

Determinación del efecto de la dieta sobre la microbiota intestinal en cobayos

Determination of the effect of diet on intestinal microbiota in guinea pigs

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20311454>

AUTORES:

Cynthia Ramos Grijalva¹

Stefani Vega Reinel²

Mauricio David Gaibor Garófalo³

Ismael Jordano Jara Clavijo⁴

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: cramos@ueb.edu.ec

Fecha de recepción: 04 / 11 / 2025

Fecha de aceptación: 18 / 11 / 2025

RESUMEN

El presente trabajo investigativo se orienta en analizar y estudiar la microbiota intestinal de los cuyes (*Cavia porcellus*) la cual desempeña un papel crucial en su salud y bienestar influenciando procesos metabólicos y la respuesta inmune, este estudio se centra en la determinación del crecimiento de tres enterobacterias patógenas, (*Salmonella spp*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus spp*) que pueden afectar negativamente la salud de los cobayos mediante la implementación de tres dietas que consisten en 100% alfalfa, 50% balanceado 50% alfalfa y 100% balanceado, se realizaron cultivos microbiológico en muestras de heces de cuyes utilizando medios selectivas para cada bacteria, los resultados

¹ <https://orcid.org/0000-0003-2297-5768>, Universidad Estatal de Bolívar, cramos@ueb.edu.ec

² <https://orcid.org/0000-0002-2047-9763>, Universidad Estatal de Bolívar, stefani.vega@ueb.edu.ec

³ <https://orcid.org/0009-0007-3735-3888>, Universidad Estatal de Bolívar, maugaibor@mailes.ueb.edu.ec

⁴ <https://orcid.org/0009-0003-5086-2805>, Universidad Estatal de Bolívar. ijara@mailes.ueb.edu.ec

presentaron una prevalencia significativa de *Escherichia coli* mientras que *Salmonella spp* y *Staphylococcus spp* también fueron detectadas aunque en menor proporción, se analizaron factores como la dieta, el peso, la edad y el manejo de los cuyes que podrían influir en la composición de la microbiota y el crecimiento bacteriano, en particular se observó que una dieta rica en fibra y nutrientes esenciales favorece el equilibrio de la microbiota intestinal reduciendo la proliferación de bacterias patógenas, además se realizó un antibiograma utilizando gentamicina, que demostró eficacia contra las cepas aisladas de las bacterias en estudio, sugiriendo un posible tratamiento, este estudio proporciona información valiosa sobre la salud intestinal de los cuyes y sugiere la necesidad de implementar medidas de bioseguridad y manejo adecuado, así como una dieta balanceada para prevenir posibles infecciones bacterianas.

Palabras Clave: *Microbiota; Salmonella spp; Escherichia coli; Staphylococcus spp; Cultivos.*

ABSTRACT

This research work focuses on analyzing and studying the intestinal microbiota of guinea pigs (*Cavia porcellus*), which plays a crucial role in their health and well-being by influencing metabolic processes and immune response. This study centers on determining the growth of three pathogenic enterobacteria (*Salmonella spp*, *Escherichia coli*, and *Staphylococcus spp*) that can negatively affect the health of guinea pigs through the implementation of three diets consisting of 100% alfalfa, 50% balanced feed and 50% alfalfa, and 100% balanced feed. Microbiological cultures were performed on fecal samples from guinea pigs using selective media for each bacterium. The results showed a significant prevalence of *Escherichia coli*, while *Salmonella spp* and *Staphylococcus spp* were also detected, although in smaller proportions. Factors such as diet, weight, age, and management of the guinea pigs were analyzed, which could influence the composition of the microbiota and bacterial growth. In particular, it was observed that a diet rich in fiber and essential nutrients favors the balance of the intestinal microbiota, reducing the proliferation of pathogenic bacteria. Additionally, an antibiogram was performed using gentamicin, which demonstrated efficacy against the isolated strains of the studied bacteria, suggesting a possible treatment. This study provides valuable information about the intestinal health of guinea pigs and suggests the need to implement biosecurity

measures and proper management, as well as a balanced diet to prevent possible bacterial infections.

Keywords: *Microbiota; Salmonella spp; Escherichia coli; Staphylococcus spp; Cultures.*

INTRODUCCIÓN

Las alternativas naturales estudiadas a nivel mundial, como la bioconversión de desechos de invertebrados, especialmente de la mosca soldado negro indican que es una especie cosmopolita que consume materia orgánica en su etapa larvaria y almacena nutrientes en el cuerpo en forma de proteínas, grasas y carbohidratos. En la etapa adulta, se reproduce a un ritmo elevado, y la hembra pone aproximadamente 600 huevos en una zona seca cerca de materia orgánica en descomposición (Hierro, 2021). Aunque sus raíces se encuentran en el continente americano, la mosca soldado negro ha demostrado una asombrosa capacidad de adaptación, convirtiéndose en una especie ciudadana del mundo. Desde los paisajes de Sudáfrica y Malasia hasta los archipiélagos de Oceanía, su presencia se ha extendido de forma simbiótica por diversos ecosistemas. Actualmente, habita una vasta franja del planeta que abraza Europa y África, recordándonos que la naturaleza no conoce fronteras cuando se trata de buscar nichos para la vida y la transformación de recursos (Marshall, 2018).

La búsqueda de alternativas sostenibles ha unido a gigantes de la industria alimentaria, como Archer Daniels Midland (ADM) e InnovaFeed, en el desarrollo de infraestructuras pioneras dedicadas a transformar la larva de la mosca soldado negro en una proteína de alta calidad para el sector ganadero y acuícola (Cantillo, 2021). Este esfuerzo global encuentra un eco esperanzador en la realidad latinoamericana; en Colombia, por ejemplo, la capacidad reproductiva de esta especie ha demostrado ser extraordinaria. En condiciones de temperatura controlada, pequeños núcleos de moscas han logrado alcanzar niveles de puesta superiores a los 5,000 huevos en apenas diez días, lo que sugiere un potencial de aprovechamiento del 45% en el territorio nacional (Cabrera & López, 2021). Estas cifras no son solo datos estadísticos, sino el reflejo de una oportunidad tangible para fortalecer la seguridad alimentaria regional mediante la biotecnología.

La empresa Insecto basset solutions que produce proteínas a base de los insectos

como la larva de mosca soldado negro criadas y tratadas en ciclos naturales en Argentina y siendo una innovación en la normativa destacada por los propios productores. Este producto es el resultado de larvas deshidratadas, desgrasadas y molidas. Un proceso totalmente natural que no requiere ningún solvente químico, ya que sus proteínas son fácilmente digeribles y tiene propiedades hipoalergénicas y antimicrobianas (Cantillo, 2021).

Por lo tanto, en Ecuador la empresa Bioconversión mediante cálculos de hectárea puede producir hasta 2 millones de proteína de insecto en el mismo espacio se cosecharán 1.500 libras de proteína y 192 libras de proteína. La capacidad instalada de la planta es de 22.000 toneladas al año y en la primera fase se tiene una producción de 1.200 toneladas de harina de insecto y 5.000 toneladas de abono orgánico que se procesa con los excrementos de la mosca (Mendoza, 2021).

Las larvas de Mosca Soldado Negro que en adelante se denominará (MSN) también se considera como una fuente alternativa de proteína por su contenido de proteína cruda (40%), que reemplaza a la harina de pescado que obligan a la industria alimentaria a buscar otras fuentes debido a su alto precio de proteína más barata y desarrollada en poco tiempo (Hualpa, 2021).

Comprender el ecosistema microscópico que habita en el tracto intestinal del cuy (*Cavia porcellus*) no es solo un reto técnico, sino un paso esencial para garantizar el bienestar de una especie clave en la soberanía alimentaria y la economía rural. Ante la amenaza constante de patógenos que comprometen la salud de estos ejemplares, este estudio se propone evaluar cómo la transición entre dietas forrajeras y balanceadas influye en el crecimiento de bacterias críticas como *Salmonella spp*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus spp*. A través de un análisis microbiológico y pruebas de susceptibilidad antibiótica, esta investigación busca determinar no solo la prevalencia de estos agentes, sino también identificar estrategias nutricionales que fortalezcan la resiliencia del animal. En las secciones siguientes, se detalla el comportamiento de estas enterobacterias bajo distintos regímenes alimenticios, ofreciendo finalmente pautas de manejo y bioseguridad que permitan a los productores transitar hacia una crianza más saludable, ética y eficiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la ciudad de Cañar, perteneciente al cantón Azogues, en la provincia del Cañar, específicamente en criaderos ubicados en la Avenida San Antonio y Colón, a 32 km de la ciudad de Azogues. Geográficamente, la zona de estudio se encuentra en las coordenadas 2°29'01" de latitud sur y 78°58'42" de longitud oeste, a una altitud de 3.161 msnm, dentro de un régimen climático de montaña caracterizado por temperaturas máximas de 14 °C a 15 °C y mínimas de 5 °C a 6 °C, con una media anual de 11.8 °C. La precipitación media anual es de 1038 mm, con una humedad relativa promedio del 85%, lo que favorece la formación de neblinas y condiciones de alta humedad ambiental, afectando la biodiversidad, los procesos edafológicos y las actividades agrícolas.

Según la clasificación ecológica de Leslie Holdridge, la zona de vida del estudio corresponde a un bosque seco montano bajo. El experimento se realizó con 27 cuyes (*Cavia porcellus*), analizando los factores en estudio: Factor A (cuyes) y Factor B (muestras biológicas). Se evaluaron tres tratamientos con dietas diferenciadas: T1 (100% forraje + patógeno aislado), T2 (70% forraje - 30% balanceado + patógeno aislado) y T3 (50% forraje - 50% balanceado + patógeno aislado), con variables de respuesta enfocadas en la detección de *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus spp.*

Para el análisis se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con un total de 81 análisis, utilizando ADEVA y la prueba de Tukey al 5% para la comparación de medias de los tratamientos.

RESULTADOS

Tabla 1. Primera toma de muestras Salmonella (UFC) número de disolución

Número muestra	de Medio Cobayo - galpon	Bacteria	Dieta	Número de colonias	Número de disolucion 10^3
G1C1	SS	Salmonella	Alfalfa	180	10^3
G1C2	SS	Salmonella	Alfalfa	421	10^3
G1C3	SS	Salmonella	Alfalfa	375	10^3
G2C1	SS	Salmonella	Alfalfa	423	10^3
G2C2	SS	Salmonella	Alfalfa	327	10^3
G2C3	SS	Salmonella	Alfalfa	612	10^3
G3C1	SS	Salmonella	Alfalfa	370	10^3
G3C2	SS	Salmonella	Alfalfa	516	10^3
G3C3	SS	Salmonella	Alfalfa	514	10^3
G4C1	SS	Salmonella	Alfalfa	523	10^3
G4C2	SS	Salmonella	Alfalfa	513	10^3
G4C3	SS	Salmonella	Alfalfa	N.S	10^3
G5C1	SS	Salmonella	Alfalfa	107	10^3
G5C2	SS	Salmonella	Alfalfa	521	10^3
G5C3	SS	Salmonella	Alfalfa	112	10^3
G6C1	SS	Salmonella	Alfalfa	118	10^3
G6C2	SS	Salmonella	Alfalfa	580	10^3
G6C3	SS	Salmonella	Alfalfa	113	10^3
G7C1	SS	Salmonella	Alfalfa	167	10^3
G7C2	SS	Salmonella	Alfalfa	183	10^3
G7C3	SS	Salmonella	Alfalfa	515	10^3
G8C1	SS	Salmonella	Alfalfa	594	10^3
G8C2	SS	Salmonella	Alfalfa	461	10^3
G8C3	SS	Salmonella	Alfalfa	429	10^3
G9C1	SS	Salmonella	Alfalfa	301	10^3
G9C2	SS	Salmonella	Alfalfa	247	10^3
G9C3	SS	Salmonella	Alfalfa	612	10^3

Tabla 2. Segunda toma de muestras Salmonella (UFC)

Número de muestra	Medio	Bacteria	Dieta	Número de colonias	Número de disolución	de
G1C1	SS	Salmonella	Mixta	124	10	3
G1C2	SS	Salmonella	Mixta	94	10	3
G1C3	SS	Salmonella	Mixta	218	10	3
G2C1	SS	Salmonella	Balanceado	127	10	3
G2C2	SS	Salmonella	Balanceado	339	10	3
G2C3	SS	Salmonella	Balanceado	308	10	3
G3C1	SS	Salmonella	Mixta	134	10	3
G3C2	SS	Salmonella	Mixta	104	10	3
G3C3	SS	Salmonella	Mixta	108	10	3
G4C1	SS	Salmonella	Balanceado	154	10	3
G4C2	SS	Salmonella	Balanceado	183	10	3
G4C3	SS	Salmonella	Balanceado	172	10	3
G5C1	SS	Salmonella	Alfalfa	51	10	3
G5C2	SS	Salmonella	Alfalfa	206	10	3
G5C3	SS	Salmonella	Alfalfa	82	10	3
G6C1	SS	Salmonella	Balanceado	67	10	3
G6C2	SS	Salmonella	Balanceado	224	10	3
G6C3	SS	Salmonella	Balanceado	206	10	3
G7C1	SS	Salmonella	Alfalfa	139	10	3
G7C2	SS	Salmonella	Alfalfa	83	10	3
G7C3	SS	Salmonella	Alfalfa	525	10	3
G8C1	SS	Salmonella	Alfalfa	122	10	3
G8C2	SS	Salmonella	Alfalfa	188	10	3
G8C3	SS	Salmonella	Alfalfa	170	10	3
G9C1	SS	Salmonella	Mixta	193	10	3
G9C2	SS	Salmonella	Mixta	184	10	3
G9C3	SS	Salmonella	Mixta	178	10	3

Tabla 3. Tercera toma de muestras Salmonella (UFC)

Número de muestra	Medio	Bacteria	Dieta	Número de colonias	Número de disolucion
G1C1	SS	Salmonella	Mixta	130	10 ³
G1C2	SS	Salmonella	Mixta	199	10 ³
G1C3	SS	Salmonella	Mixta	246	10 ³
G2C1	SS	Salmonella	Balanceado	209	10 ³
G2C2	SS	Salmonella	Balanceado	357	10 ³
G2C3	SS	Salmonella	Balanceado	683	10 ³
G3C1	SS	Salmonella	Mixta	562	10 ³
G3C2	SS	Salmonella	Mixta	104	10 ³
G3C3	SS	Salmonella	Mixta	321	10 ³
G4C1	SS	Salmonella	Balanceado	692	10 ³
G4C2	SS	Salmonella	Balanceado	253	10 ³
G4C3	SS	Salmonella	Balanceado	182	10 ³
G5C1	SS	Salmonella	Alfalfa	583	10 ³
G5C2	SS	Salmonella	Alfalfa	592	10 ³
G5C3	SS	Salmonella	Alfalfa	164	10 ³
G6C1	SS	Salmonella	Balanceado	67	10 ³
G6C2	SS	Salmonella	Balanceado	426	10 ³
G6C3	SS	Salmonella	Balanceado	206	10 ³
G7C1	SS	Salmonella	Alfalfa	271	10 ³
G7C2	SS	Salmonella	Alfalfa	219	10 ³
G7C3	SS	Salmonella	Alfalfa	551	10 ³
G8C1	SS	Salmonella	Alfalfa	684	10 ³
G8C2	SS	Salmonella	Alfalfa	251	10 ³
G8C3	SS	Salmonella	Alfalfa	241	10 ³
G9C1	SS	Salmonella	Mixta	182	10 ³
G9C2	SS	Salmonella	Mixta	541	10 ³
G9C3	SS	SALMONELLA	MIXTA	496	10 ³

Tabla 4. Prueba ANOVA Salmonella

Número colonias	deSuma cuadrados	deGl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	34015,630	2	17007,815	,418	,663
Dentro de grupos	976776,889	24	40699,037		
Total	1010792,519	26			

Tabla 5. Comparaciones múltiples *Salmonella*

(I) Alimentación	(J) Alimentación	Diferencia Medias (I-J)	DeDesv.	Error Sig.	Intervalo De Confianza Al 95% Límite Inferior
Mixta	Balanceado	-32,667	95,101	,937	-270,16
	Alfalfa	-86,111	95,101	,642	-323,61
Balanceado	Mixta	32,667	95,101	,937	-204,83
	Alfalfa	-53,444	95,101	,841	-290,94
Alfalfa	Mixta	86,111	95,101	,642	-151,38
	Balanceado	53,444	95,101	,841	-184,05

El análisis de ANOVA no encontró diferencias significativas en la presencia de *Salmonella spp* entre los grupos de cobayos con distintas dietas ($p > 0.05$), aunque se observó una tendencia creciente en el grupo alimentado con alfalfa. La prueba post hoc de Tukey confirmó la ausencia de diferencias significativas entre los grupos, sugiriendo que la dieta no influye de manera determinante en la presencia de *Salmonella*, sino que otros factores, como el manejo y las medidas de bioseguridad, podrían ser más relevantes.

A pesar de la tendencia ascendente en el consumo de alfalfa, consistente con el comportamiento de *E. coli*, no se alcanzó significancia estadística. Además, se destaca que la susceptibilidad a la salmonelosis varía según la edad, con tasas de morbilidad más altas en animales en lactancia (52.70%), seguidos de adultos (30.65%) y recría (19.83%).

*Escherichia coli***Tabla 5.** Primera toma de muestras de *E. coli* (UFC)

Número muestra	deMedio	Bacteria	Dieta	Número colonias	deNÚMERO DE DISOLUCION 10^3
G1C1	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	146	10^3
G1C2	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	580	10^3
G1C3	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	417	10^3
G2C1	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	80	10^3
G2C2	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	300	10^3
G2C3	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	214	10^3
G3C1	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	412	10^3
G3C2	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	429	10^3
G3C3	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	189	10^3
G4C1	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	N.S	10^3
G4C2	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	107	10^3
G4C3	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	186	10^3
G5C1	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	480	10^3
G5C2	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	179	10^3
G5C3	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	140	10^3
G6C1	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	436	10^3
G6C2	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	336	10^3
G6C3	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	130	10^3
G7C1	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	179	10^3
G7C2	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	220	10^3
G7C3	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	218	10^3
G8C1	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	132	10^3
G8C2	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	75	10^3
G8C3	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	204	10^3
G9C1	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	169	10^3
G9C2	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	80	10^3
G9C3	XLD	<i>E. COLI</i>	Alfalfa	N.S	10^3

Tabla 6. Segunda toma de muestras de *E. coli* (UFC)

Número de	Medio	Bacteria	Dieta	Número de	NÚMEROS
G1C1	XLD	E.Coli	Mixta	159	10^3
G1C2	XLD	E.Coli	Mixta	215	10^3
G1C3	XLD	E.Coli	Mixta	243	10^3
G2C1	XLD	E.Coli	Balanceado	154	10^3
G2C2	XLD	E.Coli	Balanceado	366	10^3
G2C3	XLD	E.Coli	Balanceado	212	10^3
G3C1	XLD	E.Coli	Mixta	427	10^3
G3C2	XLD	E.Coli	Mixta	470	10^3
G4C1	XLD	E.Coli	Balanceado	320	10^3
G4C2	XLD	E.Coli	Balanceado	219	10^3
G4C3	XLD	E.Coli	Balanceado	253	10^3
G5C1	XLD	E.Coli	Alfalfa	234	10^3
G5C2	XLD	E.Coli	Alfalfa	218	10^3
G5C3	XLD	E.Coli	Alfalfa	185	10^3
G6C1	XLD	E.Coli	Balanceado	505	10^3
G6C2	XLD	E.Coli	Balanceado	182	10^3
G6C3	XLD	E.Coli	Balanceado	294	10^3
G7C1	XLD	E.Coli	Alfalfa	271	10^3
G7C2	XLD	E.Coli	Alfalfa	139	10^3
G7C3	XLD	E.Coli	Alfalfa	551	10^3
G8C1	XLD	E.Coli	Alfalfa	173	10^3
G8C2	XLD	E.Coli	Alfalfa	125	10^3
G8C3	XLD	E.Coli	Alfalfa	282	10^3
G9C1	XLD	E.Coli	Mixta	137	10^3
G9C2	XLD	E.Coli	Mixta	93	10^3
G9C3	XLD	E.Coli	Mixta	115	10^3

Tabla 7. Tercera toma de muestras de *E. coli* (UFC)

Número Muestra	De Medio	Bacteria	Dieta	Número Colonia	De Número Disolucion	De
G1C1	XLD	<i>E.Coli</i>	Mixta	130	10^3	
G1C2	XLD	<i>E.Coli</i>	Mixta	721	10^3	
G1C3	XLD	<i>E.Coli</i>	Mixta	594	10^3	
G2C1	XLD	<i>E.Coli</i>	Balanceado	563	10^3	
G2C2	XLD	<i>E.Coli</i>	Balanceado	487	10^3	
G2C3	XLD	<i>E.Coli</i>	Balanceado	495	10^3	
G3C1	XLD	<i>E.Coli</i>	Mixta	527	10^3	
G3C2	XLD	<i>E.Coli</i>	Mixta	470	10^3	
G3C3	XLD	<i>E.Coli</i>	Mixta	276	10^3	
G4C1	XLD	<i>E.Coli</i>	Balanceado	368	10^3	
G4C2	XLD	<i>E.Coli</i>	Balanceado	563	10^3	
G4C3	XLD	<i>E.Coli</i>	Balanceado	253	10^3	
G5C1	XLD	<i>E.Coli</i>	Alfalfa	519	10^3	
G5C2	XLD	<i>E.Coli</i>	Alfalfa	538	10^3	
G5C3	XLD	<i>E.Coli</i>	Alfalfa	542	10^3	
G6C1	XLD	<i>E.Coli</i>	Balanceado	505	10^3	
G6C2	XLD	<i>E.Coli</i>	Balanceado	584	10^3	
G6C3	XLD	<i>E.Coli</i>	Balanceado	294	10^3	
G7C1	XLD	<i>E.Coli</i>	Alfalfa	271	10^3	
G7C2	XLD	<i>E.Coli</i>	Alfalfa	371	10^3	
G7C3	XLD	<i>E.Coli</i>	Alfalfa	551	10^3	
G8C1	XLD	<i>E.Coli</i>	Alfalfa	641	10^3	
G8C2	XLD	<i>E.Coli</i>	Alfalfa	507	10^3	
G8C3	XLD	<i>E.Coli</i>	Alfalfa	593	10^3	
G9C1	XLD	<i>E.Coli</i>	Mixta	217	10^3	
G9C2	XLD	<i>E.Coli</i>	Mixta	584	10^3	
G9C3	XLD	<i>E.Coli</i>	Mixta	497	10^3	

Tabla 8. Prueba de ANOVA *E. Coli*

NÚMERO DE COLONIAS						
	Suma cuadrados	degl	Media cuadrática	F	Sig.	
Entre grupos	231671,185	2	115835,593	9,208	001	
Dentro de grupos	301928,889	24	12580,370			
Total	533600,074	26				

Comparaciones Múltiples E.Coli

(I) Alimentación	(J) Alimentación	Diferencia medias (I-J)	deDesv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%
					Li
	Balanceado	-168,889*	52,874	,010	-300,93
	Alfalfa	-215,667*	52,874	,001	-347,71
Balanceado	Mixta	168,889*	52,874	,010	36,85
	Alfalfa	-46,778	52,874	,655	-178,82
Alfalfa	Mixta	215,667*	52,874	,001	83,63
	Balanceado	46,778	52,874	,655	-85,26

Número de Colonias E coli

HSD Tukey ^a			
Alimentación	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Mixta	9	288,00	
Balanceado	9	456,89	
Alfalfa	9	503,67	
Sig.		1,000	
			,655

En el caso de E. Coli, a diferencia de la Salmonella, se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en la cantidad de colonias de E. coli entre los diferentes tipos de alimentación, en particular, la dieta mixta mostró una menor cantidad de colonias (288 UFC), en comparación con las dietas de balanceado (456.89 UFC) y alfalfa (503.67 UFC), este hallazgo se alinea con el objetivo específico de determinar cómo los niveles proteicos en las dietas afectan la cantidad de unidades formadoras de colonias (UFC) de *E. coli*.

En este contexto, los efectos proteicos específicos de las dietas, como los encontrados en el balanceado, podrían haber influenciado la proliferación de *E. coli* en los cobayos, el análisis de varianza (ANOVA) aplicado al número de colonias de *Escherichia coli* entre los diferentes grupos de alimentación muestra diferencias estadísticamente significativas ($F = 9.208$, $p = 0.001$), según se muestra en la Tabla 8.

Según los resultados la suma de cuadrados entre grupos (231671.185) y dentro de grupos (301928.889), indican la variabilidad total en el número de colonias de *E. coli*,

separando la variación explicada por la dieta (entre grupos) de la variación no explicada (dentro de grupos), el valor de F (9.208), representa la relación entre la variabilidad explicada por la dieta y la variabilidad aleatoria dentro de cada grupo, un valor alto sugiere que la dieta tiene un impacto significativo en la cantidad de colonias de *E. coli*.

También se observa una diferencia significativa (valor $p = 0.001$) entre la dieta mixta y la dieta alfalfa, las colonias bacterianas en la dieta mixta (288,00) son mucho menores en comparación con la dieta alfalfa (503,67), mientras que en la dieta 100% balanceado y la dieta 100% alfalfa no hay una diferencia significativa (valor $p = 0.655$) esto significa que, en términos de proliferación bacteriana, no se observa una diferencia considerable entre las dietas balanceada y alfalfa.

En la Tabla 9 se muestran los resultados de la prueba post hoc de Tukey, donde se comparan las tres dietas en función del número de colonias de *E. coli*, los valores de significación (p) indican si existen diferencias significativas entre las dietas, en el subconjunto 1 se observa que la media de colonias para dietas mixtas es de 288, mientras que para balanceado asciende a 456,89 y para alfalfa 503,67, esto evidencia que, efectivamente, el número de colonias se incrementa significativamente cuando no se usa dieta mixta en la crianza de cobayos, esta diferencia se hace más evidente en el Figura de medias que se expone.

Tabla 9. Primera tabla de muestreo de *Staphylococcus SPP (UFC)*

Número de muestra	deMedio	Bacteria	Dieta	Número colonia	deNúmero de disolucion	de
G1C1	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	98	10 ³	
G1C2	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	220	10 ³	
G1C3	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	164	10 ³	
G2C1	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	117	10 ³	
G2C2	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	127	10 ³	
G2C3	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	104	10 ³	
G3C1	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	124	10 ³	
G3C2	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	N.S	10 ³	
G3C3	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	205	10 ³	
G4C1	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	112	10 ³	
G4C2	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	N.S	10 ³	
G4C3	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	142	10 ³	
G5C1	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	N.S	10 ³	
G5C2	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	182	10 ³	
G5C3	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	208	10 ³	
G6C1	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	167	10 ³	
G6C2	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	140	10 ³	
G6C3	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	97	10 ³	
G7C1	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	264	10 ³	
G7C2	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	85	10 ³	
G7C3	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	N.S	10 ³	
G8C1	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	108	10 ³	
G8C2	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	122	10 ³	
G8C3	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	120	10 ³	
G9C1	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	78	10 ³	
G9C2	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	N.S	10 ³	
G9C3	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	143	10 ³	

Tabla 10. Segunda tabla de muestreo de *Stahpylococcus SPP* (UFC)

Número de muestra	de Medio	Bacteria	Dieta	Número de colonias	Número de disolución	de
G1C1	MA	Stahpylococcus	Mixta	109	10 ³	
G1C2	MA	Stahpylococcus	Mixta	363	10 ³	
G1C3	MA	Stahpylococcus	Mixta	479	10 ³	
G2C1	MA	Stahpylococcus	Balanceado	372	10 ³	
G2C2	MA	Stahpylococcus	Balanceado	159	10 ³	
G2C3	MA	Stahpylococcus	Balanceado	307	10 ³	
G3C1	MA	Stahpylococcus	Mixta	297	10 ³	
G3C2	MA	Stahpylococcus	Mixta	210	10 ³	
G3C3	MA	Stahpylococcus	Mixta	396	10 ³	
G4C1	MA	Stahpylococcus	Balanceado	275	10 ³	
G4C2	MA	Stahpylococcus	Balanceado	180	10 ³	
G4C3	MA	Stahpylococcus	Balanceado	319	10 ³	
G5C1	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	164	10 ³	
G5C2	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	349	10 ³	
G5C3	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	286	10 ³	
G6C1	MA	Stahpylococcus	Balanceado	392	10 ³	
G6C2	MA	Stahpylococcus	Balanceado	281	10 ³	
G6C3	MA	Stahpylococcus	Balanceado	210	10 ³	
G7C1	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	397	10 ³	
G7C2	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	334	10 ³	
G7C3	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	215	10 ³	
G8C1	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	374	10 ³	
G8C2	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	265	10 ³	
G8C3	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	402	10 ³	
G9C1	MA	Stahpylococcus	Mixta	109	10 ³	
G9C2	MA	Stahpylococcus	Mixta	197	10 ³	
G9C3	MA	Stahpylococcus	Mixta	273	10 ³	

Tabla 11. Tercera tabla de muestreo de *Staphylococcus SPP* (UFC)

Número muestra	deMedio	bacteria	Dieta	Número colonias	deNúmero de disolución	de
G1C1	MA	Stahpylococcus	Mixta	128	10 ³	
G1C2	MA	Stahpylococcus	Mixta	420	10 ³	
G1C3	MA	Stahpylococcus	Mixta	519	10 ³	
G2C1	MA	Stahpylococcus	Balanceado	521	10 ³	
G2C2	MA	Stahpylococcus	Balanceado	275	10 ³	
G2C3	MA	Stahpylococcus	Balanceado	489	10 ³	
G3C1	MA	Stahpylococcus	Mixta	572	10 ³	
G3C2	MA	Stahpylococcus	Mixta	519	10 ³	
G3C3	MA	Stahpylococcus	Mixta	482	10 ³	
G4C1	MA	Stahpylococcus	Balanceado	529	10 ³	
G4C2	MA	Stahpylococcus	Balanceado	528	10 ³	
G4C3	MA	Stahpylococcus	Balanceado	513	10 ³	
G5C1	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	515	10 ³	
G5C2	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	531	10 ³	
G5C3	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	312	10 ³	
G6C1	MA	Stahpylococcus	Balanceado	541	10 ³	
G6C2	MA	Stahpylococcus	Balanceado	509	10 ³	
G6C3	MA	Stahpylococcus	Balanceado	247	10 ³	
G7C1	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	496	10 ³	
G7C2	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	528	10 ³	
G7C3	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	562	10 ³	
G8C1	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	497	10 ³	
G8C2	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	491	10 ³	
G8C3	MA	Stahpylococcus	Alfalfa	495	10 ³	
G9C1	MA	Stahpylococcus	Mixta	189	10 ³	
G9C2	MA	Stahpylococcus	Mixta	497	10 ³	
G9C3	MA	Stahpylococcus	Mixta	528	10 ³	

Tabla 12. Prueba de ANOVA para *Staphylococcus SPP*

	Suma cuadrados	degl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	354779,185	2	177389,593	23,490	,000
Dentro de grupos	181241,778	24	7551,741		
Total	536020,963	26			

Tabla 13. Comparaciones múltiples *Staphylococcus SPP*

(I) Alimentación	(J) Alimentación	Diferencia De Medias (I-J)	Desv.	Sig.	Intervalo De Confianza Límite Inferior
Mixta	Balanceado	-226,444*	40,965	,000	-328,75
	Alfalfa	-257,000*	40,965	,000	-359,30
Balanceado	Mixta	226,444*	40,965	,000	124,14
	Alfalfa	-30,556	40,965	,739	-132,86
Alfalfa	Mixta	257,000*	40,965	,000	154,70
	Balanceado	30,556	40,965	,739	-71,75

Tabla 14. Número de colonias *Staphylococcus SPP*

HSD Tukey ^a		
Alimentación	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1 2
Mixta	9	234,89
Balanceado	9	461,33
Alfalfa	9	491,89
Sig.		1,000 ,739

El análisis de ANOVA mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) en la proliferación de *Staphylococcus spp* entre las dietas, con la dieta mixta registrando un menor número de colonias (234,89) en comparación con la balanceada (461,33) y la de alfalfa (491,89), que no mostraron diferencias significativas entre sí ($p = 0,739$).

Gráficamente, la dieta mixta resultó ser la más efectiva para reducir la proliferación bacteriana. En contraste, para *Salmonella spp*, no se encontraron diferencias significativas entre dietas, aunque la tendencia observada fue similar a la de *E. coli* y *Staphylococcus spp*.

DISCUSIÓN

La vulnerabilidad sanitaria de los cobayos es un factor crítico en su producción. Al respecto, Zaldívar (2020) sostiene que la salmonelosis puede representar hasta el 95 % de la mortalidad por causas diversas, destacando una susceptibilidad diferencial según la etapa biológica: los animales en lactancia reportan la mayor morbilidad (52,70 %), seguidos por los adultos (30,65 %) y los de recría (19,83 %). En la presente investigación,

si bien se registró un recuento superior de colonias en el grupo alimentado con alfalfa, dicha variación no alcanzó niveles de significancia estadística, lo que sugiere una estabilidad relativa frente a este patógeno bajo las condiciones evaluadas.

En cuanto a la presencia de *Escherichia coli*, los hallazgos expuestos en la Tabla 7 guardan consistencia con lo planteado por Neetoo et al. (2011), quienes sugieren que una dieta equilibrada es fundamental para promover una microbiota intestinal saludable y restringir la proliferación de patógenos. No obstante, se observó que ciertos componentes del alimento balanceado podrían haber estimulado el crecimiento de esta bacteria, fenómeno que ha sido documentado previamente en estudios sobre la microbiota de roedores.

El análisis estadístico refuerza esta relación; los resultados coinciden con lo reportado por Méndez (2024), dado que el nivel de significancia obtenido ($p = 0.001$) es inferior al umbral crítico ($p < 0.05$). Este valor permite rechazar la hipótesis nula (H_0) y confirmar que el nivel de proteína en el régimen alimenticio influye directamente en la composición microbiológica intestinal, específicamente en la proliferación de *E. coli*.

Para profundizar en estas diferencias, se aplicó la prueba *post hoc* de Tukey (Tabla 10), la cual reveló variaciones significativas a favor de la dieta mixta ($p = 0.010$). La media de colonias bacterianas en el régimen mixto fue considerablemente menor (\$288.00) en comparación con el régimen de balanceado puro (\$456.89). Estos datos guardan una estrecha concordancia con lo sugerido por Benavides (2022), quien sostiene que la dieta mixta ejerce un efecto inhibitor más robusto sobre el crecimiento bacteriano. Esta sinergia entre el forraje fresco y el concentrado parece ofrecer condiciones óptimas para el control de patógenos, potenciando la salud intestinal del ejemplar. Finalmente, la influencia determinante del tipo de dieta sobre la carga bacteriana fue validada por la prueba de Tukey, respaldando así las conclusiones de estudios previos realizados por Chima (2022).

CONCLUSIONES

Dentro de la determinación del efecto de la dieta sobre la microbiota intestinal se logró comprobar que la dieta tiene un impacto sobre la presencia de *E. coli* y

Staphylococcus spp, con la dieta mixta demostrando ser la más eficaz para reducir la proliferación bacteriana.

Mediante los resultados obtenidos en cuanto al efecto de diferentes niveles proteicos de las unidades formadores de colonias de *Salmonella spp*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus spp*. Se evidenciaron valores significativos en cuanto a la proliferación de UFC de *E.coli* y *Staphylococcus spp*, por otra parte no se evidenciaron diferencias significativas en la proliferación especialmente de *Salmonella spp*, lo que sugiere que la dieta no es un factor determinante en la proliferación de este patógeno bajo las condiciones experimentales.

La combinación de diferentes fuentes alimenticias contribuye a un mejor equilibrio microbiano, reduciendo el riesgo de proliferación de patógenos, el consumo exclusivo de alfalfa o equilibrado puede generar condiciones propicias para el crecimiento bacteriano, resaltando la importancia de un régimen alimenticio equilibrado, el balanceado comercial podría favorecer el crecimiento de *E. coli* y *Staphylococcus spp*, mientras que la alfalfa, por su alto contenido de fibra, afecta la microbiota intestinal y permite la proliferación de ciertos patógenos.

Basándonos en los resultados obtenidos en los antibiogramas se pudo identificar que existió resistencia antibiótica en las bacterias investigadas (*Salmonella spp*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus spp*) en este caso el antibiótico utilizado para el antibiograma (Gentamicina) resulto ser eficaz estableciendo un aro de indivisión de 3 cm y demostrando que es el más efectivo para controlar o tratar este tipo de afecciones en los cobayos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cabrera, J. S., & López, L. S. (2021). *Evaluación de parámetros reproductivos de la mosca soldado negro (Hermetia illucens) bajo condiciones controladas en el departamento de Santander* [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional UCC. <http://hdl.handle.net/20.500.12494/34567>

Cantillo, J. (2021). *Potencial de la harina de insectos como ingrediente funcional en la acuicultura: una revisión estratégica* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio UNAL.

- Chima, M. (20 de enero de 2022). El aporte de las TICs en el proceso de enseñanza aprendizaje de las Ciencias Naturales. *FIPCAEC*, 7(1), 186–203. <https://www.fipcaec.com/index.php/fipcaec/article/view/519>
- Hierro, J. P. (2021). *Estudio de la crianza de la mosca soldado negro (Hermetia illucens) y su aplicación como fuente de proteína en la alimentación animal en el sector rural* [Trabajo de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20485>
- Hualpa, J. A. (2021). *Evaluación del contenido nutricional de la harina de larva de mosca soldado negro (Hermetia illucens) producida a partir de residuos orgánicos* [Trabajo de grado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/23654>
- Marshall, S. A. (2018). *Beetles: The natural history and identification of Coleoptera*. Firefly Books.
- Méndez, T. B. (27 de agosto de 2024). Bacterias intestinales del cuy revelan datos claves para su crianza. *Periódico UNAL*, 2–4. <https://periodico.unal.edu.co/articulos/bacterias-intestinales-del-cuy-revelan-datos-claves-para-su-crianza/>
- Mendoza, M. (26 de noviembre de 2021). Ecuador abre la primera productora de mosca 'soldado negro' de América Latina. *Forbes Ecuador*. <https://www.forbes.com.ec/innovacion/ecuador-abre-primera-productora-mosca-soldado-negro-america-latina-n10339>
- Neetoo, H., Pizzolato, T., & Chen, H. (2011). Elimination of Escherichia coli O157:H7 from alfalfa seeds through a combination of high hydrostatic pressure and mild heat. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(7), 1901–1907. <https://doi.org/10.1128/AEM.02531-10>
- Zaldívar, L. (2020). *Producción de cuyes (Cavia porcellus)*. Editorial Macro