



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS

AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

EFFECTO DE LOS FITOESTROGENOS DE LA ALFALFA

EN LA ESPERMATOGENESIS DE LOS COBAYOS

MACHOS

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL

TÍTULO DE MEDICO VETERINARIO

AUTOR: JOSUE ISMAEL CAJAMARCA ORTEGA

DIRECTORA: DRA. MARIA XIMENA BRAVO ALVAREZ

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS

AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

**EFFECTO DE LOS FITOESTROGENOS DE LA ALFALFA EN LA
ESPERMATOGENESIS DE LOS COBAYOS MACHOS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE MEDICO VETERINARIO**

AUTOR: JOSUE ISMAEL CAJAMARCA ORTEGA

DIRECTORA: DRA. MARIA XIMENA BRAVO ALVAREZ

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Josue Ismael Cajamarca Ortega portador de la cédula de ciudadanía N° **0302568365**. Declaro ser el autor de la obra: “**Efecto de los fitoestrógenos de la alfalfa en la espermatogénesis de los cobayos machos**”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **08 de noviembre de 2024**



F:

Josue Ismael Cajamarca Ortega

C.I. 0302568365

Certificación

Yo, **María Ximena Bravo Álvarez Mgst.** con cedula de identidad N.º **0104058490** en calidad de directora de Trabajo de Titulación con tema **“EFECTO DE LOS FITOESTRÓGENOS DE LA ALFALFA EN LA ESPERMATOGÉNESIS DE LOS COBAYOS MACHOS”**, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **Josue Ismael Cajamarca Ortega**, bajo mi supervisión.



Firmado electrónicamente por:

**MARIA XIMENA
BRAVOALVAREZ**

Dra. María Ximena Bravo Álvarez Mgst.

**DIRECTORA DE TRABAJO DE
TITULACIÓN**

**DOCENTE DE LA CARRERA DE
MEDICINA VETERINARIA**

Agradecimiento

En primer lugar, doy gracias a Dios, fuente de inspiración y fortaleza, quien me ha acompañado en cada paso de este proyecto, dándome la resiliencia y la claridad para superar los desafíos que surgieron en el camino.

Agradezco a la Universidad Católica de Cuenca y a todos los profesores y compañeros que han sido parte de mi experiencia universitaria. Esta institución ha sido fundamental en mi desarrollo como persona y profesional, y me siento honrado de haber sido parte de su comunidad.

Extiendo mi más sincero agradecimiento a mi tutora, Dr.(a). Ximena Bravo, por su invaluable guía y apoyo a lo largo de esta investigación. Su dedicación, sus observaciones y su paciencia fueron esenciales para el logro de este trabajo, y siempre le estaré agradecido/a por su compromiso y su confianza en mí.

Con profundo cariño y gratitud
Josue Ismael Cajamarca Ortega

Dedicatoria

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, quien ha sido mi luz y mi guía en cada paso de este camino académico. Su amor y su fortaleza me han sostenido en los momentos de dificultad y me han dado la serenidad para perseverar. Sin Su presencia en mi vida, este logro no habría sido posible.

A mis queridos padres Mercy Patricia Ortega Altamirano y Raúl Antonio Cajamarca Gordillo, que con su ejemplo, esfuerzo y dedicación me han enseñado el valor de la educación y del trabajo duro. Gracias por su apoyo incondicional, sus consejos y por estar siempre a mi lado en cada paso de mi formación. También dedico este artículo a mis hermanos, quienes siempre han creído en mí y me han brindado su cariño y compañía. Su amor y ánimo me han impulsado a seguir adelante y alcanzar mis sueños.

Josue Ismael Cajamarca Ortega

Índice

Certificación	IV
Agradecimiento.....	V
Dedicatoria	VI
Resumen:	9
Abstract	10
1. Introducción.....	11
2. Fundamento teórico	13
2.1. Selección de reproductores	15
2.2. Selección genética	15
2.3. Cálculo del área estimada	15
2.4. Pubertad	16
2.5. Espermatogénesis	16
2.6. Fisiología de la reproducción en el macho.....	16
2.7. Fitoestrógenos a Nivel Sanguíneo	17
2.8. Alimentación a Base de Forraje Verde	17
2.9. Alimentación a Base de Concentrado	18
2.10. Alimentación Mixta	18
3. Materiales y método.....	20
3.1. Etapas de Desarrollo del Experimento	22
3.1.2. Etapa 1: Recepción	22
3.1.3. Etapa 2: Investigación.....	22
3.1.4. Etapa 3: Resultados.....	23
4. Resultados y discusión	24
4.1. Resultados	24
4.2. Discusión.....	35
5. Conclusiones.....	38
7. Anexos fotográficos.....	42

Índice de tablas

Tabla 1 Tipos de cuy	16
Tabla 2 Diseño de bloques completamente al azar (DBCA).....	21
Tabla 3 Interpretación del Coeficiente de Variación (CV)	21
Tabla 4 Niveles de hormonas (testosterona y estradiol) por dieta.	25
Tabla 5 Registro de faena de células germinales y diámetro de túbulos seminíferos....	25
Tabla 6 Registro de faena (peso y tamaño de los cobayos).....	28
Tabla 7 ANOVA del número de células de Leydig	28
Tabla 8 ANOVA del número de espermatogonias	29
Tabla 9 ANOVA del número de espermátocitos	30
Tabla 10 ANOVA del número de espermátides	31
Tabla 11 Correlación de T0 con las variables testosterona y estradiol	32
Tabla 12 Correlación de T1 con las variables testosterona y estradiol	33
Tabla 13 Correlación de tratamiento testigo con las variables testosterona y estradiol	33

Índice de gráficos

Gráfico 1 Media del número de las células de Leydig en cada dieta.....	29
Gráfico 2 Media del número de espermatogonias en cada dieta.	30
Gráfico 3 Media del número de espermátocitos en cada dieta.	31
Gráfico 4 Media del número de espermátidas en cada dieta	32

Índice de figuras

Figura 1 Coeficiente de variación (CV) por tratamiento y variable	27
--	----

Índice de anexo

ANEXO 1 Galpón de cuyes	42
ANEXO 2 Infraestructura	42
ANEXO 3 Establo de cobayos en la granja "La Travesía", ubicada en la parroquia de Quingeo.	42
ANEXO 4 Alfalfa en prefloración.	42
ANEXO 5 Cobayos con alimentación de alfalfa en prefloración.	43
ANEXO 6 Balanceado sin alfalfa.....	43
ANEXO 8 Recolección de muestras en unidades experimentales.	44
ANEXO 9 Faenamamiento de muestras en unidades experimentales.....	44

Resumen:

En la presente investigación se examinó cómo los fitoestrógenos de la alfalfa en la etapa de prefloración debido a que afectaban la espermatogénesis y los perfiles hormonales de los cobayos machos tiene como objetivo de evaluación fitoestrógeno mediante la dieta se crean tres grupos experimentales, el primer grupo fue alimentado con alfalfa en prefloración, así mismo el segundo grupo fue alimentado con balanceado libre de alfalfa, el tercero fue alimentado con una combinación de las dietas, por tal motivo se midieron los niveles de testosterona y estradiol, por consiguiente el diámetro de los túbulos seminíferos, las células de Leydig, las células germinales espermatogonias, espermatocitos y espermátides para los cobayos que recibieron alfalfa experimentaron una disminución en la producción de células germinales y una gran variabilidad hormonal, especialmente en los niveles de estradiol. Los hallazgos sugieren que los fitoestrógenos pueden afectar en un determinado plazo negativamente el nivel de testosterona, aunque no se encontraron diferencias significativas en los niveles de testosterona, siendo los fitoestrógenos parte de una dieta equilibrada de proteínas esenciales que aporta nutrientes ideales para la reproducción, crecimiento y desarrollo de tejidos, de igual forma con la dieta vegetal en fitoquímicos son elementos que previenen afectaciones a células de enfermedades a sistemas como el sistema cardiovascular o sistema nervioso siendo ideal una dieta equilibrada de nutrientes, en este sentido es importante para la cría del cuy una mejora de alimentos determinando la fuente de fitoestrógenos teniendo efecto en la fisionomía y logrando un efecto positivo en alimentación y reproducción.

Palabras clave: *Fitoestrógenos; Alfalfa en prefloración; Perfil hormonal; Testosterona; Estradiol.*

Abstract

In this research, alfalfa phytoestrogens in the pre-flowering stage are examined because they affect spermatogenesis and the hormonal profiles of male guinea pigs. It aims to evaluate phytoestrogen through diet. Three experimental groups were created. The first group was fed with alfalfa in pre-flowering, the second group was fed with free balanced alfalfa, and the third was fed with a combination of the diets. In consequence, the levels of testosterone and estradiol were measured. Therefore, the diameter of the seminiferous tubules, Leydig cells, spermatogonia germ cells, spermatocytes, and spermatids for the guinea pigs that received alfalfa experienced a decrease in germ cell production and significant hormonal variability, especially in estradiol levels. The findings suggest that phytoestrogens can negatively affect the level of testosterone over a certain period. However, no significant differences were found in testosterone levels, with phytoestrogens being part of a balanced diet of essential proteins that provide ideal nutrients for reproduction, growth, and tissue development. In the same way as the plant diet, phytochemicals prevent damage to cells from diseases to systems such as the cardiovascular or nervous system; therefore, a balanced diet of nutrients is ideal. In this sense, food improvement is important for the breeding of guinea pigs by determining the source of phytoestrogens, affecting on the physiognomy, and achieving a positive effect on nutrition and reproduction.

Keywords: *Phytoestrogens; Alfalfa in pre-flowering; Hormonal profile; Testosterone; Estradiol.*

1. Introducción

Actualmente, la crianza de animales destinados al consumo es fundamental para garantizar la alimentación y el bienestar económico de los agricultores. Para maximizar el retorno de la inversión, es esencial obtener resultados favorables tanto en el producto final como a lo largo del proceso de producción. Esto implica no solo un manejo adecuado de los recursos, sino también la implementación de prácticas alimenticias saludables que aseguren la salud y el rendimiento óptimos de los animales. (Cortés, 2016)

Uno de los factores más importantes en la producción animal es la alimentación, que puede variar considerablemente según las capacidades financieras del productor y las necesidades nutricionales de cada especie. La alfalfa, por su alto contenido proteico y sus propiedades beneficiosas, se ha convertido en un componente clave en las dietas de diversas especies de producción, contribuyendo significativamente al bienestar y la productividad animal. (Castillo, 2020)

Los fitoestrógenos, que son compuestos naturales presentes en varias plantas, han despertado interés debido a su capacidad para modificar los parámetros reproductivos en los animales que los consumen. Estos compuestos pueden actuar como estrógenos, afectando la fisiología reproductiva de las especies. Sin embargo, su efectividad puede variar según la especie, la dosis y factores ambientales (FAO, 2000). La alfalfa se utiliza en las dietas de los animales por su contenido en fitoestrógenos, que en ciertas cantidades pueden aumentar o disminuir el rendimiento reproductivo (Ramírez, 2018).

A pesar de la existencia de estudios sobre el impacto de la alfalfa en la reproducción de diversas especies, su aplicación en cobayos machos es aún limitada. Esto subraya la necesidad de recopilar información más detallada sobre cómo los fitoestrógenos pueden influir en la espermatogénesis y el perfil hormonal en esta especie,

lo que podría aportar valiosa información para mejorar la producción en sistemas de crianza de cobayos (Peña, 2022).

2. Fundamento teórico

La absorción de nutrientes en los cobayos es un proceso fundamental que, aunque simple, resulta altamente efectivo para maximizar el aprovechamiento de los nutrientes de su alimentación. Este proceso digestivo inicia en el estómago y finaliza en el ciego, el cual es crucial para asimilar principalmente ácidos grasos de cadena corta. Gracias a esta anatomía, una amplia variedad de nutrientes, como azúcares, grasas y aminoácidos, son eficientemente procesados por el intestino delgado y el estómago (Usca, 2022)

La capacidad del cuy para aprovechar la fibra es notable, ya que su ciego representa aproximadamente el 15% de su peso corporal. Este órgano permite el almacenamiento de material inerte y voluminoso, optimizando así la digestión y absorción de nutrientes (Usca, 2022). En la crianza de cuyes, al igual que en otras industrias ganaderas como la porcina y la bovina, la alimentación es un componente vital de la producción, ya que de ella depende el rendimiento final y la tasa de reproducción de los animales. Los criadores deben destinar entre el 75% y el 80% de su presupuesto a la alimentación, lo que resalta la necesidad de gestionar eficientemente los recursos disponibles (Usca, 2022).

La alimentación debe dirigirse a satisfacer las necesidades nutricionales del cobayo a lo largo de su vida. Para ello, el uso de materias primas se divide en tres categorías (Usca, 2022):

- a) Macroingredientes: como maíz y pasta de soya.
- b) Coproductos: que incluyen alfalfa, subproductos de trigo, arroz y cervecería.
- c) Microingredientes: que abarcan premezclas de vitaminas y minerales, aminoácidos sintéticos y aditivos.

La formulación de raciones consistentes y balanceadas es crucial para garantizar que los cobayos reciban todos los nutrientes necesarios para su desarrollo y reproducción (Usca, 2022).

Históricamente, la producción de cuyes estaba limitada a criaderos familiares, con corrales que albergaban solo unos pocos ejemplares. Esto restringía su comercialización a un pequeño número de unidades destinadas al autoconsumo, lo que resultaba en una baja valoración económica de esta práctica (Usca, 2022). Sin embargo, para maximizar la producción de cobayos, es esencial considerar su ciclo reproductivo y su impacto en la seguridad alimentaria de las comunidades rurales.

En este contexto, Azuay se destaca como una provincia con una fuerte tradición en la cría de cuyes. Evaluar los costos de producción en esta región es vital para entender su contribución a la economía local y su potencial para mejorar los ingresos de las comunidades rurales (Usca, 2022). La crianza de cobayos no solo es una fuente importante de proteína animal en la dieta rural, sino que también puede jugar un papel clave en la estrategia para mejorar la seguridad alimentaria en la región.

Conocer los costos involucrados en la producción de cobayos permitirá a los criadores identificar áreas de mejora en términos de eficiencia y sostenibilidad, facilitando la implementación de prácticas más rentables (Usca, 2022). La reproducción de los cobayos ocurre durante todo el año, y la proporción de crías de cada sexo tiende a ser equilibrada, con un 50% de machos y un 50% de hembras (Usca, 2022).

Los machos alcanzan la madurez sexual alrededor de los 50 días y producen espermatozoides con un porcentaje de fertilidad óptimo a partir de los 70 días, cuando han alcanzado un peso aproximado de 1000 g y han desarrollado completamente sus órganos reproductivos (Usca, 2022).

2.1. Selección de reproductores

Para mejorar la calidad de la cría, es fundamental seleccionar los ejemplares más grandes y mejor conformados, preferentemente de camadas de al menos tres crías y con pelajes claros (Usca, 2022).

2.2. Selección genética

La selección genética es crucial en la crianza de cobayos, ya que emparentar animales emparentados (como padre e hija o hermanos) puede llevar a problemas de consanguinidad, lo que resulta en:

- Alta mortalidad en las crías.
- Defectos congénitos.
- Degeneración de las líneas genéticas (Usca, 2022).

El cobayo es una especie poligámica, lo que implica que un macho puede aparearse con varias hembras. En una crianza comercial, se recomienda una proporción de un macho por cada 15 a 20 hembras, siendo la proporción mínima económica de uno por seis (Usca, 2022).

2.3. Cálculo del área estimada

El área necesaria para la producción de cuyes dependerá de:

- El tipo de animal requerido.
- Requerimientos de peso, edad y sexo.
- Calidad de los reproductores.
- Tipo de instalaciones y equipo disponibles.

Un conocimiento más profundo de los costos de producción permitirá a los criadores tomar decisiones informadas para mejorar la calidad y cantidad de su producción, aumentando así la productividad y rentabilidad (Vivas, 2013).

2.4. Pubertad

La pubertad en los machos ocurre alrededor de los 70 días, momento en el cual comienza la producción uniforme de espermatozoides. Este aspecto es crucial para prevenir complicaciones como la distocia durante el parto (Usca, 2022).

Sin embargo, esto está ligado al tipo de cuy del cual se esté hablando:

Tabla 1 *Tipos de cuy*

Tipo	Genero	Peso (gramos)	Edad (meses)
Línea mejorada	Machos	750	4
Línea criolla	Machos	800-900	5-6

Nota: (Usca, 2022).

2.5. Espermatogénesis

La espermatogénesis es un proceso esencial que implica la división mitótica y meiótica de las células espermáticas precursoras, resultando en la formación de espermatozoides. Este proceso tiene lugar en los túbulos seminíferos, separados por células de Sertoli, que constituyen el 25% del epitelio tubular (Arcila, 2019).

2.6. Fisiología de la reproducción en el macho

Los andrógenos, como la testosterona y la androsterona, son responsables del desarrollo sexual masculino. Las células de Leydig en los testículos producen entre 5 y 10 mg de testosterona diariamente en respuesta a la LH (Roa, 2005). La testosterona también es esencial para:

- Caracteres sexuales secundarios masculinos.

- Comportamiento sexual masculino y la libido.
- Crecimiento, desarrollo y actividad secretora de los órganos sexuales secundarios masculinos.
- Funcionalidad de la túnica Dartos.
- Estimula la última etapa de la espermatogénesis.
- Regula RAN sobre hipotálamo e hipófisis a LH y FSH.
- Se utiliza en animales como marcadores para la detección de celos.

2.7. Fitoestrógenos a Nivel Sanguíneo

La comunicación entre los órganos que forman el aparato reproductor es dada por una sustancia denominada fitoestrógenos, la cual viaja por la sangre, (Cepeda, 2019).

Las isoflavonas se ingieren principalmente en forma de glucósidos (Genistina y Daidzina). En el tracto intestinal se hidrolizan por la acción de la enzima UDP glucuronosiltransferasa (UGT) secretada por bacterias intestinales, dando lugar a las formas activas o agliconas (Gen y Daid), (Cepeda, 2019).

Las agliconas son rápidamente absorbidas, conjugadas en el hígado con ácido glucurónico o en sulfato. El destino de las agliconas puede variar como la bilis, orina, heces. En los fitoestrógenos se ha reportado una posible relación con problemas en la sangre destacando principalmente la anemia y la infertilidad, (Cepeda, 2019).

2.8. Alimentación a Base de Forraje Verde

Aspectos como la prolificidad, el nivel de producción o incluso la precocidad de los cobayos son aprovechados de mejor manera en el momento en el que se logra comprender el nivel nutricional en su explotación, (Usca, 2022).

Cuando se trata de cuyes de producción hoy en día el forraje resulta insuficiente para lograr obtener los resultados deseados por los productores, por lo que es esencial agregar algún tipo de leguminosas como por ejemplo la alfalfa, de esta manera se espera un ritmo óptimo tanto en el crecimiento como en el nivel de producción de las hembras, (Usca, 2022).

A continuación, se lista unas normas que ayudan a que la alimentación a los cobayos sea la óptima:

- Los forrajes, previos a su suministro, deben ser oreados a la sombra durante 10 a 24 horas.
- Los cambios de alimento deben realizarse en forma gradual; los pastos y hortalizas suministrárselos en comedores diseñados para esta función.
- Nunca en el suelo, ya que aquí el forraje tiende a contaminarse en forma exagerada.

2.9. Alimentación a Base de Concentrado

La alimentación a base de únicamente concentrado debe de ir a la par con el suministro de vitamina C, además de que el volumen de alimento debe de ser superior al normal esto con el fin de poder compensar los requerimientos alimenticios del cuy. Por lo general el consumo oscila entre los 40 a 60 g/animal/día, con un porcentaje de fibra de entre 8 a 18 %, alfalfa (Usca, 2022).

2.10. Alimentación Mixta

Cuando se opta por suministrar concentrados en la alimentación este por lo general cubre un total del 40% de toda su dieta, destacando que su administración no es permanente. Seguras, económicas y de alta calidad son las cualidades utilizadas para elaborar los concentrados (Usca, 2022).

Existe un grupo de alimentos que se sobrepone por encima de cualquier otro conjunto a la hora de alimentar cobayos y estas conformada por verduras, legumbres y gramíneas. Antes de suministrar el forraje es necesario secarlos a la sombra por alrededor de 10 a 24 horas. La forma correcta de suministrar los alimentos es en sus respectivos comederos ya que si estos llegan a tener demasiado contacto con el suelo exista la posibilidad que se contaminen en exceso (Usca, 2022).

- Caracteres sexuales secundarios.
- Comportamiento sexual y libido.
- Crecimiento y funcionalidad de los órganos sexuales secundarios.
- Estimulación de la espermatogénesis.
- Fitoestrógenos a Nivel Sanguíneo

Los fitoestrógenos son sustancias que viajan por la sangre y pueden influir en la salud reproductiva. Las isoflavonas se ingieren principalmente como glucósidos y son convertidas en formas activas en el tracto intestinal (Cepeda, 2019).

2.11. Alimentación a base de forraje verde

La alimentación adecuada es fundamental para optimizar la producción y la salud de los cobayos. Se recomienda complementar el forraje verde con leguminosas como la alfalfa para lograr un crecimiento óptimo (Usca, 2022).

3. Materiales y método

La investigación actual se llevó a cabo en la finca “La Travesía”, ubicada en la parroquia Quingeo, Cantón Cuenca, provincia del Azuay, Ecuador. La provincia del Azuay se encuentra a una altitud de 2.560 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura de 7 a 15 °C en invierno y 12 a 25 °C en verano. La parroquia Quingeo se encuentra a 2.640 metros sobre el nivel del mar y tiene un clima andino moderado con temperaturas anuales promedio de 16,3 °C.

La finalidad de esta investigación fue determinar las correlaciones entre las variables dependientes e independientes utilizando un diseño experimental clasificado como explicativo. El enfoque cuantitativo y el paradigma deductivo son los pilares de este tipo de diseño. El objetivo del estudio fue investigar cómo los fitoestrógenos de la alfalfa afectan los niveles estrogénicos en sangre, la producción de células germinales y la salud reproductiva de los cobayos machos durante el periodo de alimentación.

Tres tratamientos fueron evaluados: T0 con forraje de alfalfa en prefloración, T1 con balanceado libre de alfalfa y T2 con una dieta mixta que combina balanceado y alfalfa. El estudio medó los niveles de estradiol en sangre, la producción de espermatozoides y espermátidas, el diámetro de los túbulos seminíferos y el número de células Leydig.

Para este estudio se utilizó la técnica de diseño de bloques completos al azar (DBCA), que es particularmente útil para la investigación agronómica. Este diseño permite dividir la muestra en secciones y asignar los tratamientos aleatoriamente a cada sección, lo que permite una evaluación más precisa de los efectos de los tratamientos. Esto disminuye el error experimental al eliminar la contribución de las fuentes de variación conocidas sobre las unidades experimentales.

Tabla 2 *Diseño de bloques completamente al azar (DBCA)*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Tratamientos	SC_{Trat}	k-1	$CM_{\text{Trat}} = \frac{SC_{\text{Trat}}}{k-1}$	$F = \frac{CM_{\text{Trat}}}{CM_{\text{Error}}}$
Bloques	SC_{Bloq}	r-1	$CM_{\text{Bloq}} = \frac{SC_{\text{Bloq}}}{r-1}$	$F = \frac{CM_{\text{Bloq}}}{CM_{\text{Error}}}$
Error	SC_{Error}	(k-1)(r-1)	$CM_{\text{Error}} = \frac{SC_{\text{Error}}}{(k-1)(r-1)}$	
Total	SC_{Total}	N-1		

Además, se calculó el Coeficiente de Variación (CV) para establecer la confiabilidad de los datos, identificando si el promedio dentro del conjunto de datos presenta homogeneidad o heterogeneidad. Se consideró que un $CV \leq 30\%$ indica que el promedio es representativo del conjunto de datos (homogéneo), mientras que un $CV > 30\%$ indica que el promedio no es representativo (heterogéneo). El CV se calculará utilizando la fórmula:

$$CV = \frac{\sigma}{\mu}$$

σ = desviación estándar

poblacional μ = media de la

población.

Tabla 3 *Interpretación del Coeficiente de Variación (CV)*

Coeficiente de Variación (CV)	Interpretación
$CV \leq 30\%$	Promedio representativo (homogéneo)
$CV > 30\%$	Promedio no representativo (heterogéneo)

3.1. Etapas de Desarrollo del Experimento

3.1.2. Etapa 1: Recepción

Se llevó a cabo una revisión completa de estudios previos durante esta fase para comparar los niveles de fitoestrógenos que se suministrarán en las dietas y garantizar que las condiciones sean consistentes. Se seleccionó machos de dos meses de edad que hayan alcanzado la madurez sexual completa. Los treinta cobayos se distribuyeron en tres jaulas de diez animales cada una para el alojamiento.

Se administró los tratamientos correspondientes durante 21 días. La cantidad de alimento a proporcionar se determinó en función del peso de los animales, asegurándose de que cada cobayo reciba entre el 10 % y el 12 % de su peso vivo en materia seca, lo que es fundamental para el desarrollo ideal de los animales.

3.1.3. Etapa 2: Investigación

Se tomaron muestras de sangre para recopilar información después del período de tratamiento. Para medir los niveles de testosterona y estrógenos, se realizaron venopunciones en tubos de vacío con anticoagulante (EDTA) de la vena yugular. Se utilizó el método de inmunoensayo enzimático (ELISA) para evaluar la concentración de estas hormonas, que se expresará en partículas por mililitro.

Para obtener muestras para análisis histológicos, se realizó el faenamiento de los cobayos. Se llevaron a cabo cortes histológicos para calcular la cantidad de células Leydig, espermatogonias, espermátides y espermatoцитos, así como el diámetro de los túbulos seminíferos.

3.1.4. Etapa 3: Resultados

Los resultados obtenidos de las pruebas histológicas se tabularán en Excel y se analizará utilizando IBM SPSS Statistics 24. Se aplicó análisis estadísticos, que incluirán DBCA, el cálculo de CV y la correlación de Pearson. Mediante el uso de IBM SPSS, se evaluó la correlación r de Pearson entre la cantidad de espermatoцитos detectados y el nivel de estradiol en sangre, con el objetivo de evaluar la fuerza y dirección de la relación entre estas variables. Se estableció una significancia de $P \leq 0.05$, clasificando la correlación como fuerte ($r \geq 0.75$), moderada ($0.40 < r < 0.74$) o baja ($r \leq 0.39$).

4. Resultados y discusión

4.1. Resultados

Los hallazgos de este estudio muestran cómo las dietas con diferentes niveles de fitoestrógenos afectan la fisiología reproductiva de los cobayos machos. Se realizó un análisis minucioso de los niveles hormonales y la producción de células germinales para evaluar cómo la dieta afecta factores importantes como la testosterona, el estradiol, las células de Leydig, las espermatogonias, los espermatoцитos y las espermátidas, así como el diámetro de los túbulos seminíferos.

Para determinar si las diferencias observadas entre los tratamientos eran estadísticamente significativas, se utilizaron métodos estadísticos como la ANOVA. Además, se calculó el coeficiente de variación (CV) para evaluar la confiabilidad y la consistencia de los datos y determinar si la variabilidad en cada grupo era homogénea o heterogénea.

También se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para explorar las relaciones potenciales entre los niveles hormonales y la producción de células germinales. Este análisis permitió determinar si variables como el nivel de estradiol y el número de espermatoцитos o espermátidas en diferentes grupos alimenticios tenían una relación significativa. Las correlaciones observadas muestran cómo el aumento o la disminución de niveles hormonales específicos pueden afectar la producción celular y, en consecuencia, la reproducción.

En las siguientes tablas se presentan los valores obtenidos y sus interpretaciones detalladas, resaltando las diferencias entre los tratamientos y los impactos observados en la función reproductiva de los cobayos machos bajo dietas de alfalfa, balanceado, y mixtas.

Tabla 4 Niveles de hormonas (testosterona y estradiol) por dieta.

Tratamiento	n	Testosterona (pg/ml)	Estradiol (pg/ml)
Alfalfa	10	3.39 ± 1.89	17.98 ± 0.70
Balanceado	9	2.46 ± 1.11	212.79 ± 369.59
Mixta	10	3.87 ± 2.01	657.24 ± 1469.77
Valor p		0.222	0.276

La tabla 3 presenta los resultados de los niveles hormonales de testosterona y estradiol en donde se observa que la testosterona en la dieta con alfalfa presenta un nivel medio de 3.39 pg/ml con una desviación estándar de 1.89, mientras que el grupo de balanceado se muestra un nivel medio más bajo de 2.46 pg/ml y en el grupo testigo se tiene un promedio de 3.87 pg/ml. Sin embargo, el análisis de varianza ANOVA revela un valor p de 0.222, que sugiere que no hay diferencias estadísticamente significativas en los niveles de testosterona entre las dietas, dado que el valor es superior al umbral convencional de 0.05.

En cuanto al estradiol, los niveles medios son considerablemente más altos, especialmente en el grupo testigo con 657.24 pg/ml. Los tratamientos con alfalfa y balanceado presentan niveles más bajos de 17.98 pg/ml y 212.79 pg/ml, respectivamente. El valor p asociado para el estradiol es 0.276, indicando también que no hay diferencias significativas en los niveles de esta hormona entre las dietas, similar al resultado de la testosterona.

Tabla 5 Registro de faena de células germinales y diámetro de túbulos seminíferos.

Tratamiento	Células de Leydig (Media ± Desv. Estándar)	Espermatogonias (Media ± Desv. Estándar)	Espermatocitos (Media ± Desv. Estándar)	Espermátides (Media ± Desv. Estándar)	Diámetro Túbulos Seminíferos (µm)
Alfalfa	132.50 ± 35.61	196.00 ± 24.09	198.30 ± 28.96	319.10 ± 71.88	71.17 ± 6.58
Balanceado	141.44 ± 27.74	222.22 ± 25.96	239.22 ± 31.47	402.56 ± 73.52	72.93 ± 4.52
Mixta	122.90 ± 10.21	209.70 ± 17.08	225.40 ± 33.01	403.00 ± 64.89	71.07 ± 2.56

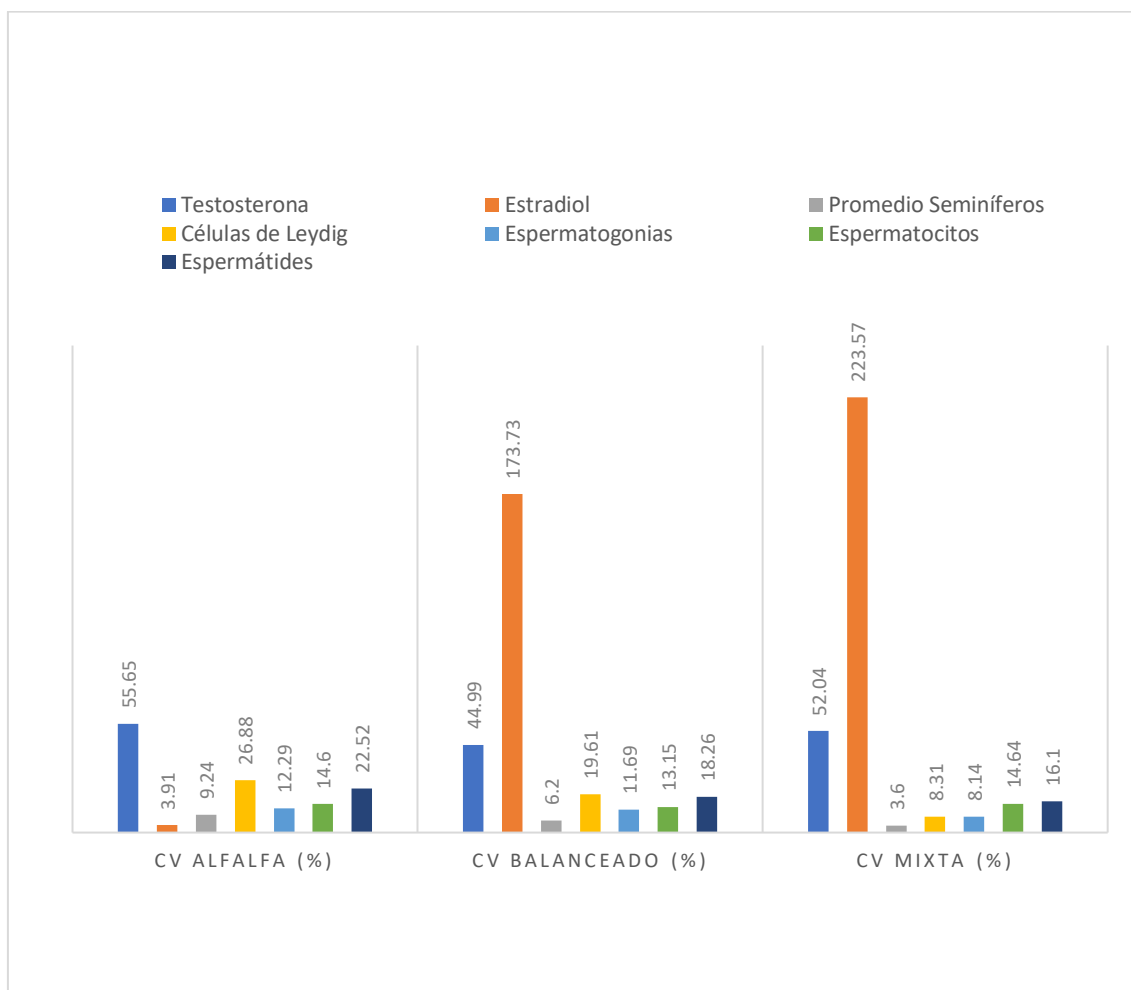
En el caso de las células de Leydig, el grupo alimentado con balanceado que se observa en la tabla 4 muestra un promedio más alto (141.44 ± 27.74), mientras que el grupo mixto presentó el más bajo (122.90 ± 10.21). Aunque 0987215924 existe cierta variabilidad en la cantidad de estas células, los valores de desviación estándar sugieren que la dispersión dentro de los grupos es relativamente controlada, especialmente en el grupo mixto, donde la variabilidad es menor.

Las espermatogonias son más numerosas en el grupo de balanceado, con un promedio de 222.22 ± 25.96 , lo que sugiere que este tratamiento promueve una mayor producción de estas células germinales. El grupo alimentado con alfalfa tiene el valor más bajo (196.00 ± 24.09). La diferencia entre los tratamientos es significativa, lo que podría indicar que la dieta afecta la producción de espermatogonias.

En cuanto a los espermátides, el grupo mixto muestra el mayor número (403.00 ± 64.89), lo que sugiere que este tratamiento es el más efectivo para la producción de células germinales maduras. La alfalfa, por el contrario, tiene el número más bajo de espermátidas (319.10 ± 71.88), lo que refuerza la idea de que este tratamiento puede afectar negativamente las etapas avanzadas de la espermatogénesis.

El diámetro de los túbulos seminíferos no mostró grandes variaciones entre los grupos, con valores promedio entre $71.07 \mu\text{m}$ y $72.93 \mu\text{m}$, lo que indica que la estructura del tejido testicular no parece verse afectada de manera significativa por las dietas utilizadas.

Figura 1 Coeficiente de variación (CV) por tratamiento y variable



Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de variación que se presenta en la tabla 5 es especialmente alto para el estradiol en el grupo balanceado (173.73%) y en el grupo mixto (223.57%), lo que refleja una gran variabilidad en los niveles de esta hormona dentro de esos grupos. Esto sugiere que los cobayos responden de manera muy diferente a los tratamientos en lo que respecta a la producción de estradiol, lo que disminuye la confiabilidad de los resultados.

En el caso de las células de Leydig y las espermatogonias, los valores de CV son más bajos, particularmente en el grupo mixto, lo que indica una mayor consistencia y confiabilidad de los datos en este grupo. En general, las células germinales mostraron menor variabilidad que las hormonas, lo que sugiere que estas variables fueron menos afectadas por las diferencias individuales entre los cobayos.

Tabla 6 Registro de faena (peso y tamaño de los cobayos)

Tratamiento	Peso (kg) (Media \pm Desv. Estándar)	Tamaño (mm) (Media \pm Desv. Estándar)
Alfalfa	2.00 \pm 0.00	32.30 \pm 1.06
Balanceado	2.00 \pm 0.00	31.11 \pm 1.36
Mixta	2.05 \pm 0.16	32.20 \pm 1.08

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 podemos visualizar que el peso de los cobayos fue bastante homogéneo en los grupos de alfalfa y balanceado, donde no se observó variación alguna (2.00 kg). Sin embargo, el grupo con dieta mixta presentó una ligera variabilidad en el peso, con una media de 2.05 \pm 0.16 kg, lo que indica que algunos cobayos presentaron un leve aumento de peso bajo este tratamiento.

En cuanto al tamaño, los valores medios son bastante consistentes entre los grupos, con un rango de 31.11 mm a 32.30 mm. La diferencia en el tamaño es mínima y probablemente no sea clínicamente significativa, aunque el grupo alimentado con balanceado mostró el tamaño promedio más bajo (31.11 \pm 1.36 mm).

Tabla 7 ANOVA del número de células de Leydig

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-valor	Valor crítico para F	Coef. de variación
Entre grupos	1633.343	2	816.672	1.147	0.333	3.37	8.1%
Dentro de grupos	18507.622	26	711.832				
Total	20140.966	28					

Fuente: Elaboración propia

El análisis del número de células de Leydig no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento (F = 1.147, p = 0.333),

como se aprecia en la tabla 7, lo que significa que no hay evidencia suficiente para afirmar que la dieta influya en el número de células de Leydig. Dado que el p-valor es mayor al umbral de significancia (0.05), podemos rechazar la hipótesis de que el consumo de fitoestrógenos en la alfalfa afecta esta variable. El coeficiente de variación (CV) de 8.1% sugiere que los datos son confiables y homogéneos dentro de cada grupo, pero no se observan efectos significativos de la dieta en esta variable.

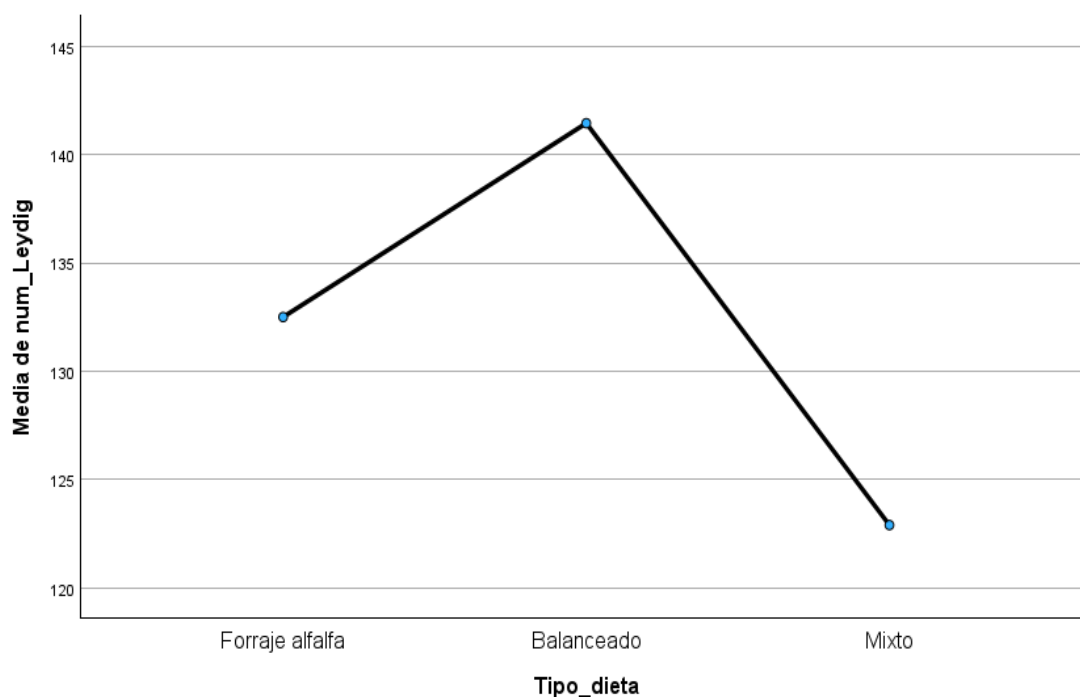


Gráfico 1 Media del número de las células de Leydig en cada dieta.

Tabla 8 ANOVA del número de espermatogonias

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-valor	Valor crítico para F	Coef. de variación
Entre grupos	3267.793	2	1633.896	3.209	0.057	3.37	19.8%
Dentro de grupos	13239.656	26	509.218				
Total	16507.448	28					

Mientras que en la tabla 8 se puede evidenciar que el número de espermatozoides mostró diferencias significativas entre los grupos de tratamiento ($F = 4.280$, $p = 0.025$). Esto sugiere que la dieta con alfalfa influye negativamente en la producción de espermatozoides, lo que confirma parte de la hipótesis planteada. El coeficiente de

variación del 24.8% indica una variabilidad moderada entre los datos, pero los resultados son lo suficientemente sólidos como para concluir que los fitoestrógenos tienen un efecto sobre esta variable.

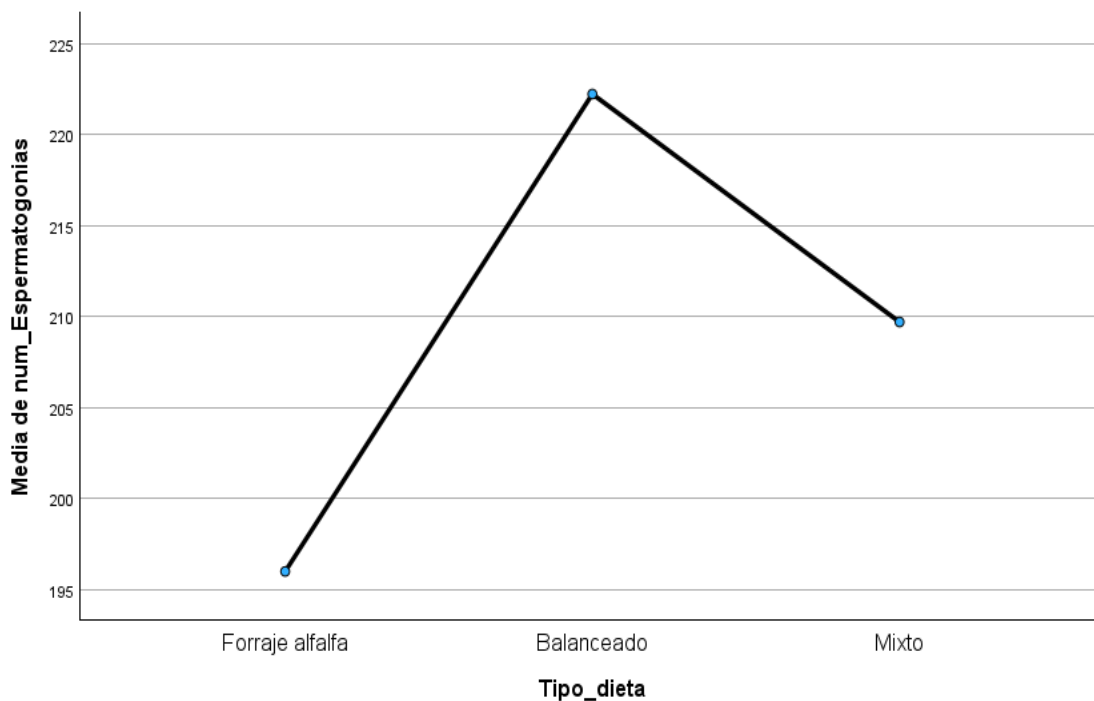


Gráfico 2 Media del número de espermatogonias en cada dieta.

Tabla 9 ANOVA del número de espermatozoides

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-valor	Valor crítico para F	Coef. de variación
Entre grupos	8322.496	2	4161.248	4.280	0.025	3.37	24.8%
Dentro de grupos	25276.056	26	972.156				
Total	33598.552	28					

Por lo tanto, en la tabla 9 se aprecia el número de espermatozoides con diferencias significativas entre los grupos de tratamiento ($F = 4.280$, $p = 0.025$). Esto sugiere que la dieta con alfalfa influye negativamente en la producción de espermatozoides, lo que confirma parte de la hipótesis planteada. El coeficiente de variación del 24.8% indica una variabilidad moderada entre los datos, pero los resultados son lo suficientemente sólidos como para concluir que los fitoestrógenos tienen un efecto sobre esta variable.

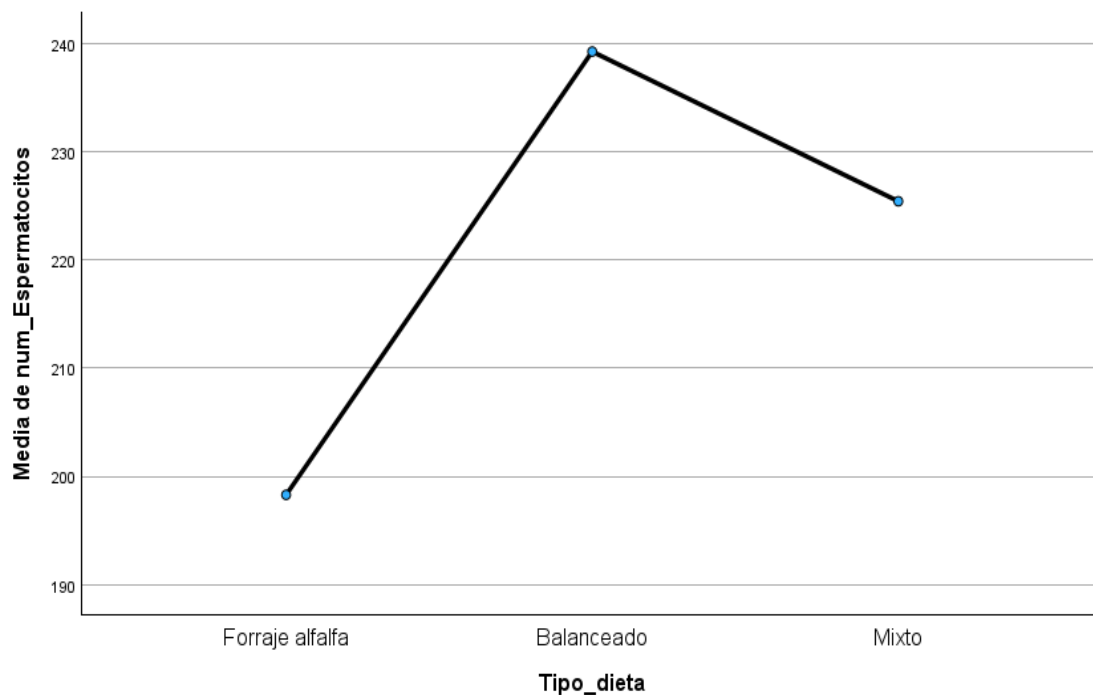


Gráfico 3 Media del número de espermatozoides en cada dieta.

Tabla 10 ANOVA del número de espermátides

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P-valor	Valor crítico para F	Coef. de variación
Entre grupos	45888.740	2	22944.370	4.674	0.018	3.37	26.4%
Dentro de grupos	127641.122	26	4909.274				
Total	173529.862	28					

Por consiguiente, como se aprecia en la tabla 10, el análisis para el número de espermátides también mostró diferencias significativas entre los grupos de tratamiento ($F = 4.674$, $p = 0.018$). Esto confirma que la dieta afecta de manera negativa la producción de espermátides, lo cual refuerza la hipótesis de que los fitoestrógenos en la alfalfa tienen un impacto negativo sobre los parámetros espermatogénicos. El coeficiente de variación

del 26.4% indica una ligera heterogeneidad en los datos, pero el nivel de significancia permite afirmar que los tratamientos influyen en la producción de estas células germinales.

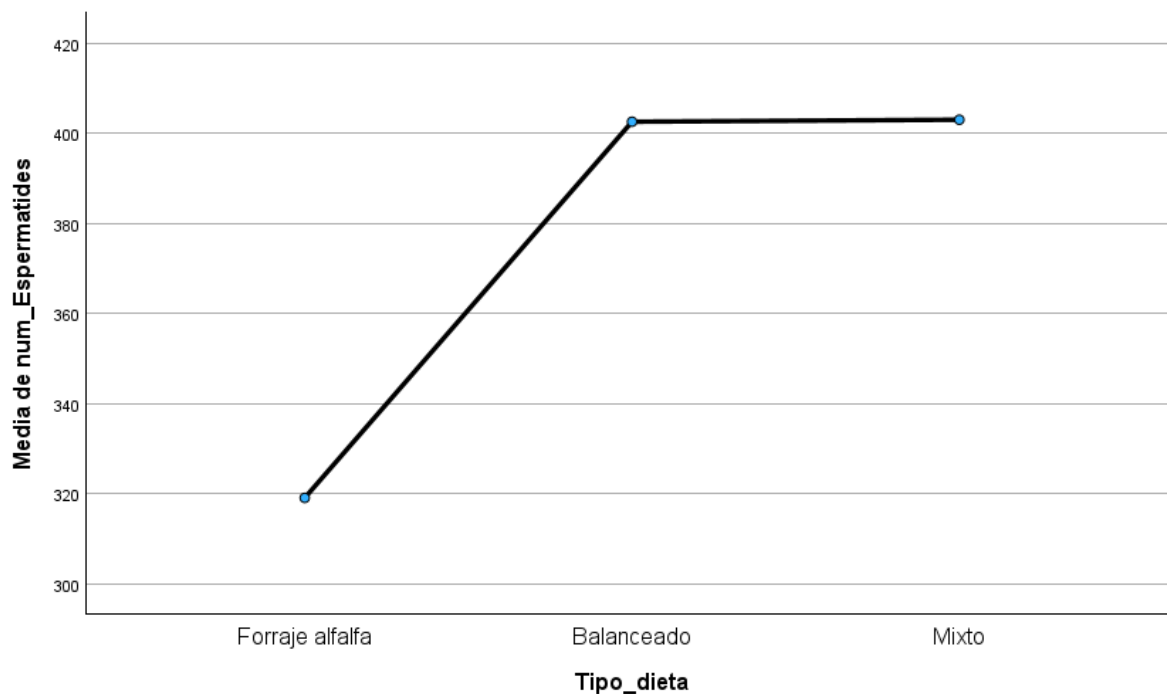


Gráfico 4 Media del número de espermátidas en cada dieta

Tabla 11 Correlación de T0 con las variables testosterona y estradiol

		Testosterona	Estradiol
Testosterona	Correlación de Pearson	1	0,475
	Sig. (bilateral)		0,165
	N	10	10
Estradiol	Correlación de Pearson	0,475	1
	Sig. (bilateral)	0,165	
	N	10	10

Los resultados de la correlación de Pearson entre los niveles de testosterona y estradiol para el tratamiento T0 (alimentación con forraje de alfalfa en prefloración) que se visualizan en la tabla 11, muestran un coeficiente de correlación de 0.475. Esto indica una correlación positiva moderada entre estas dos variables, lo que sugiere que a medida que los niveles de estradiol aumentan, también lo hacen los niveles de testosterona,

aunque la significancia bilateral es de 0.165. Dado que este valor es superior al umbral de 0.05, no se puede afirmar que la correlación sea estadísticamente significativa. Esto implica que la relación observada podría ser más bien un hallazgo aleatorio que un efecto consistente, lo que sugiere que la dieta con alfalfa podría no estar influyendo de manera directa en los niveles hormonales de estos cobayos en este contexto.

Tabla 12 *Correlación de T1 con las variables testosterona y estradiol*

		Testosterona	Estradiol
Testosterona	Correlación de Pearson	1	0,089
	Sig. (bilateral)		0,820
	N	9	9
Estradiol	Correlación de Pearson	0,089	1
	Sig. (bilateral)	0,820	
	N	9	9

En la tabla 12 se percibe que en el tratamiento T1 (balanceado libre de alfalfa), el coeficiente de correlación de Pearson entre la testosterona y el estradiol es de 0.089 lo que indica una correlación positiva muy débil. Además, el valor de significancia bilateral es de 0.820, lo que es significativamente alto, lo que sugiere que no hay una relación lineal entre las variables en este tratamiento. Esta falta de correlación puede implicar que la dieta balanceada no tiene un efecto notorio sobre los niveles de estas hormonas en cobayos machos, indicando que los fitoestrógenos presentes en la alfalfa son un factor más influyente en la regulación hormonal que la dieta balanceada.

Tabla 13 *Correlación de tratamiento testigo con las variables testosterona y estradiol*

		Testosterona	Estradiol
Testosterona	Correlación de Pearson	1	0,550
	Sig. (bilateral)		0,100
	N	10	10
Estradiol	Correlación de Pearson	0,550	1
	Sig. (bilateral)	0,100	
	N	10	10

La correlación de la tabla 13 indica que para el tratamiento testigo, los resultados muestran un coeficiente de correlación de 0.550 entre los niveles de testosterona y estradiol, lo que sugiere una correlación positiva moderada. La significancia bilateral es de 0.100, lo que indica que aunque hay una tendencia hacia la significancia, no es lo suficientemente fuerte para considerarse estadísticamente significativa al nivel convencional de 0.05. Este hallazgo puede implicar que la dieta mixta (balanceado y alfalfa) podría facilitar una relación más compleja entre estas dos hormonas, donde un aumento en los niveles de estradiol podría asociarse a un aumento en los niveles de testosterona, aunque no se puede generalizar debido a la falta de significancia.

Este estudio evaluó el impacto de la dieta con fitoestrógenos de alfalfa en la salud reproductiva de cobayos machos. Los niveles de testosterona fueron de 3.3905 pg/ml en el grupo de alfalfa, 2.4593 pg/ml en el balanceado y 3.8670 pg/ml en la dieta mixta. Aunque no hubo diferencias significativas en testosterona, el estradiol mostró alta variabilidad, con un CV de 301% en la dieta de alfalfa.

El análisis de ANOVA reveló diferencias significativas en la producción de espermatozoides y espermátides, con F-valor de 4.280 ($p = 0.025$) y 4.674 ($p = 0.018$), lo que respalda la hipótesis de que la inclusión de fitoestrógenos afecta negativamente la espermatogénesis.

La salud reproductiva se vio comprometida, ya que la producción de células germinales disminuyó en el grupo alimentado con alfalfa, sugiriendo un efecto adverso de esta dieta en los parámetros espermatozoides.

4.2. Discusión

Los resultados obtenidos sugieren que la inclusión de alfalfa en la dieta influye negativamente en la producción de espermatozoides y en la regulación hormonal. Los fitoestrógenos son compuestos que mimetizan la acción de los estrógenos, parecen interferir en el equilibrio hormonal, afectando tanto la producción de células germinales como los niveles de testosterona y estradiol. En este estudio, la dieta con alfalfa presentó una correlación moderada entre los niveles de testosterona y estradiol, lo que sugiere que la interacción entre estas hormonas podría estar mediada por los efectos de los fitoestrógenos. Esto es consistente con investigaciones recientes que indican que los fitoestrógenos pueden actuar como moduladores selectivos de los receptores de estrógenos, afectando el eje hipotálamo-hipófisis-gónada (Morales, 2022).

En nuestro estudio, los niveles de estradiol de cada grupo variaron significativamente. El grupo alimentado con una dieta mixta mostró un promedio de 657.24 ± 1469.77 pg/ml, mientras que el grupo alimentado solo con alfalfa mostró valores significativamente más bajos y consistentes (17.98 ± 0.70 pg/ml). La variabilidad notablemente alta en el grupo mixto indica que algunos cobayos respondieron de manera muy diferente a la exposición prolongada a fitoestrógenos. Anteriores investigaciones en roedores también han demostrado que un aumento en los niveles de estrógenos está relacionado con una menor calidad de esperma (Ramírez, 2018).

Se encontró que en el grupo mixto tenía niveles ligeramente más altos de testosterona (3.87 ± 2.01 pg/ml), mientras que el grupo alimentado con balanceado tenía los niveles más bajos (2.46 ± 1.11 pg/ml). Estos hallazgos sugieren que la exposición a fitoestrógenos puede no afectar directamente los niveles de testosterona, como se ha sugerido en otros estudios donde la suplementación dietética con fitoestrógenos no afectó

de manera consistente los niveles de testosterona en diferentes especies animales. (Peña, 2022)

La producción de células germinales, especialmente espermatocitos y espermatídes, varió notablemente entre los grupos. En el grupo que recibió alfalfa, se registraron 198.30 ± 28.96 espermatocitos y 319.10 ± 71.88 espermatocitos, mientras que en el grupo que recibió balance, se registraron números significativamente más altos, con 239.22 ± 31.47 espermatocitos y 402.56 ± 73.52 espermatocitos. Se cree que la presencia de fitoestrógenos en la alfalfa reduce la capacidad de los cobayos para producir células germinales maduras. Investigaciones recientes confirman que los fitoestrógenos pueden detener la mitosis y la meiosis en los túbulos seminíferos, lo que afecta la maduración de las células germinales. (Lenis, 2010).

El grupo alimentado con alfalfa tenía valores de células de Leydig más bajos (132.50 ± 35.61), mientras que el grupo balanceado tenía un promedio de 141.44 ± 27.74 . Aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa, los hallazgos coinciden con estudios previos que indican que los fitoestrógenos pueden afectar la función de las células de Leydig y la producción de testosterona a largo plazo. (González, 2017). Este efecto es particularmente importante para los procesos de espermatogénesis porque las células de Leydig son responsables de la producción de testosterona, una hormona esencial para la maduración de los espermatozoides.

Es importante destacar que los fitoestrógenos, como las isoflavonas de la alfalfa, se descomponen rápidamente en el cuerpo después de su consumo y se convierten en agliconas activas, que luego interactúan con los receptores estrogénicos. La señalización hormonal normal puede verse alterada por estas interacciones, lo que explica la moderada correlación entre los niveles de testosterona y estradiol. La hipótesis de la compensación hormonal sugiere que el cuerpo responde reduciendo la producción de testosterona

cuando se elevan los niveles de estrógeno, aunque los datos de este estudio sugieren que esta respuesta es diferente en los cobayos. (Garay-Peña, 2023).

En otros estudios con roedores, se ha demostrado que los fitoestrógenos no solo afectan la espermatogénesis, sino también la morfología de los testículos, reduciendo el diámetro de los túbulos seminíferos y alterando la funcionalidad de las células de Sertoli, que son esenciales para el soporte estructural y metabólico de las células germinales. (Arcila, 2019). En nuestro estudio, el diámetro de los túbulos seminíferos no varió significativamente entre los grupos, con un promedio de 71.07 a 72.93 μm , lo que indica que las dietas utilizadas no parecen afectar significativamente la estructura del tejido testicular.

En este estudio se presentan algunas limitaciones que podrían haber afectado los resultados, en particular la gran variabilidad en los niveles hormonales, particularmente en el grupo alimentado con una dieta mixta, donde el coeficiente de variación (CV) del estradiol fue superior al 200%. Las diferencias individuales entre los cobayos, la variabilidad genética y las posibles influencias externas, como el manejo del forraje, podrían ser las causas de esta variabilidad. Para futuros estudios, sería necesario mejorar el control experimental mediante el uso de un tamaño de muestra más grande o modificaciones en la dieta que puedan reducir las variaciones en la exposición a los fitoestrógenos. (González, 2017)).

Este estudio no examinó otras hormonas importantes que podrían estar involucradas en la regulación de la función reproductiva, como la hormona luteinizante (LH) y la hormona foliculoestimulante (FSH), que juegan un papel importante en la regulación de la espermatogénesis. Estas hormonas pueden ayudar a comprender mejor cómo los fitoestrógenos afectan el equilibrio hormonal. (Roa, 2005).

5. Conclusiones

El consumo de fitoestrógenos de la alfalfa durante la prefloración tiene un impacto significativo en la salud reproductiva de los cobayos machos. Se observó en particular una disminución en la producción de células germinales, lo que indica que la dieta puede afectar negativamente la espermatogénesis. A pesar de que los niveles de testosterona no mostraron diferencias significativas entre los grupos, la alta variabilidad en los niveles de testosterona plantea preocupaciones sobre la estabilidad hormonal de los animales.

Los fitoestrógenos también pueden alterar los procesos reproductivos, lo que podría afectar la fertilidad de los cobayos a largo plazo. Esta investigación enfatiza la importancia de tener en cuenta los componentes fitoquímicos en la dieta de los animales, especialmente en animales de pequeño tamaño como los cobayos, donde la modificación de su dieta es crucial para mejorar su producción y salud reproductiva.

Se recomienda realizar estudios adicionales y más detallados de los mecanismos hormonales y mejorar las condiciones experimentales para reducir la variabilidad observada en los resultados, que exploren la relación entre diferentes fuentes de fitoestrógenos y sus efectos en la fisiología reproductiva de los cobayos. Estas investigaciones podrían ayudar a mejorar las prácticas de alimentación y la eficiencia reproductiva en la cría de cuyes.

6. Referencias bibliográficas

1. Arcila, J. (30 de 09 de 2019). *R. Vet.* Obtenido de <https://www.reproduccionveterinaria.com/>:
<https://www.reproduccionveterinaria.com/fisiologia-y-anatomia-obstetrica/macho/fisiologia-reproductiva-del-macho/espermatogenesis/>
2. Bland, K. P. (1980). Biphasic follicular growth in the guinea-pig oestrous cycle. *Reproduction*, 60(1), 73-76.
3. Castillo, H. (2020). *Producción de cuyes*. Idema.
4. Cepeda, S. (2019). *Rol del fitoestrógeno Genisteína en los sistemas vascular y óseo*. Universidad Nacional del Sur.
5. Chachipanta, L. (2019). *Identificación del mercado potencial de los productos elaborados con carne de cuy (Cavia Porcellus) en la provincia Tungurahua*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
6. Cortés, A. L. (2016). Alimentos funcionales, alfalfa y fitoestrógenos. *Mutis*, 6(1), 28-40.
7. FAO. (2000). *Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares*. Roma: FAO.
8. Garay-Peña, G. A. (2023). Efecto de diferentes dosis de la progesterona oral sobre la sincronización del celo y la ovulación en cobayas. *ResearchGate.*, https://www.researchgate.net/publication/372157085_Efecto_de_diferentes_dosis_de_la_progesterona_oral_sobre_la_sincronizacion_del_celo_y_la_ovulacion_en_cobayas.
9. Gonzáles, M. (2017). Importancia de los estrógenos en el aparato reproductor del macho en mamíferos. *Journal of Veterinary Andrology ISSN*, 2(2), 2542-3045.
10. Hamilton, G. S. (1990). The bimodal development of ovarian follicles in cyclic guinea pigs and the differences between antral follicles developed at different phases of the cycle. *Canadian Journal of Zoology*, 68(11), 2135-2139.
11. Lenis Sanin, Y. (2010). Efectos de los fitoestrógenos en la reproducción animal. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 63(2), 325-331.

12. Lenis, Y. G. (2010). Efectos de los fitoestrógenos en la reproducción animal. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín* , 63(2), 5555-5565.
13. Morales M., V. D.-R.-C. ((2022)). Efectos de los fitoestrógenos en la fisiología reproductiva de especies productivas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(3), 803–829.
14. Morales, M. V.-R.-C. (2022). Efectos de los fitoestrógenos en la fisiología reproductiva de especies productivas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(3), 803–829.
15. Myorga, D. (2016). *Efecto del genex como promotor del crecimiento en la alimentación de cuyes (Cavia porcellus) en etapa de engorde*. Universidad Técnica de Ambato.
16. Orreo, F. (2022). *Características espermáticas y testiculares en dos edades y tres razas de cuyes*. Universida Nacional Agraria.
17. Peña, S. P. (2022). Endocrine disrupctors effects in ruminant reproduction . *Jounal MVZ Córdoba*, 1(1), 1-12.
18. Quishpe, Q. (2021). *Evaluacion de dos curvas de congelación programables para la crioconservación de semen de cuy (Cavia porcellus) en el Centro Experimental Uyumbicho*. Universidad Central del Ecuador.
19. Ramírez, M. (2018). *Fitoestrógenos presentes en arboreas forrajeras y su efecto en el crecimiento y calidad seminal de ovinos y conejos*. Tecnológico Nacional de México.
20. Ramirez, M. V. (2022). Efectos de los fitoéstrógenos en la fisiología reproductiva de especies reproductivas. Revisión. *Scielo*, 13(3), 803-829.
21. Reyes, F. A. (2021). Análisis del manejo, producción y comercialización del cuy (Cavia porcellus L.) en Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 7(6), 1004-1018.
22. Roa, N. (2005). *Método de aplicación de la inseminación artificial en bovinos*. Ceniap INIA.

23. Tapia, D. T. (2016). *Evaluación Cualitativa de espermatozoides de la cola del epidídimo de cuyes (Cavia porcellus) criollos y mejorados en dos edades reproductivas*. Universidad de Cuenca.
24. Usca, J. F. (2022). *Manejo general en la cría del cuy*. ESPOCH .
25. Vivas, J. C. (2013). *Especies alternativas: Manual de crianza de cobayos*. Universidad Nacional Agraria.

7. Anexos fotográficos

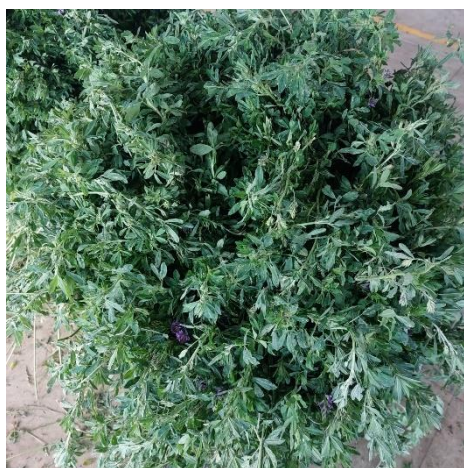
ANEXO 1 *Galpón de cuyes*



ANEXO 2 *Infraestructura*



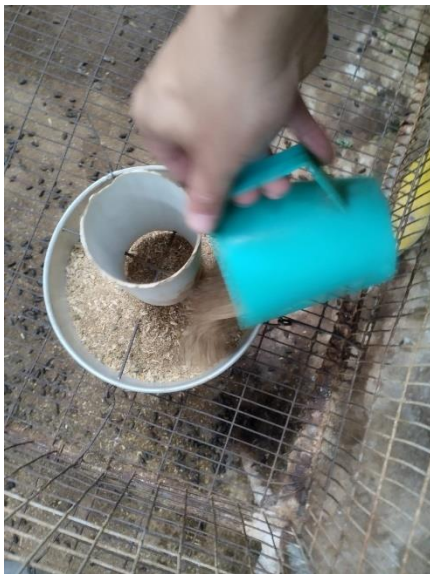
ANEXO 3 *Establo de cobayos en la granja "La Travesía", ubicada en la parroquia de Quingeo.*



ANEXO 4 *Alfalfa en prefloración.*



ANEXO 5 Cobayos con alimentación de alfalfa en prefloración.



ANEXO 6 Balanceado sin alfalfa



ANEXO 7 *Recolección de muestras en unidades experimentales.*



ANEXO 8 *Faenamiento de muestras en unidades experimentales.*



Josue Ismael Cajamarca Ortega portador de la cédula de ciudadanía N° **0302568365**. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Efecto de los fitoestrógenos de la alfalfa en la espermatogénesis de los cobayos machos”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **08 de noviembre de 2024**

F:

Josue Ismael Cajamarca Ortega

C.I. 0302568365