieron conversiones más favorables y estadísticamente equivalentes. Para el rendimiento de canal, la letra común a confirma la ausencia de diferencias entre dietas.

La Figura 4.3 permite observar el contraste entre ambas variables y complementa las Tablas 4.5 y 4.6. Las separaciones entre dietas y sexos son claras para el ICA, mientras que las distribuciones del rendimiento de canal presentan un amplio solapamiento, coherente con la ausencia de diferencias estadísticas.

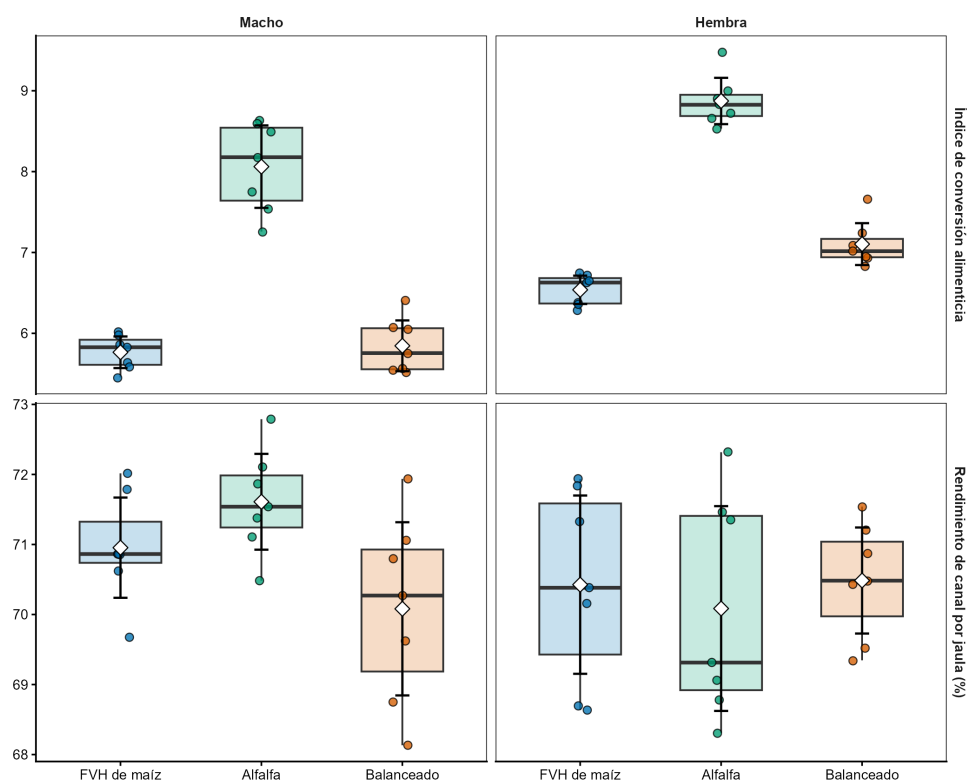


Figura 4.3. Índice de conversión alimenticia y rendimiento de canal por tratamiento y sexo. Los puntos representan jaulas independientes y los rombos las medias de cada combinación.

En consecuencia, la segunda hipótesis específica también recibió respaldo parcial: la dieta y el sexo afectaron significativamente la conversión alimenticia, pero no modificaron el rendimiento de canal, y la interacción no fue significativa.

4.1.4 En respuesta al tercer objetivo específico

El tercer objetivo específico fue estimar los parámetros de crecimiento y los puntos de referencia del beneficio mediante el modelo no lineal de Gompertz por dieta y sexo. La Figura 4.4 muestra que las trayectorias estimadas conservaron el mismo orden durante el

periodo evaluado: el balanceado presentó las curvas superiores, el FVH de maíz una respuesta intermedia y la alfalfa las curvas inferiores. Dentro de cada dieta, los machos alcanzaron pesos predichos mayores que las hembras.

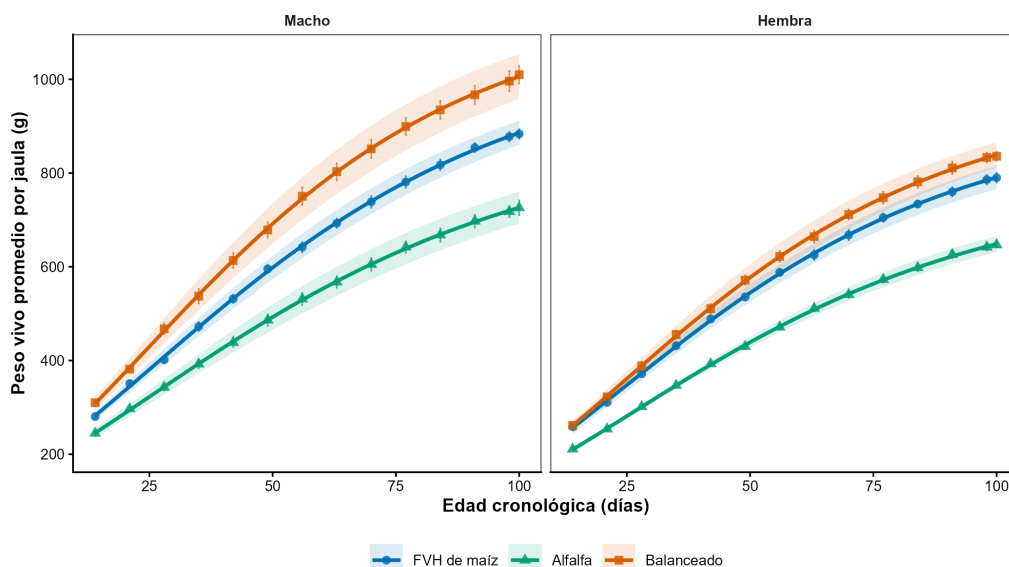


Figura 4.4. Curvas de crecimiento ajustadas mediante el modelo de Gompertz por tratamiento y sexo. Los símbolos representan los pesos observados y las bandas los intervalos de confianza del 95 %.

Los parámetros estimados se presentan en la Tabla 4.7. El mayor peso asíntotico (A), la mayor tasa de maduración (K) y la mayor velocidad máxima de crecimiento ($V_{\text{máx}}$) correspondieron a los machos alimentados con balanceado. Por el contrario, las hembras alimentadas con alfalfa presentaron los menores valores de A y $V_{\text{máx}}$ y el mayor t_{90} . La edad al punto de inflexión se mantuvo alrededor de 25 días en las seis combinaciones.

Tabla 4.7. Parámetros del modelo de Gompertz y referencias del beneficio por tratamiento y sexo

Tratamiento	Sexo	A (g)	B	K (día ⁻¹)	t_{inf} (días)	t_{90} (días)	$V_{\text{máx}}$ (g/día)
FVH de maíz	Macho	1051,72 ± 33,49	1,841 ± 0,069	0,02400 ± 0,00156	25,45 ± 1,54	119,55 ± 6,85	9,29 ± 0,80
FVH de maíz	Hembra	903,56 ± 41,67	1,870 ± 0,088	0,02462 ± 0,00149	25,46 ± 2,29	117,16 ± 7,02	8,18 ± 0,55
Alfalfa	Macho	898,54 ± 30,14	1,797 ± 0,081	0,02274 ± 0,00221	25,88 ± 2,36	125,74 ± 12,65	7,50 ± 0,63
Alfalfa	Hembra	808,78 ± 27,58	1,725 ± 0,078	0,02125 ± 0,00121	25,62 ± 1,46	131,83 ± 5,76	6,32 ± 0,42
Balanceado	Macho	1160,84 ± 18,95	1,923 ± 0,071	0,02668 ± 0,00179	24,55 ± 1,83	109,24 ± 7,20	11,39 ± 0,73
Balanceado	Hembra	1021,37 ± 24,62	1,902 ± 0,063	0,02568 ± 0,00195	25,09 ± 1,43	113,18 ± 8,12	9,64 ± 0,65

Nota. Valores expresados como media ± desviación estándar de siete jaulas. A = peso asíntotico; B = parámetro de escala; K = tasa de maduración; t_{inf} = edad al punto de inflexión; t_{90} = edad al 90 % del peso asíntotico; $V_{\text{máx}}$ = velocidad máxima de crecimiento. Fuente: elaboración propia.

En términos de referencia para el beneficio, el balanceado alcanzó el 90 % del peso asintótico a edades estimadas más tempranas: 109,24 días en machos y 113,18 días en hembras. El FVH de maíz presentó valores intermedios, de 119,55 y 117,16 días, respectivamente; la alfalfa mostró las referencias más tardías, de 125,74 días en machos y 131,83 días en hembras. Estos valores deben interpretarse como referencias técnicas derivadas del modelo y no como una edad de beneficio observada directamente.

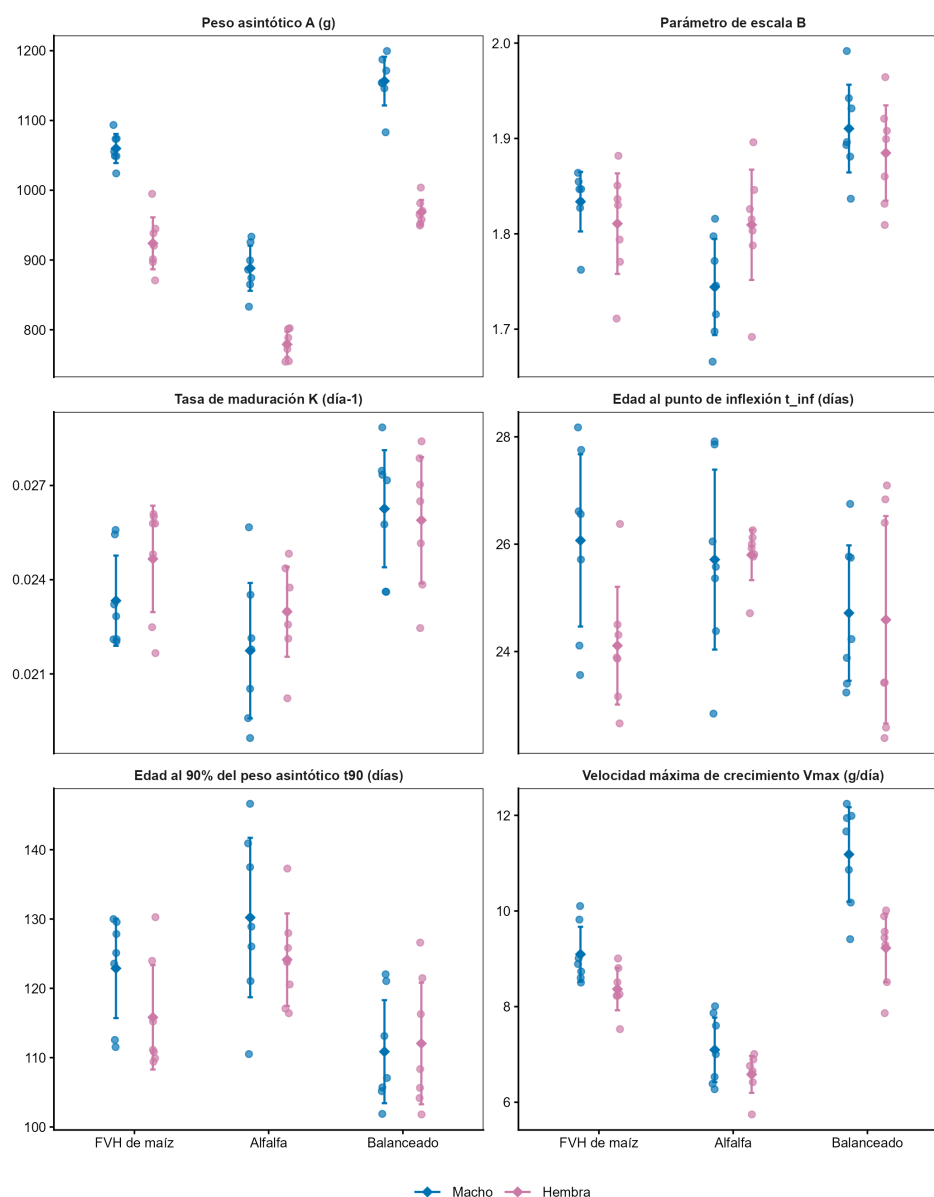


Figura 4.5. Distribución de los parámetros del modelo de Gompertz por tratamiento y sexo. Los puntos muestran estimaciones por jaula y los símbolos centrales representan las medias con sus intervalos de confianza del 95 %.

La Figura 4.5 representa la variabilidad entre jaulas y confirma visualmente las di-

ferencias descritas en la Tabla 4.7. La mayor separación entre tratamientos se observa en A , K , t_{90} y $V_{\text{máx}}$; en cambio, los intervalos de t_{inf} se superponen ampliamente.

El contraste factorial de los parámetros se resume en la Tabla 4.8. El tratamiento afectó significativamente A , B , K , t_{90} y $V_{\text{máx}}$, pero no t_{inf} . El sexo tuvo efecto sobre A y $V_{\text{máx}}$, mientras que la interacción tratamiento por sexo sólo fue significativa para A ($p = 0,032$).

Tabla 4.8. ANOVA factorial de los parámetros y referencias derivados del modelo de Gompertz

Parámetro	Tratamiento		Sexo		Tratamiento $\times$ sexo	
	F	p	F	p	F	p
A	215,69	< 0,001	181,51	< 0,001	3,79	0,032
B	14,35	< 0,001	0,82	0,370	1,58	0,221
K	20,51	< 0,001	1,37	0,249	1,42	0,255
t_{inf}	0,91	0,411	0,03	0,865	0,17	0,848
t_{90}	16,12	< 0,001	1,01	0,322	1,00	0,378
$V_{\text{máx}}$	110,23	< 0,001	46,38	< 0,001	1,03	0,367

Nota. Grados de libertad: tratamiento = 2; sexo = 1; interacción = 2; error = 36. Fuente: elaboración propia.

Por tanto, la tercera hipótesis específica recibió respaldo parcial. El sistema de alimentación modificó la mayoría de los parámetros de crecimiento y el t_{90} , pero no produjo diferencias en t_{inf} ; además, los efectos del sexo y de la interacción se restringieron a parámetros específicos. En conjunto, el balanceado mostró la mayor intensidad y precocidad del crecimiento, el FVH de maíz una respuesta intermedia y la alfalfa la trayectoria más lenta.

Al integrar los resultados de los tres objetivos específicos, la hipótesis general también se considera parcialmente respaldada: la dieta fue el factor más consistente para explicar el desempeño productivo, la eficiencia alimenticia y la dinámica de crecimiento; el sexo influyó principalmente en peso, GMD, ICA, A y $V_{\text{máx}}$; y la interacción tratamiento por sexo fue limitada y sólo alcanzó significancia para el peso asintótico.

4.2 Discusión

4.2.1 Efecto general de la dieta y el sexo

Los resultados integrados muestran que el sistema de alimentación fue el factor con mayor influencia sobre el desempeño de los cuyes, debido a que modificó significativamente el peso final, el consumo de materia seca, la ganancia media diaria, el índice de conversión alimenticia y la mayoría de los parámetros de Gompertz. El sexo también influyó en el peso final, la ganancia diaria, la conversión alimenticia, el peso asintótico y la velocidad máxima de crecimiento. Sin embargo, la ausencia de interacción significativa para las variables productivas finales, presentada en la Tabla 4.2 y representada en la Figura 4.1, indica que la jerarquía de las dietas fue semejante en machos y hembras. Este comportamiento coincide con Huaman et al. (2021a), Reynaga Rojas et al. (2020) y Hinojosa Benavides et al. (2022), quienes encontraron que el sistema de alimentación constituye una fuente principal de variación en el crecimiento y la eficiencia productiva de los cuyes.

Los machos presentaron mayor crecimiento que las hembras sin registrar un mayor consumo de materia seca, lo que evidencia una respuesta productiva diferenciada por sexo, concordante con Posada et al. (2015). El rendimiento de canal fue la principal excepción, pues permaneció alrededor del 70 % y no fue modificado por la dieta, el sexo ni su interacción, resultado semejante al informado por Huaman et al. (2021a). En conjunto, la hipótesis general recibió respaldo parcial: la dieta y el sexo influyeron en la mayoría de los indicadores productivos y de crecimiento, pero no en todas las respuestas ni mediante una interacción generalizada. Aunque el balanceado presentó el mejor crecimiento y el FVH de maíz una respuesta intermedia con conversión favorable, Pastorelli et al. (2024a) señala que una recomendación definitiva también debe considerar la composición en materia seca, los costos, la mano de obra y el uso de recursos.

4.2.2 Consumo y ganancia de peso

El primer objetivo específico evidenció diferencias claras entre sistemas de alimentación. Como se observa en la Tabla 4.4 y en la Figura 4.2, el balanceado produjo el mayor peso final, consumo de materia seca y ganancia media diaria; el FVH de maíz presentó valores intermedios de crecimiento, mientras que la alfalfa registró la menor respuesta. La superioridad del balanceado puede relacionarse con una oferta más uniforme y concentrada de nutrien-

tes. En este sentido, Castro-Bedriñana and Chirinos-Peinado (2021) y Alagón et al. (2024) demostraron que las materias primas utilizadas en la alimentación de cuyes difieren considerablemente en energía, proteína, fibra y digestibilidad, características que condicionan el consumo y la deposición de peso.

La alfalfa presentó mayor consumo que el FVH, pero produjo menor ganancia diaria, lo que indica que una mayor ingestión no necesariamente representa un mejor aprovechamiento productivo. Por su parte, el FVH mantuvo un consumo reducido y un crecimiento intermedio, patrón compatible con su menor concentración de materia seca y con las transformaciones del grano durante la germinación descritas por Pastorelli et al. (2024a). Los resultados también concuerdan con Cuenca Condoy et al. (2023), quien reconoce el potencial del forraje hidropónico cuando se integra adecuadamente en la alimentación. Los machos alcanzaron mayor peso final y ganancia diaria que las hembras, aunque ambos sexos consumieron cantidades semejantes. Por ello, la primera hipótesis específica recibió respaldo parcial: la dieta afectó el consumo y la ganancia diaria, el sexo influyó en el crecimiento, pero no se detectó interacción significativa entre ambos factores.

4.2.3 Conversión alimenticia y canal

El segundo objetivo específico mostró que la conversión alimenticia fue sensible a la dieta y al sexo, mientras que el rendimiento de canal permaneció estable. De acuerdo con la Tabla 4.6 y la Figura 4.3, la alfalfa presentó el mayor ICA y, por tanto, la menor eficiencia, debido a que combinó un consumo relativamente elevado con una menor ganancia de peso. El FVH de maíz y el balanceado compartieron el grupo de mayor eficiencia, aunque el balanceado produjo mayor peso final y ganancia diaria. Estos resultados son coherentes con Reynaga Rojas et al. (2020), quien demostró que el equilibrio entre la fracción forrajera y los nutrientes concentrados determina la eficiencia de conversión, y con Cuenca Condoy et al. (2023), quien obtuvo respuestas favorables al incorporar forraje hidropónico suplementado.

Las hembras presentaron un ICA mayor que los machos en las tres dietas, diferencia atribuible principalmente a su menor ganancia de peso, pues el consumo fue semejante entre sexos. En contraste, el rendimiento de canal se mantuvo próximo al 70 % y no mostró diferencias estadísticas, a pesar de las variaciones en peso y conversión. Este resultado coincide con Huaman et al. (2021a), quien encontró que distintos programas de alimentación pueden modificar el crecimiento sin alterar necesariamente la proporción de canal. En consecuencia,

la segunda hipótesis específica recibió respaldo parcial: la dieta y el sexo afectaron significativamente el ICA, pero no modificaron el rendimiento de canal y tampoco se evidenció una interacción significativa entre los factores.

4.2.4 Crecimiento y momento de beneficio

La modelación mediante Gompertz confirmó que las dietas no sólo modificaron el peso final, sino también la trayectoria de crecimiento. La Figura 4.4, la Tabla 4.7 y la Figura 4.5 muestran que el balanceado produjo el mayor peso asintótico (A), tasa de maduración (K) y velocidad máxima ($V_{\text{máx}}$), además de alcanzar más tempranamente el 90 % del peso asintótico. El FVH presentó una respuesta intermedia y la alfalfa una trayectoria más lenta. Según Fitzhugh (1976), estos parámetros permiten comparar el tamaño maduro y la velocidad de maduración; no obstante, Tjørve and Tjørve (2017) advierte que su interpretación depende de la formulación y del intervalo de datos utilizados.

El tratamiento afectó A , B , K , t_{90} y $V_{\text{máx}}$, pero no modificó t_{inf} , que se mantuvo próximo a los 25 días, como se observa en la Tabla 4.8. El sexo influyó principalmente en A y $V_{\text{máx}}$, mientras que la interacción sólo fue significativa para el peso asintótico. Aunque Gompertz permitió ordenar las dietas según intensidad y precocidad del crecimiento, Tapie et al. (2024a) y Vega-Vilca et al. (2023a) señalan que otros modelos no lineales pueden presentar ajustes equivalentes o superiores en cuyes. Además, parte de los valores de t_{90} excedió el periodo observado, por lo que deben interpretarse como referencias técnicas y no como edades óptimas de beneficio demostradas. Así, la tercera hipótesis específica recibió respaldo parcial, debido a que la dieta modificó la mayoría de los parámetros, pero no el punto de inflexión, y los efectos del sexo y de la interacción fueron limitados.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES

El sistema de alimentación fue el factor más consistente para explicar el desempeño productivo, la eficiencia alimenticia y la dinámica de crecimiento de los cuyes; el sexo influyó principalmente en el peso final, la ganancia media diaria, el índice de conversión alimenticia, el peso asintótico y la velocidad máxima de crecimiento, mientras que la interacción entre ambos factores fue limitada. En consecuencia, la hipótesis general recibió respaldo parcial.

El alimento balanceado produjo el mayor peso final y la mayor ganancia media diaria, seguido por el FVH de maíz y la alfalfa; asimismo, el consumo de materia seca presentó el orden balanceado, alfalfa y FVH. Los machos alcanzaron mayor peso final y ganancia diaria que las hembras, aunque el consumo de materia seca no difirió entre sexos.

El FVH de maíz y el alimento balanceado presentaron los menores índices de conversión alimenticia y, por tanto, una eficiencia superior a la alfalfa; además, los machos fueron más eficientes que las hembras. El rendimiento de canal se mantuvo cercano al 70 % y no fue modificado significativamente por la dieta, el sexo ni su interacción.

El modelo de Gompertz mostró que el balanceado generó mayor peso asintótico, tasa de maduración y velocidad máxima de crecimiento, además de alcanzar más tempranamente el 90 % del peso asintótico; el FVH presentó una respuesta intermedia y la alfalfa el crecimiento más lento. El punto de inflexión se mantuvo alrededor de los 25 días sin diferencias significativas, por lo que el t_{90} debe interpretarse como una referencia técnica del modelo y no como una edad óptima de beneficio comprobada experimentalmente.

CAPÍTULO VI.

RECOMENDACIONES

Se recomienda validar los sistemas de alimentación en condiciones productivas comerciales, incorporando disponibilidad de insumos y uso de recursos, antes de establecer una recomendación definitiva para los productores.

Para mejorar el peso final y la ganancia media diaria, se recomienda emplear alimento balanceado; cuando se requiera una alternativa forrajera, el FVH de maíz puede considerarse una opción intermedia, manteniendo control del consumo en materia seca y del sexo de los animales.

Para optimizar la conversión alimenticia, se recomienda priorizar el FVH de maíz o el alimento balanceado frente a la alfalfa; la elección entre ambos debe complementarse con un análisis económico, dado que el rendimiento de canal no presentó diferencias entre dietas.

Se recomienda utilizar los parámetros de Gompertz, especialmente el t_{90} , únicamente como referencias técnicas y validar la edad de beneficio mediante evaluaciones directas de peso, canal, calidad de carne y rentabilidad.

CAPÍTULO VII.

REFERENCIAS

- Abarca Reyes, P., Aguirre Aguilera, C., Mora López, D., and Carrasco Jiménez, J. (2016). Producción de forraje verde hidropónico para la pequeña agricultura. In *Técnicas de captación, acumulación y aprovechamiento de aguas lluvias*, number 321 in Boletín INIA, chapter 7, pages 159–174. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Rengo, Chile.
- Alagón, G., Tupayachi, G., Villacorta, W., Taco, C., Jancco, M., Zuniga, E., López-Luján, M. d. C., Ródenas, L., Moya, V. J., Martínez-Paredes, E., Blas, E., and Pascual, J. J. (2024). Nutritive value of some concentrate feedstuffs for guinea pigs (*cavia porcellus*). *Animals*, 14(21):3142.
- Arif, M. et al. (2023). Effect of hydroponic fodder on nutrient digestibility, growth performance and blood metabolites of Beetal goats. *Journal of King Saud University – Science*, 35:102457.
- Ayala Pérez, F. (2014). Tres programas de alimentación en crecimiento y acabado de cuyes machos línea Perú (*Cavia porcellus*) – ayacucho a 2750 m.s.n.m. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
- Bindelle, J., Ilunga, Y., Delacollette, M., Muland Kayij, M., Uмба di M’Balу, J., Kindele, E., and Buldgen, A. (2007). Voluntary intake, chemical composition and in vitro digestibility of fresh forages fed to guinea pigs in periurban rearing systems of kinshasa (Democratic Republic of Congo). *Tropical Animal Health and Production*, 39(6):419–426.
- Castro-Bedriñana, J. and Chirinos-Peinado, D. (2021). Nutritional value of some raw materials for guinea pigs (*cavia porcellus*) feeding. *Translational Animal Science*, 5(2):txab019.
- Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) and Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) (2023). Informe de emergencia n. 256 – 24feb2023: Déficit hídrico en el departamento de ayacucho (informe n. 7). Technical report, COEN–INDECI.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) (2025). Escenario de riesgo ante déficit hídrico para el departamento de ayacucho. Technical report, CENEPRED.
- Chauca de Zaldívar, L. (1997). Producción de cuyes (*cavia porcellus*).
- Chauca Francia, L. (2020). Manual de crianza de cuyes. Manual técnico, Instituto Nacional de

Innovación Agraria (INIA).

Codex Alimentarius Commission (2003). Code of hygienic practice for fresh fruits and vegetables (CXC 53-2003). Codex Alimentarius (FAO/WHO). Revisión de 2017.

Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. SAGE Publications, Thousand Oaks, CA, 4 edition.

Cuenca Condo, M. D. C., Quinteros Rodas, W. O., Flores, F. R., and Campos Murillo, N. D. C. (2023). Impacto de forraje hidropónico y microorganismos eficientes en cuyes: Parámetros productivos, hematológicos y bioquímicos nutricionales. *Revista Alfa*, 7(21):573–582.

Feedipedia (2016). Alfalfa (*Medicago sativa*). Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. Accessed 2026-02-22.

Feedipedia (2021). Hydroponic fodder production: A critical assessment. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. Accessed 2026-02-22.

Festing, M. F. W. and Altman, D. G. (2002). Guidelines for the design and statistical analysis of experiments using laboratory animals. *ILAR Journal*, 43(4):244–258.

Fisher, R. A. (1935). *The design of experiments*. Oliver and Boyd, Edinburgh.

Fitzhugh, H. A. (1976). Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *Journal of Animal Science*, 42(4):1036–1051.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2001a). *Manual técnico: Forraje verde hidropónico*. Santiago, Chile.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2001b). *Manual técnico: Forraje verde hidropónico*. Technical report, FAO, Santiago, Chile.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2021). *The state of food and agriculture 2021: Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses*. FAO, Rome, Italy.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., and Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education, México, 6 edition.

Hinojosa Benavides, R. A., Yzarra Aguilar, A., and Rojas Yauri, G. (2022). Comportamiento productivo en cuyes (cavia cobayo) bajo el efecto de cuatro sistemas de alimentación. *Revista Alfa*, 6(16):178–185.

Huaman, D., Huayhua, J. B., Acosta, E. J., and Palomino-Guerrera, W. (2021a). Comportamiento

- productivo en cuyes (*Cavia porcellus*) machos raza Perú bajo el efecto de tres sistemas de alimentación, criados en condiciones de valles interandinos del Perú. *Agroindustrial Science*, 11(2):179–183.
- Huaman, D., Huayhua, J. B., Acosta, E. J., and Palomino Guerrero, W. (2021b). Comportamiento productivo en cuyes (*cavia porcellus*) machos raza Perú bajo el efecto de tres sistemas de alimentación, criados en condiciones de valles interandinos del Perú. *Agroindustrial Science*, 11(2):179–183.
- Huayhua Quicaño, M. A. (2020). Niveles decrecientes de alfalfa más concentrado comercial en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) en crecimiento, ayacucho 2018. Master's thesis, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
- Hurlbert, S. H. (1984). Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs*, 54(2):187–211.
- Latimer, G. W. (2023). Aoac official method 934.01: Loss on drying (moisture) at 95–100°C for feeds; dry matter on oven drying at 95–100°C for feeds. In *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL*. AOAC INTERNATIONAL, 22nd edition.
- Levene, H. (1960). Robust tests for equality of variances. In Olkin, I., Ghurye, S. G., Hoeffding, W., Madow, W. G., and Mann, H. B., editors, *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling*, pages 278–292. Stanford University Press, Palo Alto, CA.
- Lezma Lima, C. E. (2025). Rendimiento productivo de cuyes (*cavia porcellus*) en crecimiento y engorde con tres forrajes diferentes bajo sistema de alimentación mixta. Master's thesis, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Tesis, Facultad de Zootecnia, Dpto. Acad. Producción Animal.
- Machaca-Tomaylla, R. M. (2021). Efecto de tres concentraciones de microorganismos eficaces en el cultivo de forraje verde hidropónico (FVH) de maíz (*Zea mays*) a escala de laboratorio. ayacucho-2019. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., and Wilkinson, R. G. (2011). *Animal nutrition*. Pearson, Harlow, England, 7 edition.
- Montgomery, D. C. (2019). *Design and analysis of experiments*. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 9 edition.

- Naik, P. K., Swain, B. K., and Singh, N. P. (2015). Production and utilization of hydroponics fodder. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 32(1):1–9.
- National Research Council (1995). *Nutrient requirements of laboratory animals: Fourth revised edition, 1995*. The National Academies Press, Washington, DC.
- National Research Council (2011). *Guide for the care and use of laboratory animals*. The National Academies Press, Washington, DC, 8 edition.
- Noguera, R., Pereira, R. L., and Solarte, C. E. (2008). Comparación de modelos no lineales para describir curvas de crecimiento en cuyes (*Cavia porcellus*). *Livestock Research for Rural Development*, 20(79).
- OECD and Food and Agriculture Organization of the United Nations (2023). *OECD-FAO agricultural outlook 2023–2032*. OECD Publishing, Paris.
- Pastorelli, G., Serra, V., Turin, L., and Attard, E. (2024a). Hydroponic fodders for livestock production – a review. *Annals of Animal Science*, 24(3):645–656.
- Pastorelli, G., Serra, V., Turin, L., and Attard, E. (2024b). Hydroponic fodders for livestock production: a review. *Annals of Animal Science*, 24(3):645–656.
- Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Poloczanska, E. S., Mintenbeck, K., Tignor, M., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., Okem, A., and Rama, B., editors (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press.
- Posada, S. L., Solarte, C. E., and Noguera, R. R. (2015). Efecto de la línea genética y el sexo sobre el crecimiento en cuyes (*Cavia porcellus*). *Livestock Research for Rural Development*, 27(1). Published 1 January 2015.
- Ramírez-Navarro, W. and Cárdenas-Alayo, C. T. (2022). Parámetros productivos de cuyes mejorados en tres densidades de crianza, distrito de tocache. *Revista de Veterinaria y Zootecnia Amazónica*, 2(2):e357.
- Reynaga Rojas, M. F., Vergara Rubín, V., Chauca Francia, L., Muscari Greco, J., and Higaonna Oshiro, R. (2020). Sistemas de alimentación mixta e integral en la etapa de crecimiento de cuyes (*cavia porcellus*) de las razas Perú, andina e inti. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(3):e18173.
- Robles Kajatt, G. V. (2018). Reemplazo de la alfalfa en verde por forraje verde hidropónico de cebada

- (*Hordeum vulgare* L.) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*), para carnes. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
- Shadish, W. R., Cook, T. D., and Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton Mifflin, Boston, MA.
- Shapiro, S. S. and Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3-4):591–611.
- Sneath, R. and McIntosh, F. (2003). Review of hydroponic fodder production for beef cattle. Technical report, Queensland Department of Primary Industries, Queensland, Australia. Technical report.
- Suckow, M. A., Stevens, K. A., and Wilson, R. P. (2012). *The laboratory rabbit, guinea pig, hamster, and other rodents*. Academic Press, Amsterdam ; Boston.
- Sánchez González, F. C. and Guevara Luquez, T. V. (2020). Complementación de cobayo (*cavia porcellus*) con nacedero (*trichanthera gigantea*) y forraje verde hidropónico de maíz (*zea mays*). Trabajo de graduación, Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal, Departamento de Zootecnia, Managua, Nicaragua.
- Tapie, W. A., Giraldo, L. M., Posada-Ochoa, S. L., and Rosero-Noguera, J. R. (2024a). Curva de crecimiento de cuyes machos (*Cavia porcellus*) de la raza Perú mediante modelos no lineales en colombia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 27(1):Art. No. 034.
- Tapie, W. A., Posada-Ochoa, S. L., and Rosero-Noguera, R. (2024b). Growth curves of male guinea pigs (*cavia porcellus*) of the peru breed using non-linear models in colombia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 27:034.
- Tjørve, K. M. C. and Tjørve, E. (2017). The use of gompertz models in growth analyses, and new gompertz-model approach: An addition to the unified-richards family. *PLOS ONE*, 12(6):e0178691. Open access article describing the Gompertz model and its applications.
- Tjørve, K. M. C. and Tjørve, E. (2017). The use of gompertz models in growth analyses, and new gompertz-model approach. *PLOS ONE*, 12(6):e0178691.
- Tukey, J. W. (1949). Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*, 5(2):99–114.
- Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Cornell University Press, Ithaca, NY,

2 edition.

- Vega-Vilca, J. C., Maguiña-Maza, R., Cipriano Bautista, A., and Vega-Cadillo, Y. (2023a). Modelos no lineales para la descripción del crecimiento de cuyes de saca temprana (*Cavia porcellus*) en base a datos de campo en la región lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 34(4):e24409.
- Vega-Vilca, J. F., Maguiña-Maza, R. M., Cipriano Bautista, J. G., and Vega-Cadillo, C. A. (2023b). Modelos no lineales para la descripción del crecimiento de cuyes (*cavia porcellus*) de saca temprana. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 34(4):e24409.
- Wilfong, A. and O'Quinn, T. (2018). How much meat to expect from your animal. Technical Report MF3394, Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. Prepared by Alaena Wilfong and Travis O'Quinn; publication date February 2018.
- Williamson, H. R., Schreurs, N. M., Morris, S. T., and Hickson, R. E. (2022). Growth and carcass characteristics of beef-cross-dairy-breed heifers and steers born to different dam breeds. *Animals*, 12(7):864.
- World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations (2023). Prevention and control of microbiological hazards in fresh fruits and vegetables: Part 3: Sprout: meeting report. Technical Report 43, World Health Organization.

ANEXOS

7.1 Anexo 1. Panel fotográfico

7.1.1 Supervisión del asesor en el galpón experimental de cuyes



Figura 7.1. Supervisión del galpón experimental durante el desarrollo del bioensayo con cuyes (*Cavia porcellus*) en etapa de recría. En la imagen se observa a la tesista junto al asesor de tesis verificando la correcta asignación y diferenciación de los tratamientos alimenticios, así como las condiciones generales de manejo e infraestructura de las unidades experimentales.

7.1.2 Verificación de la balanza y supervisión del asesor



Figura 7.2. Verificación del funcionamiento de la balanza electrónica BC30S utilizada para el registro de peso vivo de cuyes (*Cavia porcellus*) durante el bioensayo. En la imagen se observa al asesor de tesis supervisando el procedimiento de pesaje, asegurando la correcta utilización del equipo y la confiabilidad de las mediciones empleadas para el cálculo de ganancia de peso y rendimiento de canal en los tratamientos evaluados.

7.1.3 Fase agronómica: producción de forraje verde hidropónico de maíz



Figura 7.3. Selección sanitaria de semillas para FVH de maíz.

Descripción (Figura 7.3). En esta etapa se revisó grano por grano antes de la siembra para asegurar un lote limpio y homogéneo. Se separaron semillas rotas, con manchas, con olor extraño o con daño visible, porque esas semillas suelen germinar mal y pueden iniciar pudriciones dentro de la bandeja. La selección reduce pérdidas durante la germinación, mejora la uniformidad del tapiz forrajero y ayuda a que el FVH producido sea más constante entre días de cosecha. Con un lote uniforme, el alimento ofrecido a los cuyes se estandariza y se disminuye la variabilidad del experimento.



Figura 7.4. Depuración de semillas no germinadas en bandejas.

Descripción (Figura 7.4). Durante la germinación se inspeccionaron las bandejas para identificar semillas que no brotaron o que presentaron raíces débiles. Esas semillas se retiraron para evitar focos de fermentación y pudrición, que elevan la humedad local y deterioran el tapiz. Este control mejora la uniformidad del crecimiento, disminuye malos olores y ayuda a conservar la inocuidad del forraje. Al final, se obtiene un FVH más parejo y con menor riesgo de contaminación que pueda afectar el consumo y la respuesta productiva.



Figura 7.5. Módulo vertical protegido para crecimiento del FVH.

Descripción (Figura 7.5). Se observa el módulo de varios niveles donde se desarrolló el FVH dentro de bandejas apiladas. La cobertura plástica se usó para proteger el cultivo del polvo, corrientes de aire y vectores, además de ayudar a mantener humedad relativa más estable. Un microclima estable reduce zonas secas o excesivamente húmedas, mejorando la uniformidad del tapiz. Esto facilita cosechas más regulares y un suministro más comparable para todas las unidades experimentales.



Figura 7.6. Verificación del crecimiento mediante medición de plántulas.

Descripción (Figura 7.6). Se realizó la medición de la altura de plántulas con instrumento métrico como control simple y objetivo del crecimiento. Con estas mediciones se detectan diferencias entre bandejas o zonas (por ejemplo, crecimiento menor por distribución desigual de agua o densidad de siembra). Cuando el crecimiento es homogéneo, se asegura que el FVH cosechado tenga características similares (estructura, desarrollo foliar y tapiz). Esto mejora la estandarización del insumo y reduce sesgos al comparar tratamientos en el bioensayo.



Figura 7.7. Control de altura del dosel previo al corte.

Descripción (Figura 7.7). Antes de la cosecha se verificó la altura del dosel forrajero para confirmar el punto de corte definido en el protocolo. Este control ayuda a evitar cosechas muy tempranas (baja biomasa) o tardías (tapiz más fibroso o con deterioro). Al cosechar en un estado similar de desarrollo, la oferta diaria de FVH se mantiene más constante en cantidad y condición. Así, el consumo y el desempeño de los cuyes se relacionan con un insumo más estandarizado y comparable.



Figura 7.8. FVH de maíz listo para cosecha y suministro.

Descripción (Figura 7.8). Se aprecia el tapiz de FVH con alta densidad y follaje desarrollado, indicando un crecimiento adecuado. La ausencia de necrosis amplia o manchas severas sugiere un manejo correcto de humedad, ventilación y limpieza del sistema. En esta etapa el FVH se fracciona para su entrega diaria, procurando porciones similares por unidad experimental. Un FVH uniforme favorece la aceptabilidad, facilita el control de rechazos y mejora la confiabilidad del registro de consumo.



Figura 7.9. Pan de FVH con raíces integradas y granos germinados.

Descripción (Figura 7.9). Se muestra el “pan” completo del FVH, donde raíces y granos germinados forman una matriz compacta. Las raíces claras y sin zonas oscuras o viscosas son un indicador práctico de buen estado sanitario. Esta verificación visual permite identificar bandejas con posibles pudriciones y descartarlas si corresponde. Con ello se asegura que el material entregado a los cuyes mantenga calidad e inocuidad durante el bioensayo.

7.1.4 Fase experimental: instalaciones, manejo y suministro de tratamientos



Figura 7.10. Supervisión del protocolo de producción y suministro.

Descripción (Figura 7.10). Se realizó la supervisión técnica para confirmar que las actividades se ejecuten según el protocolo del estudio. Incluye verificar el manejo del módulo, la higiene del área, el estado del FVH a suministrar y la forma de porcionamiento por jaula o repetición. La supervisión reduce errores de procedimiento (porciones desiguales, tiempos no uniformes, manejo inconsistente), que pueden alterar consumo y resultados. Este control fortalece la trazabilidad del ensayo y mejora la calidad del registro experimental.



(a)



(b)

Figura 7.11. Consumo del FVH y organización de jaulas experimentales.

Descripción (Figura 7.11). En (a) se observa el consumo directo del FVH colocado en recipiente indivi-

dual, lo que facilita controlar el suministro y el rechazo diario. Esta forma de entrega evita que el forraje se mezcle con residuos del piso y ayuda a registrar consumo real por unidad experimental. En (b) se presenta la disposición de jaulas en el área experimental, que permite separar tratamientos, mantener manejo uniforme y reducir interferencias entre repeticiones. La organización por jaulas y el control del suministro son claves para calcular conversión alimenticia y comparar con mayor precisión los tratamientos.

7.1.5 Fase de beneficio y evaluación de la respuesta productiva



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 7.12. Pesaje final individual de cuyes por tratamiento.

Descripción (Figura 7.12). Se realizó el pesaje final con balanza electrónica digital BC30S para obtener el peso vivo al cierre de la recría. En (a) y (b) se muestran valores de 0,852 y 0,977 kg para cuyes alimentados con FVH de maíz; en (c) 0,787 kg para alfalfa; y en (d) 1,053 kg para balanceado. Estos registros se usan para calcular ganancia total y ganancia media diaria, y se integran con el consumo para estimar el ICA. El pesaje final es un punto crítico porque resume el efecto del sistema de alimentación sobre el crecimiento y la eficiencia productiva.

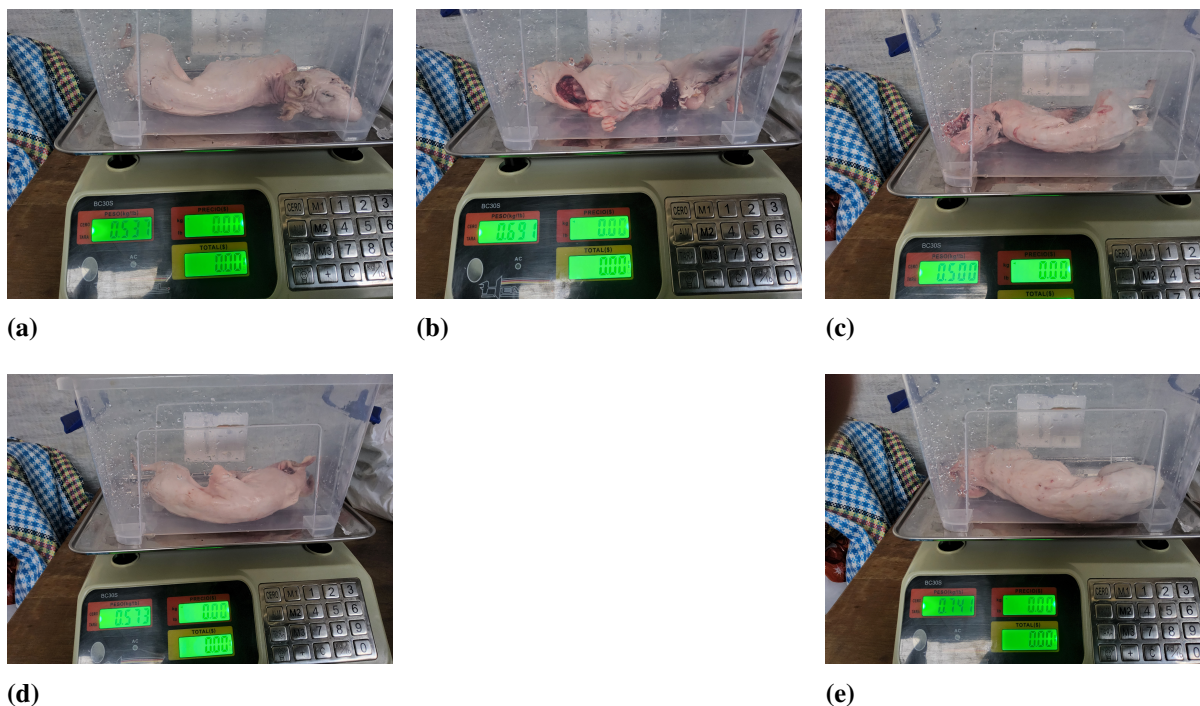
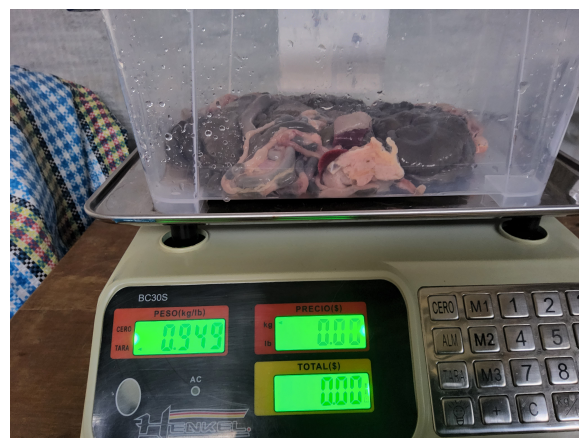


Figura 7.13. Pesaje de canal para cálculo del rendimiento cárnico.

Descripción (Figura 7.13). Después del beneficio, las canales escaldadas y evisceradas se pesaron en balanza electrónica usando un contenedor plástico para mantener un procedimiento uniforme. Los pesos registrados (0,537; 0,691; 0,500; 0,573; 0,741 kg) corresponden a peso de canal, variable base para calcular rendimiento de canal. El rendimiento se obtiene al relacionar el peso de canal con el peso vivo, lo que permite comparar el aprovechamiento cárnico entre tratamientos. Este dato complementa el peso final y ayuda a interpretar si el sistema de alimentación influye no solo en crecimiento, sino también en proporción de canal obtenida.



(a)



(b)

Figura 7.14. Pesaje de fracciones no comestibles del beneficio.

Descripción (Figura 7.14). Se cuantificaron fracciones no comestibles para estimar descartes y describir el aprovechamiento real del animal. En (a) se pesó el pelo recolectado (0,766 kg en total) y en (b) el conjunto de vísceras internas (0,949 kg). Estos registros ayudan a estimar proporciones de descarte y respaldan, por diferencia con peso vivo y peso de canal, la interpretación del rendimiento. Además, documentar descartes aporta transparencia metodológica y permite comparar si existen cambios asociados al sistema de alimentación.

7.2 Anexo 2. Registros experimentales

Tabla 7.1. Datos productivos y de canal registrados por animal

Animal	Jaula	Tratamiento	Sexo	PI (g)	PF (g)	PV beneficio (g)	Canal (g)	RC (%)
1	1	FVH	M	282,3	894,1	865,8	594,8	68,70
2	1	FVH	M	256,7	801,1	761,9	552,7	72,54
3	2	FVH	M	292,1	864,4	824,8	593,9	72,01
4	2	FVH	M	264,8	886,6	845,5	605,1	71,57
5	3	FVH	M	290,6	933,0	912,4	657,3	72,04
6	3	FVH	M	304,1	928,5	885,4	617,0	69,69
7	4	FVH	M	258,8	892,2	854,0	611,8	71,64
8	4	FVH	M	292,7	889,1	869,3	629,3	72,39
9	5	FVH	M	291,7	883,6	843,7	611,6	72,49
10	5	FVH	M	263,6	861,7	825,5	571,4	69,22
11	6	FVH	M	281,4	893,8	874,9	632,2	72,26
12	6	FVH	M	283,2	833,8	801,1	556,5	69,47
13	7	FVH	M	284,4	899,1	861,9	611,6	70,96
14	7	FVH	M	280,1	907,5	874,1	597,8	68,39
15	8	FVH	H	272,1	813,9	773,6	530,5	68,58
16	8	FVH	H	267,7	815,9	791,2	544,5	68,82
17	9	FVH	H	252,0	767,5	748,6	509,9	68,11
18	9	FVH	H	240,0	769,9	739,3	537,1	72,65
19	10	FVH	H	238,3	779,3	756,1	542,6	71,76
20	10	FVH	H	257,7	809,9	771,2	556,1	72,11
21	11	FVH	H	264,0	767,6	746,4	529,3	70,91
22	11	FVH	H	241,1	783,6	745,5	517,4	69,40
23	12	FVH	H	286,4	857,0	838,1	606,2	72,33
24	12	FVH	H	287,2	823,5	788,0	562,3	71,36
25	13	FVH	H	230,1	757,7	722,9	492,1	68,07
26	13	FVH	H	278,3	776,7	752,6	520,8	69,20

Continúa en la página siguiente

Tabla 7.1 (continuación)

Animal	Jaula	Tratamiento	Sexo	PI (g)	PF (g)	PV beneficio (g)	Canal (g)	RC (%)
27	14	FVH	H	261,4	773,2	735,5	529,5	71,99
28	14	FVH	H	244,5	764,5	738,0	521,5	70,66
29	15	Alfalfa	M	264,3	725,9	699,0	479,8	68,64
30	15	Alfalfa	M	225,1	659,5	645,7	467,0	72,32
31	16	Alfalfa	M	233,1	726,8	696,8	494,1	70,91
32	16	Alfalfa	M	252,7	707,2	689,5	502,1	72,82
33	17	Alfalfa	M	248,2	732,3	704,3	507,7	72,09
34	17	Alfalfa	M	244,9	655,1	634,5	448,4	70,67
35	18	Alfalfa	M	253,0	758,2	725,5	519,5	71,61
36	18	Alfalfa	M	249,5	805,7	782,3	568,0	72,61
37	19	Alfalfa	M	215,4	698,8	675,1	490,1	72,60
38	19	Alfalfa	M	235,1	655,1	624,0	455,4	72,98
39	20	Alfalfa	M	273,1	836,9	805,1	570,0	70,80
40	20	Alfalfa	M	259,2	723,6	703,1	508,2	72,28
41	21	Alfalfa	M	254,7	765,3	741,4	519,3	70,04
42	21	Alfalfa	M	220,2	712,1	679,5	490,4	72,17
43	22	Alfalfa	H	224,2	655,5	632,9	431,9	68,24
44	22	Alfalfa	H	221,6	663,2	630,7	437,1	69,30
45	23	Alfalfa	H	186,3	613,6	589,6	403,6	68,45
46	23	Alfalfa	H	215,3	654,7	639,9	436,2	68,17
47	24	Alfalfa	H	206,6	633,8	603,4	419,8	69,57
48	24	Alfalfa	H	222,0	699,2	669,2	458,8	68,56
49	25	Alfalfa	H	213,8	603,4	584,2	412,2	70,56
50	25	Alfalfa	H	217,8	646,0	615,5	445,5	72,38
51	26	Alfalfa	H	208,3	639,3	616,6	437,6	70,97
52	26	Alfalfa	H	205,6	661,2	634,8	455,3	71,72
53	27	Alfalfa	H	221,7	663,2	642,6	466,9	72,66

Continúa en la página siguiente

Tabla 7.1 (continuación)

Animal	Jaula	Tratamiento	Sexo	PI (g)	PF (g)	PV beneficio (g)	Canal (g)	RC (%)
54	27	Alfalfa	H	202,0	620,0	592,0	426,1	71,98
55	28	Alfalfa	H	204,4	640,7	612,8	417,7	68,16
56	28	Alfalfa	H	205,2	661,9	632,8	445,9	70,46
57	29	Balanceado	M	301,9	971,5	940,9	672,9	71,52
58	29	Balanceado	M	307,8	986,2	957,9	693,1	72,36
59	30	Balanceado	M	306,6	1035,9	1004,6	708,2	70,50
60	30	Balanceado	M	331,6	1081,9	1042,0	746,3	71,62
61	31	Balanceado	M	328,0	1050,1	1005,4	727,4	72,35
62	31	Balanceado	M	303,9	926,9	892,5	618,0	69,24
63	32	Balanceado	M	335,6	1075,4	1022,9	701,8	68,61
64	32	Balanceado	M	320,1	1043,0	1018,0	701,3	68,89
65	33	Balanceado	M	320,5	1034,6	1013,9	691,9	68,24
66	33	Balanceado	M	307,7	1005,9	972,0	661,2	68,02
67	34	Balanceado	M	278,4	938,6	892,4	622,1	69,71
68	34	Balanceado	M	283,4	902,6	865,2	601,6	69,53
69	35	Balanceado	M	301,2	1037,7	1015,8	715,3	70,42
70	35	Balanceado	M	313,9	1046,7	1020,2	715,4	70,12
71	36	Balanceado	H	276,5	842,3	815,2	574,6	70,49
72	36	Balanceado	H	242,5	850,1	830,0	591,4	71,25
73	37	Balanceado	H	235,9	793,8	772,1	538,4	69,73
74	37	Balanceado	H	300,4	912,4	869,2	631,8	72,69
75	38	Balanceado	H	266,8	830,1	790,6	553,5	70,01
76	38	Balanceado	H	278,0	866,5	823,8	565,8	68,68
77	39	Balanceado	H	274,1	879,8	861,8	596,3	69,19
78	39	Balanceado	H	271,1	826,5	805,7	577,4	71,66
79	40	Balanceado	H	273,6	781,1	759,3	534,4	70,38
80	40	Balanceado	H	239,3	794,2	756,1	533,7	70,59

Continúa en la página siguiente

Tabla 7.1 (continuación)

Animal	Jaula	Tratamiento	Sexo	PI (g)	PF (g)	PV beneficio (g)	Canal (g)	RC (%)
81	41	Balanceado	H	251,0	853,2	826,5	577,8	69,91
82	41	Balanceado	H	251,7	839,1	820,5	567,2	69,13
83	42	Balanceado	H	235,6	783,8	762,9	543,8	71,28
84	42	Balanceado	H	269,1	848,2	822,0	590,2	71,80

Nota. PI = peso inicial; PF = peso final; PV = peso vivo; RC = rendimiento de canal. M = macho; H = hembra. Todos los animales tuvieron 12 horas de ayuno; la canal se definió como eviscerada, sin cabeza ni patas. Fuente: registros experimentales.

Tabla 7.2. Pesos observados de los cuyes durante el periodo experimental

Animal	Jaula	Trat.	Sexo	D0	D7	D14	D21	D28	D35	D42	D49	D56	D63	D70	D77	D84	D86
1	1	T1	M	282,3	361,3	409,0	473,8	554,7	606,2	649,5	710,7	747,1	788,8	833,0	844,2	874,9	894,1
2	1	T1	M	256,7	308,0	365,9	406,1	469,1	527,9	565,0	626,9	660,3	703,1	736,1	793,2	803,8	801,1
3	2	T1	M	292,1	331,3	397,6	472,6	536,3	586,5	636,3	683,6	717,1	765,9	805,9	854,6	877,5	864,4
4	2	T1	M	264,8	338,8	387,4	458,5	528,3	594,6	635,5	688,8	725,0	764,3	819,9	856,3	868,8	886,6
5	3	T1	M	290,6	379,3	411,5	518,5	580,2	640,5	702,9	734,4	798,3	844,4	890,6	900,6	923,3	933,0
6	3	T1	M	304,1	377,2	442,0	518,5	566,8	631,7	687,5	728,1	791,9	832,6	866,3	895,6	911,3	928,5
7	4	T1	M	258,8	325,0	392,2	455,1	501,0	581,0	638,7	714,8	735,3	782,2	816,0	837,2	888,7	892,2
8	4	T1	M	292,7	373,5	401,9	466,3	531,7	582,3	625,4	691,7	726,7	784,4	809,0	868,4	876,2	889,1
9	5	T1	M	291,7	363,5	394,3	471,9	530,9	591,9	624,4	672,6	736,3	775,3	812,2	846,8	866,5	883,6
10	5	T1	M	263,6	327,8	372,6	452,6	496,5	572,0	630,4	661,4	725,9	762,8	805,1	849,9	858,8	861,7
11	6	T1	M	281,4	354,9	413,2	493,3	539,4	628,9	663,2	698,8	742,1	798,1	826,7	867,4	892,2	893,8

Continúa en la página siguiente

Tabla 7.2 (continuación)

Animal	Jaula	Trat.	Sexo	D0	D7	D14	D21	D28	D35	D42	D49	D56	D63	D70	D77	D84	D86
12	6	T1	M	283,2	345,7	394,1	433,9	501,2	554,2	589,5	644,8	685,2	711,2	760,6	793,7	826,7	833,8
13	7	T1	M	284,4	390,4	426,5	500,3	564,1	622,9	670,4	733,2	764,7	811,7	845,8	883,5	933,7	899,1
14	7	T1	M	280,1	337,6	410,7	492,8	544,0	614,4	668,5	711,9	784,7	809,0	816,8	868,6	885,7	907,5
15	8	T1	H	272,1	330,4	391,2	450,0	532,0	572,1	604,7	670,8	722,3	746,1	751,0	787,6	827,8	813,9
16	8	T1	H	267,7	328,1	357,8	440,3	505,5	549,1	627,1	640,9	690,5	731,1	774,8	772,6	821,5	815,9
17	9	T1	H	252,0	301,6	361,0	420,4	482,0	503,6	584,0	586,2	643,6	686,5	715,3	734,6	763,8	767,5
18	9	T1	H	240,0	291,2	366,4	418,9	480,0	530,7	564,5	611,1	663,3	696,6	720,6	748,3	782,7	769,9
19	10	T1	H	238,3	306,5	372,8	420,6	485,4	530,0	586,4	627,2	669,8	710,4	727,3	783,3	775,5	779,3
20	10	T1	H	257,7	309,1	380,2	433,2	507,7	551,0	594,4	645,0	693,2	719,6	748,8	787,1	811,1	809,9
21	11	T1	H	264,0	306,2	369,8	430,2	488,5	549,7	589,3	620,7	659,5	682,8	721,9	744,9	773,3	767,6
22	11	T1	H	241,1	294,2	358,8	414,6	471,2	515,2	572,0	621,3	671,0	701,8	745,3	743,8	784,2	783,6

Continúa en la página siguiente

Tabla 7.2 (continuación)

Animal	Jaula	Trat.	Sexo	D0	D7	D14	D21	D28	D35	D42	D49	D56	D63	D70	D77	D84	D86
23	12	T1	H	286,4	337,7	380,5	453,8	506,9	568,6	619,9	680,7	713,1	735,4	765,9	809,9	818,4	857,0
24	12	T1	H	287,2	357,7	400,3	470,1	495,7	556,6	610,0	653,8	688,2	734,3	748,9	786,0	813,1	823,5
25	13	T1	H	230,1	280,3	361,9	405,2	471,0	511,3	578,3	617,6	635,1	680,4	705,8	737,8	735,7	757,7
26	13	T1	H	278,3	308,0	376,4	436,5	493,3	525,8	585,6	596,9	631,9	683,4	719,7	744,4	750,0	776,7
27	14	T1	H	261,4	303,2	366,3	429,2	460,9	524,4	559,8	599,4	645,0	670,9	707,3	729,1	785,8	773,2
28	14	T1	H	244,5	297,4	361,8	418,5	458,9	508,6	558,1	580,3	626,4	689,3	722,3	729,8	761,1	764,5
29	15	T2	M	264,3	312,2	348,8	387,9	440,2	478,4	546,5	576,1	602,2	649,2	664,4	681,6	729,4	725,9
30	15	T2	M	225,1	285,8	295,3	357,7	387,8	430,4	468,7	503,2	547,3	571,1	612,1	636,4	659,5	659,5
31	16	T2	M	233,1	275,2	339,0	398,1	424,9	495,5	528,7	582,6	607,1	630,8	662,9	706,5	732,2	726,8
32	16	T2	M	252,7	297,7	333,8	383,5	441,4	468,0	522,5	540,9	592,9	634,8	625,7	669,8	708,3	707,2
33	17	T2	M	248,2	294,7	356,8	396,4	444,8	483,1	525,8	566,9	612,8	639,2	677,7	724,0	737,4	732,3

Continúa en la página siguiente

Tabla 7.2 (continuación)

Animal	Jaula	Trat.	Sexo	D0	D7	D14	D21	D28	D35	D42	D49	D56	D63	D70	D77	D84	D86
34	17	T2	M	244,9	283,2	329,0	387,1	414,0	447,2	494,3	498,1	554,3	588,8	592,9	643,2	656,8	655,1
35	18	T2	M	253,0	296,2	365,6	400,7	460,3	502,6	557,0	597,0	641,9	660,7	693,8	714,0	743,6	758,2
36	18	T2	M	249,5	326,6	359,5	413,5	464,8	551,0	592,1	630,1	674,2	696,4	764,1	768,9	793,1	805,7
37	19	T2	M	215,4	278,4	331,9	362,0	407,2	463,8	510,7	563,0	573,5	640,5	654,9	680,0	698,8	698,8
38	19	T2	M	235,1	293,5	316,5	346,3	400,2	439,9	453,8	516,2	548,1	588,4	628,6	647,4	657,2	655,1
39	20	T2	M	273,1	328,9	388,2	441,4	492,2	545,1	599,7	640,5	680,9	727,3	758,1	806,4	792,2	836,9
40	20	T2	M	259,2	299,4	344,5	421,0	459,2	506,8	542,9	563,0	604,5	647,0	659,2	704,8	718,7	723,6
41	21	T2	M	254,7	315,8	370,9	416,2	474,6	507,7	574,7	604,7	638,3	687,0	698,6	717,1	737,9	765,3
42	21	T2	M	220,2	271,7	320,5	382,6	428,7	487,5	521,3	561,3	591,7	626,2	657,5	661,4	685,8	712,1
43	22	T2	H	224,2	262,5	319,0	353,5	412,1	433,4	500,5	531,5	562,8	600,2	634,1	651,6	644,3	655,5
44	22	T2	H	221,6	256,5	301,3	336,6	383,7	420,2	462,6	519,2	532,8	599,6	606,4	628,9	641,5	663,2

Continúa en la página siguiente

Tabla 7.2 (continuación)

Animal	Jaula	Trat.	Sexo	D0	D7	D14	D21	D28	D35	D42	D49	D56	D63	D70	D77	D84	D86
45	23	T2	H	186,3	227,9	284,5	310,4	360,8	421,1	437,1	498,8	522,2	541,0	581,4	610,3	629,5	613,6
46	23	T2	H	215,3	248,7	313,5	363,0	408,3	456,9	495,1	528,7	557,5	572,3	620,5	642,6	664,6	654,7
47	24	T2	H	206,6	259,6	300,0	346,4	400,2	427,8	473,2	503,5	536,2	566,4	597,4	613,0	650,2	633,8
48	24	T2	H	222,0	255,3	322,1	377,6	417,6	473,4	500,9	560,5	606,3	613,3	642,7	688,7	713,9	699,2
49	25	T2	H	213,8	244,4	290,4	331,5	382,1	392,6	446,5	466,4	497,7	532,1	539,0	576,6	594,7	603,4
50	25	T2	H	217,8	253,3	294,2	353,9	396,5	415,2	449,1	496,2	517,4	558,0	579,8	586,2	637,9	646,0
51	26	T2	H	208,3	253,1	298,7	354,3	373,7	407,0	438,6	480,0	519,3	567,1	570,8	602,3	621,6	639,3
52	26	T2	H	205,6	271,3	307,0	345,5	401,4	450,6	488,7	523,1	562,7	594,2	623,4	639,9	652,6	661,2
53	27	T2	H	221,7	278,1	311,7	354,5	383,6	446,0	484,1	535,8	544,8	581,0	609,2	647,7	653,5	663,2
54	27	T2	H	202,0	235,6	292,1	328,7	391,4	406,2	455,4	501,5	547,1	561,5	584,1	633,2	621,8	620,0
55	28	T2	H	204,4	243,6	282,1	349,0	390,7	424,8	483,2	489,8	517,8	555,4	588,0	614,0	629,4	640,7

Continúa en la página siguiente

Tabla 7.2 (continuación)

Animal	Jaula	Trat.	Sexo	D0	D7	D14	D21	D28	D35	D42	D49	D56	D63	D70	D77	D84	D86
56	28	T2	H	205,2	263,6	303,9	352,4	398,9	440,5	481,9	524,7	545,7	579,5	596,8	634,1	632,2	661,9
57	29	T3	M	301,9	366,8	442,0	500,2	584,7	631,3	701,2	780,9	831,9	873,6	899,7	944,0	975,1	971,5
58	29	T3	M	307,8	362,5	456,9	527,8	596,7	671,2	753,9	798,1	835,8	891,1	937,6	966,0	985,9	986,2
59	30	T3	M	306,6	382,5	484,2	555,0	652,1	697,6	788,6	833,0	877,5	925,5	967,2	1009,0	1039,4	1035,9
60	30	T3	M	331,6	415,8	504,9	571,2	657,5	716,6	804,1	866,5	908,2	975,2	987,4	1019,6	1066,1	1081,9
61	31	T3	M	328,0	415,2	492,4	548,3	653,5	722,3	766,2	834,2	886,7	929,8	961,3	994,4	1030,5	1050,1
62	31	T3	M	303,9	346,3	421,5	475,6	534,4	617,7	657,4	718,3	763,5	814,1	851,7	875,8	932,7	926,9
63	32	T3	M	335,6	417,2	503,6	611,6	674,2	748,2	820,8	872,2	919,4	965,3	1005,5	1039,1	1074,9	1075,4
64	32	T3	M	320,1	377,2	484,7	556,2	636,5	666,7	780,0	815,1	878,8	902,5	958,6	976,2	1010,0	1043,0
65	33	T3	M	320,5	405,0	507,6	563,7	643,2	723,1	788,9	848,1	894,3	921,7	988,7	994,5	1037,7	1034,6
66	33	T3	M	307,7	389,2	479,8	545,5	612,4	693,4	758,6	791,1	859,6	904,7	933,0	982,8	995,8	1005,9

Continúa en la página siguiente

Tabla 7.2 (continuación)

Animal	Jaula	Trat.	Sexo	D0	D7	D14	D21	D28	D35	D42	D49	D56	D63	D70	D77	D84	D86
67	34	T3	M	278,4	333,6	397,7	451,7	530,9	585,2	672,4	719,4	751,1	824,5	851,3	873,3	882,6	938,6
68	34	T3	M	283,4	370,0	423,3	478,7	541,1	603,0	657,9	704,8	750,4	791,6	823,2	862,3	878,6	902,6
69	35	T3	M	301,2	369,4	460,8	564,1	624,5	705,6	779,8	823,5	885,7	915,8	961,1	1002,5	1010,5	1037,7
70	35	T3	M	313,9	393,9	485,0	572,6	646,6	719,0	777,0	835,2	878,3	953,4	960,6	997,6	1023,9	1046,7
71	36	T3	H	276,5	363,7	396,8	476,6	541,4	596,3	642,4	689,6	732,7	766,9	809,5	849,0	844,5	842,3
72	36	T3	H	242,5	307,9	392,0	474,2	522,3	587,0	640,0	685,9	733,4	765,4	810,2	829,3	862,2	850,1
73	37	T3	H	235,9	285,5	377,6	427,6	476,4	539,0	596,7	638,3	684,1	705,7	748,1	759,5	795,8	793,8
74	37	T3	H	300,4	369,7	457,9	518,0	606,8	649,5	703,6	748,6	797,1	832,5	874,2	905,0	911,7	912,4
75	38	T3	H	266,8	309,1	398,8	482,4	516,5	579,7	621,8	664,3	713,5	735,5	770,5	796,3	808,0	830,1
76	38	T3	H	278,0	340,4	414,9	471,7	527,2	592,9	651,7	692,0	730,4	756,4	793,6	831,7	855,3	866,5
77	39	T3	H	274,1	347,7	413,2	461,1	536,4	604,7	649,0	716,3	769,1	804,0	822,5	867,8	878,5	879,8

Continúa en la página siguiente

Tabla 7.2 (continuación)

Animal	Jaula	Trat.	Sexo	D0	D7	D14	D21	D28	D35	D42	D49	D56	D63	D70	D77	D84	D86
78	39	T3	H	271,1	335,6	399,2	460,2	524,5	588,1	637,3	659,6	690,7	762,5	771,9	811,5	826,5	826,5
79	40	T3	H	273,6	329,1	362,7	431,3	479,9	534,4	575,7	607,7	669,0	691,8	726,1	746,8	778,4	781,1
80	40	T3	H	239,3	290,9	341,5	413,8	451,2	527,2	564,3	597,7	665,5	675,3	722,5	748,1	784,7	794,2
81	41	T3	H	251,0	314,7	374,0	443,8	491,0	554,1	631,2	663,4	705,5	762,4	805,4	832,7	863,4	853,2
82	41	T3	H	251,7	320,3	383,9	465,2	499,1	573,3	618,6	669,9	726,6	755,5	790,2	825,5	837,1	839,1
83	42	T3	H	235,6	277,0	339,9	393,7	452,9	509,4	558,6	589,6	635,7	678,5	707,9	757,5	774,1	783,8
84	42	T3	H	269,1	322,0	383,8	455,1	519,9	563,1	617,8	679,3	708,0	770,6	785,1	792,6	844,8	848,2

Nota. Los encabezados D0–D86 representan el día del ensayo; todos los pesos están expresados en gramos. Sólo se incluyen registros observados; se excluyeron los valores predichos por el modelo. T1 = FVH de maíz; T2 = alfalfa fresca; T3 = alimento balanceado; M = macho; H = hembra. Fuente: fichas de pesaje.

Tabla 7.3. Consumo semanal de materia seca por jaula durante el ensayo

Jaula	Trat.	Sexo	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	Total
1	T1	M	298,44	342,54	392,22	440,64	479,16	539,10	582,66	628,02	676,62	737,28	761,40	824,58	252,54	6955,20
2	T1	M	296,10	339,48	391,14	439,56	495,90	542,34	585,00	626,94	674,46	736,20	771,84	823,68	236,34	6958,98
3	T1	M	294,66	349,56	385,02	437,22	483,84	529,92	574,74	628,56	683,64	705,78	782,46	815,40	238,68	6909,48
4	T1	M	293,76	344,34	391,68	434,70	489,24	541,62	568,98	625,14	681,48	710,46	767,88	839,88	245,16	6934,32
5	T1	M	293,04	346,50	384,66	434,16	482,40	532,62	578,16	642,06	683,82	752,94	773,28	829,26	241,02	6973,92
6	T1	M	294,30	338,22	397,44	445,32	484,92	531,00	593,46	636,84	674,28	707,58	772,38	840,24	239,76	6955,74
7	T1	M	297,54	345,60	397,44	438,12	475,56	539,64	588,96	633,24	667,44	734,22	763,56	815,94	237,42	6934,68
8	T1	H	294,30	338,22	385,56	434,52	481,14	538,20	581,94	618,12	684,72	727,92	781,20	828,36	239,40	6933,60
9	T1	H	293,94	340,38	387,90	444,78	495,90	540,00	586,98	621,90	682,56	715,14	771,66	833,76	234,18	6949,08
10	T1	H	293,40	344,16	396,54	446,94	493,92	525,78	584,10	639,54	675,72	732,24	768,96	816,48	253,08	6970,86
11	T1	H	292,68	340,38	399,24	440,46	491,40	530,10	564,66	633,60	651,96	731,16	778,86	827,82	251,28	6933,60

Continúa en la página siguiente

Tabla 7.3 (continuación)

Jaula	Trat.	Sexo	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	Total
12	T1	H	292,68	338,04	390,06	447,84	487,44	526,86	578,88	638,82	668,70	732,60	782,10	831,78	245,34	6961,14
13	T1	H	291,06	337,32	390,24	438,84	482,04	520,56	579,42	625,86	678,78	712,08	771,84	828,36	237,06	6893,46
14	T1	H	292,86	347,94	391,50	437,04	494,64	537,12	586,80	631,80	680,58	725,76	777,42	805,68	251,64	6960,78
15	T2	M	326,25	383,75	435,00	488,25	555,75	585,75	634,75	697,50	746,50	807,25	875,25	911,75	281,50	7729,25
16	T2	M	327,75	385,75	427,00	484,00	530,25	602,25	658,75	717,50	769,25	797,50	855,75	932,50	266,25	7754,50
17	T2	M	332,50	381,50	426,25	486,00	536,25	594,50	660,25	701,25	754,00	797,25	849,25	902,50	267,75	7689,25
18	T2	M	332,25	381,50	431,25	491,75	539,00	603,75	641,00	699,00	735,25	822,25	861,75	903,75	261,75	7704,25
19	T2	M	324,25	373,50	430,75	483,00	544,75	591,25	640,25	702,50	752,50	800,50	841,25	904,50	279,00	7668,00
20	T2	M	338,00	375,25	442,75	494,50	545,25	602,75	648,75	683,25	751,75	800,50	866,00	918,75	279,25	7746,75
21	T2	M	324,50	382,50	436,25	487,50	548,00	596,75	636,25	708,25	760,25	830,00	861,50	910,25	285,00	7767,00
22	T2	H	326,25	375,50	430,25	485,50	541,75	598,75	643,50	702,50	741,50	814,25	866,25	917,00	261,75	7704,75

Continúa en la página siguiente

Tabla 7.3 (continuación)

Jaula	Trat.	Sexo	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	Total
23	T2	H	326,75	378,75	438,50	483,75	546,75	595,75	649,25	703,00	748,00	814,25	861,00	909,00	264,25	7719,00
24	T2	H	330,50	389,50	430,00	478,25	535,25	587,00	652,00	698,00	736,75	810,50	875,50	926,50	266,50	7716,25
25	T2	H	332,25	382,50	442,00	482,75	542,00	591,75	659,00	701,75	772,50	800,75	862,25	914,75	269,50	7753,75
26	T2	H	319,25	383,25	424,25	489,25	538,25	586,00	649,50	710,00	756,25	824,75	853,25	922,00	273,00	7729,00
27	T2	H	321,50	383,50	436,00	490,00	545,75	593,25	657,00	693,00	750,25	810,75	858,00	914,25	277,25	7730,50
28	T2	H	332,75	382,50	428,00	484,75	545,75	595,75	652,75	696,25	754,50	796,00	876,25	908,75	276,75	7730,75
29	T3	M	349,36	398,64	454,08	513,92	563,20	627,44	688,16	733,92	779,68	859,76	917,84	984,72	282,48	8153,20
30	T3	M	349,36	408,32	460,24	517,44	579,04	637,12	683,76	737,44	793,76	848,32	892,32	975,92	284,24	8167,28
31	T3	M	342,32	401,28	461,12	514,80	570,24	635,36	688,16	743,60	777,04	865,04	923,12	974,16	278,96	8175,20
32	T3	M	345,84	396,88	460,24	514,80	556,16	624,80	686,40	731,28	799,92	850,96	894,96	960,08	285,12	8107,44
33	T3	M	338,80	401,28	457,60	512,16	564,08	622,16	680,24	748,00	799,04	854,48	906,40	947,76	296,56	8128,56

Continúa en la página siguiente

Tabla 7.3 (continuación)

Jaula	Trat.	Sexo	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	Total
34	T3	M	346,72	408,32	463,76	520,08	569,36	614,24	683,76	746,24	814,88	843,92	931,04	968,00	286,00	8196,32
35	T3	M	346,72	396,88	463,76	515,68	572,00	637,12	683,76	726,88	799,04	861,52	916,08	973,28	288,64	8181,36
36	T3	H	354,64	403,92	456,72	507,76	574,64	623,04	668,80	718,08	800,80	855,36	896,72	969,76	301,84	8132,08
37	T3	H	343,20	394,24	459,36	507,76	577,28	630,08	674,96	748,88	781,44	848,32	917,84	959,20	289,52	8132,08
38	T3	H	345,84	402,16	463,76	528,88	580,80	638,88	665,28	736,56	800,80	854,48	906,40	951,28	293,92	8169,04
39	T3	H	343,20	407,44	467,28	512,16	560,56	618,64	691,68	721,60	793,76	861,52	920,48	967,12	280,72	8146,16
40	T3	H	343,20	395,12	460,24	511,28	580,80	630,08	668,80	764,72	799,04	851,84	883,52	973,28	279,84	8141,76
41	T3	H	353,76	402,16	454,08	512,16	568,48	619,52	688,16	733,04	806,96	837,76	914,32	943,36	288,64	8122,40
42	T3	H	351,12	405,68	452,32	517,44	579,04	638,88	686,40	742,72	792,00	856,24	896,72	957,44	289,52	8165,52

Nota. Valores expresados en gramos de materia seca por jaula. S1–S12 comprenden siete días cada una; S13 comprende los dos últimos días de registro. El CMS diario se obtuvo mediante oferta menos rechazo, ambos convertidos a materia seca. Los porcentajes de materia seca utilizados fueron 18 % para FVH, 25 % para alfalfa y 88 % para balanceado. T1 = FVH de maíz; T2 = alfalfa fresca; T3 = alimento balanceado. Fuente: fichas diarias de oferta y rechazo.

Tabla 7.4. Base analítica consolidada por unidad experimental

Jaula	Trat.	Sexo	PI medio (g)	PF medio (g)	Ganancia total (g)	CMS total (g)	GMD (g/día)	ICA	RC (%)
1	T1	M	269,50	847,60	1156,2	6955,20	6,72	6,02	70,50
2	T1	M	278,45	875,50	1194,1	6958,98	6,94	5,83	71,78
3	T1	M	297,35	930,75	1266,8	6909,48	7,37	5,45	70,88
4	T1	M	275,75	890,65	1229,8	6934,32	7,15	5,64	72,02
5	T1	M	277,65	872,65	1190,0	6973,92	6,92	5,86	70,87
6	T1	M	282,30	863,80	1163,0	6955,74	6,76	5,98	70,92
7	T1	M	282,25	903,30	1242,1	6934,68	7,22	5,58	69,67
8	T1	H	269,90	814,90	1090,0	6933,60	6,34	6,36	68,70
9	T1	H	246,00	768,70	1045,4	6949,08	6,08	6,65	70,37
10	T1	H	248,00	794,60	1093,2	6970,86	6,36	6,38	71,94
11	T1	H	252,55	775,60	1046,1	6933,60	6,08	6,63	70,16
12	T1	H	286,80	840,25	1106,9	6961,14	6,44	6,29	71,86
13	T1	H	254,20	767,20	1026,0	6893,46	5,97	6,72	68,65
14	T1	H	252,95	768,85	1031,8	6960,78	6,00	6,75	71,33
15	T2	M	244,70	692,70	896,0	7729,25	5,21	8,63	70,41

Continúa en la página siguiente

Tabla 7.4 (continuación)

Jaula	Trat.	Sexo	PI medio (g)	PF medio (g)	Ganancia total (g)	CMS total (g)	GMD (g/día)	ICA	RC (%)
16	T2	M	242,90	717,00	948,2	7754,50	5,51	8,18	71,86
17	T2	M	246,55	693,70	894,3	7689,25	5,20	8,60	71,41
18	T2	M	251,25	781,95	1061,4	7704,25	6,17	7,26	72,12
19	T2	M	225,25	676,95	903,4	7668,00	5,25	8,49	72,78
20	T2	M	266,15	780,25	1028,2	7746,75	5,98	7,53	71,49
21	T2	M	237,45	738,70	1002,5	7767,00	5,83	7,75	71,06
22	T2	H	222,90	659,35	872,9	7704,75	5,08	8,83	68,77
23	T2	H	200,80	634,15	866,7	7719,00	5,04	8,91	68,30
24	T2	H	214,30	666,50	904,4	7716,25	5,26	8,53	69,04
25	T2	H	215,80	624,70	817,8	7753,75	4,75	9,48	71,49
26	T2	H	206,95	650,25	886,6	7729,00	5,15	8,72	71,35
27	T2	H	211,85	641,60	859,5	7730,50	5,00	8,99	72,33
28	T2	H	204,80	651,30	893,0	7730,75	5,19	8,66	69,33
29	T3	M	304,85	978,85	1348,0	8153,20	7,84	6,05	71,94
30	T3	M	319,10	1058,90	1479,6	8167,28	8,60	5,52	71,07

Continúa en la página siguiente

Tabla 7.4 (continuación)

Jaula	Trat.	Sexo	PI medio (g)	PF medio (g)	Ganancia total (g)	CMS total (g)	GMD (g/día)	ICA	RC (%)
31	T3	M	315,95	988,50	1345,1	8175,20	7,82	6,08	70,89
32	T3	M	327,85	1059,20	1462,7	8107,44	8,50	5,54	68,75
33	T3	M	314,10	1020,25	1412,3	8128,56	8,21	5,76	68,14
34	T3	M	280,90	920,60	1279,4	8196,32	7,44	6,41	69,62
35	T3	M	307,55	1042,20	1469,3	8181,36	8,54	5,57	70,27
36	T3	H	259,50	846,20	1173,4	8132,08	6,82	6,93	70,87
37	T3	H	268,15	853,10	1169,9	8132,08	6,80	6,95	71,30
38	T3	H	272,40	848,30	1151,8	8169,04	6,70	7,09	69,33
39	T3	H	272,60	853,15	1161,1	8146,16	6,75	7,02	70,39
40	T3	H	256,45	787,65	1062,4	8141,76	6,18	7,66	70,48
41	T3	H	251,35	846,15	1189,6	8122,40	6,92	6,83	69,52
42	T3	H	252,35	816,00	1127,3	8165,52	6,55	7,24	71,55

Nota. La jaula, conformada por dos animales del mismo sexo y tratamiento, fue la unidad experimental. GMD = ganancia media por animal dividida entre 86 días; ICA = CMS total de la jaula dividido entre la ganancia total de sus dos animales; RC = suma de pesos de canal dividida entre la suma de pesos vivos al beneficio, multiplicada por 100. T1 = FVH de maíz; T2 = alfalfa fresca; T3 = alimento balanceado. Fuente: elaboración propia a partir de los registros experimentales.

7.3 Anexo 3. Script R resumido del análisis estadístico

El siguiente código resume el flujo principal utilizado para el análisis estadístico de la tesis. Se consideró la jaula como unidad experimental, se calcularon los indicadores productivos, se aplicó ANOVA factorial 3×2 , prueba de Tukey cuando correspondió y se ajustó el modelo de Gompertz con pesos observados.

```

1  # =====
2  # ANALISIS ESTADISTICO DE CUYES: DCA FACTORIAL 3 x 2
3  # Unidad experimental: jaula con 2 cuyes del mismo sexo y tratamiento
4  # =====
5
6  # 1. Configuracion
7  set.seed(20260618)
8  directorio <- "E:/Tesis-Katherine/rstudio-quinta"
9  setwd(directorio)
10 dir.create("RESULTADOS_TESIS_CUYES", showWarnings = FALSE)
11
12 library(ggplot2)
13 library(emmeans)
14 library(minpack.lm)
15
16 # 2. Lectura de bases
17 cuyes <- read.csv("cuyes_completo.csv")
18 consumo <- read.csv("consumo_completo.csv")
19 pesos <- read.csv("pesos_completo.csv")
20
21 # 3. Uso exclusivo de pesos observados
22 pesos_obs <- subset(pesos, tipo_registro == "observado")
23
24 # 4. Calculo del consumo de materia seca por jaula
25 consumo$cms_g <- consumo$alimento_ofrecido_fresco_g * consumo$ms_ofrecido_pct / 100 -
26                 consumo$alimento_rechazado_fresco_g * consumo$ms_rechazo_pct / 100
27
28 cms_jaula <- aggregate(cms_g ~ jaula_id + tratamiento, consumo, sum)
29 names(cms_jaula)[3] <- "cms_total_jaula_g"
30
31 # 5. Peso inicial, peso final y ganancia por animal
32 p0 <- subset(pesos_obs, dia_ensayo == 0,
33             select = c(animal_id, jaula_id, tratamiento, sexo, peso_g))
34 pf <- subset(pesos_obs, dia_ensayo == 86,
35             select = c(animal_id, jaula_id, tratamiento, sexo, peso_g))
36
37 names(p0)[5] <- "peso_inicial_g"
38 names(pf)[5] <- "peso_final_g"
39
40 base_animal <- merge(p0, pf,
41                     by = c("animal_id", "jaula_id", "tratamiento", "sexo"))
42 base_animal$ganancia_g <- base_animal$peso_final_g - base_animal$peso_inicial_g
43
44 # 6. Consolidacion por unidad experimental
45 peso_jaula <- aggregate(cbind(peso_inicial_g, peso_final_g, ganancia_g) ~
46                         jaula_id + tratamiento + sexo, base_animal, mean)
47
48 ganancia_total <- aggregate(ganancia_g ~ jaula_id + tratamiento + sexo,
49                             base_animal, sum)
50 names(ganancia_total)[4] <- "ganancia_total_jaula_g"
51
52 cuyes$rendimiento_canal_pct <- cuyes$peso_canal_g /
53                             cuyes$peso_vivo_beneficio_g * 100
54
55 canal_jaula <- aggregate(rendimiento_canal_pct ~ jaula_id + tratamiento + sexo,
56                         cuyes, mean)
57
58 base_jaula <- Reduce(function(x, y) merge(x, y,
59                                     by = c("jaula_id", "tratamiento", "sexo")),

```

```

60         list(peso_jaula, ganancia_total, canal_jaula))
61
62 base_jaula <- merge(base_jaula, cms_jaula, by = c("jaula_id", "tratamiento"))
63 base_jaula$gmd_g_dia <- base_jaula$ganancia_g / 86
64 base_jaula$ica <- base_jaula$cms_total_jaula_g /
65     base_jaula$ganancia_total_jaula_g
66
67 write.csv(base_jaula,
68     "RESULTADOS_TESIS_CUYES/base_analisis_42_jaulas.csv",
69     row.names = FALSE)
70
71 # 7. ANOVA factorial 3 x 2 para variables finales
72 variables <- c("peso_final_g", "cms_total_jaula_g",
73     "gmd_g_dia", "ica", "rendimiento_canal_pct")
74
75 for (v in variables) {
76     modelo <- lm(as.formula(paste(v, "~ tratamiento * sexo")), data = base_jaula)
77     print(anova(modelo))
78     print(emmeans(modelo, pairwise ~ tratamiento, adjust = "tukey"))
79     png(paste0("RESULTADOS_TESIS_CUYES/", v, "_boxplot.png"),
80         width = 1800, height = 1200, res = 300)
81     print(
82         ggplot(base_jaula, aes(tratamiento, .data[[v]], fill = tratamiento)) +
83         geom_boxplot(alpha = 0.35, outlier.shape = NA) +
84         geom_jitter(width = 0.08, size = 2) +
85         stat_summary(fun = mean, geom = "point", shape = 23,
86             size = 3, fill = "white") +
87         facet_wrap(~ sexo) +
88         theme_classic() +
89         labs(x = NULL, y = v)
90     )
91     dev.off()
92 }
93
94 # 8. Base longitudinal promedio por jaula
95 peso_long <- aggregate(peso_g ~ jaula_id + tratamiento + sexo + edad_dias,
96     pesos_obs, mean)
97
98 # 9. Funcion Gompertz por jaula
99 ajustar_gompertz <- function(d) {
100     d <- d[order(d$edad_dias), ]
101     fit <- nlsLM(
102         peso_g ~ A * exp(-exp(-K * (edad_dias - t_inf))),
103         data = d,
104         start = list(A = max(d$peso_g) * 1.2, K = 0.025, t_inf = 25),
105         lower = c(A = max(d$peso_g), K = 0.0001, t_inf = -100),
106         upper = c(A = max(d$peso_g) * 5, K = 0.5, t_inf = 200)
107     )
108     co <- coef(fit)
109     A <- co["A"]; K <- co["K"]; t_inf <- co["t_inf"]
110     B <- exp(K * t_inf)
111     t90 <- t_inf - log(-log(0.90)) / K
112     Vmax <- A * K / exp(1)
113     data.frame(A = A, B = B, K = K, t_inf = t_inf,
114         t90 = t90, Vmax = Vmax)
115 }
116
117 # 10. Parametros Gompertz por jaula
118 lista <- split(peso_long, peso_long$jaula_id)
119 parametros <- do.call(rbind, lapply(names(lista), function(j) {
120     d <- lista[[j]]
121     p <- ajustar_gompertz(d)
122     cbind(jaula_id = j,
123         tratamiento = d$tratamiento[1],
124         sexo = d$sexo[1],
125         p)
126 })))
127
128 write.csv(parametros,
129     "RESULTADOS_TESIS_CUYES/parametros_Gompertz_por_jaula.csv",
130     row.names = FALSE)
131
132 # 11. ANOVA factorial para parametros Gompertz

```

```

133 parametros$tratamiento <- factor(parametros$tratamiento)
134 parametros$sexo <- factor(parametros$sexo)
135
136 for (v in c("A", "B", "K", "t_inf", "t90", "Vmax")) {
137   modelo <- lm(as.formula(paste(v, "~ tratamiento * sexo")), data = parametros)
138   print(anova(modelo))
139   print(emmeans(modelo, pairwise ~ tratamiento, adjust = "tukey"))
140 }
141
142 # 12. Guardado de informacion de sesion
143 capture.output(sessionInfo(),
144                 file = "RESULTADOS_TESIS_CUYES/sessionInfo.txt")

```

Listing VII.1. Script R resumido para el análisis factorial y Gompertz