



Pontificia Universidad Católica Del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

Evaluación del comportamiento productivo de cobayos en crecimiento alimentados con la microalga *Arthrospira platensis*.

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO AGROPECUARIO

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:

Línea 04: “Gestión sostenible y aprovechamiento de los recursos naturales”

Sub línea 08: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

AUTOR: Edwin Hernán Puente Insuasti

ASESOR: Mgs. Luis Humberto Haro Bedon

IBARRA, octubre de 2019



CERTIFICACIÓN DEL ASESOR DE TESIS

Ibarra, 07 de octubre de 2019

Mgs. Luis Humberto Haro Bedon.

ASESOR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f):
Mgs. Luis Humberto Haro Bedon.

C.C.: 100273938-9



PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f):
Mgs. Luis Humberto Haro Bedon.
C.C.: 100273938-9

(f):
Dr. Vicente Arteaga Cadena
C.C.: 040034764-7

(f):
Mgs. Edmundo Rene Recalde Posso
C.C.: 100177449-4



ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo Edwin Hernán Puente Insuasti, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 07 de octubre de 2019

(f):Edwin Puente.....

Edwin Hernán Puente Insuasti

C.C.: 100408795-1



AUTORÍA

Yo, Edwin Hernán Puente Insuasti, portador de la cédula de ciudadanía N° 100408795-1, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del (los) autor (es), y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

(f): Edwin Puente

Edwin Hernán Puente Insuasti

C.C.: 100408795-1



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo: Edwin Hernán Puente Insuasti, con CC: 100408795-1, autor del trabajo de grado intitulado: Evaluación del comportamiento productivo de cobayos en crecimiento alimentados con la microalga *Arthrospira platensis*, previo a la obtención del título profesional de “Ingeniero Agropecuario”, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA)

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 07 de octubre de 2019

(f): Edwin Puente

Edwin Hernán Puente Insuasti

C.C. 100408795-1



DECLARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ÉTICO DE LA ELABORACIÓN, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJOS DE TITULACIÓN

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación del Proyecto de Titulación: Evaluación del comportamiento productivo de cobayos en crecimiento alimentados con la microalga *Arthrospira platensis*, lo propuesto en el Código de ética de la Investigación y el Aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha de 07 de octubre de 2019.

Para constancia firma:

(f): Edwin Puente

Edwin Hernán Puente Insuasti

C.C. 100408795-1

Carrera: Ingeniería Agropecuaria



DEDICATORIA

El presente proyecto de tesis está dedicado en especial a Dios por todas las bendiciones derramadas a lo largo de mi vida, a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria.

A mis padres Edwin Romeo Puente J. y Edilma Ruby Insuasti Y, por su apoyo incondicional, sus esfuerzos y consejos en las diferentes etapas de este proceso universitario.

A mi hijo Joaquín Alejandro Puente A, gracias por tu cariño por ser mi inspiración, mi fuente de motivación para superar cada día y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

EDWIN HERNAN PUENTE I.



AGRADECIMIENTOS

Al haber culminado esta etapa estudiantil para iniciar mi carrera profesional, quiero expresar mi agradecimiento de manera especial a la Universidad y a los señores docentes que me han otorgado los conocimientos necesarios para llevarlos a la práctica con capacidad y responsabilidad para quienes requieran de mis servicios; al mismo tiempo emitirles un reconocimiento muy particular al Mgs. Luis Huberto Haro Bedon asesor de tesis el mismo que con su capacidad supo guiarme en la consecución de este proyecto, de la misma manera al Dr. Vicente Arteaga Cadena docente de la Pontificia Universidad Católica sede Ibarra de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) por el conocimiento, la experiencia y la sabiduría que él lo tiene me ha sido entregada con plena voluntad brindándome incluso su valiosa amistad.

*De igual forma un reconocimiento al Ing. Romel Arteaga propietario de la “Finca Arteaga” ubicado en el Cantón Urcuqui, parroquia Coñaqui, por haberme permitido realizar el proyecto de investigación “Evaluación del comportamiento productivo de cobayos en crecimiento alimentados con la microalga *Arthrospira platensis*” en las instalaciones de la misma brindándome todas las facilidades y exigencias necesarias para la elaboración del proyecto.*

Finalmente, mi agradecimiento a Dios, a mis padres, y a mi hijo que son el soporte importante para la culminación de esta etapa que es el inicio de una trayectoria profesional.

EDWIN HERNAN PUENTE I.

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II.....	5
OBJETIVOS	5
2.1 Objetivo General:	5
2.2 Objetivos Específicos:.....	5
HIPÓTESIS.....	5
CAPITULO III.....	6
ESTADO DEL ARTE.....	6
3.1 Problemática de la alimentación humana a nivel mundial.....	6
3.2 El cobayo (<i>Cavia porcellus</i>), características y taxonomía.....	7
3.2.1 Fisiología digestiva de los cobayos	9
3.2.2 Requerimientos nutricionales de los cobayos	11
3.2.3 Conversión alimenticia y rendimiento a la canal de los cobayos	15
3.3 Las algas como organismos vegetales.....	16
3.3.1 Algunos tipos de microalgas	17
3.3.2 Composición y utilidad de <i>Arthrospira platensis</i>	18
3.3.3 Aporte e importancia de pigmentos y vitaminas de <i>Arthrospira platensis</i>	22
3.3.4 La <i>Arthrospira platensis</i> , en la alimentación de otras especies animales.....	23
CAPITULO IV	25
MATERIALES Y MÉTODOS	25
4.1 Materiales, equipos e insumos	25
4.2 Metodología	26
4.2.1 Localización del área de estudio.....	26
4.2.1 Encapsulado de <i>Arthrospira platensis</i>	27
4.2.4 Administración de las dosis de <i>Arthrospira platensis</i> en polvo	28
4.2.5 Cálculo de la ganancia de peso.....	29
4.2.6 Determinación de la longitud corporal	30
4.2.7 Cálculo de la conversión alimenticia.....	31

4.2.8 Cálculo del rendimiento a la canal	31
4.3 Diseño experimental y tratamientos del estudio	32
4.3.1 Factores en estudio	32
4.3.2 Análisis estadístico	34
CAPITULO V	35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
CAPITULO VI	53
CONCLUSIONES	53
CAPITULO VII	54
RECOMENDACIONES	54
CAPITULO VIII.....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
ANEXOS.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos nutricionales de los cobayos.....	11
Tabla 2. Peso y rendimiento de la canal en los cobayos.....	15
Tabla 3. Valor comparativo del rendimiento en tres tipos de cobayos.....	16
Tabla 4. Composición bioquímica de la <i>Arthrospira platensis</i>	19
Tabla 5. Materiales empleados en el estudio	25
Tabla 6. Cantidad de animales por tratamientos y réplicas	33
Tabla 7. Distribución de los animales por tratamientos y réplicas	33
Tabla 8. Análisis de varianza	34
Tabla 9. Prueba de normalidad para ganancia de peso de los cobayos	36
Tabla 10. Análisis de varianza para la variable ganancia de peso de los cobayos	37
Tabla 11. Prueba de normalidad Kolmogorov – Smirnov. Conversión alimenticia.....	40
Tabla 12. Análisis de varianza para la variable conversión alimenticia	41
Tabla 13. Prueba de normalidad Kolmogorov – Smirnov. longitud corporal	43
Tabla 14. Análisis de varianza para la variable ganancia longitud corporal de los cobayos	43
Tabla 15. Prueba de normalidad Kolmogorov - Smirnov del rendimiento a la canal	45
Tabla 16. Análisis de varianza para la variable rendimiento	46
Tabla 17. Análisis de los costos fijos y variables	49
Tabla 18. Beneficio obtenido.....	49
Tabla 19. Proceso de socialización	50

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Valor Nutritivo del Cuy. Fuente: Laguna, (2016).	14
<i>Figura 2:</i> Finca Arteaga, parroquia Coñaquí. Fuente: Google Maps.	26
<i>Figura 3:</i> Galpón utilizado en el estudio.	27
<i>Figura 4:</i> Pesaje de dosis de <i>Arthrospira platensis</i> .	27
<i>Figura 5:</i> Selección y pesaje de los animales	28
<i>Figura 6:</i> Cápsulas de celulosa vegetal con <i>Arthrospira platensis</i>	28
<i>Figura 7:</i> Administración de las dosis de <i>Arthrospira platensis</i>	29
<i>Figura 8:</i> Pesaje de los cobayos	30
<i>Figura 9:</i> Medición de la longitud corporal de los cobayos.	30
<i>Figura 10:</i> Jaulas divididas para el manejo de los cobayos en el estudio.	33
<i>Figura 11:</i> Prueba de Tukey al 5 % comparación de medias de la ganancia de peso	38
<i>Figura 12:</i> Prueba de Tukey al 5 % comparación de medias de conversión alimenticia.	41
<i>Figura 13:</i> Prueba de Tukey al 5 % comparación de medias de la longitud corporal.	44
<i>Figura 14:</i> Prueba de Tukey al 5 % comparación de medias del rendimiento de canal.	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Peso de los cobayos destetados a los 15 días	62
Anexo 2: Certificado de Calidad de los frascos de <i>Arthrospira platensis</i>	63
Anexo 3: Pasos para el sacrificio de los cobayos	64
Anexo 4: Desangrado y pelado del cobayo	65
Anexo 5: Desvicerado del cobayo para el rendimiento a la canal	66
Anexo 6: Socialización del proyecto Parroquia de Coñaquí.	67
Anexo 7: Registro de asistencia de la socialización del proyecto Parroquia de Coñaquí. ..	68

RESUMEN

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), ha definido a los cobayos (*Cavia porcellus*) como una fuente de seguridad alimenticia para la población mundial; existen varios estudios a nivel de Latinoamérica y en el Ecuador referidos a sistemas de alimentación de esta especie, en la mayoría de los casos, se ha generado como principal problemática, la desconfianza en el cambio de las innovaciones en la forma de crianza y alimentación; puesto que, ello implica riesgos. Esta investigación inició con el objetivo de evaluar los efectos de la *Arthrospira platensis* en los parámetros productivos de cuyes (*Cavia porcellus*) en fase de crecimiento (15 – 45 días). Se evaluaron tres dosis del suplemento alimenticio *Arthrospira platensis* en polvo (10 mg/kg, 20 mg/kg y 30 mg/kg) y un testigo absoluto. El estudio fue realizado en la provincia de Imbabura, cantón San Miguel de Urcuquí, parroquia Coñaquí, a una altura de 2 229 msnm, donde se utilizaron 60 cobayos machos línea mejorada destetados a los 15 días. Los parámetros analizados fueron: ganancia de peso. (g/animal), conversión alimenticia, longitud corporal (cm), rendimiento a la canal (%) y costos de producción (USD). Con la dosis de 30 mg/kg se obtuvieron los mejores resultados en la ganancia de peso (10,8 g/día/animal), conversión alimenticia (7,2), longitud corporal (20,7 cm) y rendimiento a la canal (76,1%). Además, el estudio fue socializado entre los productores de cobayos, personas interesadas y la comunidad universitaria, quienes mostraron alto interés en esta alternativa de suplementación natural.

Palabras Clave: Alimentación, *Cavia porcellus*, *Arthrospira platensis*, suplemento

ABSTRACT

The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) has defined guinea pigs (*Cavia porcellus*) as a source of food security for the world's population; There are several studies at the level of Latin America and in Ecuador referring to feeding systems of this species, in most cases, distrust in the change of innovations in the form of breeding and feeding has been generated as the main problem; since, this implies risks. This investigation began with the objective of evaluating the effects of *Arthrospira platensis* on the productive parameters of guinea pigs (*Cavia porcellus*) in the growth phase (15 - 45 days). Three doses of the *Arthrospira platensis* powder supplement (10 mg / kg, 20 mg / kg and 30 mg / kg) and an absolute control were evaluated. The study was carried out in the province of Imbabura, San Miguel de Urcuquí canton, Coñaqui parish, at a height of 2 229 meters above sea level, where 60 male guinea pigs improved line weaned at 15 days were used. The parameters analyzed were: weight gain. (g/animal), feed conversion, body length (cm), carcass yield (%) and production costs (USD). With the dose of 30 mg / kg the best results were obtained in weight gain (10,8 g/day/animal), feed conversion (7,2), body length (20,7 cm) and carcass yield (76,1%). In addition, the study was socialized among guinea pig producers, interested persons and the university community, who showed high interest in this natural supplementation alternative.

Key words: Feeding, *Cavia porcellus*, *Arthrospira platensis*, supplement.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes desafíos que enfrenta actualmente la humanidad es alimentar a una población en constante crecimiento. En la última década, se ha revelado los beneficios de la sustitución del consumo indiscriminado de las carnes de especies mayores hacia otras fuentes de proteínas en la dieta humana; para ello, resulta importante diversificar la producción de alimentos y disminuir las presiones sobre el medio ambiente (Froehlich, et al., 2018).

Lo que se produce en la agricultura tiene un alto impacto en los ecosistemas del planeta, especialmente, ha crecido la preocupación en el tema de la alimentación para una población estimada de casi 10 mil millones de personas para el 2050, donde continúan presentes diversas problemáticas tales como: excesivo cultivo y/o pastoreo, pérdida de la diversidad de hábitats y especies, uso no sostenible de agua dulce, gran contaminación y emisiones de gases de efecto invernadero, en definitiva un mayor gasto ambiental (Tilman, 2017).

Esta preocupación de diversificar la producción de alimentos para satisfacer el consumo de la población, conlleva a incrementar los estudios sobre extensión e incorporación de especies para nuestros sistemas alimentarios que ayuden y beneficien el cambio en las dietas de la carne (Froehlich et al., 2018). Además, estos inconvenientes tienen un marcado efecto económico-social por la participación de los interesados en la incorporación y uso de otras alternativas en la producción pecuaria (Herrero et al., 2015).

Una de las especies que no ha sido aprovechada suficientemente en la diversificación de las dietas de carne es la crianza del cobayo (*Cavia porcellus* L), una especie animal Este originaria de los Andes de América del Sur, donde existen alrededor de 35 millones de unidades pertenecientes a esta especie.

Ha sido utilizado como alimento principalmente en el ámbito rural; sin embargo, constituye una excelente alternativa para diversificar la dieta y es considerado por la Organización de

las Naciones Unidas (ONU) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como una fuente de seguridad alimenticia de la población mundial (Bone, et al., 2018)

Este mamífero está presente en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. En estos países su manejo y producción han permitido un aporte de gran valor nutricional a la población. Su aceptación en el mercado, así como sus cualidades proteicas han hecho de esta especie un importante eslabón en la contribución a la seguridad alimentaria; ya que, la carne de cobayos es exquisita y apreciada, de forma especial en zonas rurales donde lo solicitan los propios de la misma y los visitantes foráneos (Yoplac, et al., 2017).

Existen varios estudios a nivel de Latinoamérica y en el Ecuador referidos a sistemas de alimentación de cobayos, en la mayoría de los casos se ha generado desconfianza por el cambio en las innovaciones para la forma de crianza y alimentación; puesto que, ello implica riesgos. Por lo que resulta importante incrementar las investigaciones en esta área y ayudar en mejorar su alimentación con productos de origen natural (Campoverde, et al., 2018).

Una de las problemáticas en la crianza de los cobayos es la alimentación de los mismos, ya que en las zonas rurales se ha realizado fundamentalmente a base de pastos y deshechos de cocina, lo que lógicamente ha conllevado a una menor productividad y rendimiento de los mismos. Además, cuando es utilizado comercialmente se le incluye en su dieta el forraje verde (alfalfa, maíz; entre otros) y algunos concentrados elaborados con diversas materias primas como pueden ser la torta de soya, el maíz amarillo, entre otros; adicionándose minerales y vitaminas. Estas razones se traducen en un encarecimiento de los costos de producción, debido al incremento en los precios de los concentrados en estos últimos años (Meza, et al., 2014).

Otro aspecto que no ha sido valorado para la mejora del sistema de nutrición de los cobayos es la inclusión de microalgas, consideradas como una alternativa interesante para la elaboración de productos naturales de uso alimenticio. Esto ha sido reportado en diversos países asiáticos, siendo las algas un importante recurso natural renovable, ricas en vitaminas, proteínas y minerales. A pesar de las numerosas investigaciones sobre las mismas,

actualmente se carece de suficientes fuentes de información que hagan referencia a su empleo en la alimentación animal de países latinoamericanos (Morales, et al., 2017; Sandoval, 2017).

A pesar de conocerse varios productos que pueden ser utilizados en los programas de nutrición animal, en la actualidad no ha sido empleado el gran potencial que presenta la microalga *Arthrospira platensis* como una opción de suplemento alimenticio en la producción de cobayos (Miégoué, et al., 2019).

La *Arthrospira platensis* es todo un superalimento; ya que posee una amplia variedad de elementos que así lo demuestran, dentro de los cuales se destacan: vitaminas, proteínas, ácidos grasos esenciales, ácidos nucleicos, minerales, clorofila, entre otros; esta microalga verde-azul distinguida por su alto valor nutritivo se promete como un gran potencial en el requerimiento nutricional de los animales (Jung, et al., 2019).

En los sistemas de producción de cobayos, sea familiar, familiar-comercial o comercial, ocasionalmente, se observa un inadecuado manejo de estos animales. Por lo cual resulta significativo incluir aspectos enfocados a facilitar una mejor preparación del personal que está vinculado directamente con los animales, donde se puede optimizar la alimentación, el manejo técnico, el control y prevención de enfermedades, entre otros, así como, incrementar la competitividad, la rentabilidad de la empresa y motivar a los cobayo cultores. De allí la importancia de buscar alternativas para el mejoramiento de los índices productivos en los cobayos.

El estudio ha brindado una exhaustiva revisión bibliográfica permitiendo ampliar la información existente acerca de los usos y beneficios de la *Arthrospira platensis* que también ha estado ganando mayor atención como nutraceutico. Además, se enmarcó la investigación en el cobayo, especie animal donde no existe suficiente literatura científica que avale esta microalga en aspectos productivos de los cobayos de la provincia de Imbabura en el Ecuador.

Por lo antes mencionado los resultados de la presente investigación sería un aporte en la nutrición de cobayos destetados, gracias a los compuestos aminoácidos que la harina de la

microalga contiene, siendo esta una estrategia que hasta la actualidad no ha sido generalizada. Por otra parte, donde los medianos y pequeños criadores de cobayos pueden hallar en este producto una innovación y fortalecimiento productivo.

CAPITULO II

OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

Evaluar los efectos de la *Arthrospira platensis* en los parámetros productivos de cuyes (*Cavia porcellus*) en fase de crecimiento (15 – 45 días), como suplemento alimenticio mediante la administración de tres dosis por vía oral.

2.2 Objetivos Específicos:

- Preparar el suplemento alimenticio en dosis media, alta y baja, que será suministrado a cada uno de los cobayos objeto de este estudio, mediante el uso de cápsulas de gelatina y dosificador oral de las mismas.
- Evaluar el comportamiento productivo de los cobayos en fase de crecimiento mediante indicadores tales como: ganancia de peso, conversión alimenticia, longitud corporal y rendimiento a la canal.
- Determinar los costos de producción implicados en esta alternativa de suplementación para cobayos.
- Difundir los resultados obtenidos en esta investigación a cobayo cultores y personas interesadas en esta alternativa de suplementación natural.

HIPÓTESIS

Hipótesis alternativa (Ha)

- H1= La *Arthrospira platensis*, tiene efectos significativos en indicadores de desarrollo corporal en cobayos en fase de crecimiento (15 – 45 días).

Hipótesis nula (Ho)

- H0= La *Arthrospira platensis*, no tiene ningún efecto significativo en indicadores de desarrollo corporal en cobayos en fase de crecimiento (15 – 45 días).

CAPITULO III

ESTADO DEL ARTE

3.1 Problemática de la alimentación humana a nivel mundial

El problema de la alimentación humana ha seguido en aumento, se calcula alrededor de dos mil millones de personas en el mundo padecen en la actualidad de malnutrición de micronutrientes y casi mil millones poseen deficiencia de calorías, por lo que se hace necesario, proveer una nutrición adecuada es un desafío global cada vez mayor, este análisis queda bien diferenciado según el país donde se pretenda estudiar este contexto (Liu, et al., 2018).

En todo el mundo, más del cincuenta por ciento de la población tiene comida insuficiente y muchos sufren de una dieta deficiente, por el contrario, las enfermedades crónicas relacionadas con dietas ricas en grasas y sobre todo en colesterol ocasionan problemas cardiovasculares y la obesidad que son males que se presentan en los países desarrollados las cuales están en incremento. Son diversos y múltiples los factores que influyen sobre la producción de alimentos, pero una de las consecuencias de esta tendiente disparidad, es el constante crecimiento de la población, donde la producción de los alimentos no alcanza a satisfacer los requerimientos necesarios (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO, 2006).

En países desarrollados se consume abundante alimento ricos en grasa y proteínas, lo que genera un desequilibrio en la mal nutrición de su población, en tanto que los países pobres o en vías de desarrollo la población es reducida a regímenes de alimentación deficientes (desnutrición), aspectos que en ambos casos no son fáciles de mejorar, ni tampoco es posible la aplicación técnicas que puedan ayudar a resolver esta problemática de inmediato (WHO, 2018).

La alimentación posee una gran importancia socioeconómica, para satisfacer las necesidades nutricionales de la población se utilizan recursos económicos, tiempo, energía, entre otros;

producir los alimentos va ligado a la identidad de los pueblos, donde intervienen comunidades y las familias que los consumen teniendo en cuenta su historia, aprovechamiento y el impacto en la población (del Castillo, et al., 2018).

En la actualidad, se observa con preocupación el consumo de alimentos en los llamados países en desarrollo, allí los alimentos que tienen una densidad nutricional mayor son también los más costosos, llegando a convertirse en artículos de lujo, sin embargo, para una gran parte de la población mundial, las dietas se han precarizado estando constituidas mayoritariamente por diversos alimentos con baja densidad nutricional y altamente energéticos, trayendo consigo problemas de salud (Mancilla, et al., 2018).

Desde sus inicios en el régimen alimentario de los humanos, han estado presente los productos de origen animal, dominando una plaza fundamental en la nutrición teniendo en cuenta costumbres y desarrollo de cada país, existiendo una relación de suplementariedad o complementariedad entre el hombre y el animal, muchas veces visto como un mal común, tanto para el bienestar animal como para el bienestar de la alimentación humana (C. A. Vargas, 2018).

Dentro de los diferentes sistemas de producción animal, la crianza de cobayos resalta como una importante especie para las familias campesinas de la serranía ecuatoriana, la calidad de su carne que es una de las más nutritivas, de alto contenido proteico, tiene una gran aceptación entre los compradores y los positivos efectos sobre la salud de los consumidores hacen de los cobayos una alternativa ante la demanda de productos cárnicos, es allí donde las comunidades rurales pueden contribuir en la mejora de la alimentación para la población, siendo además, una actividad económica generadora de ingresos para pequeñas empresas y familias de productores (Briceño, 2016).

3.2 El cobayo (*Cavia porcellus*), características y taxonomía.

El cuy o cobayo es un pequeño mamífero de ciclo reproductivo corto, pertenece al Orden Rodentia, especie doméstica el *Cavia porcellus*, v. *Linnaeus*. el mismo posee una gran facilidad de adaptación diferentes ecosistemas, para su alimentación se pueden emplear

insumos que no competitivos con la nutrición de otros monogástricos, por tanto, su crianza constituye una importante fuente de ingresos para los pobladores rurales, contribuyendo además a la seguridad alimentaria de la población (Campoverde, et al., 2018; Chuncho, 2019).

El cobayo se considera una especie prolífica, muy precoz, también es resistente a enfermedades, donde su fácil manejo demuestra que es una especie dócil, tranquila y adaptable al medio en el cual se desarrolla, estos monogástricos pueden llegar a medir entre 23 y 27 cm de largo, el peso promedio del macho oscila 1 000 - 1 500g y el de la hembra se encuentra entre 800 – 1 300 g (Gualoto, 2018).

El ancestro silvestre del cobayo (*Cavia porcellus*), proviene de América del Sur, esta especie posee algunas características morfológicas muy comunes común con las ratas, sin embargo, recientes investigaciones genéticas han demostrado que estos caviomorfos pudieron evolucionar de forma independiente (Pasquel, 2017), la taxonomía del cobayo es la siguiente:

- Reino: Animalia
- Filo: Chordata
- Clase: Mammalia
- Orden: Rodentia
- Familia: Caviidae
- Subfamilia: Caviinae
- Género: Cavia
- Especie: *Cavia porcellus*

Como se ha manifestado, la producción de los cobayos es un negocio rentable, siempre y cuando se cumplan con las medidas de manejo, especialmente en lo referido a la alimentación teniendo en cuenta el valor nutricional de las materias primas utilizadas al elaborar las dietas, para obtener un buen desarrollo de las crías y un adecuado peso final de los cuyes (Briceño, 2016).

En el Ecuador de la producción total de cobayos, se ha estimado que el 70% se mantiene a cargo de los pequeños y medianos productores, los que han desarrollado esta ocupación desde mucho tiempo atrás, debido a que los cuyes son animales no tan exigentes a cuidados complicados, su crianza y explotación es una actividad tradicional realizada por familias campesinas de las regiones Andinas del país, también se conoce que el 44,6 % de los productores los crían de forma exclusiva para el autoconsumo y un 49,6 % de la producción es destinado a la comercialización, lo que genera ingresos a las familias. (Flores, 2016).

3.2.1 Fisiología digestiva de los cobayos

Los sistemas de alimentación para cobayos pueden ser de diferentes tipos, estos se adaptan en dependencia de la disponibilidad de los insumos, los precios de los productos utilizados para conformar las dietas son variados y dependen de cada lugar y momento, dentro de los principales sistemas se encuentran: alimentación a base de forraje, sistema mixto (forraje verde más balanceado) y el sistema integral basada en la alimentación con balanceado al que se le incluye fibra y vitamina C (Mamani, 2016).

Los cobayos son especies herbívoras monogástrica, los que presentan dos tipos de digestión: una enzimática, ocurre a nivel del estómago e intestino delgado y otra microbiana, está nivel del ciego, factores que apoyan en la versatilidad a los sistemas de alimentación, para ello es rápido el desplazamiento de la ingesta a través del estómago y el intestino delgado, lo que no demora más de dos horas en llegar la ingesta al ciego, en este último el paso se hace más lento y puede durar alrededor de 48 horas (Urdiales, 2017).

Meza, et al., (2014), aluden que en la fisiología digestiva se estudian mecanismos encargados de transferir los nutrientes inorgánicos y orgánicos hacia el medio interno, que luego son conducidos a través del sistema circulatorio a cada células del organismo, es un proceso muy complejo y comprende: la ingestión, digestión, absorción de nutrientes y el desplazamiento de los mismos por el tracto digestivo (Meza, et al., 2014).

El ácido clorhídrico es secretado en el estómago, su función es disolver los alimentos y convertirlos en una solución denominada quimo, este ácido destruye las bacterias ingeridas

con el alimento así también cumple con la función de protección del organismo y además van a favorecer la digestión de los productos que ingieren; existen otros nutrientes que se absorben en el intestino delgado, incluyendo ácidos grasos de cadenas largas y en cuanto a los alimentos no digeridos, el agua no absorbida y todas las secreciones del final del intestino delgado van al intestino grueso, en el cual no existe digestión enzimática; el ciego de los cobayos constituye cerca del 15% del peso total en él se realiza la digestión microbiana (Lucero, et al., 2017).

Primeramente cabe señalar que en el estómago no hay absorción, proceso que ocurre a nivel de intestino, resulta interesante conocer que en la degradación de algunos carbohidratos y proteínas estos, no llegan al estado de glucosa y aminoácidos, tampoco las grasas sufren modificaciones sustanciales, su explicación se advierte en la secreción del pepsinógeno, que al ser activado por el ácido clorhídrico pasa a pepsina y va a degradar las diversas proteínas convirtiéndolas en polipéptidos, asimismo actúan las amilasas que degradan a los carbohidratos y lipasas que actuarán sobre las grasas; también en el proceso digestivo se segrega la gastrina lo que va a participar en la regulación de la motilidad (Sandoval, 2013).

Como se ha señalado con anterioridad el intestino delgado acontece una gran parte de la digestión y la absorción de los nutrientes, esencialmente en su primera sección nombrada duodeno; por la propia acción de las enzimas derivadas del páncreas y las sales biliares del hígado llegadas con la bilis, el quimo es transformado en quilo y las moléculas de proteínas, carbohidratos y grasas ya convertidas en aminoácidos, monosacáridos y ácidos grasos son aptas para cruzar las células epiteliales del intestino y penetrar al torrente sanguíneo y además a los vasos linfáticos (Sandoval, 2013).

Los cobayos se comportan como animales cecótrofos ejecutan la ingestión de las heces blandas, lo que es utilizado como un mecanismo de compensación biológica, en ellos las bacterias que se encuentran en el colon proximal son trasladadas al ciego a través de movimientos antiperistálticos para su posterior fermentación y formación del cecótrofos, que es reingerido, esta ingestión de los cecótrofos les consiente un mayor aprovechamiento de la proteína comprendida en la célula de las bacterias del ciego, también reutilizar el nitrógeno proteico y no digeridos en el intestino delgado, estos animales van a producir

dos tipos de excretas, la que es rica en nitrógeno (que finalmente es reutilizado y de allí su comportamiento “cecótrofos”) y la otra, que elimina como heces. (Olivas, 2016).

3.2.2 Requerimientos nutricionales de los cobayos

El requerimiento nutricional de esta especie es un factor que depende de la edad, su estado fisiológico (Tabla 1), así como el genotipo y el ambiente donde se va a desarrollar la crianza; los cobayos necesitan forrajes ricos en proteínas como las leguminosas, por su parte las gramíneas les aportan energía, estas no poseen altos contenidos de proteína, si estos organismos reciben cantidades suficientes de pastos, no se necesitará proporcionarles minerales, al ingerir forraje fresco se le asegura al animal cantidad suficiente de vitamina C, que influye en su crecimiento (Vivas, et al., 2013).

Tabla 1.

Requerimientos nutricionales de los cobayos

Requerimientos	Unidad	Etapas		
		Gestación	Lactancia	Crecimiento
Proteína	%	18	18-22	13-17
Energía digestible	Kcal/kg	2 800	3 000	280
Fibra	%	8-17	8-17	10
Calcio	%	1,4	1,4	0,8-1,0
Fosforo	%	0,8	0,8	0,4-1,0
Magnesio	%	0,1-0,3	0,1-0,3	0,1-0,3
Potasio	%	0,5-1,4	0,5-1,4	0,5-1,4
Vitamina C	Mg	200	200	200

Fuente: Vivas, et al., (2013).

Dentro de los principales componentes del cuerpo está el agua la que es indispensable para un crecimiento y su normal desarrollo, el suministro de agua convendrá hacerse durante la mañana y al final de la tarde, los cobayos consumen alrededor de 120cm³ de agua por cada 40g de materia seca de alimento (Quiroz, et al., 2017).

Con raciones de 20% de contenido proteico los cobayos responden bien para su requerimiento nutricional, con 14 y 17% de proteína en las raciones, se han logrado buenos incrementos de peso, por tanto se plantea que su eficiencia se incrementa cuando la proteína es derivada de alimentos energéticos, ya que si la misma proviene de los alimentos fibrosos disminuye la eficiencia, debido a su fisiología digestiva a que poseen una digestión enzimática y luego otra microbiana, primero en el estómago, luego en el ciego y colon (Sandoval, 2013).

El suministro de proteínas les sirve en la formación de los músculos del cuy, un fallo en su dosificación provocará un menor peso al nacimiento, insuficiente crecimiento, baja fertilidad, una merma en la producción de leche, entre otros; los carbohidratos y las grasas suministran la energía para que realicen sus actividades, crezcan y se reproduzcan; la fibra favorece y ayuda en la digestión, así como, mantiene el equilibrio de las bacterias benéficas del sistema digestivo; las vitaminas les brindan vitalidad y los minerales son componentes del alimento que intervienen en funciones del organismo, como pueden ser el fósforo (huesos), el calcio (leche), el hierro (hemoglobina), entre otros (Briceño, 2016).

El propio Sandoval (2013), expresa que el contenido de energía digestible va a provocar una afectación en el consumo de alimento y puede sufrir variaciones en dependencia de la actividad realizada por el animal, su edad y estado fisiológico, siendo influenciado también por factores ambientales, no obstante, tomando experiencias de otras investigaciones, sugiere el suministro de 3 000 kcal/Kg de dieta, definiendo valores constantes de proteína, elaborando raciones con un 18% de proteína total y de 2 600 a 3 000 kcal de energía metabolizable/kg de alimento (Sandoval, 2013).

Con el forraje que consume el cobayo se asegurará la ingesta de fibra, aspecto que contribuye a cubrir una buena parte los requerimientos de varios nutrientes, lo que puede ser completado con el alimento concentrado, una buena e integral alimentación les satisface los requerimiento de energía, proteína, minerales y vitaminas, por ello la importancia del consumo de fibra sobre todo con la calidad necesaria (Ramos, 2017).

Una buena parte de la fibra puede llegar a través de las leguminosas (como la alfalfa) que consumen, gracias a la calidad nutritiva son consideradas un excelente alimento, se debe aclarar que la capacidad de ingesta que posee el cobayo no permite satisfacer todos sus requerimientos nutritivos solamente con el consumo de leguminosas, por lo que es conveniente realizar combinaciones de especies gramíneas y leguminosas, también producto el menor valor nutritivo que poseen las gramíneas (Olivas, 2016).

Para cobayos en estado de crecimiento y engorde alimentados con raciones entre 14 - 17% por ciento, se pudieron lograr excelente incremento del peso al utilizar pastos como la alfalfa, Rye grass, tréboles, entre otros, en el estudio se mostraron a los tres meses de edad, pesos superiores a los 800 g (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO, 2019).

Por lo tanto los porcentajes de fibra de concentrados empleados en la nutrición de los cobayos será entre 5 al 18%, estos animales tienen una mayor eficiencia en la digestión del extracto libre de nitrógeno de alfalfa que los conejos (quienes sólo llegan a un 16.2% de coeficiente de digestibilidad), son capaces de digerir la fibra cruda y la materia orgánica y muy eficientemente con un valor de 38%, la inclusión de fibra en la dieta retarda el pasaje del contenido alimenticio, lo que ayuda a favorecer la digestibilidad de otros nutrientes (Campoverde, et al., 2018).

Por su parte el consumo de carbohidratos les suministra la energía necesaria para que el organismo crezca y se reproduzca, como principales fuente de energía, el aporte de carbohidratos llega producto el empleo granos como trigo, frijol, sorgo, maíz, así como algunos subproductos (pulidura de arroz, afrechos); también son indispensables los minerales, estos contribuyen en la formación de los músculos, huesos, nervios y los dientes, los minerales pueden ser suministrados en el propio pasto que consumen, sin embargo, el contenido de minerales del suelo va a influir sobre la presencia y cantidad de éstos en los pastos; de acuerdo con sus propias necesidades los cobayos son capaces de regular la sal mineralizada que tienen disposición (Vivas, et al., 2013; Calderón, 2019).

Con el consumo de vitaminas se activan las funciones vitales del cuerpo, estas van a ayudar al rápido crecimiento del animal, mejorando su reproducción y brindándoles protección contra las enfermedades, se considera que la vitamina C es la más importante que deberá consumir el cobayo, su insuficiencia producirá problemas en el crecimiento y puede llegar en algunos casos a causarles la muerte; un forraje fresco asegura una buena cantidad de vitamina C. (López, 2016).

Al utilizar concentrados se logra incrementar el peso de los animales, teniendo camadas numerosas, de mejor calidad y de buen peso, en eso radica la importancia del uso de concentrados en la alimentación de cobayos, donde el sistema de alimentación mixta facilita un mejor uso de los balanceados y suscita un mayor rendimiento productivo de los cuyes entretanto, el uso de forraje constituirá la principal fuente de vitaminas y la adecuada ingestión de vitamina C (Mamani, 2016).

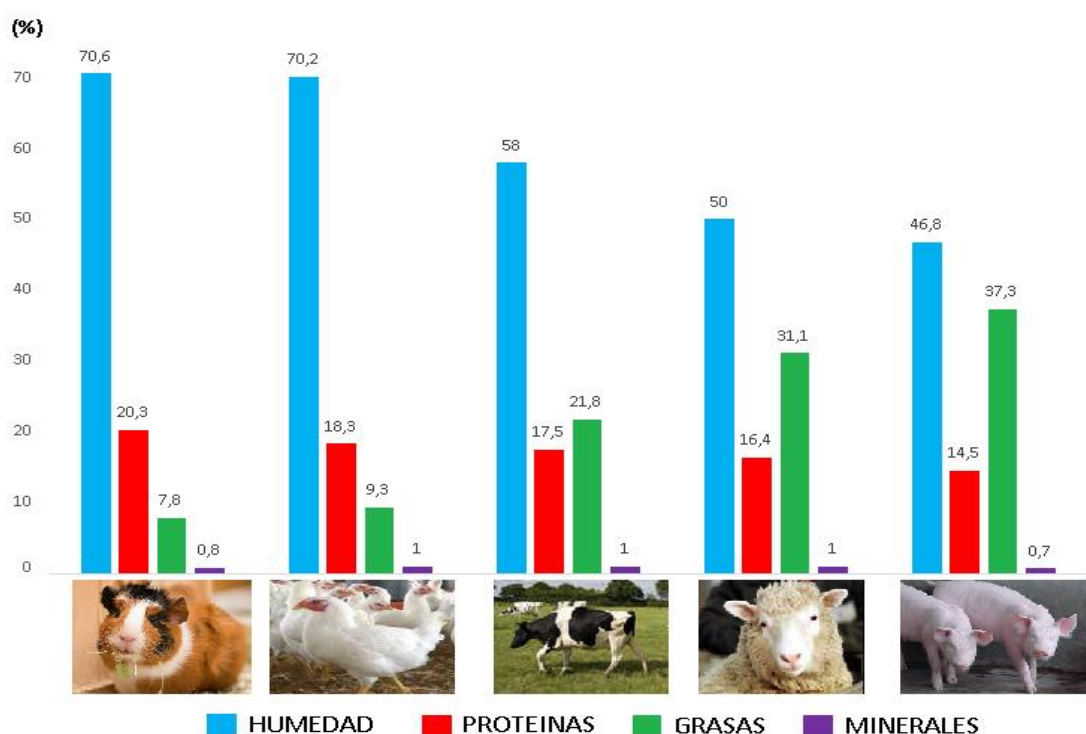


Figura 1: Valor Nutritivo del Cuy. Fuente: Laguna, (2016).

La carne de los cobayos es empleada y recomendada como una rica fuente de proteína para la alimentación, esta constituye un producto de alta calidad, excelente valor, elevado

contenido de proteína y posee un bajo contenido de grasa si se compara con otras carnes, donde el cuy aporta aminoácidos esenciales para el organismo, razones que hacen considerarla en tratamientos de dietas cuando las personas tienen problemas de colesterol y otras enfermedades como se aprecia en la Figura 1. (Mamani, 2016).

3.2.3 Conversión alimenticia y rendimiento a la canal de los cobayos

En los cobayos la canal también incluye la cabeza, las extremidades y los riñones, sus cortes principales son: brazuelo, costilla y pierna, los que se tendrán en cuenta para ser comercializados, escogiendo animales que no presenten golpes y/o afecciones que disminuyan la calidad de la canal, es importante sean uniformes los parámetros peso, tamaño y la edad (Ramos, 2017).

Básicamente el rendimiento de la canal queda determinado por la línea que se manejen, donde la alimentación y su potencial genético pueden modificar los valores esperados, como promedio el rendimiento de la canal puede oscilar entre el 51 - 70 %, los valores más bajos se corresponderán con los animales alimentados solamente con forraje y el segundo valor incluye aquellos que han recibido una dieta balanceada conteniendo suplementos concentrados, los cobayos mejorados genéticamente superan en rendimiento a los mestizos y criollos como se muestra en la Tabla 2 (Vivas, et al., 2013).

Tabla 2.

Peso y rendimiento de la canal en los cobayos

Cobayos	Peso (g)		Rendimiento canal (%)
	Hembra adulta	Macho adulto	
Mejorados genéticamente	1 600	2 000	70
Mestizos	1 000	1 300	60
Criollos	650	800	51

Fuente: Vivas, et al., (2013).

Dentro de los principales atributos de calidad de carne de los cobayos, se han estudiado el contenido de proteína, grasas y los ácidos grasos esenciales, en ello influye, el tipo de

alimentos que reciben, ya que al mejorar el sistema de alimentación se incrementa el valor nutritivo para el consumo humano (Genaro, et al., 2016; Zeas, 2016).

También en la conversión alimenticia va a influir la edad, la alimentación y la raza (tabla 3), aspectos que pueden afectar el rendimiento de la carcasa, si se alimentan los animales solo con forrajes reportan va a disminuir su rendimiento. (Care, 2010; Higaonna, 2015; Bone, et al., 2018).

Tabla 3.

Valor comparativo del rendimiento en tres tipos de cobayos

Cobayos	Peso de sacrificio (g)	Rendimiento s/v (%)	Rendimiento c/v (%)	Peso de carcasa c/v (g)
Mejorados genéticamente	1120	67.5	70.8	794.0
Criollos	730.6	62.4	69.5	507.7

Nota. s/v = Sin vísceras; c/v = Con vísceras.

Fuente: Higaonna (2015).

3.3 Las algas como organismos vegetales

La terminología de “alga” es aplicada a los organismos vegetales, ya sean marino o de agua dulce, los cuales no desarrollan flores como lo realizan las plantas vasculares acuáticas y/o terrestres, en general las algas a partir del dióxido de carbono, son capaces de elaborar sustancias orgánicas (Valdés, et al., 2008).

Las sustancias nutritivas y las sales pueden penetrar a su cuerpo por cualquier punto; una notable diferencia entre las algas y las plantas vasculares terrestres, es que las primeras no poseen tejidos de sostén, ni de conducción, estando erguidas producto a que la gravedad no actúa sobre ellas al estar en el medio acuático (Dreckmann, et al., 2013).

Las algas son organismos eucariotas unicelulares o multicelulares, fotosintéticos, que se encuentran principalmente en ambientes acuáticos y humedales; existe una fuerte tendencia en el uso de microorganismos fotosintéticos a escala global, donde se incluyen las macro y microalgas (Kumari, et al., 2018).

Las presiones ambientales, económicas y políticas han impulsado el interés hacia la búsqueda de materias primas sostenibles, actualmente, las algas están siendo consideradas cada vez más como un recurso alternativo para la producción sostenible de alimentos, biocombustibles, productos bioquímicos (Sudhakar, et al., 2018).

Estos microorganismos como productores primarios, aprovechan la energía de la luz solar y la convierten en energía química para su posterior uso en la biosíntesis de compuestos orgánicos, ejemplo los azúcares o carbohidratos; diversas especies de algas contienen un pigmento de color verde reconocido como clorofila, siendo un componente imperativo en el proceso de fotosíntesis (Kumari, et al., 2018).

Las algas y las cianobacterias contribuyen de diversas maneras a la dinámica ecológica representando un recurso trófico de mejor calidad que muchos materiales vegetales, por lo tanto, son relevantes para la cadena alimentaria animal (Ramos, 2019).

3.3.1 Algunos tipos de microalgas

Las microalgas desde la antigüedad, han sido utilizadas por los seres humanos en la agricultura, medicina y la alimentación, su biodiversidad a nivel mundial es pobremente conocida (17%), sin averiguar las propiedades que presentan cada cepa, así como, el papel que desempeñan en el funcionamiento global de los ecosistemas (Guamán, 2016).

La *Spirulina* y la *Chlorella* son dos géneros entre las microalgas más conocidas; *Spirulina* es una cianobacteria filamentosa, multicelular, y la *Chlorella* es unicelular ambas poseen compuestos bioactivos como: pigmentos, vitaminas, proteínas, esteroides, ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga entre otros, los que hacen sean muy interesantes estas microalgas como beneficiosas para alimentación y la salud (Andrade, 2018).

Es importante destacar que la especie conocida como espirulina realmente pertenece al género *Arthrospira* y no al de *Spirulina* como nombran erradamente, por ello, las especies que se utilizan en el sector nutracéutico son *Arthrospira platensis* y *Arthrospira maxima*, se

aclara que no es comestible ninguna especie perteneciente al género *Spirulina* (Gómez, 2015).

En los últimos años, la *Arthrospira platensis* ha atraído cada vez más atención de investigadores y desarrolladores de productos, al ser una fuente potencial de compuestos para la industria farmacéutica y la alimentaria, diversos estudios demuestran los beneficios para la salud, donde se incluyen su actividad antioxidante, antiinflamatorios, inmunomoduladores, anticancerígenos y actividades antibacterianas, además de los positivos efectos contra la desnutrición, hiperlipidemia, diabetes y la obesidad entre otros (Wu, et al., 2016).

Es concebible el uso de *Arthrospira platensis* como una de las algas verdes azules, por su alto valor proteico (55-65%) en base a materia seca, representando un ingrediente potencial para la alimentación animal, que además tiene todos los aminoácidos esenciales, vitaminas, ácidos grasos, fitoquímicos y Minerales (Mahmoud, et al., 2016).

3.3.2 Composición y utilidad de *Arthrospira platensis*.

La *Arthrospira platensis*, es un alga unicelular, pertenece al grupo de las cianobacterias con forma de espiral que mide unas 500 micras, de color verde/azul, y su color se debe a la presencia de ficocianina y de clorofila, se le considera un vegetal carente de celulosa; sus propiedades alimentarias se conocen desde la época precolombina y actualmente constituyen una alternativa en la alimentación humana y animal, donde se ha planteado que pueden satisfacer sus requerimientos nutricionales, aun cuando presenta un bajo aporte en energía (Viton, et al., 2016).

Esta cianobacteria filamentosa descrita dentro del género *Arthrospira* y se ha venido utilizando en la industria las especies *Arthrospira platensis* y *Arthrospira máxima*, organismos encontrados en depósitos fósiles de cerca de 3000 millones de años, lo que los sitúa dentro de los más antiguos, que son las algas verde-azules con capacidad fotosintética, las que asimilan el nitrógeno atmosférico, contienen además, sustancias de alto valor

biológico como: proteínas, antioxidantes, ácidos grasos poliinsaturados, vitaminas y minerales (Izquierdo, 2015).

Al analizar la composición bioquímica de la *Arthrospira platensis* (Tabla 4), autores como Patiño (2010) y Chacón (2015), plantean que es un excelente complemento nutricional, por su alta concentración en proteínas (60-70%) en base a su peso en seco, el número y cantidad de los aminoácidos esenciales que contiene esta alga y la facilidad para digerir y absorber las proteínas por el cuerpo, hacen de la misma una alternativa en la nutrición, donde se debe tener en cuenta que los alimentos proteínicos que poseen mayor calidad son los que proveen la mayor cantidad de aminoácidos esenciales y en las proporciones necesarias para el organismo, además, citan estos autores que el alga posee una digestibilidad del 85 al 95%, al no contener celulosa en sus paredes celulares, facilitando la digestión y asimilación (Chacón, 2015).

Tabla 4.

Composición bioquímica de la Arthrospira platensis

COMPUESTO	CONTENIDO	COMPUESTO	CONTENIDO
	(%)		(%)
PROTEÍNAS	50-70	PIGMENTOS	6
Leucina	5,9-6,5	Clorofila a	0,8-1,5
Valina	7,5	Carotenoides	0,648
Isoleucina	6,8	β -Caroteno	15
Lisina	2,6-3,3	Equinenona	11-13
Fenilalanina	2,6-3,3	b-criptoxantina	6-8
Metionina	1,3-2,0	3'-hidroxiequinenona	7-11
Triptófano	1,0-1,6	Zeaxantina	25
Tirosina	2,6-3,3	Diatoxantina	5
Ácido glutámico	7,3-9,5	Cantaxantina	5
Ácido aspártico	5,2-6,0	Mixoxantófila	13-17
Cisteína	0,5-0,7	Ocillaxantina	3-5

Continuación Tabla 4.

VITAMINAS		Ficocianina	16-20
Provitamina A	0,11-0,2	No identificados	3-4
Tiamina B1	3-4 mg	CARBOHIDRATOS	15-20
Riboflavina B2	2,5-3,5 mg	Glicerol	7,4
Niacina B3	0,014	Glucosa	7,5
Vitamina B6	0,5-0,7 mg	Ramnosa	17,1
Cobalamina B12	0,15-0,25 mg	Fucosa	3,3
Vitamina E	5-7 mg	Ribosa	8,1
Vitamina K	2,2 mg	Xilosa	4,5
Ácido fólico	4-5 mg	Manosa	1,9
Ácido pantoténico	0,5-0,8 mg	Galactosa	8,2
Biotina	5 µg	D-glucosamina	2,12
ÁCIDOS GRASOS	3-6,5	No identificados	2,6
A. mirístico	0,23	MINERALES	7
A. palmítico	44,6-54,1	Potasio	1-14
A. palmitoléico	1,26	Sodio	0,45-0,5
A. γ-linoléico	8-32	Fósforo	0,3-0,7
A. linoléico	11-31	Calcio	0,1-0,4
A. oléico	1-15,5	Magnesio	0,1-0,2
otros	20,88	Hierro	0,03-0,05
		Manganeso	0,005
		Zinc	0,003
		Cobre	0,0012
		Cromo	0,28 mg

Fuente: Patiño, (2010).

Como uno de los aditivos alimentarios de presente brillante en la alimentación, las algas verdes azules o las cianobacterias pueden ser utilizadas como parte de las dietas de especies animales de corral, aspecto que contribuye a reducir la limitación de alimentos balanceados costosos (Mahmoud, et al., 2016).

Para Wu, et al., (2016), La *Arthrospira platensis* es considerada como un alimento mágico, sus componentes bioquímicos incluyen proteínas, carbohidratos (15–25%), ácidos grasos esenciales, vitaminas (B1, B2, B3, B6, B9, B12, C, D y E), minerales (potasio, hierro, calcio, zinc, magnesio, cromo, manganeso y selenio) y pigmentos fotosintéticos como la xantofila, el beta caroteno, la clorofila. A, y ficocianina. (Wu, et al., 2016).

Esta microalga, gracias a su alta variedad de proteínas y vitaminas, consigue ser utilizada como un suplemento alimenticio nutracéutico, señalando otros beneficios potenciales para la salud, se puede emplear ante problemas de la inmunidad disfuncional causante de numerosas enfermedades, por lo tanto, las actividades antioxidantes y antiinflamatorias de estas microalgas pueden tener un papel importante en la salud (Wu, et al., 2016).

Los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga producidos por esta microalga pueden ser utilizadas como alimento o suplementos, ya que estas sintetizan el omega-6.familia ($\omega 6$), que incluye ácido γ -linoléico y araquidónico ácido, y la familia omega-3 ($\omega 3$), que incluye al ácido eicosapentaenoico y el ácido docosahexaenoico (Golmakani, Rezaei, Mazidi, & Razavi, 2012). Dentro de los compuestos fenólicos más importantes que sintetizan se encuentran antioxidantes naturales, los que pueden ser utilizados como suplementos dietéticos. Incluyendo el ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido p-cumárico, los que pueden ser extraídos con tecnología suscritica del agua (Cabrita, et al., 2010).

Otro de los componentes de esta microalgas de interés nutracéutico es la presencia de esteroides (incluyendo fitosterol, brassicasterol, ergosterol, poriferasterol y clionasterol), quienes juegan un papel fundamental en fisiología de las microalgas, pudiendo ser empleados en dietas saludables, especialmente aquellas que buscan reducir enfermedades cardiovasculares (Luo, et al., 2015).

Como se ha planteado anteriormente las microalgas poseen proteínas, aminoácidos, péptidos, entre otros, estos contenidos de proteínas (más del 50% en peso seco), pueden ser utilizados como una fuente esencial de aminoácidos, incluyendo lisina, leucina, isoleucina, triptófano y la valina (Mišurcová, et al., 2014).

3.3.3 Aporte e importancia de pigmentos y vitaminas de *Arthrospira platensis*

Al contener también pigmentos carotenoides como fucoxantina, luteína, zeaxantina y β -caroteno estos pigmentos realizan un aporte de poderosos antioxidantes, los cuales son capaces de desactivar los radicales ricos en peróxidos y fijar el oxígeno, aspectos que contribuyen con la mejor salud de los animales; se ha observado que en vacas lecheras se reduce el recuento de células somáticas con la inclusión de algas donde se la actividad inmunológica y los parámetros reproductivos, además, la inclusión en los pienso para aves mejora la coloración de los huevos.

Respecto a las proteínas Vargas (2011), plantea que al consumir la isoleucina y la leucina intervienen en la formación y reparación del tejido muscular. Por su parte la lisina se asocia con varios aminoácidos más, al ser uno de los aminoácidos más importantes e influye en diversas funciones como, la síntesis de hormonas, el crecimiento, la reparación de tejidos, aporte de anticuerpos al sistema inmunológico (Vargas, 2011).

El anterior autor señala que la metionina posee una gran colaboración en la síntesis de proteínas siendo el aminoácido limitante que determina el porcentaje de alimento que va a utilizarse a nivel celular. En el caso de la fenilalanina tiene importancia para la producción del colágeno, que forma parte de la estructura de la piel y el tejido conectivo y el triptófano está comprometido con el crecimiento y la producción hormonal, interviniendo además en la síntesis de la neurohormona “serotonina” quien se involucra en la relajación y el sueño. Otra proteína de crucial importancia es la treonina quien junto a la L-Metionina y el ácido Aspártico apoyan las múltiples funciones del hígado (Vargas, 2011).

Además, las microalgas de *Arthrospira platensis*, producen vitamina A (betacaroteno), vitamina C, vitamina E, tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3), ácido pantoténico (B5), piridoxina (B6), ácido fólico (B9) y cobalamina (B12), fundamentales para mantener la salud (Jeske, 2011).

Dentro de los nutrientes inorgánicos de mayor excelencia en la *Arthrospira platensis*, se encuentran el hierro, el calcio y el fósforo; con el consumo de esta alga se pueden ayudar a

disminuir la deficiencia de hierro, enfermedad manifestada clínicamente como anemia microcítica e hipocrómica, donde la hemoglobina no está presente en la cantidad suficiente. Los polisacáridos producidos por microalgas suelen ser muy complejos, Chaiklahan, et al., (2013), han aislado immulina e immurella de *Arthrospira platensis*, para ellos, la complejidad estructural de estos polisacáridos puede tener cierta actividad biológica contra el cáncer, valiendo ser explorado por compañías farmacéuticas (Chaiklahan, et al., 2013).

3.3.4 La *Arthrospira platensis*, en la alimentación de otras especies animales

Cerón (2013), incorporó la *Arthrospira platensis* en dietas para conejos, observando una reducción en los niveles de colesterol en la sangre de los animales, así mismo incrementó el colesterol lipoproteínico y en conejos adultos encontró un incremento la digestibilidad de la proteína cruda, lo que favoreció el enriquecimiento de sus carnes con ácidos grasos poliinsaturados aportados por el consumo del alga (Cerón, 2013).

Con objetivo evaluar los efectos antioxidantes y antiinflamatorios de *Arthrospira platensis* en ratas diabéticas, Nasirian y colaboradores (2018), encontraron que al incluir suplementos del alga en dosis de 20 y 30 mg / kg de peso corporal, aumentaron las concentraciones plasmáticas de minerales traza y enzimas antioxidantes que posteriormente redujeron la concentración de glucosa, el perfil de lípidos, y mostraron respuestas antiinflamatorias en los animales del estudio (Nasirian, et al., 2018).

El uso de algas como alimento para producción animal tradicionalmente se viene realizado en Asia y África, para aves, bovinos y porcinos, particularmente en China se ha utilizado en un promedio de 0,1-0,3 kg fresca/día para pavos y pollo, también existen reportes en Colombia, donde alimentan cerdos sustituyendo hasta 15 y 30% del suplemento proteico en la dieta, durante las etapas de engorde (Izquierdo, 2015).

Aziz, et al., (2018), desarrollaron un estudio para evaluar el posible papel protector de la alga *Arthrospira* contra la nefrotoxicidad y el estrés oxidativo en ratas, recibiendo (1 g/kg) durante 15 días antes de la irradiación, demostrando un positivo efecto en aquellos animales que recibieron la dosis (Aziz, et al., 2018).

En estudios realizados por Sultana, Hasan, Ahmed y Naser (2012), citados por Villagrán (2018), encontraron un incremento en la calidad nutricional de la carne de las tilapias alimentadas con dietas combinadas con *Arthrospira platensis* y pasadas las 4 semanas observaron un crecimiento significativo del peso y la longitud de los peces (Villagrán, 2018).

El autor Gil (2016), hace referencia a un artículo de Mariey y colaboradores (2012), quienes determinaron el efecto del alga *Arthrospira platensis* en dos líneas de gallinas, observándose diferencias significativas en cuanto a los porcentaje de conversión alimenticia, producción, masa diaria de huevo, a favor de las gallinas que se alimentaron con esta alga (Gil, 2016).

Un importante aspecto a destacar del uso de las microalgas como fuente de nutrientes, sin dudas será, que pueden consumirse sin que incorporen un riesgos a la salud de estas especies, las mismas han sido catalogadas como microorganismos seguros (“GRAS” por sus siglas en inglés), donde su producción y uso básicamente no posee efectos negativos hacia el ambiente, añadiendo que su consumo no presenta barreras religiosas o culturales de ningún tipo (Escalante, 2017).

CAPITULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales, equipos e insumos

4.1.1 Materiales

Tabla 5.

Materiales empleados en el estudio

Materiales empleados	Materiales de laboratorio
• Libreta de Campo • Rótulos de Identificación • Jaulas metálicas • Regla • Pie de rey • Guantes de manejo • Mandil • Mascarilla • Introductor de tabletas • Gavetas	• Espátula • Papel filtro • Cápsulas de celulosa (ochocientas treinta) • Calculadora

4.1.2 Equipos

Equipos empleados en el estudio.

- Balanza analítica
- Balanza digital
- Báscula Industrial

4.1.3 Insumos

Insumos empleados en el estudio.

- *Arthrospira platensis* en polvo.
- 60 cobayos machos línea mejorada destetados a los 15 días.

4.2 Metodología

4.2.1 Localización del área de estudio

La investigación se realizó en la provincia de Imbabura, cantón San Miguel de Urcuquí, parroquia Coñaquí, a una altura de 2229 msnm, el promedio de precipitación anual oscila entre 700 – 800 mm y la temperatura promedio es de 17 -18 °C.



Figura 2: Finca Arteaga, parroquia Coñaquí. Fuente: Google Maps.

Se trabajó en un galpón, donde el sistema de crianza empleado es mediante consumo directo de alfalfa (*Medicago sativa*), bajo la modalidad de pastoreo. Los cobayos utilizados procedieron de la misma granja, a todos se les suministró el mismo alimento dos veces al día (8:00 am y 4:00pm), la diferencia entre los mismos solo debió al suministro de las tres dosis de *Arthrospira platensis*.



Figura 3: Galpón utilizado en el estudio.

4.2.1 Encapsulado de *Arthrospira platensis*

El encapsulado de las tres dosis de *Arthrospira platensis* (10 mg/kg, 20 mg/kg y 30 mg/kg) fue realizado utilizando una balanza analítica para el pesaje; las cápsulas de celulosa vegetal fueron rellenas con la ayuda de una espátula de laboratorio, las mismas se almacenaron en fundas herméticamente cerradas, a temperatura ambiente evitando la humedad y la radiación solar. Este procedimiento fue realizado en el laboratorio de Bromatología de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la PUCE-SI.



Figura 4: Pesaje de dosis de *Arthrospira platensis*

4.2.3 Selección de los animales

Se seleccionaron sesenta cobayos machos destetados a los 15 días de edad de línea mejorada, con un peso promedio de 264.23 g (Anexo 1), fueron evaluados en su estado de salud general comprobando que se encuentren libres de enfermedades; se desparasitaron con Febendazol vía oral.



Figura 5: Selección y pesaje de los animales

4.2.4 Administración de las dosis de *Arthrospira platensis* en polvo

Las tres dosis del suplemento (10 mg/kg, 20 mg/kg y 30 mg/kg), fueron administradas cada cuarenta y ocho horas de manera individual a cada cobayo por vía oral, con el objetivo de no provocar un estrés en los animales producto la manipulación, para ello fue utilizado un introductor de cápsulas que cuenta con una punta de goma suave evitando dañar la boca de los animales.



Figura 6: Cápsulas de celulosa vegetal con *Arthrospira platensis*

Al consultar artículos sobre el uso de la *Arthrospira platensis* en ratas, los autores Nasirian y colaboradores (2018), emplearon dosis entre 20 y 30 mg / kg de peso corporal, en el presente experimento se analizó que 20 mg/kg era una dosis media y se contrastó con una dosis baja y una dosis alta para observar la respuesta de los cobayos (Nasirian, et al., 2018).



Figura 7: Administración de las dosis de *Arthrospira platensis*

4.2.5 Cálculo de la ganancia de peso

La ganancia de peso (g/animal), se evaluó semanalmente durante un periodo de 45 días, registrándose para cada uno de los tratamientos y se utilizó una balanza digital. Para determinar la ganancia de peso se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{IPS} = \text{PFS (g)} - \text{PIS (g)} \quad (\text{Sandoval, 2013})$$

Donde:

IPS= Incremento de peso semanal

PFS= Peso final de la semana

PIS= Peso inicial de la semana

Para apreciar el incremento medio de peso (kg) de los animales, se tomó el peso vivo de cada uno de los cobayos utilizándose una balanza digital, en los días que se realizó el pesaje de los animales, la alimentación se les suministró después de tomar los datos respectivos (Sandoval, 2013).



Figura 8: Pesaje de los cobayos

4.2.6 Determinación de la longitud corporal

Longitud corporal (cm).

Para determinar la longitud corporal se tomó las medidas iniciando en la articulación escapulo-humeral hasta la tuberosidad isquiática, empleando para ello un pie de rey y una regla.



Figura 9: Medición de la longitud corporal de los cobayos.

4.2.6 Cálculo de la conversión alimenticia

La conversión alimenticia ha sido evaluada teniendo en cuenta el consumo de alimento y el incremento de peso semanal de los cobayos; para lo cual fue aplicada la siguiente fórmula:

$$CA = \frac{CMA}{IMP} \quad (\text{Sandoval, 2013})$$

Donde:

CA= Conversión alimenticia

C.M.A =Consumo medio de alimento (Kg)

I.M. P= Incremento medio de peso (Kg)

4.2.7 Cálculo del rendimiento a la canal

Para determinar el rendimiento a la canal se obtuvo el peso vivo al sacrificio (LWS). Se sacrificaron a los mismos con una flexión a nivel de la articulación atlanto-occipital, y luego el desangrado a través de un corte unilateral derecho de la arteria carótida y la vena yugular. Se pesó el animal ya sacrificado y se calculó la cantidad de sangre eliminada, obteniéndose la diferencia del peso (antes y después del desangrado).

Seguido se introdujo el animal en agua caliente (70°C de temperatura) de durante 50seg, labor que contribuyó con el pelado del animal, realizándolo de forma manual. Se obtuvo el peso después de pelado, con lo cual se determinó cantidad de pelo en gramos.

Una vez limpio el animal se procedió a la eliminación de las vísceras, para ello se realizó el corte con el bisturí en la línea alba de la región ventral abdominal. A nivel de la articulación atlanto-occipital, se separó la cabeza de la canal. Las patas se seccionaron a la altura de la articulación carpo-metacarpiana y tarso-metatarsiana.

Se calculó el rendimiento de la canal para lo cual se procedió a la selección, al azar, de un cobayo por cada repetición de los animales que ya cumplen 45 días de investigación, para el efecto realizado se utilizó una balanza electrónica (Sandoval, 2013).

Para el cálculo se empleó la siguiente fórmula:

$$RC = \frac{PC}{PV} \times 100 \quad (\text{Sandoval, 2013})$$

Donde:

R.C=Rendimiento a la canal (%)

P.C= Peso a la canal (g)

P. V= Peso vivo (g)

4.3 Diseño experimental y tratamientos del estudio

4.3.1 Factores en estudio

Variable independiente

- Dosis del suplemento *Arthrospira platensis*

TI: Testigo absoluto (0 mg/kg)

TII: 10 mg/kg

TIII: 20 mg/kg

TIV: 30 mg/kg

Variables dependientes

- Ganancia de peso. (g/animal)
- Conversión alimenticia.
- Longitud corporal (cm)
- Rendimiento a la canal (%)
- Costos de producción (\$)

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con 12 unidades experimentales en cada una quedaron confinados 5 cobayos (formando 4 tratamientos y 3 réplicas, utilizándose tres jaulas de 1,20 x 1.00 (m) que fueron separadas en su interior en cuatro celdas (12 en total); en ellas se manejaron los 60 cobayos machos destetados a los 15 días de edad.



Figura 10: Jaulas divididas para el manejo de los cobayos en el estudio.

Tabla 6.

Cantidad de animales por tratamientos y réplicas

Tratamientos	Réplicas			Total
	I	II	III	
T1	5	5	5	15
T2	5	5	5	15
T3	5	5	5	15
T4	5	5	5	15
Total	20	20	20	60

Se realizó una distribución al azar de las unidades experimentales dentro de las 12 parcelas. Las unidades experimentales quedaron conformadas por cinco cobayos.

Tabla 7.

Distribución de los animales por tratamientos y réplicas

TIR1	TIIR3	TIVR1
TIIR2	TIVR2	TIIR1
TIIR2	TIR2	TIIR1
TIVR3	TIIR3	TIR3

Nota. TI= Tratamiento 10 mg/kg; TII =Tratamiento con 20 m/kg; TIII = Tratamiento con 30 m/kg; TIV = Testigo absoluto con 0 mg/kg; R1, R2, R3 Y R4 = Repetición 1, 2 y 3 respectivamente.

4.3.2 Análisis estadístico

Los resultados fueron tabulados y analizados con la ayuda del programa Infostat versión 2017 y Excel. Se utilizaron las siguientes pruebas estadísticas: análisis descriptivos de los datos, análisis de variancia y al obtener la significación estadística de la respuesta sobre los valores obtenidos, se procedió a realizar el análisis estadístico aplicando una prueba de Tukey al 5%.

El análisis de varianza se representó por el siguiente modelo:

Tabla 8.

Análisis de varianza

Factor de varianza	Grados de libertad
Tratamientos	3
Error experimental	8
Total	11

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Dosificación de la *Arthrospira platensis*.

Está demostrado que *Arthrospira platensis* puede ser empleado como suplemento alimenticio de variadas especies como: peces y crustáceos, roedores, aves, rumiantes, cerdos, entre otros, siendo una excelente fuente proteica, su dosificación puede ser variada y es totalmente dependiente de la especie, ya que varios autores la han utilizado con fines nutritivos y también por su efecto en la salud (Gil, 2016; Escalante, 2017; Villagrán, 2018).

Debido a su alto valor nutricional, *Arthrospira platensis* constituye un complemento ideal que puede mejorar la productividad de *Cavia porcellus*, no obstante la dosificación óptima de esta microalga y su dinámica de aprovechamiento en el crecimiento de los cobayos permanece poco estudiada (Miégoué, et al., 2019).

En aves se han utilizado dosis de 0, 50, 100, 150 y 200 mg/kg, donde ha incrementado su conversión alimenticia; en ratas Wistar también se han venido utilizando dosis semejantes como la investigación realizada por Nasirian, et al., (2018). El presente estudio toma como base el trabajo de este último autor para la preparación de las dosis baja, media y alta (10, 20 y 30 mg/kg), aunque provienen de diferentes familias, científicamente pertenecen al orden Rodentia, que agrupa a los roedores, por ello comparten caracteres semejantes y se han empleado como modelo en diversos estudios (Nasirian, et al., 2018; Miégoué, et al., 2019).

Las dosis debidamente medidas fueron introducidas en cápsulas de celulosa para su administración las que demostraron ser un vehículo farmacéutico apropiado para la administración oral de *Arthrospira platensis*; estas cápsulas se emplean comúnmente porque son biológicamente compatibles y no tóxicos, además, se hidratan rápidamente cuando se encuentran a la temperatura del cuerpo (Alonso, 2017), al ubicarlas las mismas en la cavidad

oral permitió la desintegración inmediata en el tracto digestivo de los cuyes así tratados, los animales la ingirieron con facilidad.

Para el contexto del trabajo científico la encapsulación de *Arthrospira platensis* resultó ser una estrategia aplicable y promisorio, ya que la retención del ingrediente activo dentro de la cápsula permite que el mismo llegue al tracto digestivo del animal donde es liberada la *Arthrospira platensis*.

5.2 Análisis de la ganancia de peso de los cobayos.

Tabla 9.

Prueba de normalidad para ganancia de peso de los cobayos

		Ganpes
N		60
Parámetros normales ^{a,b}	Media	328,32
	Desviación estándar	97,77
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,169
	Positivo	,169
	Negativo	-,140
Estadístico de prueba		,169
Sig. asintótica (bilateral)		,200 ^{c,d}

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

Nota: Ganpes: Ganancia de peso; Sig: Significación

En la Tabla 9 se puede valorar el nivel de normalidad de los datos evaluados, siendo p mayor que 0,05, aspecto que confirma la aceptación de la Ho y también que los datos poseen una distribución normal.

Tabla 10.

Análisis de varianza para la variable ganancia de peso de los cobayos

F.V.	SC	GL	CM	F	P-	Sig.
VALOR						
Tratamiento	393578,58	3	131192,86	43,12	0,0001	**
Error	170364,40	56	3042,22			
Total	563942,98	59				

CV: 16,8 % $\bar{X}$: 328,3 (g)

Nota: F.V: Fuentes de variación, SC: Suma de cuadrados, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, valor F, pre-valor, Sig.: Significación **: Diferencia altamente significativo ($p < 0.01$) CV: Coeficiente de variación.

En la Tabla 10 se muestra el análisis de varianza correspondiente a la ganancia de peso de los cobayos, donde se demuestra la existencia de diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), tomando como valor de coeficiente de variación del 16,8 %, valor menor al encontrado por Vargas (2011), autora que encontró un valor de CV de 18,2 %.

El valor del coeficiente de variación (CV) para la variable ganancia de peso se afectó de forma general en el estudio realizado, mostrando un valor elevado, a pesar de coincidir con lo planteado por Oliva (2016), sobre la excelente calidad de este forraje, si el producto no se encuentra en su estado óptimo de madurez, no se esperan buenos resultados en la ganancia de peso de los cobayos; en esta investigación durante las semanas 3 y 6 del experimento, al carecer la finca de este forraje maduro, se requirió el empleo de una alfalfa en estado inmaduro (muy tierna), que si bien posee una mejor calidad de nutrientes es bajo su nivel de materia seca y contenido de fibra cruda necesarias para favorecer la digestibilidad de otros nutrientes (Olivas, 2016; Campoverde, et al., 2018).

Los cobayos reportan mayores ganancias de peso cuando mejor es la calidad del alimento suministrado como plantea Zeas (2018), esta información revalida los resultados encontrados en el presente estudio, siendo bajo el nivel de retención energético y proteico durante las semanas 3 y 6, aspecto provocado por la escasa cantidad de fibras de la alfalfa, disminuyendo el retardo del pasaje del contenido alimenticio por el tracto intestinal, lo cual no promueve una mayor ganancia de peso, esto se refleja en los menores valores de la

ganancia de peso y por lo tanto afecta también el coeficiente de variación de la conversión alimenticia (Zeas, 2016).

Excepto en las semanas 3 y 6, la alfalfa utilizada si cumplió con la calidad requerida para la alimentación y al añadir la microalga objeto de estudio, se reflexiona que el alto contenido proteico de la misma es una de las razones principales a considerar de forma general en la ganancia de peso, ya que el perfil de aminoácidos que posee es más favorable en la nutrición, como esboza Chacón (2015), con el cual coincide esta trabajo, estos aminoácidos contribuyen en la formación de las proteínas del cuerpo que luego serán las responsables de la construcción de músculos y otras estructuras anatómicas (Chacón, 2015).

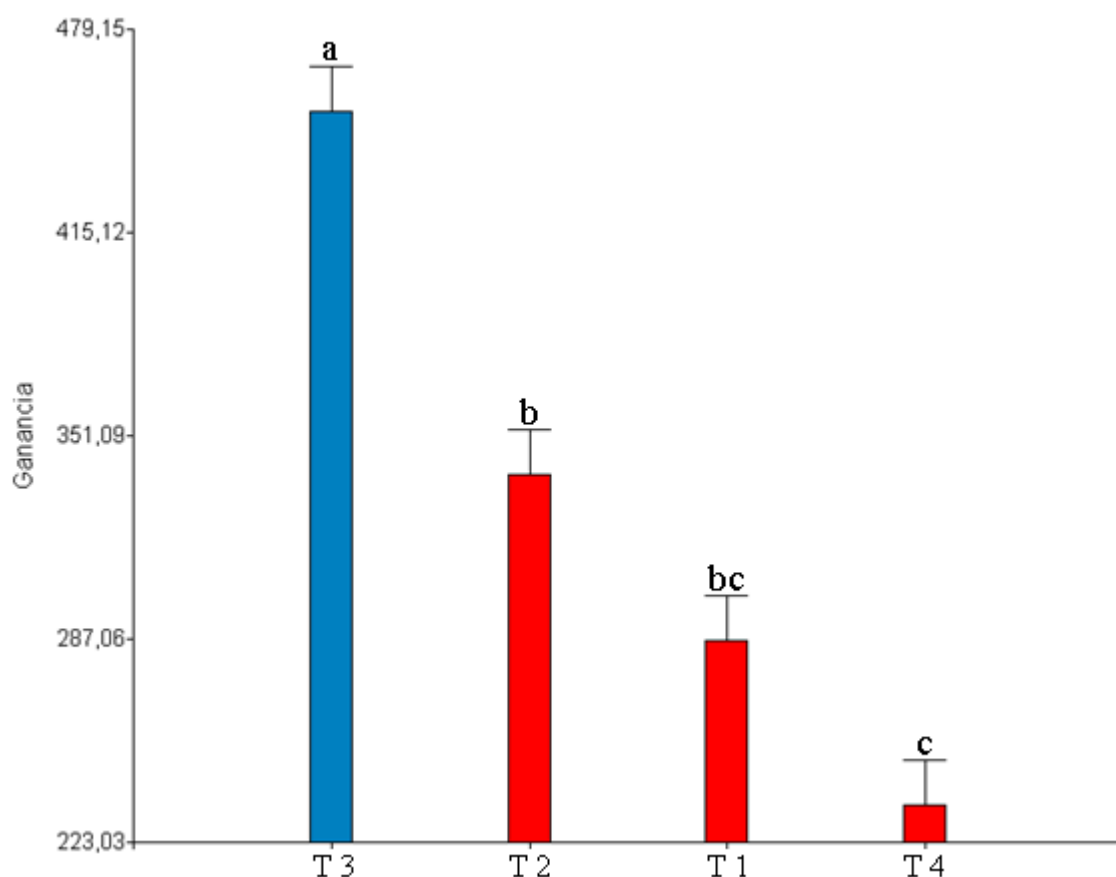


Figura 11: Prueba de Tukey al 5 % para comparación de medias de la ganancia de peso

Nota: a, b, c: Rangos; T1= 10 mg/kg; T2= 20 mg/kg; T3=30 mg/kg; T4= 0 mg/kg (testigo absoluto).

En la Figura 11, se presentan los resultados de la Prueba de Tukey al 5 % para comparación de los promedios de la ganancia de peso, en la misma se aprecia que existen diferencias significativas entre el T3 y el resto de los tratamientos, ubicándose en primer lugar al T3

con 453,3 g/animal y el menor es el T4 (234,7 g/animal) entre ambos la diferencia en la ganancia de peso es de 218,6 g/animal. El valor alcanzado por T2 fue de 338,8 g/animal y T1 286,5 g/animal.

Al realizar el análisis teniendo en cuenta la ganancia de peso diaria se acentúa el valor alcanzado con el tratamiento 3 (30 mg/kg), siendo este de 10,8 g/día/animal, esta cifra es aceptable para las condiciones de producción, comportándose de forma similar a la reportada por Trigos (2018), autor que encontró valores de 10,3 g/animal/día, y menor que los reportados por Ordóñez (2011), quien obtuvo 14,7 g/día/animal, debido a que este último realizó una combinación de forraje tradicional que le incluye maíz y avena, con un positivo efecto en el aprovechamiento del alimento (Ordóñez, 2011).

Se considera además que los carbohidratos aportados por *Arthrospira platensis* poseen una alta digestibilidad, estos pueden ser encontrados en diversas formas de azúcares u otros polisacáridos aptos para llegar a las células epiteliales del intestino como ha señalado Sandoval (2013), luego ingresan al torrente sanguíneo, suministrando la energía necesaria para que realicen sus actividades y funciones vitales (Briceño, 2016).

También Wu y colaboradores (2016), encontraron en la *Arthrospira platensis* componentes bioquímicos como proteínas y carbohidratos (15–25%), que ayudan en la nutrición, unido a los ácidos grasos, vitaminas, minerales, considerados de alta importancia en esta investigación donde se encontraron los mejores resultados de ganancia de peso con la mayor dosis de la microalga (Wu, et al., 2016).

Para la tercera y la sexta semana, no se apreciaron diferencias significativas en el incremento de ganancia de peso entre los tratamientos, razón que pudo deberse a la calidad del alimento ofrecido, a pesar que el uso de leguminosas forrajeras posee un alto valor nutritivo en ocasiones se pueden descuidar aspectos importantes en la alimentación, manejo, higiene, entre otros; lo que representa una disminución en los parámetros productivos de los cobayos (Meza, et al., 2014). No obstante, al no apreciar diferencias significativas entre los tratamientos, no significa que hubo disminución en el peso, por lo que se recomendó verificar la calidad del forraje suministrado.

Para la alimentación de esta especie herbívora y monogástrica, que posee dos tipos de digestión (tanto la enzimática a nivel de estómago, como la microbial a nivel de ciego), su actividad estriba básicamente en la composición de la ración, donde se debe suministrar el alimento con la mejor calidad, ya que el adecuado balance de nutrientes contribuye a satisfacer las necesidades en cada una de las fases de crecimiento y desarrollo de estos animales (Flores, 2016).

5.3 Conversión alimenticia

Tabla 11.

Prueba de normalidad Kolmogorov – Smirnov. Conversión alimenticia de los cobayos

		Convalim
N		60
Parámetros normales ^{a,b}	Media	10,342
	Desviación estándar	2,6482
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,177
	Positivo	,177
	Negativo	-,124
Estadístico de prueba		,177
Sig. asintótica (bilateral)		,200 ^{c,d}

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

Nota: Convalim: Conversión alimenticia

En la tabla 11 se puede apreciar el nivel de normalidad de los datos, ya que p es mayor que 0,05, se confirma la aceptación de la Ho, además que los datos de la conversión alimenticia tienen una distribución normal en relación a la media.

Tabla 12.

Análisis de varianza para la variable conversión alimenticia de los cobayos

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR	SIG.
Tratamiento	19,06	3	21,76	14,94	0,0012	**
Error	1,92	8	1,46			
Total	20,99	11				

CV: 11,68% $\bar{X}$: 10,3 (g)

Nota: F.V: Fuentes de variación, SC: Suma de cuadrados, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, valor F, pre-valor, Sig.: Significación **: Diferencia altamente significativa ($p < 0.01$) CV: Coeficiente de variación.

También la Tabla 12 refiere el análisis de varianza para la variable conversión alimenticia de los cobayos, en el cual se visualizan diferencias significativas ($p < 0,05$), con un CV de 11,7%, valor motivado por el uso de la alfalfa inmadura, que afectó además a la ganancia de peso como se explicó anteriormente.

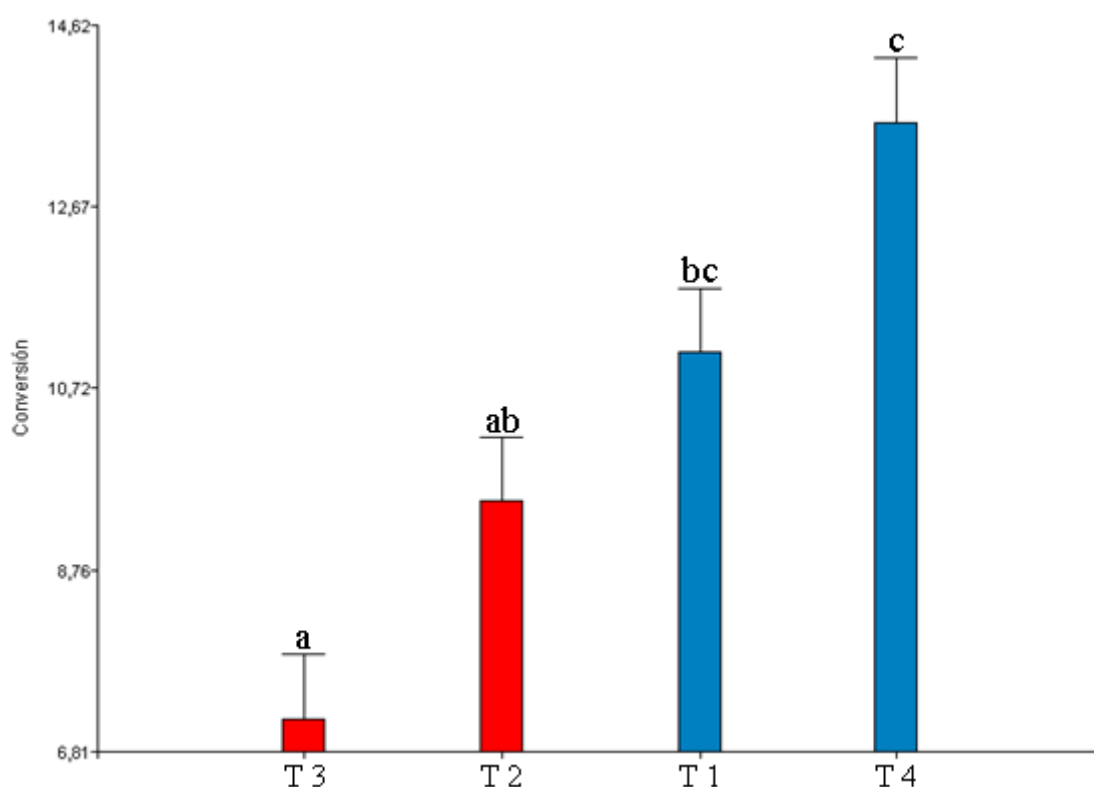


Figura 12: Prueba de Tukey al 5 % para comparación de medias de conversión alimenticia.

Nota: a, b, c: Rangos; T1= 10 mg/kg; T2= 20 mg/kg; T3=30 mg/kg; T4= 0 mg/kg (testigo absoluto).

Una vez de realizada la prueba de Tukey al 5%, como lo demuestra la Figura 12, la conformación de cuatro rangos con los valores de las medias correspondientes a cada tratamiento, donde el tratamiento T3 con 7,2 y T2 con 9,5 aparecen en el primer rango y difiere significativamente de T1 y T4 ya que posee una media significativamente mayor con 11,1 y 13,6 respectivamente.

En cuanto a la conversión alimenticia, se apreció un buen resultado (7,2) con la dosis de 30 mg/kg, siendo 6,4 puntos más bajo que el T4 que mostró un valor de 13,6; por lo tanto, en la medida que aumentó la dosis de *Arthrospira platensis*, la cual posee ficobiliproteínas, estas son proteínas naturales y sustancias bioactivas esenciales comúnmente presentes en las cianobacterias (Pan-utai, et al., 2019). Estas sustancias se absorben eficientemente a través del tracto gastrointestinal presentando una alta digestibilidad lo que favorece el aprovechamiento nutricional distinguido en el grupo de animales del tratamiento 3 quienes alcanzaron mayor peso.

Además de Martelli y colaboradores (2014), otros autores como Matos y colaboradores (2017), efectúan una relación entre la nutrición y la salud al consumir esta microalga; en este estudio los cobayos alimentados con la misma, mostraron buena condición corporal, y un excelente aprovechamiento del alimento ofrecido, además fueron los de mejores valores en la conversión gracias al contenido proteico de *Arthrospira. plantesis*, y su óptimo balance de aminoácidos esenciales pueden utilizarse como nutracéuticos en la prevención de enfermedades (Martelli, et al., 2014; Matos, et al., 2017).

Los aspectos discutidos anteriormente están basados en la ayuda que genera el consumo de *Arthrospira platensis* hacia la microbiota residente en el intestino de estas especies, ya que estas microalgas desempeñan un fundamental e importante papel en la nutrición, la salud del huésped, así como la homeostasis metabólica e inmunológica, los polisacáridos dietéticos aportados por estas llegan al intestino donde son fermentados contribuyendo con efectos beneficiosos de estos en la asimilación de nutrientes (Shang, et al., 2018).

5.4 Longitud corporal

Tabla 13.

Prueba de normalidad Kolmogorov - Smirnov de la longitud corporal de los cobayos

		Longcorp
N		60
Parámetros normales ^{a,b}	Media	18,255
	Desviación estándar	1,6986
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,130
	Positivo	,130
	Negativo	-,086
Estadístico de prueba		,130
Sig. asintótica (bilateral)		,140 ^c

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

Nota: Longcorp: Longitud corporal

En la Tabla 13 se puede apreciar el nivel de normalidad de los datos tomado para esta variable, se visualizan que el valor de p es mayor que 0,05, por lo tanto, se acepta la H_0 .

Tabla 14.

Análisis de varianza para la variable ganancia longitud corporal de los cobayos

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR	Sig.
Tratamiento	143,84	3	47,95	101,75	0,0001	**
Error	26,39	56	0,47			
Total	20,99	11				

CV: 3,8% $\bar{X}$: 18,3 (g)

Nota: F.V: Fuentes de variación, SC: Suma de cuadrados, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, valor F, pre-valor, Sig.: Significación **: Diferencia altamente significativa ($p < 0,01$) CV: Coeficiente de variación.

En la tabla 14 se muestra el análisis de varianza para la variable ganancia longitud corporal de los cobayos, en ella se aprecian diferencias significativas ($p < 0,05$), con un CV de 3,8%, significando que el ensayo fue planificado y desarrollado correctamente.

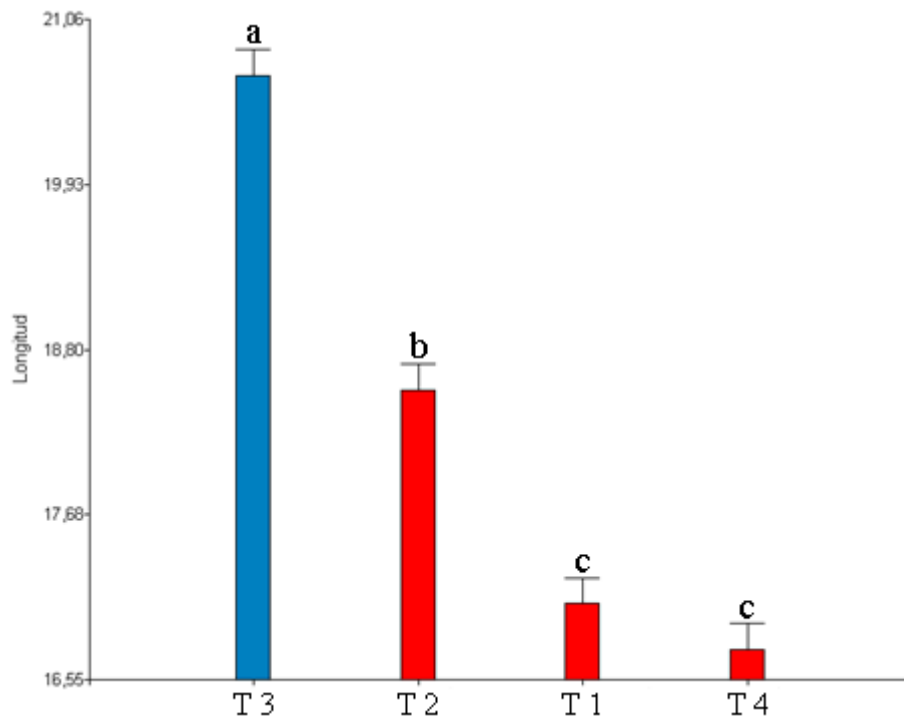


Figura 13: Prueba de Tukey al 5 % para comparación de medias de la longitud corporal.

Nota: a, b, c: Rangos; T1= 10 mg/kg; T2= 20 mg/kg; T3=30 mg/kg; T4= 0 mg/kg (testigo absoluto).

En la Figura 13, se expresa la prueba de Tukey al 5 % para la comparación de medias de la longitud corporal compara los valores de las medias correspondientes a cada tratamiento, esta queda conformada por tres rangos (a, b y c), en el rango a, los valores de la media de T3 (20,7 cm) son significativamente mayores que el valor promedio del resto de los tratamientos, donde los valores de T1 (17,1 cm) y T4 (16,7 cm) son los más bajos, por lo que difieren en 4 cm. En el caso del T2 alcanzó 18,6 cm.

Sobre la longitud corporal el mayor valor alcanzado (20.673 cm), logrado con el tratamiento de 30 mg/kg de la *Arthrospira platensis*; concuerda con lo planteado por Jeske (2011), autor que expresa las bondades del alga sobre la fisiología de los animales; como aporte a la idea del mencionado autor, en el presente estudio se observaron efectos significativos en el desarrollo corporal de los cobayos, durante todas las semanas, debido fundamentalmente a la presencia de un complejo de vitaminas fundamentales para el crecimiento y la salud de los mismos (Jeske, 2011).

Esta microalga al no poseer pared celular, va a facilita la digestión de los componente de la misma, lo que ayuda a los animales alimentados con ella, (Macías, et al., 2017), plantean en cuanto al parámetro de crecimiento, haber observado excelente progresión de las tallas en la crianza de camarones y tilapia que le suministraron *Arthrospira plantesis*, basando su argumento en el alto contenido proteico acumulado en el músculo de estas especies, lo que confirma que la oferta de mayor cantidad de proteína digestible origina un desempeño zootécnico superior de estos organismos (Macias, et al., 2017).

5.5 Rendimiento a la canal de los cobayos.

Tabla 15.

Prueba de normalidad Kolmogorov - Smirnov del rendimiento a la canal de los cobayos

		RendCan
N		60
Parámetros normales ^{a,b}	Media	67.100
	Desviación estándar	6.8647
Máximas diferencias extremas	Absoluta	.135
	Positivo	.130
	Negativo	-.135
Estadístico de prueba		.135
Sig. asintótica (bilateral)		.200 ^{c,d}

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

Nota: Rendcan: Rendimiento a la canal

En la Tabla 15, se alcanza observar el nivel de normalidad de los datos rendimiento a la canal de los cobayos, como el valor de p es mayor que 0,05, se confirma la aceptación de la Ho y también se aprecia que los datos tienen una distribución normal en relación a la media.

Tabla 16.

Análisis de varianza para la variable rendimiento a la canal de los cobayos

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR	Sig.
Tratamiento	406.34	3	135.45	9.67	0.0049	**
Error	112.02	8	14.00			
Total	518.36	11				

CV: 5,6 % $\bar{X}$: 67,1 %

Nota: F.V: Fuentes de variación, SC: Suma de cuadrados, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, valor F, pre-valor, Sig.: Significación **: Diferencia altamente significativo ($p < 0.01$) CV: Coeficiente de variación.

En la Tabla 16 se refiere al análisis de varianza para la variable rendimiento a la canal de los cobayos, se aprecian diferencias significativas ($p < 0.05$), con un CV de 5,6 %, lo que significa también que el ensayo fue planificado y desarrollado correctamente.

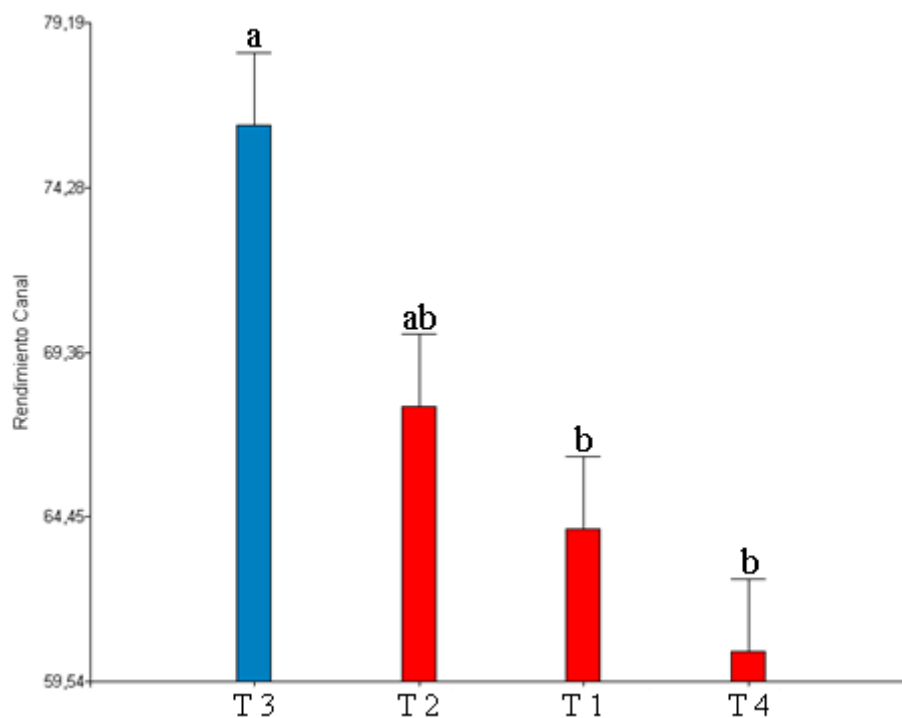


Figura 14: Prueba de Tukey al 5 % para comparación de medias del rendimiento de canal

Nota: a, ab, b: Rangos; T1= 10 mg/kg; T2= 20 mg/kg; T3=30 mg/kg; T4= 0 mg/kg (testigo absoluto).

Una vez realizados el análisis de varianza y la prueba Tukey al 5% de probabilidad, en la Figura 14 se demuestra la existencia de tres rangos, en el rango “a” se presenta el valor de las medias correspondientes a T3, el cual posee una media significativamente mayor que el resto de los tratamientos, con 76,1% luego continua el rango “ab”, donde se cuenta con los valores del tratamientos (T2 con 67,7 %) y finaliza el rango “b” con los valores de T1 (64,1%), el menor porcentaje encontrado en ese rango lo mostró el T4 con 60.5% lo que difiere en 15,6% al compararlo con T3.

El trabajo destaca lo planteado por Trigos (2018), autora que expone como la nutrición asume un importante rol en la rama pecuaria, específicamente en la producción y explotación de cobayos donde representa más del 60% del total de los costos, refiere un suministro adecuado de nutrientes con raciones bien balanceadas logran satisfacer los requerimientos en cada una de las fases biológicas de los animales y conlleva a una mejor producción (Trigos, 2018).

En investigaciones anteriores, la inclusión de microalgas en la alimentación se ha señalado como un ingrediente que mejora la salud general de los animales, las mismas no alteran la composición de la microbiota intestinal de estos (Escalante, 2017); en el presente estudio al evaluar el comportamiento productivo de los cobayos durante la fase de crecimiento ha quedado demostrado que la dosis de 30 mg/kg incrementó los indicadores evaluados los que serán discutidos a continuación:

Respecto a los lípidos presentes en la *Arthrospira platensis*, se ha planteado que lo componen bases esterificadas de ácidos grasos saturados e insaturados, sobre estos últimos de considerable presencia en las microalgas está acreditado que adquieren un mayor valor nutricional si son comparados con los saturados (Tres et al., 2013), por lo cual fue positiva la influencia del alga en el incremento de peso y en la calidad del producto final.

El estudio demostró que los cobayos con mayor crecimiento, ganancia de peso y conversión alimenticia fueron los alimentados con 30 mg/kg de *Arthrospira platensis*, por lo cual el rendimiento a la canal de 76.13% refleja estos resultados que están íntimamente

relacionados, donde la calidad de la carne fue mayor y generalmente no se apreció contenido graso en los animales sacrificados.

Un aspecto muy interesante apreciado en la investigación y que coincide con lo obtenido por Cayetano (2019), es que no se observó presencia de grasa acumulada en los órganos como el hígado y el riñón, en este sentido al lograr buen peso de los animales con pesos comerciales en un corto periodo de tiempo ha sido factible la introducción de este suplemento dentro del sistemas de la nutrición de cuyes (Cayetano, 2019)

Durante el transcurso de las semanas de estudio, se observó siempre los mejores valores de las variables en la mayor dosis de *Arthrospira platensis*, estas evaluaciones han corroborado lo encontrado por Vaz y colaboradores (2016), al ser beneficioso la inclusión de estas microalgas como alimento, suplemento o sustituto de fuentes de proteínas convencionales (Vaz, et al., 2016).

Se ha reportado que los polisacáridos algales poseen anticoagulantes y actividades antihipercolesterolémicas., además, las fuentes de vitaminas de las microalgas tienen propiedades antioxidantes, un ejemplo de ellos es la presencia de ácido ascórbico (Martelli et al., 2014)

La vitamina C o ácido ascórbico es un nutriente hidrosoluble, que ayuda en la protección de las células contra los daños originados por los radicales libres y es necesaria para producir colágeno; su presencia también mejora la absorción del hierro aportado por la alfalfa y contribuye al funcionamiento de todo el sistema inmunitario protegiendo al cuerpo contra las enfermedades, se considera que su presencia en la *Arthrospira platensis*, contribuye en los valores productivo de los cobayos suplementados con esta microalga.

5.6 Determinar los costos de producción.

En el análisis de los costos de producción se tuvo en cuenta, la etapa de crecimiento de los cobayos y el peso alcanzado al finalizar la séptima semana, básicamente dentro de los costos variables se incluyó el consumo que realizaron de la *Arthrospira platensis*, suministrada a

los tres tratamientos, ya que la diferencia en este indicador ha sido producto la inclusión de esta microalga.

En la Tabla 17 se demuestra que la diferencia del costo por animal entre los tratamientos no sobre pasa los 0.05 USD, razón que puede motivar a un mayor número de productores a optar por la inclusión de *Arthrospira platensis* en la nutrición de los cobayos, ya que no encarece el sistema productivo y se obtienen animales saludables, con mayor calidad, de buen tamaño y en un menor tiempo.

Tabla 17.

Análisis de los costos fijos y variables

	Tratamientos			
	T4	T1	T2	T3
Costos fijos				
Costo de la jaulas (USD)	15,0	15,00	15,00	15,00
Costo de la alfalfa (USD/kg)	0,45	0,45	0,45	0,45
Costo cobayo destetados (USD)	3,00	3,00	3,00	3,00
Jornalero (USD)	0,15	0,15	0,15	0,15
Subtotal (USD)	18,60	18,60	18,60	18,60
Costos variables				
Tratamiento <i>Arthrospira platensis</i> (USD)	0	0,19	0,38	0,57
Subtotal (USD)	0	0,19	0,38	0,57
Costo total (USD)	18,60	18,79	18,98	19,17
Costo total por animal (USD)	1,24	1,25	1,27	1,28

Tabla 18.

Beneficio obtenido

Tratamientos	Peso de la canal (kg)	Precio de venta (USD/kg)	Ganancia (USD)
T1 – 10 mg/kg	0,33	6,25	2,64

T2 – 20 mg/kg	0,41	3,28
T3 – 30 mg/kg	0,59	4,72
T4 – 0 mg/kg	0,35	2,8

Por lo tanto, al realizar el análisis del beneficio bruto obtenido según el tratamiento, se ha determinado el cálculo sobre la base al peso vivo al sacrificio que alcanzaron los cobayos en cada tratamiento, así como, el precio de venta del kilogramo de carne de cobayos en el mercado, el cual oscila alrededor de los 8.00 USD/kg, por lo tanto se manifiesta una diferencia de 1.92 USD entre el tratamiento 3 y el tratamiento 1, valor muy interesante si se tiene en cuenta que la diferencia en el costo entre estos tratamientos ha sido de 0.04 USD, por lo tanto se determinó que el mejor beneficio bruto se encontraría al alimentar a los cobayos con la dosis de 30 mg/kg, como se observa en las Tablas 17 y 18.

5.7 Socialización de los resultados obtenidos en esta investigación a cobayo cultores y personas interesadas en esta alternativa de suplementación natural.

A continuación, la Tabla 19 muestra los resultados del proceso de socialización de la investigación.

Tabla 19.

Proceso de socialización

Preguntas	Calificación				
	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Organización del evento de socialización					
1 Considera usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias.				13	2
2 Considera usted que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado.				14	1
Ejecución del evento por parte del expositor					
3 Considera usted que el expositor mostró dominio del tema.					15
4 Estima usted que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado.					15
5 Considera usted que el expositor demostró facilidad de expresión.					15
Medición de impacto de la investigación					

Continuación Tabla. 19

6	Considera usted que el tema investigado posee relevancia para algún sector de la sociedad.	3	12
7	Considera usted que esta investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores.	1	14
8	Considera usted que el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución.	2	13
9	En función de los objetivos planteados expuestos en la investigación considera usted que esto se cumplieron.		15

- Realice un comentario o sugerencia para los organizadores de este evento
- Mencione otras problemáticas que a su parecer podrían ser investigadas y que posean importancia para algún actor y/o sector de nuestra colectividad

5.7.1 Sobre la organización del evento de socialización

En la pregunta 1 (Considera usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias), 13 participantes explicaron que las condiciones eran adecuadas pero que se podía mejorar para otros eventos y solamente 2 persona dieron la mayor calificación.

Al preguntarles sobre la consideración del material audiovisual utilizado en la presentación (pregunta 2), 14 plantean que es adecuado y brindan un puntaje de alto y se puede pensar que la no excelencia en las condiciones del lugar lógicamente influye en que este aspecto también se perjudique un poco en la calificación; solamente un participante lo observo como muy alto.

5.7.2 Sobre la ejecución del evento por parte del expositor

El total de los participantes otorgaron el mayor puntaje (Muy alto), cuando se les consultó sobre: dominio del tema, manejo del auditorio y la facilidad de expresión por parte del expositor, donde el mismo respondió las inquietudes de las personas presentes en el evento,

de forma clara, precisa y todos comprendieron las etapas del estudio, así como, los resultados alcanzados.

5.7.3 Sobre la medición de impacto de la investigación

Al preguntarles sobre la relevancia de la investigación (pregunta 6), para algún sector de la sociedad, 12 participante dieron la calificación más elevada, argumentando que para la propia organización de los productores de cobayo esta experiencia puede ser tomada en cuenta y con ello beneficiar a los productores de esta importante especie.

Para 14 participantes la investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores (pregunta 7), sobretodo en el área de la salud animal y sugieren se efectúen otros trabajos sobre este tema.

En la pregunta 8 (Considera usted que el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución), 13 participantes califican de muy alto el beneficio que se puede lograr al desarrollar este trabajo, donde las propias familias que se dedican al manejo de cobayo tienen una nueva metodología para lograr mejores animales con un aceptable costo e incluso algunos expresan su interés empresarial en ampliar este estudio. Finalmente, para todos los participantes fueron cumplidos los objetivos planteados en la investigación.

5.7.4 Comentarios o sugerencias finales de la socialización

Se solicitó además que realizaran comentarios o sugerencias para los organizadores de este evento, en este aspecto respondieron, primeramente, la necesidad de mejorar el escenario para otros eventos, no obstante, no fue empañada la calidad de la presentación. Los principales comentarios recogidos de este intercambio con los productores de cobayos están basados en que les pareció muy interesante el trabajo realizado y que sea una investigación pionera en el país y en Imbabura.

Al pedirles otras problemáticas que a su parecer podrían ser investigadas y que posean importancia para algún actor y/o sector de nuestra colectividad, respondieron que sería muy saludable investigar una mayor cantidad de animales relacionar el tema al área sanitaria de

estos animales. Se observa la importancia de *Arthrospira platensis* como suplemento para tratamiento de enfermedades inmunológicas de los cobayos, a partir de la presencia de vitamina C y antioxidantes que interfieren directamente con la estimulación de las defensas de los cobayos.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

- Se determinó la dosificación baja, media y alta de la *Arthrospira platensis* como suplemento alimenticio mediante la administración de cápsulas de celulosa vegetal por vía oral, en cuyes (*Cavia porcellus*) durante la fase de crecimiento (15 – 45 días).
- Al evaluar el comportamiento productivo de los cobayos en fase de crecimiento se demostró que con la dosis de 30 mg/kg se obtuvieron los mejores indicadores de ganancia de peso (10,8 g/día/animal), conversión alimenticia (7,2), longitud corporal (20,7 cm) y rendimiento a la canal (76,1%).
- El análisis económico de esta alternativa de suplementación para cobayos, refleja que con el tratamiento de 30 mg/kg se obtiene el mejor beneficio económico por peso de los animales con un valor de 4.83 usd.
- Los resultados del trabajo investigativo fueron socializados entre los productores de cuyes, personas interesadas y la comunidad universitaria quienes mostraron alto interés en esta alternativa de suplementación natural; de las preguntas realizadas en el cuestionario generalmente otorgaron las mayores calificaciones en su respuesta y desean se continúe el trabajo con *Arthrospira platensis* como suplemento para tratamiento de enfermedades inmunológicas en cobayos.

CAPITULO VII

RECOMENDACIONES

- Ampliar el estudio de la *Arthrospira platensis* como suplemento alimenticio en otras fincas dedicadas a la crianza y manejo de cobayos bajo condiciones ambientales diferentes.
- Estudiar el efecto de *Arthrospira platensis* con la salud de los animales para tratamiento de enfermedades inmunológicas de los cobayos, basado en su alta concentración de ácido ascórbico (vitamina C) y de antioxidantes que pueden estimular las defensas de los cobayos.
- Realizar una mayor divulgación de los resultados obtenidos a fin de ayudar a los productores de esta especie con un suplemento de fácil acceso que repercuta en la alimentación y la salud de sus animales.

CAPITULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, L. M. (2018). Chlorella and Spirulina Microalgae as Sources of Functional Foods, Nutraceuticals, and Food Supplements; an Overview. *MOJ Food Processing & Technology*, 6(1). <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2018.06.00144>
- Aziz, M. M., Eid, N. I., Nada, A. S., Amin, N. E. D., & Ain-Shoka, A. A. (2018). Possible protective effect of the algae spirulina against nephrotoxicity induced by cyclosporine A and/or gamma radiation in rats. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(9), 9060–9070. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-1146-0>
- Bone, M., Javier, C., Verdezoto, C., Paúl, R., Morán, M., Jessenia, J., ... Alex, G. (2018). Producción y rentabilidad de cuyes alimentados con arbustivas forrajeras tropicales en zona rural de Quevedo, Ecuador. *Producción Animal*, 11, 1–7.
- Briceño, Á. R. E. (2016). Proyecto de inversión para la producción de cobayos en el cantón Gonzanamá y su comercialización en la provincia de Loja (Bachelor's thesis, Loja). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093756>
- Cabrita, M. T., Vale, C., & Rauter, A. P. (2010). Halogenated compounds from marine algae. *Marine Drugs*, 8(8), 2301–2317. <https://doi.org/10.3390/md8082301>
- Calderón, A. A. (2019). *Evaluación de bloques nutricionales formulados con diferentes fuentes de energía en la alimentación de cobayos (Cavia porcellus) en la etapa de crecimiento y engorde en el cantón Saraguro*.
- Campoverde, V. E. C., Hernández, M. I. O., Torres, R. M. L., Vilela, F. Y. G., Jaramillo, Á. V. L., & Cuenca, M. O. B. (2018). Emprendimientos de cobayos en zonas rurales del cantón Saraguro (Loja, Ecuador). *Cedamaz*, 7(1), 110–121. Retrieved from <http://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/378>
- Care, P. (2010). *Guia de Produccion de Cuyes*. Retrieved from <http://www.care.org.pe/wp-content/uploads/2015/06/Guia-de-Produccion-de-Cuyes1.pdf>
- Cayetano, R. J. (2019). *Crecimiento de cuatro genotipos de cuyes (Cavia porcellus) bajo dos sistemas de alimentación*.
- Cerón, G. M. del C. (2013). Producción de microalgas con aplicaciones nutricionales para humanos y animales. *Cuadernos de Estudios Agroalimentarios*, 83–101. Retrieved

- from <http://www.publicacionescajamar.es/pdf/publicaciones-periodicas/cuadernos-de-estudios-agroalimentarios-cea/5/5-642.pdf>
- Chacón, S. M. (2015). Usos y beneficios nutricionales de la microalga espirulina (*arthrospira platensis*) según literatura científica reciente del año 2005 al 2015. Retrieved from <http://170.246.100.106:7501/xmlui/bitstream/handle/cenit/446/NUT-151.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chaiklahan, R., Chirasuwan, N., Triratana, P., Loha, V., Tia, S., & Bunnag, B. (2013). Polysaccharide extraction from *Spirulina* sp. and its antioxidant capacity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 58, 73–78. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.03.046>
- Chuncho, V. J. (2019). *Determinación de los costos de producción en el criadero de cuyes “El Ari” de la parroquia Gualiel, del cantón Loja. Periodo del 01 septiembre al 31 de diciembre del 2017*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2017.08.007>
- del Castillo, M., & Jaramillo, G. P. (2018). Movimientos para la justicia alimentaria, resistencias y economías alimentarias alternativas: articulando los discursos y los espacios de resistencia y cambio en contextos alimentarios culturalmente diversos. *Revista Colombiana Soc.*, 41(2), 9–17.
- Dreckmann, K., Sentías, A., & Núñez, M.-L. (2013). Biología de algas Orgánica Manual de prácticas de laboratorio. Cbs, 1–81. Retrieved from <http://publicacionescbs.izt.uam.mx/DOCS/biologiadealgas.pdf>
- Escalante, M. E. (2017). Microalgas en la alimentación. *Ciencia*, 68(2), 1–5.
- FAO. (2019). *Conocimientos básicos de anatomía y fisiología digestiva de cobayos*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/W6562S/w6562s04.htm>
- Flores, O. J. A. (2016). Evaluación de la adición de 3 niveles (1%, 2%, 3%) de residuos de pimiento (*Capsicum annuum*) en cobayos (*Cavia porcellus*) en la fase de destete al engorde en la Unidad Educativa Simón Rodríguez (Bachelor's thesis/2016). <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002441>
- Froehlich, H. E., Runge, C. A., Gentry, R. R., Gaines, S. D., & Halpern, B. S. (2018). Comparative terrestrial feed and land use of an aquaculture-dominant world. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(20), 5295–5300. <https://doi.org/10.1073/pnas.1801692115>
- Genaro, H. N., Otto, Z. M., Gustavo, G. R., & Carlos, V. P. (2016). Efecto de Tres Sistemas

- de Alimentación sobre el Comportamiento Productivo y Perfil de Ácidos Grasos de Carcasa de Cuyes (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 27(3), 486–494. <https://doi.org/10.15381/rivep.v27i3.12004>
- Gil, S. M. (2016). Algas como una alternativa en la nutrición en avicultura.
- Golmakani, M. T., Rezaei, K., Mazidi, S., & Razavi, S. H. (2012). γ -Linolenic acid production by *Arthrospira platensis* using different carbon sources. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114(3), 306–314. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201100264>
- Gómez, F. (2015). Introducción a la espirulina: Historia, aplicaciones y sistemas de cultivo.
- Gualoto, L. G. A. (2018). Evaluación de diferentes niveles de harina de pennisetum violaceum (Maralfalfa) en la elaboración de bloques nutricionales y su utilización en la alimentación de cuyes en la etapa de crecimiento y engorde (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica d, 1–103.
- Guamán, B. M. C. (2016). Catálogo de Microalgas y Cianobacterias del Ecuador. *Corporacion Para La Investigación Energética*.
- Herrero, M., Wirsenius, S., Henderson, B., Rigolot, C., Thornton, P., Havlík, P., ... Gerber, P. J. (2015). Livestock and the Environment: What Have We Learned in the Past Decade? *Annual Review of Environment and Resources*, 40.
- INIA. (2015). *Tecnificación de la crianza de cuyes para el mercado nacional*.
- Izquierdo, M. J. E. (2015). Evaluación de la adición de proteína asimilable a través de la biomasa de la cianobacteria spirulina spp., como complemento alimenticio avícola (gallus gallus-broiler) (Bachelor's thesis, Quito: UCE.).
- Jeske, D. M. (2011). Clorela, o alimento completo Fontes consultadas. *Compêndio de Fitoterapia*.
- Jung, F., Krüger-Genge, A., Waldeck, P., & Küpper, J. (2019). Spirulina platensis, a super food? *Journal of Cellular Biotechnology*, 5(1), 43–54.
- Kumari, R., & Upasani, V. N. (2018). Applications of algae in cosmetics : an overview Applications of Algae in Cosmetics : An Overview. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, (March). <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2018.0702038>
- Liu, O. R., Molina, R., Wilson, M., & Halpern, B. S. (2018). Global opportunities for mariculture development to promote human nutrition. *Peer-Reviewed Aquatic Biology*

Section.

- López, M. R. (2016). *Evaluación de tres sistemas de alimentación sobre el rendimiento productivo en cuyes de la línea Inti, Andina y Perú.*
- Lucero, M., & Rafael, W. (2017). Valorización de diferentes niveles de diatomea en el comportamiento productivo de *Cavia porcellus* (Cuyes) en la fase de crecimiento y engorde (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Luo, X., Su, P., & Zhang, W. (2015). Advances in Microalgae-Derived Phytosterols for Functional Food and Pharmaceutical Applications. *Marine Drugs*, 13(7), 4231–4254. <https://doi.org/10.3390/md13074231>
- Macias, S. J., Holanda, M., Romano, L. A., Wasielesky, W., Tesser, M. B., & Poersch, L. H. (2017). *Arthrospira platensis* filtrada como alimento complementario de juveniles del camarón blanco: Efectos sobre crecimiento y sistema inmune. *Boletim Do Instituto de Pesca*, 43(4), 593–604. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2017v43n4p593>
- Mahmoud, R. M., & Eldamrawy, S. Z. (2016). Effect of stocking density and spirulina platensis algae supplementation as a feed additive on performance and physiological status of broiler chicks. *Egyptian J. Nutrition and Feeds*, 19(3), 539–551.
- Mamani, L. T. D. (2016). Evaluación de dos niveles de energía y dos sistemas de alimentación en dietas altas en fibra durante la reproducción de cuyes (*Cavia porcellus*).
- Mancilla, L. P. L., & Molina, M. G. (2018). Algunos planteamientos teóricos frente a los programas de transferencias condicionadas y el derecho a la alimentación. *Hacia La Promoción de La Salud*, 23(2), 137–151. <https://doi.org/10.17151/hpsal.2018.23.2.10>
- Martelli, G., Folli, C., Visai, L., Daglia, M., & Ferrari, D. (2014). Thermal stability improvement of blue colorant C-Phycocyanin from *Spirulina platensis* for food industry applications. *Process Biochemistry*, 49(1), 154–159. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2013.10.008>
- Matos, J., Cardoso, C., Bandarra, N. M., & Afonso, C. (2017). Microalgae as healthy ingredients for functional food: A review. *Food and Function*, 8(8), 2672–2685. <https://doi.org/10.1039/c7fo00409e>
- Meza, G., Cabrera, R., Morán, J., & Otros. (2014). Mejora de engorde de cuyes (*Cavia porcellus* L.) a base de gramíneas y forrajeras arbustivas tropicales en la zona de Quevedo, Ecuador. *IDESIA*, 32(3), 75–80.
- Mišurcová, L., Buňka, F., Vávra Ambrožová, J., Machů, L., Samek, D., & Kráčmar, S.

- (2014). Amino acid composition of algal products and its contribution to RDI. *Food Chemistry*, 151, 120–125. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.040>
- Morales, A. E., Martínez, P. R., & Suárez, R. G. (2017). Aislamiento, cultivo, viabilidad y evaluación de un consorcio cianobacteria-microalga como acondicionador de suelos. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 35(1–2), 51. <https://doi.org/10.26807/remcb.v35i1-2.249>
- Nasirian, F., Dadkhah, M., Moradi-Kor, N., & Obeidavi, Z. (2018). Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy Dovepress effects of *Spirulina platensis* microalgae on antioxidant and anti-inflammatory factors in diabetic rats. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 11–375. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S172104>
- Olivas, N. (2016). *estudio histológico de las vellosidades intestinales de cuyes (Cavia porcellus) criollos y mejorados según el sistema de alimentación.*
- Ordóñez, M. (2011). *Evaluación de forraje hidropónico de avena y maíz en la alimentación de cobayos en la parroquia Vilcabamba del cantón de Loja.*
- Pan-utai, W., & Iamtham, S. (2019). Extraction, purification and antioxidant activity of phycobiliprotein from *Arthrospira platensis*. *Process Biochemistry*, 82, 189–198. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2019.04.014>
- Pasquel, R. A. (2017). *Morfología descriptiva del esqueleto del cuy (Cavia porcellus).*
- Patiño, J. L. (2010). Efecto de la *Spirulina* máxima sobre el síndrome metabólico inducido en ratas con una dieta hipercolesterolémica y 60% de fructosa, 1–80. Retrieved from <https://www.mendeley.com/viewer/?fileId=1e1016a6-4eb1-a585-2a65-96abf91aa282&documentId=d16bbd7b-284f-3ad2-a3c1-064b6b179c0a>
- Quiroz, T., & Carolina, A. (2017). Aprovechamiento los residuos sólidos de la cadena productiva del cuy mediante compostaje, para su uso como bioabono en cultivos de forraje (alfalfa (*medicago sativa*)) en la zona alto andina del departamento de Nariño.
- Ramos, G. J. P. (2019). *Algae and cyanobacteria in phytotelmata: diversity, ecological aspects, and conservation. Biodiversity and Conservation.* Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01771-2>
- Ramos, L. A. (2017). *Evaluación de dos sistemas de producción en cuyes (Cavia porcellus).*
- Sandoval, A. H. (2013). *Evaluación de diferentes tipos de dietas en cobayos en crecimiento.*
- Sandoval, S. C. (2017). *Evaluación del crecimiento de espirulina (Arthrospira platensis)*

- mediante alternativas de fertilización orgánica e inorgánica y su masificación en condiciones de campo en la Hda. El Prado.
- Shang, Q., Jiang, H., Cai, C., Hao, J., Li, G., & Yu, G. (2018). Gut microbiota fermentation of marine polysaccharides and its effects on intestinal ecology: An overview. *Carbohydrate Polymers*, 179, 173–185. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.09.059>
- Sudhakar, K., Mamat, R., Samykano, M., Azmi, W. H., Ishak, W. F. W., & Yusaf, T. (2018). An overview of marine macroalgae as bioresource. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91(March), 165–179. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.100>
- Tilman, D. (2017). Future threats to biodiversity and pathways to their prevention. *Nature*, 546, 73–81.
- Tres, A., Zoldan, J., Buonfiglio, R., Magrinya, N., Bou, R., & Guardiola, F. (2013). *Interacciones entre aceites ácidos esterificados saturados e insaturados en la alimentación de pollos de carne . 2 . Efecto sobre la composición en ácidos grasos y su distribución en la posición sn-2.*
- Trigoso, C. M. S. (2018). *Efecto del ensilado de maíz (Zea mays) con gallinaza en la etapa de engorde de cuyes mejorados (Cavia porcellus).*
- Urdiales, M. A. A. (2017). Utilización de harina del forraje y de la cáscara de Passiflora edulis (Maracuyá) para la alimentación de cuyes en la etapa de crecimiento-engorde en el cantón Bucay (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Valdés, A. Y., & Blanco, S. M. F. (2008). Introducción Algas y alimentación humana. Cualidades nutritivas de las algas. *Tecnología Química*, XXVIII(3), 46–50.
- Vargas, C. A. (2018). Importancia nutricional de la carne, 54–61.
- Vargas, S. (2011). *Determinación de la ganancia de peso en cuyes (Cavia porcellus), con dos tipos de alimento balanceado.*
- Vaz, B. da S., Moreira, J. B., Morais, M. G. de, & Costa, J. A. V. (2016). Microalgae as a new source of bioactive compounds in food supplements. *Current Opinion in Food Science*, 7(2016), 73–77. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.12.006>
- Villagrán, L. S. I. (2018). Evaluación del uso de microalgas del contenido estomacal de tilapias en estado silvestre como alimento de alevines de oreochromis spp (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia).
- Viton, D. E., & Macías, M. (2016). Una reseña corta sobre el valor nutritivo de la espirulina (Arthrospira platensis) y su uso en la alimentación porcina. *Mmum*, 23(número 1), 2016.

- Vivas, J., & Carballo, D. (2009). Manual de crianza de cobayos (*Cavia porcellus*), 18–24.
- WHO. (2018). Alimentación sana. *World Health Organization*.
- Wu, Q., Liu, L., Miron, A., Klímová, B., Wan, D., & Kuča, K. (2016). The antioxidant, immunomodulatory, and anti-inflammatory activities of *Spirulina*: an overview. *Archives of Toxicology*, 90(8), 1817–1840. <https://doi.org/10.1007/s00204-016-1744-5>
- Yoplac, I., Yalta, J., Vásquez, H. V., & Maicelo, J. L. (2017). Effect of coffee (*Coffea arabica*) pulp meal as feed on productive parameters of Guinea pigs (*Cavia porcellus* L) - Peru breed | Efecto de la alimentación con pulpa de café (*Coffea arabica*) en los índices productivos de cuyes (*Cavia porcellus* L) raza Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 28(3), 549–561. <https://doi.org/10.15381/rivep.v28i3.13362>
- Zeas, D. V. (2016). *Análisis productivo, índice de conversión y mortalidad en cuyes durante el periodo de engorde, manejados en pozas y jaulas*.

ANEXOS

Anexo 1: Peso de los cobayos destetados a los 15 días

Cobayo	Peso (g)	Cobayo	Peso (g)	Cobayo	Peso (g)
1	290	21	280	41	283
2	282	22	285	42	280
3	278	23	238	43	239
4	297	24	264	44	243
5	273	25	246	45	241
6	279	26	270	46	202
7	264	27	280	47	235
8	241	28	269	48	225
9	298	29	273	49	211
10	278	30	281	50	243
11	202	31	275	51	264
12	225	32	300	52	258
13	250	33	276	53	241
14	211	34	296	54	302
15	204	35	318	55	264
16	300	36	294	56	273
17	204	37	257	57	276
18	256	38	289	58	256
19	300	39	257	59	317
20	284	40	277	60	260

Peso promedio: 264.23 g

Anexo 2: Certificado de Calidad de los frascos de *Arthrospira platensis*

AndesSpirulina c.a.
World Trade Center • Av. 12 de Octubre y Cordero
Telfs.: (593-2) 2231-570 / 2231-571 • Fax: 2554-392
e-mail: info@andes-spirulina.com
www.andes-spirulina.com
Quito - Ecuador

© Marca Registrada



CC-F250g-1810001

CERTIFICADO DE CALIDAD

MISCELANEOS			
Fecha:	1 de octubre de 2018	Lote N°:	1810001
Producto:	Spirulina <i>platensis</i> Deshidratada	Fecha de Producción:	10-2018
Marcas:	Andes-Spirulina	Fecha de Vencimiento:	10-2020
Calidad:	Grado Alimenticio	Registro Sanitario Ecuatoriano:	5940-ALN-0715
Presentación:	250g dentro de un frasco de polietileno de alta densidad.	Granulometría:	Polvo < 112 micras (< mesh 150)

PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS			
Aspecto:	Polvo uniforme	Olor:	Característico suave
Color:	Verde oscuro	Sabor:	Característico

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
SEGÚN FARMACOPÉA EUROPEA 5ª EDICIÓN 2005:		
Aerobios Totales	< 10 ⁵ ufc/g	Cumple
Hongos y Levaduras	< 10 ⁴ ufc/g	Cumple
Enterobacteriaceae	< 10 ³ ufc/g	Cumple
Escherichia coli	Ausente en 1 g	Cumple
Salmonella spp	Ausente en 10 g	Cumple
Staphylococcus	Ausente en 1 g	Cumple

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
Proteína	> 55 %	Cumple
Humedad	< 7 %	Cumple
Cenizas	< 13 %	Cumple
Plomo	< 2.5 ppm	Cumple
Arsénico	< 1.0 ppm	Cumple
Cadmio	< 0.5 ppm	Cumple
Mercurio	< 0.05 ppm	Cumple

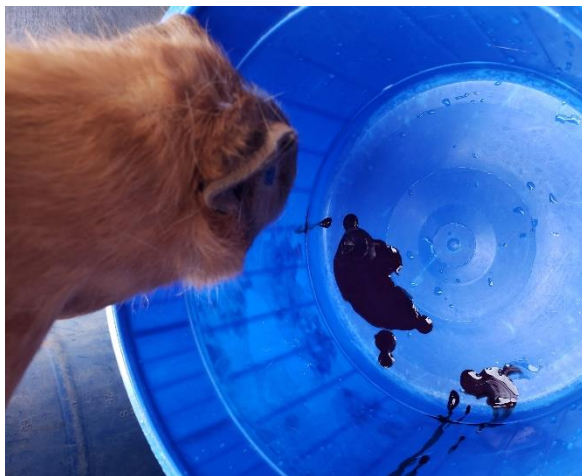


Ing. Biotec. Daniel Freire
Control de Calidad

Anexo 3: Pasos para el sacrificio de los cobayos



Anexo 4: Desangrado y pelado del cobayo



Anexo 5: Desvicerado del cobayo para el rendimiento a la canal



Anexo 6: Socialización del proyecto Parroquia de Coñaqui.





Anexo 7: Registro de asistencia de la socialización del proyecto Parroquia de Coñaquí.