

**EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE CUYES (*Cavia porcellus*) ALIMENTADOS CON
COMPLEMENTOS A BASE DE HARINAS DE GERMINADOS DE CEREALES**

FANNY DEL SOCORRO CUASTUMAL PANTOJA. Zoot.

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS CON ÉNFASIS EN PRODUCCIÓN ANIMAL
SAN JUAN DE PASTO
2018**

**EVALUACIÓN PRODUCTIVA DE CUYES (*Cavia porcellus*) ALIMENTADOS CON
COMPLEMENTOS A BASE DE HARINAS DE GERMINADOS DE CEREALES**

FANNY DEL SOCORRO CUASTUMAL PANTOJA. Zoot.

**TRABAJO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL GRADO
DE MAGISTER EN CIENCIAS AGRARIAS CON ÉNFASIS EN PRODUCCIÓN
ANIMAL.**

ASESOR:

JOSÉ EDMUNDO APRÁEZ GUERRERO. Zoot. M.Sc, Ph.D.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS CON ÉNFASIS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

SAN JUAN DE PASTO

2018

Nota de responsabilidad

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo son responsabilidad exclusiva de sus autores”

Artículo 1º de acuerdo 324 de octubre 11 de 1966 emanado por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño

Nota de aceptación

Lesvy Ramos Obando Zoot. M.Sc.

Jurado Delegado

Gonzalo Cardona Martínez M.V.Z. M.Sc.

Jurado

Aida Paulina Dávila Solarte Zoot. M.Sc.

Jurado

José Edmundo Apráez Guerrero Zoot., M.Sc., Ph.D.

Asesor

San Juan de Pasto, agosto de 2018

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa sus agradecimientos a:

Centro de Investigaciones y Posgrados en Ciencias Agrarias

Al servicio Nacional de Aprendizaje SENA – Centro Internacional de Producción Limpia Lope.

Al asesor José Edmundo Apráez Guerrero Zoot., M.Sc., Ph.D. por su apoyo y colaboración en el desarrollo de este estudio.

A los jurados: Lesvy Ramos Obando Zoot., M.Sc., Gonzalo Cardona Martínez M.V.Z., M.Sc., Aida Paulina Dávila Solarte Zoot., M.Sc., por su asesoría y aportes a este trabajo.

A Herson Giovanni Cuastumal Pantoja., Fisioterapeuta, Esp, MSc Epidemiología.

A mis familiares, amigos y todas aquellas personas que contribuyeron de una u otra manera en el desarrollo y ejecución de este trabajo.

Dedico a:

La memoria de mi padre y mi hermano

Mi madre

Mi hija

Mis hermanos

Mis sobrinos

Mis amigos

FANNY DEL SOCORRO CUASTUMAL PANTOJA

RESUMEN

En este estudio se evaluó los efectos sobre el comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus*) al incorporar en la dieta complementos elaborados con germinados de cereales como el maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum* sp.), cebada (*Hordeum vulgare*) y avena (*Avena sativa*). Se determinó las variables: consumo de materia seca, incremento de peso y conversión alimenticia en la fase de levante y fase de engorde, porcentaje de mortalidad y rendimiento en canal. También se realizó un análisis parcial de costos, a fin de determinar el beneficio/costo que ofrece el complemento. La investigación se desarrolló en la ciudad de San Juan de Pasto, ubicada al sur occidente de Colombia, en la vereda Buesaquillo a 2.720 msnm, en las instalaciones del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA – Regional Nariño. Se trabajó con 125 cuyes de la Línea Perú, de tres semanas de edad, con peso promedio de 300 g, distribuidos en cinco tratamientos de forma aleatoria, para el suministro de las dietas, todos los tratamientos recibieron como alimento base pasto raigrás aubade (*Lolium* sp) el cual se suministró a voluntad (mañana). El suplemento se colocó a razón de 25 y 35 gramos por día en las fases de levante y engorde respectivamente. Ninguno de los tratamientos reportó diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) en las variables evaluadas, sin embargo, se pudo evidenciar una respuesta favorable en los animales suplementados con germinado de cebada (*H. vulgare*), con un consumo de materia seca de 81,19 y 97,5 g/animal/día; incremento de peso de 11,68 y 9,67 g/animal/día, y conversión alimenticia de 6,42 y 10,06 en levante y engorde respectivamente.

Al relacionar los resultados con el análisis de costos se encontró que la entre el incremento de peso y costo de producción fue mejor con el tratamiento T4 \$4,44, por gramo de peso vivo producido, siendo esta opción la más rentable según el costo beneficio.

ABSTRACT

In this study we evaluated the effects on the productive behavior of guinea pigs (*Cavia porcellus*) by incorporating into the diet supplements made with germinated cereals such as corn (*Zea mays*), wheat (*Triticum* sp.), Barley (*Hordeum vulgare*) and oats. (*Avena sativa*). The variables were determined: dry matter consumption, weight increase and feed conversion in the up and fattening phase, percentage of mortality and carcass yield. A partial cost analysis was also carried out, in order to determine the benefit / cost offered by the supplement. The research was developed in the city of San Juan de Pasto, located in the south west of Colombia, in the village of Buesaquillo, 2,720 meters above sea level, in the facilities of the National Service of Learning SENA - Nariño Regional. We worked with 125 guinea pigs of the Peru Line, of three weeks of age, with an average weight of 300 g, distributed in five treatments at random, for the supply of diets, all the treatments received as grass-based food raigrás aubade (*Lolium sp*) which was supplied at will (tomorrow). The supplement was placed at a rate of 25 and 35 grams per day in the lifting and fattening phases respectively. None of the treatments reported statistically significant differences ($P > 0.05$) in the evaluated variables, however a favorable response could be evidenced in the animals supplemented with barley germinated (*H. vulgare*), with a dry matter intake of 81, 19 and 97.5 g / animal / day; weight increase of 11.68 and 9.67 g / animal / day, and feed conversion of 6.42 and 10.06 in raising and fattening respectively. When relating the results to the cost analysis, it was found that the increase in weight and cost of production was better with the treatment T4 \$ 4.44, per gram of live weight produced, this option being the most profitable according to the cost benefit.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	13
I. OBJETIVOS	14
1.1 Objetivo general	14
1.2 Objetivos específicos	14
II. HIPÓTESIS	15
2.1 Hipótesis nula H_0 :	15
2.2 Hipótesis Alternativa H_a :	15
III. MARCO TEÓRICO	16
3.1 El cuy (<i>Cavia porcellus</i>) antecedentes históricos.	16
3.2 Clasificación y características del cuy (<i>Cavia porcellus</i>)	17
3.3 Alimentación y nutrición del cuy.	18
3.4 Fisiología del cuy.	19
3.5 Requerimientos nutricionales del cuy	21
3.6 Pastos y forrajes utilizados en la alimentación de cuyes.	23
3.7 Consumo de pastos y forrajes	24
3.8 Raigrás aubade (<i>Lolium sp.</i>)	24
3.9 Cereales.	25
3.9.1 Estructura de los cereales	25
3.9.2 Valor nutritivo de los cereales	26
3.9.3 Maíz (<i>Zea</i>	27
3.9.4 Trigo (<i>Triticum sp.</i>)	27
3.9.5 Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	29
3.9.6 Avena (<i>Avena</i>	29
3.10 Alimentos de origen agroindustrial.	30
3.11 Forrajes hidropónicos y granos germinados en la alimentación de los cuyes.	30
3.11.1 Forraje verde hidropónico	31
3.12 Alimentación complementaria.	31
3.12.1 Granos germinados	32
3.12.2 Uso de germinados en alimentación de cuyes	32
3.13 Germinación de semillas.	34

3.13.1 Factores externos en la germinación de semillas	36
3.13.2 Factores internos que afectan la absorción de agua	38
3.13.3 Factores internos en la germinación de semillas	40
3.14 Procesos de germinación.	41
3.14.1 La respiración	41
3.14.2 Movilización de sustancias de reserva	42
3.14.2.1 Carbohidratos	43
3.14.2.2 Lípidos	44
3.14.2.3 Proteínas	44
3.14.2.4 Ácidos nucleicos	45
3.15 Metabolismo de la germinación en cereales.	46
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	48
4.1 Localización.	48
4.2 Unidades experimentales.	48
4.3 Alimentación y tratamientos.	49
4.3.1 Composición nutricional de las dietas (Germinados)	49
4.3.2 Consumo de alimento	54
4.4 Diseño experimental.	54
4.5 Análisis estadístico.	55
4.6 Variables Evaluadas	55
4.6.1 Peso (g)	56
4.6.2 Consumo total de materia seca (CTMS)	56
4.6.3 Incremento de peso	56
4.6.4 Conversión alimenticia	57
4.6.5 Consumo o aporte de proteína del alimento	57
4.7 Consumo o aporte de energía del alimento.	57
4.8 % Mortalidad.	58
4.9 Rendimiento en canal %.	58
V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	59
5.1 Productividad y composición nutricional de los germinados.	59
5.2 Variables productivas.	64

5.3	Consumo de alimento.	66
5.4	Consumo total materia seca durante la fase de levante (<i>C.T.M.S/levante/dìa</i>).	69
5.5	Consumo de proteína y energía del forraje durante la etapa de levante	69
5.6	Consumo de proteína y energía del complemento durante la etapa de levante	70
5.7	Consumo total de proteína y energía en la etapa de levante.	70
5.8	Incremento de peso durante la etapa de levante	71
5.9	Conversión alimenticia en la etapa de levante	71
5.10	Consumo total materia seca durante la fase de engorde (<i>C.T.M.S/Engorde</i>).	71
5.11	Consumo de proteína y energía del forraje durante la fase de engorde	74
5.12	Consumo de proteína y energía del complemento durante la fase de engorde.	74
5.13	Consumo total de proteína y energía en la etapa de engorde	75
5.14	Incremento de peso durante la fase de engorde	75
5.15	Conversión alimenticia en la fase de engorde	77
5.16	Mortalidad	79
5.17	Rendimiento en canal %.	79
5.18	Análisis parcial de costos.	81
VI.	CONCLUSIONES	83
VII.	RECOMENDACIONES	84
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	85
IX.	ANEXOS	90

Lista de tablas

Tabla 1. Composición química de harina de germinado de cereales.....	50
Tabla 2. Formulación de complemento testigo (T0).....	51
Tabla 3. Formulación de complemento con harina de germinado de maíz (T1)	51
Tabla 4. Formulación de complemento con harina de germinado de trigo (T2)	52
Tabla 5. Formulación de complemento con harina de germinado de cebada (T3).....	52
Tabla 6- Formulación de complemento con harina de germinado de avena (T4)	53
Tabla 7. Dietas suministradas por tratamiento.....	53
Tabla 8. Rendimiento de los granos secos de cereales en germinados (Kg/cereal).....	59
Tabla 9. Composición química de granos de cereales secos %	61
Tabla 10. Composición química de harina de germinados de cereales %	61
Tabla 11. Composiciones nutricionales de los complementos (%)	62
Tabla 12. Prueba de homogeneidad de varianzas, estadístico Levene.	64
Tabla 13. Prueba de Kruskal Wallis.	66
Tabla 14. Aporte total de nutrientes (proteína y energía) en la fase de levante/g /animal/día.....	67
Tabla 15. Aporte total de nutrientes (proteína y energía) en la fase de engorde/g /animal/día. ...	67
Tabla 16. Consumo de la dieta en la fase de levante de cuyes (Cavia porcellus).....	68
Tabla 17. Consumo de la dieta en la fase de engorde de cuyes (Cavia porcellus)	68
Tabla 18. Parámetros productivos de cuyes en fase de levante.	72
Tabla 19. Parámetros productivos de cuyes en fase de engorde.....	72
Tabla 20. Rendimiento en canal.....	79
Tabla 21. Analisis parcial de costos de produccion de suplemento de germinados de cereales...	81
Tabla 22. Costos de la diata ofrecida. (Forraje verde + harna de germinado de cereal).....	82

INTRODUCCIÓN

El crecimiento del sector pecuario en Nariño en la última década ha sido significativo, la inversión en modernización y transformación de procesos productivos mejoran la competitividad regional y nacional. El cuy (*Cavia porcellus*), constituye un producto alimenticio cuya carne es de gran valor nutritivo, se ubica en los primeros lugares entre las fuentes alimenticias que propician seguridad alimentaria y fuente de ingresos a la población rural del departamento de Nariño (Esparza, E. M. y Burgos, M. Y., 2005) . En esta región la cuyicultura es tradicional, se realiza en sistemas de crianza familiar o comercial, que ofrecen grandes posibilidades de masificar su producción con baja inversión, en pequeños espacios y excelente rentabilidad (Ramos, L.; Chamorro, E. M. y Benavides, J. P., 2013). El uso de concentrados comerciales como parte del suplemento dietario en la producción, dificulta la sostenibilidad económica, especialmente en pequeños productores. Teniendo en cuenta los costos de producción actuales, es fundamental investigar sobre alternativas de alimentación, que permitan mejorar la productividad animal a bajo costo. Con este estudio se pretende demostrar que los granos germinados de cereales son una alternativa alimenticia en la producción animal alcanzando parámetros productivos significativos en comparación con alimentación tradicional.

Los cereales constituyen la base de los suplementos concentrados comerciales, estos se utilizan como granos secos sin ninguna transformación, quedando como alternativa el uso de harinas de cereales germinados como el maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum* sp.), cebada (*Hordeum vulgare*) y avena (*Avena sativa*) para ser incorporados en la preparación de complementos balanceados según los requerimientos nutricionales de la especie.

I. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Determinar el comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus*), con el suministro de complementos a base de harina de germinados de maíz (*Z. mayz*), trigo (*Triticum* sp.), cebada (*H. vulgare*) y avena (*A. Cayuse*).

1.2 Objetivos específicos

1.2.1 Determinar los parámetros productivos y variación composicional de la harina del germinado de maíz (*Z. mayz*), trigo (*Triticum* sp.), cebada (*H. vulgare*) y avena (*A. Sativa*).

1.2.2 Formular complementos balanceados para cuyes a base de harina de germinado de maíz (*Z. mayz*), trigo (*Triticum* sp.), cebada (*H. vulgare*) y avena (*A. Sativa*).

1.2.3 Establecer los indicadores productivos de cuyes en las fases de levante y engorde, con complementos a base de harina de germinado de maíz (*Z. mayz*), trigo (*Triticum* sp.), cebada (*H. vulgare*) y avena (*A.Sativa*).

1.2.4 Estimar la viabilidad económica de la suplementación a base de harina de germinados de cereales, mediante análisis de costos parciales.

II. HIPÓTESIS

2.1 Hipótesis nula H_0 :

En el comportamiento productivo de los cuyes en la fase levante y engorde que reciben alimentación complementaria con harina de germinado de cereales de maíz (*Z. mayz*), trigo (*Triticum* sp.), cebada (*H. vulgare*), avena (*A. Sativa*) y alimentación convencional (harina de cereales - granos secos) es igual entre tratamientos.

2.2 Hipótesis Alternativa H_a :

En el comportamiento productivo de los cuyes en la fase levante y engorde que reciben alimentación complementaria con harina de germinado de cereales de maíz (*Z. mayz*), trigo (*Triticum* sp.), cebada (*H. vulgare*), avena (*A. Sativa*) y alimentación convencional (harina de cereales - granos secos) es diferente entre tratamientos.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 El cuy (*Cavia porcellus*) antecedentes históricos.

Las pruebas existentes demuestran que el cuy fue domesticado hace 2500 a 3600 años, en los estudios estratigráficos hechos en el templo del cerro Sechín (Perú), se encontraron abundantes depósitos de excretas de cuy y en el primer periodo de la cultura Paracas, denominado Cavernas (250 a 300 A.C.), el hombre ya se alimentaba con carne de cuyes. Para el tercer periodo (1400 D.C.) en casi todas las casas tenían un cuyero, Julio C. Tello, citado por Moreno 1989. Se han encontrado cerámicas, como los huacos Mochicas y Vicus que muestran la importancia que tenía este animal en la alimentación humana (Zaldívar & Nations, 1997).

El cuy o cobayo es un mamífero roedor originario de la zona andina del Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia. Como animal productor de carne se le conoce también como Curí. Constituye un producto alimenticio, de alto valor biológico. Contribuye con la seguridad alimentaria a la población rural de escasos recursos (Zaldívar & Nations, 1997).

El cuy es una especie de las más pequeña dentro de los cavidos, mono gástricos, roedor, herbívoro, originario de Suramérica, criado y consumido en varias regiones del territorio Colombiano; la zona andina del departamento de Nariño heredó de los incas la crianza de este animal, ya que todo el conglomerado social lo conoce y lo consume, se considera como “el plato típico de Nariño” (Egdo. Hilvay Gómez L. R., 2015).

Considerando la importancia del cuy desde el punto de vista de producción de carne, a partir del año 1975 en Colombia se inicia el estudio técnico del aprovechamiento de esta especie en la Universidad de Nariño, a fin de conocer la problemática en el manejo y caracterizar la crianza tradicional, identificando la población, parámetros productivos y reproductivos, mercadeo y sistemas de producción, encontrando como factores limitantes el desconocimiento de normas de manejo, animales criollos con bajo potencial productivo, deficiente alimentación, construcciones inadecuadas, carencia de plan sanitario y alta consanguinidad (Caycedo V. A. J, Zamora B. Á.; M, Echeverry P. S., Enriquez CH., Ortega D. E., Burgos V. M., Caycedo E. M. A., 2011).

3.2 Clasificación y características del cuy (*Cavia porcellus*)

Reino: Animal

Phylum: Vertebrata Chordata

Subphylum: Gnathostomata

Clase: Mammalia (Mamífero, sangre caliente, piel cubierta de pelos)

Subclase: Theria (Mamífero vivíparo)

Orden: Rodentia

Suborden: Hystriochomorpha,

Familia: Caviidae (Roedor con 2 mamas, 4 dedos anteriores. y 3 posteriores.)

Género: *Cavia*

Especie: *Cavia porcellus*

Fuente. (Zaldívar & Nations, 1997).

Los cuyes son de temperamento tranquilo y dócil cuando son criados como mascotas. Cuando se los mantiene en colonias criados dentro de un bioterio su comportamiento es diferente, se muestran nerviosos, pero con el constante manipuleo de los animales se logra amansarlos.

El cuy ha sido seleccionado por muchos años, escogiendo indirectamente la mansedumbre que los caracteriza, sin embargo, como productor de carne su comportamiento dentro de lotes es diferente, los cuyes machos en recría buscan jerarquizarse e inician peleas; en las peleas se lesionan la piel, bajan sus índices de conversión alimenticia y las curvas de crecimiento muestran una inflexión temprana. El comportamiento de las hembras muestra mayor docilidad por lo que pueden ser manejadas en grupos de mayor tamaño. Los animales que están en ambientes con poca iluminación son generalmente más nerviosos (Zaldívar & Nations, 1997).

3.3 Alimentación y nutrición del cuy.

La dieta básica del cuy son los pastos cultivados para tal fin, en clima frío han dado buenos resultados los pastos raigrases como el tetralite, aubade (*Lolium multiflorum* - *Lolium perenne*) brasilero (*Phalaris tuberosa*) y el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) como gramínea nativa, de igual manera la alfalfa (*medicago sativa*), el trébol (*Trifolium repens*), avena forrajera (*Avena sativa*), en clima medio y cálido, angleton (*Dichantium aristatum*), kingras (*Pennisetum purpureum*), Guatemala (*Tripsacum laxum*), imperial (*Axonopus scoparius*), guinea (*Panicum máximum*) brachiaria (*Brachiaria decumbens*), ramio (*Boehmeria nivea*), también se usa alimentación alternativa como árboles forrajeros, residuos de cosecha como hoja de maíz, caña de azúcar, hoja de plátano y algunas arvenses según el sistema de producción que se haya

instalado. En los sistemas comercial y familiar comercial, con el propósito de equilibrar la dieta con todos los nutrientes necesarios y acorde con los requerimientos en proteína, carbohidratos, minerales, vitaminas de la especie se suministran los complementos nutricionales (Caycedo, V. A., 2000).

En el suministro de alimentos para los cuyes es esencial conocer los hábitos alimenticios y el proceso digestivo para lograr mayor eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes que aporta la dieta ofrecida en cada etapa fisiológica, así poder plantear un sistema de alimentación en base a forrajes, materias primas convencionales, complementos nutricionales y alternativas forrajeras que garanticen los aportes de nutrición necesarios para cubrir los requerimientos de la especie, (Caycedo, V. A., 1985).

La disponibilidad y calidad de los alimentos son fundamentales para garantizar los rendimientos reproductivos y productivos en el cuy, el alimento básico para el cuy por ser un animal herbívoro, es el forraje y se complementa con dietas balanceadas que aporten los nutrientes en déficit y evitar complicaciones relacionadas con la carencia nutricional y trastornos digestivos (Caycedo, V. A., 2000).

3.4 Fisiología del cuy.

El cuy está clasificado dentro del grupo de monogástricos herbívoros y por consiguiente realizan fermentación post gástrica con una gran capacidad de consumo de forraje, (Caycedo, V.A., 2000). Tiene un solo estómago, donde se lleva a cabo una digestión enzimática y además posee un ciego desarrollado funcional, con presencia de flora bacteriana, las cuales son altamente

predominantes, gracias a la implementación de la técnica de fistulación tanto para bacterias como protozoarios, se ha identificado una serie de protozoarios, principalmente del tipo entodinium, diplodinium, isotricha y dasitricha, los cuales son los responsables de la fermentación de alimentos fibrosos (Caycedo, V. A., 2000)

El ciego y colon ocupan el mayor volumen (35 y 23%) y el mayor peso (35,59 y 26,0 g) comparativamente con las demás fracciones del tubo digestivo, con incremento de materia seca ascendente en su contenido, a medida que avanzan las fracciones del ciego (17,39%) y colon (20,93%). Por otra parte la determinación de NH_3 en el ciego es de 35,36 mg/100 ml en el colon, aspecto fundamental en la fermentación y grado de utilización de fibra, con respecto a la capacidad fermentativa de tracto digestivo el cual alcanza valores 46% en el ciego y 29% en colon, superiores al equino con 15% y al conejo con 43% en el ciego (Caycedo, V.A. y Cuesta. A., 1992).

Estudios relacionados con la nutrición animal han determinado que el cuy puede aprovechar las proteínas de las células bacterianas presentes en el ciego y la reutilización del nitrógeno proteico y no proteico no digerido en el intestino delgado, proceso estudiado a través de la ingestión de cecógrafos proceso denominado actividad Cacográfica, la cual fue evaluada mediante pruebas de digestibilidad (Caycedo, V. A., 2000).

3.5 Requerimientos nutricionales del cuy

Las necesidades nutricionales del cuy deben suplirse con dietas que contengan todos los principios nutricionales necesarios para la especie, tales como proteína, carbohidratos solubles y estructurales, ácidos grasos, vitaminas y minerales, suministrando alimentos como forrajes y complementos de acuerdo con la fase de crecimiento y producción (Caycedo, VA., 2000).

Las proteínas y los aminoácidos son nutrientes indispensables para el cuy desde la formación del producto, es decir desde la concepción, para lograr buenos pesos al nacimiento y destete, en su crecimiento y desarrollo, de igual manera para la producción de leche y alcanzar una buena fertilidad (Caycedo, V. A., 2000).

De acuerdo con investigaciones realizadas sobre suministro de proteína en las distintas fases fisiológicas del cuy, se ha logrado adecuados rendimientos, con 17% para crecimiento, 16% para desarrollo y engorde y 18% para hembras en gestación y lactancia, en raciones mixtas con forraje y suplemento concentrado (Caycedo, V. A., 2000).

Los carbohidratos constituyen la fuente principal de energía en una dieta para cuyes, la glucosa y fructosa como azúcares simples y los almidones como carbohidratos de almacenamiento. Por otra parte los carbohidratos estructurales (fibra) de los pastos son procesados en el ciego gracias a la presencia de bacterias y protozoarios, que los desdoblan y fermentan para producir ácidos grasos volátiles; la fibra es el principal sustrato energético para la flora microbial presente en el ciego, además favorece la digestibilidad de otros nutrientes retardando el pasaje del bolo alimenticio a través del tracto digestivo; los forrajes cubren entre el 9 al 18% de fibra de la

ración total que es el requerimiento de la especie. Los requerimientos de energía varían con la edad, actividad del animal, estado fisiológico, nivel de producción y temperatura ambiental (Caycedo, V. A., 2000).

La National Research Council, (NRC) reporta valores de 3000 Kcal/Kg de energía digestible y 68% de TND como requerimientos del cuy para la fase de crecimiento, para gestación y lactancia se trabaja con 2800 a 3000 kilogramos de energía digestible por kilogramo de alimento o 63 a 68 % de NDT. Raciones balanceadas con 2500 a 2650 Kc/Kg de energía metabolizable con adecuados también para crecimiento y reproducción (*"Nutrient Requirements of Laboratory Animals, 1978*).

La energía es un factor fundamental para los procesos vitales de todos los seres vivos y en este caso para el cuy, el exceso de aporte energético se almacena en forma de grasa en el cuerpo del animal, el aporte de energía debe constituir del 65 al 75% de NDT del contenido total dentro de la ración. El cuy es un animal que aprovecha muy bien la energía de los alimentos debido a que realiza una fermentación en el intestino delgado, en el ciego y colon respectivamente (Aliaga, L., 1993)

El agua es esencial para los cuyes, actúa en muchas funciones del organismo como componente de los tejidos corporales, solvente y transportador de nutrientes, el estado vegetativo o presentación del alimento y clima determinan el consumo de agua de bebida. Con alimentación mixta forraje más alimento concentrado, la necesidad de agua es de 10% del peso vivo en cuyes de levante y se puede incrementar hasta el 20% en climas con temperatura de 20 °C; en clima

frio las necesidades de agua son menores, se recomienda el uso de agua según el estado vegetativo del forraje (Caycedo, V A., 2000).

El consumo de alimento en materia seca en cuyes, está en función de su tamaño, estado fisiológico, el contenido energético de la ración y la temperatura ambiental, el consumo de un pasto raigrás en materia seca expresado como porcentaje del peso vivo puede variar entre 5,9 y 6,5%, arboles forrajeros el 7%, alfalfa 6,2% y hoja de maíz en 7,2% del peso vivo; que corresponde al consumo diario de 60 a 75 gramos de materia seca y 300 a 375 gramos de forraje verde (Caycedo, VA., 2000).

3.6 Pastos y forrajes utilizados en la alimentación de cuyes.

Los pastos y forrajes se constituyen en el alimento básico en la alimentación de cuyes en todas las fases productivas, la disponibilidad del forraje depende de la zona ecológica donde se produzca la especie. El cuy se produce en clima frío, medio y cálido, donde se cultiva gran variedad de pastos y forrajes como gramíneas nativas de clima frío como el kikuyo, saboya, pastos mejorados como los raigrases tetraploides, leguminosas como el trébol, alfalfa, gramíneas de clima medio y cálido, los pastos más utilizados en esta zona es el imperial, puntero, pasto elefante, Micay, Guinea, Guatemala, arboles forrajeros, arvenses y residuos de cosecha, pastos que se utilizan en las diferentes zonas donde se cría cuyes, los cuales continuamente han sido evaluados con la obtención de buenos resultados, el cuy por ser un animal herbívoro puede aprovechar los forrajes eficientemente, tomando la disponibilidad de los nutrientes contenidos en ellos, para satisfacer sus necesidades nutricionales y su importancia radica en el aporte de fibra en sus fracciones de celulosa y hemicelulosa, además de proporcionar agua y vitamina C (Burgos, A.; Apráez, E. y Caycedo V. A., 1991).

3.7 Consumo de pastos y forrajes

Los pastos y forrajes se constituyen como el principal insumo de una producción familiar y comercial de cuyes, el consumo de alimento depende de la frecuencia de suministro; la cual debe de ser mínimo de dos veces por día cuando no hay posibilidad de ofrecerlo en forma permanente, el suministro continuo mejora notablemente los rendimientos productivos de esta especie (Caycedo, V. A., 2000).

El consumo de forraje verde en un gazapo en periodo de lactancia es de hasta 100 gramos día, a las cuatro semanas de edad doblan esta cantidad, los adultos consumen de 350 a 500 gramos de forraje verde día, dependiendo de factores como la temperatura del lugar, el tipo de suplementación y la frecuencia de suministro. Por otra parte, la capacidad de ingestión es del 30% de su peso vivo y varía según la línea genética utilizada o el grado de mejoramiento de la especie (Caycedo, V. A., 2000).

3.8 Raigrás aubade (*Lolium sp.*)

El pasto aubade, es un raigrás tetraploide que se adapta en alturas comprendidas entre 2.000 y 3.000 m.s.n.m., exigente en humedad con precipitación promedio de 1.000 mm/año, produce de 110 a 130 toneladas de forraje verde por año, realizando 10 cortes con intervalos de 35 a 40 días (Guerrero Riascos, 1998).

El análisis químico proximal reporta valores relativamente altos, proteína 20,33%, contenido de fibra de 18,79%, presentando además niveles normales de minerales con 0,53% de calcio, y

0,29% de fósforo, la digestibilidad aparente de la materia seca es de 63,69% en cuyes (Burgos, A. y Luna, J.C., 1984).

En el departamento de Nariño tanto en las producciones familiares como comerciales de las zonas frías, el pasto raigrás aubade se ha constituido en la dieta básica forrajera del cuy, este forraje es consumido juntamente con complementos concentrados. El cuy lo consume con avidez llegando hasta 600 gramos por animal por día, administrado sin suplemento (Caycedo, V. A., 2000).

3.9 Cereales.

Las semillas de las gramíneas, tales como el maíz, trigo, arroz, cebada, avena y centeno, se constituyen en la principal fuente de energía en la dieta humana y animal debido a su alto valor energético y a su bajo costo en comparación con otros alimentos. El consumo de cereales data desde tiempos antiguos, las civilizaciones americanas como los mayas y los aztecas lo consumían, el maíz era el cereal que se cultivaba y actualmente continúa siendo el alimento básico de la dieta de la mayoría de la población mundial (Azcón-Bieto, J. y Talón, M., 2011). Las semillas de los cereales y específicamente los considerados en este estudio, presentan cambios fisiológicos en condiciones óptimas, donde en el germen se presentan la mayor parte de cambios que son de interés del estudio ya que hay una transformación importante de las cadenas proteicas principalmente.

3.9.1 Estructura de los cereales

El Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP, 2000) reporta que los granos de

cereales presentan características similares entre sí, a pesar de tener una composición química diferente, se encuentra similitud en las partes fundamentales de los cereales tales como:

- *El salvado o cáscara:* Serie de capas que cubren y protegen al endospermio y al germen; esta parte tiene alto contenido de celulosa que a su vez forma parte de la fibra, contiene algunas vitaminas del complejo B, Proteínas y hierro y no puede ser degradada por el organismo humano.
- *El germen o embrión:* se localiza cerca del extremo inferior del grano y es el que genera la nueva planta, contiene proteína, hierro, niacina, tiamina, riboflavina y un alto porcentaje de grasa que hace que el grano presente rancidez.
- *Endospermo o núcleo:* Es la parte de reserva del grano, que permite el desarrollo de una nueva planta, está formado por grandes cantidades de almidón y una proporción menor de proteína, el endospermo constituye la mayor porción del grano del cereal.

3.9.2 Valor nutritivo de los cereales.

La forma y el tamaño de las semillas es diferente, pero todos los granos de cereales tienen un valor nutritivo similar, las diferencias en el valor nutricional se presentan cuando los granos se someten a diferentes procesos para su utilización como fuente de alimento, los cereales aportan alrededor de 300 a 350 Kilocalorías por cada 100 gramos, por ello se consideran como fuente importante de energía de la dieta (T. Girbés P. Jiménez, 2013).

3.9.3 Maíz (*Zea mays*).

El maíz, palabra de origen prehispánico que significa “lo que sustenta la vida” es una forma domestica de una cepa de teosinte (*Zea mays ssp. Parviglumis*). Un “pasto” salvaje que pertenece a la familia de las gramíneas y cuyo nombre científico es *Zea mays*. Este cereal junto con el trigo, el arroz, es uno de los más importantes en el mundo. Su relevancia se debe a que suministra elementos nutritivos al hombre y a los animales, es materia prima básica para la industria, con él se produce almidón, aceites, proteínas, bebidas alcohólicas y edulcorantes alimenticios (UNAM, 2013).

El maíz presenta niveles bajos en proteína estimado en 9,4% y es deficiente en lisina, triptófano, calcio y fósforo aprovechable por los no rumiantes, sin embargo, el empleo de enzimas fitasas permite elevar el nivel de fósforo aprovechable. Su contenido de energía lo proporciona el endospermo almidonoso con aportes de 3400 Kilocalorías/ED y el germen que contiene aceite (3-4 %), se considera fuente de vitamina E, pero con bajo niveles de vitaminas A y B. Asimismo posee pigmentos como la xantofila, importante en la alimentación de gallinas ponedoras, no presenta restricciones nutricionales en su composición que limiten el nivel de inclusión en las raciones elaboradas para alimentar especies pecuarias (Holgado, F.D., Hernández, M.E., Torres, J.C. y Fernández, J. L., 2010).

3.9.4 Trigo (*Triticum sp.*)

Pertenece a la familia de las gramíneas, es una planta que produce grano y se puede transformar en harina. El grano de los cereales es un fruto con una sola semilla llamada cariospe, en la que el tegumento o testa del fruto se encuentra adherido a la semilla. El trigo se compone

principalmente de tres partes: pericarpio: 12 a 14%, endospermo 81 a 83% ,germen 2 a 3%; el pericarpio, las envolturas del grano y las células de la aleurona, forman lo que industrialmente se conoce como afrecho o salvado (Universidad de la República del Uruguay, 2016).

- *El pericarpio:* Compuesto por el epicarpio, el mesocarpio y el endocarpio, corresponde al 4% del grano. En esta parte se encuentran células intermedias de pared fina, células alargadas longitudinalmente y células tubulares. Es la capa protectora del grano y constituye el salvado (células rectangulares • células cruzadas • células tubulares • hipodermis) («Granos procesos», 2016).
- *El endospermo:* Ocupa entre el 80 y el 85 % del peso seco del grano maduro, es el tejido de almacenaje de almidón y proteína, puede ser de textura dura o blanda, el almidón del endospermo de los cereales está compuesto en un 70 a 80% por amilopectina y el resto por amilosa, el almidón forma gránulos esféricos, la proteína llena los espacios inter granulares, El endospermo o albumen, rodeado de aleurona, es la parte mayoritaria del grano, que servirá de reserva al germen en caso de germinación. El albumen se constituye principalmente por gránulos de almidón, cautivos en una red de materia proteica («Granos procesos», 2016).
- *El germen o embrión:* representa alrededor del 2% del peso seco, según la solubilidad las proteínas del trigo se clasifican en albúminas y globulinas las cuales tienen funciones metabólicas y estructurales, además se encuentran las gliadinas y gluteninas que son de reserva, son llamadas prolaminas, estas últimas forman el gluten (son el 70 a 80% de las proteínas del trigo) y dan las características físicas a la masa y la calidad panadera de los granos. Las albúminas y globulinas no

están asociadas al endospermo, sino que se ubican en el embrión y en la periferia del grano, se componen de la plúmula, radícula y escutelo, separan el embrión del endospermo rico en grasas, proteínas y Vitamina B1. Además de otras vitaminas que hacen parte de las vitaminas hidrosolubles del grupo B, el germen del trigo es muy rico en vitamina E, todas las vitaminas se concentran en la periferia del grano (Granos procesos, 2016).

3.9.5 Cebada (*Hordeum vulgare*)

Los granos de cebada se componen de una parte externa constituida por algunas capas secas y duras, las cuales protegen al grano, denominadas glumas y glumillas que son estructuras florales en forma de hoja que encierran a las cariósides de los cereales (Serna Saldívar, S. R.O., 2009).

Las cubiertas más externas forman parte del pericarpio, que se subdivide en epicarpio, protegido por cutículas y vellosidades, mesocarpio formado por células transversales y el endocarpio formado por células tubulares. El pericarpio protege a la semilla, formada por germen y endospermo, rodeada por su propia envoltura. La capa más externa del endospermo, de naturaleza proteica se denomina capa de aleurona, que en la mayoría de los cereales está compuesta por una sola capa de células, pero en la cebada hay dos o cuatro estratos. La capa de aleurona es muy importante durante la germinación porque sintetiza enzimas indispensables para lograr desdoblar el almidón que se encuentra en el endospermo (Desrosier, N., 1999).

3.9.6 Avena (*Avena sativa*).

El grano de avena está compuesto por un 3% de embrión, 30% de salvado y 57% de endospermo harinoso, aunque estas proporciones pueden oscilar notablemente entre las diferentes variedades

y con la climatología y condiciones de cultivo. La avena es el cereal de menor valor energético, como consecuencia de su alto contenido en fibra y lignina y su bajo nivel de almidón, el contenido en β -glucanos es elevado, pero inferior al de la cebada. Tiene una proporción apreciable de fibra efectiva, por lo que resulta adecuada en piensos de vacas de leche, conejos, caballos y cerdas gestantes (Chávez, J. y Gómez, S., 1999).

El grano tiene un elevado contenido en grasa (4,9%) altamente insaturada (35% de ácido oleico y 39% de linoleico), por lo que tiende a producir canales blandas si se usa como único cereal en el pienso, por la misma razón, presenta riesgo de enranciamiento, lo que debe tenerse en cuenta en el control de calidad de este ingrediente (Calsamiglia Blancafort, Ferret, & Bach, 2017).

3.10 Alimentos de origen agroindustrial.

Este tipo de alimentos, tienen su origen en los diferentes procesos de beneficio agroindustrial de cereales como el maíz, trigo, cebada, avena y arroz, procesos en los que se genera gran variedad de residuos que se pueden utilizar en la alimentación animal e incluyen todas las materias primas que se han utilizado para la elaboración de alimentos conocidas como materias primas convencionales de amplia utilización en la elaboración de balanceados y las no convencionales cuyo uso es limitado y pueden ser una alternativa de aprovechamiento (Caycedo, VA., 2000).

3.11 Forrajes hidropónicos y granos germinados en la alimentación de los cuyes.

En la producción de cuyes es de gran importancia la disponibilidad de alimento independientemente del tipo de producción que se tenga instalado, se destacan dos aspectos relacionados con el suministro de alimentos a saber:

- La crianza de cuyes en espacios reducidos. Gran cantidad de explotaciones se encuentran en minifundios donde no hay lugar a una expansión de la crianza y los espacios para el cultivo de los pastos son muy reducidos, limitando el incremento en la población de animales y por consiguiente la obtención de mayores ingresos dentro de la unidad de producción familiar (Caycedo, V. A., 2000).
- Sistemas de alimentación en temporada de sequía. El problema de alimentación se vuelve crítico tanto en explotaciones familiares como comerciales, no se manejan adecuadamente los sistemas de riego o se carece de él, esto trae como consecuencia una disminución notoria en la producción de los pastos y por consiguiente una reducción en la población de cuyes, obligando a la comercialización indiscriminada de animales de engorde y reproductores hembras y machos (Caycedo, V. A., 2000).

3.11.1 Forraje verde hidropónico

El forraje verde hidropónico se obtiene después de someter el grano (trigo, cebada, maíz, avena), a un proceso inicial de germinación durante 4 a 6 días con riego por goteo o aspersión y durante 5 a 6 días más aplicar una solución nutritiva para cosechar a los 12 días, hasta que las plantas alcanzan un tamaño de 25 a 30 cm de altura y alto valor nutricional. (Santos, 2007)

3.12 Alimentación complementaria.

La alimentación complementaria se usa para cubrir deficiencias nutricionales que presenta la dieta básica (forraje) del cuy, el alimento complementario debe ser palatable, digerible, económico, de fácil adquisición, disponibilidad y aceptación al consumo para lograr crecimiento

rápido del cuy; los complementos se formulan con materias primas regionales como subproductos de cereales, salvados, mogolla, afrecho de trigo, maíz, cebada, avena y quinua, los cuales son fuente de energía y fibra (Beltran, GRA.; López, Ch. L.V. y Caycedo, A., 1984).

Los complementos concentrados para la alimentación del cuy pueden elaborarse con fuentes de energía como subproductos de los granos de cereales, mogolla de trigo, salvado de maíz, trigo, arroz, y melaza, fuente de proteína como torta de soya, algodón, ajonjolí. Como fuente de minerales se utiliza la harina de hueso, calcio y pre mezcla de vitaminas – minerales y melaza como compactante y saborizante (Caycedo V. A.; J, Zamora B. Á.; M, Echeverry P. S., Enríquez CH., Ortega D. E., Burgos V. M., Caycedo E. M. A., 2011).

3.12.1 Granos germinados.

Otra alternativa de alimentación que se utiliza en cuyes, son los forrajes de granos germinados, los cuales constituyen un suplemento importante logrando remplazar en alto porcentaje los balanceados comerciales a menor costo, es un alimento de alto rendimiento y se puede producir en lugares donde escasean los forrajes, en zonas donde el grano tiene bajo costo, en áreas donde no se cuenta con gran extensión de tierra (Caycedo, VA., 2000).

3.12.2 Uso de germinados en alimentación de cuyes.

La alimentación del cuy tiene un rol muy importante en la producción cuyicola, el suministro apropiado de nutrientes contribuye con el incremento en la productividad, el conocimiento de los requerimientos nutritivos permite poder elaborar raciones balanceadas que logren satisfacer las

necesidades de mantenimiento, crecimiento y producción (Saravia, J.; Gómez C.; Ramírez, S. y Chauca. L. 1994.).

En la crianza de cuyes se recomienda suministrar alimentación mixta, es decir, proporcionar alimento vegetal (forraje) y alimento concentrado. Los forrajes mas usados en la alimentacion de cuyes en clima frio los raigrases tetraploides *lolium sp*, la alfalfa *medicago sativa*, el trebol *trifolium repens* hoja de maiz *Zea mays*, en clima medio y calido el pasto elefante, *Pennisetum purpureum*. kingras *Saccharum sinense*, imperial *axonopus escoparius* ramio *bohemeria nivea*.

El alimento concentrado se utiliza en menor proporción que el alimento vegetal, sin embargo hay casos en los que su relación puede incrementarse como consecuencia de la escasez de pastos, situación que se da por la sequía, de ahí se puede hacer balanceados en la finca usando cereales como maiz, trigo, cebada, avena y optar por alternativas alimenticias como el uso de germinados de cereales, estos se producen en poco espacio y sin necesidad de grandes extensiones de tierra. Los germinados son granos de cereales que han iniciado el proceso de germinación, que se lleva por un periodo de 5 a 7 días, se producen sin ningún sustrato en bandejas plásticas dispuestas en torres o módulos (Saravia, J.; Gómez C.; Ramírez, S. y Chauca. L.1994)

La disponibilidad o fácil acceso a granos de avena, cebada, trigo. y maiz, permite tener la alternativa de producción y uso de germinados. En un estudio realizado por Zaldivar y Chauca en el año 1997 suministraron granos germinados de cebada y frijol chino, con 5 días de germinación en cuyes en crecimiento, se determinó que los pesos a la sexta semana de edad en los que recibían hoja de maíz alcanzaban 750 g. Los cuyes que recibieron germinados alcanzaron pesos

inferiores, sobre la séptima semana tuvieron decrementos de peso y mortalidades sobre la octava semana. Aparentemente por recibir aportes insuficientes de germinado (30 g) que conllevan a deficiencias de vitamina C.

Evaluando el crecimiento de cuyes entre la segunda y la duodécima semana de edad, se encontró incrementos diarios de 6,8 y 8,8 con maíz y cebada germinada, respectivamente. El incremento logrado de 9,8 g con alimentación convencional (concentrado con 17 por ciento de proteína más chala de maíz) fue superior al compararlo con la alimentación con germinados. Las conversiones alimenticias en materia seca son de 5,1 y 4,0 para el caso de maíz y cebada germinada, respectivamente (Saravia, J.; Gómez C.; Ramírez, S. y Chauca. L., 1994).

Las proteínas contenidas en los germinados son mucho más asimilables que una semilla seca, las complejas cadenas de proteínas se desdoblán en aminoácidos esenciales, como la lisina (Garcés, A., 2008).

3.13 Germinación de semillas.

La germinación está influenciada tanto por factores internos como externos, algunos de los factores externos que regulan el proceso de germinación son: el grosor de la testa, disponibilidad de agua, temperatura y tipos de luz; dentro de los factores internos están la viabilidad del embrión, la cantidad y calidad del tejido de reserva y los diferentes tipos de dormancia. El estudio de la biología y fisiología de las semillas es importante para el hombre, ya que la mayoría de las especies cultivadas como los cereales son propagadas a partir de semillas sexuales (Russo, Bruton, & Sams, 2010).

El proceso de germinación está constituido por varias fases tales como la absorción de agua por la semilla o imbibición, la activación del metabolismo y proceso de respiración, la síntesis de proteínas y movilización de sustancias de reserva, la elongación del embrión y ruptura de la testa a través de la cual se observa salida de la radícula. Para que la semilla cumpla con su objetivo, es necesario que el embrión se transforme en una plántula que sea capaz de valerse por sí misma, mediante mecanismos metabólicos y morfogénéticos, conocidos como proceso de germinación (Russo et al., 2010)

- *Dormancia:* Es la capacidad de las semillas para retrasar el proceso de germinación hasta que las condiciones ambientales sean ideales, que permitan los mecanismos de sobrevivencia.
- *Dormancia primaria:* Es el tipo de dormancia más común, está dado por factores exógenos y endógenos.
- *Dormancia exógena:* Hace referencia a las condiciones ambientales básicas que determinan el proceso de germinación como disponibilidad de agua, luz y temperatura (Fenner, M., 2000) La absorción de agua por parte de la semilla está directamente influenciada por la presencia de la testa y la permeabilidad que ésta tenga al intercambio gaseoso. (Bewley J.D. and Black., 1994), (Finch-Savage W.E, Leubner-Metzger G, 2006) y (Melgarejo, L. M., 2010)

- *Dormancia endógena:* Es el tipo de dormancia que es inherente a las características internas de la semilla, entre estos se encuentran: dormancia por embriones rudimentarios, dormancia por inhibición metabólica y dormancia por inhibición osmótica.

3.13.1 Factores externos en la germinación de semillas.

Entre los factores ambientales externos más importantes que inciden en el proceso de germinación se destacan: la temperatura, la luz, la humedad y los gases (Russo et al., 2010).

- *La temperatura:* Esta magnitud está frecuentemente asociada con el proceso de germinación por afectar el porcentaje de germinación, la tasa diaria de germinación, la tasa de absorción de agua, la velocidad de las reacciones enzimáticas y el transporte de las sustancias de reserva. (Fenner, M., 2000) La temperatura es un factor decisivo en el proceso de la germinación, influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la rehidratación, la actividad de cada enzima tiene lugar entre un máximo y un mínimo de temperatura, existiendo un óptimo intermedio. Del mismo modo, en el proceso de germinación pueden establecerse unos límites similares, por ello las semillas sólo germinan dentro de un margen de temperatura, si la temperatura es muy alta o muy baja, la germinación no tiene lugar, aunque las demás condiciones sean favorables.

La temperatura mínima es aquella por debajo de la cual la germinación no se produce, y la máxima aquella por encima de la cual se anula igualmente el proceso. La temperatura óptima, intermedia entre ambas, puede definirse como la más adecuada para conseguir el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible.

Las semillas de especies tropicales suelen germinar mejor a temperaturas elevadas, superiores a 25 °C. Las máximas temperaturas están entre 40 °C y 50 °C (*Cucumis sativus*, pepino, 48 °C), sin embargo, las semillas de las especies de las zonas frías germinan mejor a temperaturas bajas, entre 5 °C y 15 °C como la *Fagus sylvatica* (haya), *Trifolium repens* (trébol), y las especies alpinas, que pueden germinar a 0 °C, en la región mediterránea, las temperaturas más adecuadas para la germinación son entre 15 °C y 20 °C, (Pérez García, F. y Martínez-Laborde, J.B., 1994), el trigo tiene una temperatura óptima de germinación entre 15 y 31 °C y el maíz entre 32 a 35 °C, la velocidad de germinación disminuye en las cercanías de la máxima temperatura cardinal (Azcón-Bieto, J. y Talón, M., 2011).

- *Luz:* En referencia a los requerimientos de luz necesarios para el proceso de germinación, las semillas se clasifican en tres grupos. El primer grupo corresponde o involucra a las semillas fotoblásticas positivas. En el segundo grupo están las fotoblásticas negativas y el tercer grupo están las semillas insensibles a la luz (Takaki, 2001).

- *Humedad:* Este factor climático se relaciona con la absorción de agua, que es el primer paso y el más importante durante la germinación, la semilla recupera su metabolismo de ahí es necesaria la rehidratación de sus tejidos.

La entrada de agua en el interior de la semilla se debe exclusivamente a una diferencia de potencial hídrico entre la semilla y el medio que le rodea, en condiciones normales, este potencial hídrico es menor en las semillas secas que en el medio exterior, por ello hasta que emerge la radícula, el agua llega al embrión a través de las paredes celulares de la cubierta seminal siempre a favor de un gradiente de potencial hídrico, aunque es necesaria el agua para la

rehidratación de las semillas, un exceso de la misma actuaría desfavorablemente para la germinación dificultando la llegada de oxígeno al embrión (Universitat Politècnica de Valencia, 2014).

3.13.2 Factores internos que afectan la absorción de agua.

La magnitud de la fase de imbibición está determinada por tres factores: Madurez, composición química y edad de la semilla que se relaciona con la permeabilidad de la cobertura seminal y disponibilidad de agua en el ambiente.

- *Madurez de la semilla:* La semilla de maíz cosechada en estado inmaduro absorbe agua más rápidamente que semillas en estado avanzado de madurez.
- *Composición química de la semilla:* Las semillas con alto contenido de proteína, absorben más volumen de agua y más rápidamente que semillas con contenidos altos de almidón. Semillas con altos contenidos de aceite, pero de bajo contenido de proteína se comportan parecido a semillas con almidón.
- *Edad de la semilla:* Conforme avanzan en edad las semillas, tienden a absorber agua más rápidamente. Este fenómeno se considera asociado a la pérdida de integridad de las membranas celulares. El exceso de agua puede ser tan pernicioso para la semilla como la carencia, sí el nivel de agua llega a excluir o restringir la penetración de oxígeno a la semilla, la germinación se retarda o no se produce en varias especies, en otras no se han observado daños. Como en la

germinación de semilla de arroz se puede acelerar por inmersión, por el contrario, la inmersión de semilla de poroto por períodos relativamente largos puede causar daños irreversibles.

- *Gases:* Estos elementos se requieren en los procesos de germinación, ya que este proceso requiere un consumo considerable de energía, en las células vivas los principales procesos generadores de energía son la respiración y la fermentación. Ambos procesos implican un intercambio de gases CO_2 y O_2 entre las células y el ambiente, la germinación estará, afectada por la composición de la atmósfera circundante.

La mayoría de las semillas germinan sin problemas en atmósferas con 21% de O_2 y 0,03% de CO_2 , aunque existen algunas semillas que aumentan su porcentaje de germinación al disminuir el contenido de O_2 por debajo del 20%, los casos mejor conocidos son los de *Typha latifolia* y *Cynodon dactylon*, las cuales germinan mejor en presencia de un 8% de O_2 que en la atmósfera normal. Algunas semillas pueden resistir bien condiciones de anaerobiosis, el arroz presenta un porcentaje de germinación igual al 80% en presencia de un 0,3% de O_2 .

El efecto del CO_2 es el contrario al del O_2 , la mayoría de las semillas no pueden germinar si se aumenta la concentración del CO_2 , por ello la mayor parte de las semillas requieren para su germinación un medio suficientemente aireado que permita una adecuada disponibilidad de O_2 y CO_2 . De esta forma el embrión obtiene la energía imprescindible para mantener sus actividades metabólicas, para que la germinación tenga éxito, el O_2 disuelto en el agua de imbibición debe poder llegar hasta el embrión, algunos elementos presentes en la cubierta seminal como compuestos fenólicos, capas de mucílago, macroesclereidas, pueden obstaculizar la germinación

de la semilla porque reducen la difusión del O₂ desde el exterior hacia el embrión (Azcón-Bieto, J. y Talón, M., 2011).

3.13.3 Factores internos en la germinación de semillas.

- Con respecto a los factores internos que afectan la germinación, se tendrá en cuenta la madurez y la viabilidad de las semillas (Universitat Politècnica de València, 2014).
- *Madurez de las semillas:* Una semilla es madura cuando ha alcanzado su completo desarrollo tanto desde el punto de vista morfológico como fisiológico. La madurez morfológica se consigue cuando las distintas estructuras de la semilla han completado su desarrollo, dándose por finalizada cuando el embrión ha alcanzado su máximo desarrollo, también se relaciona con la deshidratación de los diferentes tejidos que forman la semilla (Universitat Politècnica de València, 2014).

La madurez se suele alcanzar sobre la misma planta, aunque la semilla sea morfológicamente madura, muchas semillas pueden ser incapaces de germinar, porque necesitan experimentar una serie de transformaciones fisiológicas, tales como la pérdida de sustancias inhibitoras de la germinación o la acumulación de sustancias promotoras de esta (Universitat Politècnica de València, 2014).

En general se necesitan reajustes en el equilibrio hormonal de la semilla y sensibilidad de sus tejidos para activar los distintos procesos fisiológicos de la semilla o grano, en la mayoría de las especies cultivadas, la madurez fisiológica se alcanza al mismo tiempo que la morfológica o

puede haber una diferencia de semanas, meses y hasta años entre ambas (Universitat Politècnica de València, 2014).

- *Viabilidad de las semillas:* Está proporcionada por el período de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar, es un período variable y depende del tipo de semilla y de las condiciones de almacenamiento (Universitat Politècnica de València, 2014).

3.14 Procesos de germinación.

En este proceso se identifican tres rutas respiratorias: glucólisis, ciclo de las pentosas fosfato y ciclo de Krebs, que son funcionales en las semillas embebidas, estas tres rutas producirán una serie de compuestos intermediarios del metabolismo vegetal, así como considerables cantidades de energía y poder reductor (Azcón-Bieto, J. y Talón, M., 1993a).

3.14.1 La respiración.

El objetivo principal del proceso respiratorio es la formación de ATP y pirimidín nucleótidos, necesarios para la intensa actividad metabólica que tiene lugar durante la germinación donde se identifican cuatro fases (Azcón-Bieto, J. y Talón, M., 1993 b).

Fase I: Se caracteriza por un rápido incremento en la respiración, que generalmente se produce antes de transcurridas 12 h desde el inicio de la imbibición, el aumento en la actividad respiratoria es proporcional al incremento de la hidratación de los tejidos de la semilla, el principal sustrato utilizado en esta fase es, posiblemente, la sacarosa.

Fase II: La actividad respiratoria se estabiliza entre las 12 y 24 h desde el inicio de la imbibición, probablemente las cubiertas seminales, que todavía permanecen intactas, limitan la entrada de O₂, la eliminación de la testa puede acortar o anular esta fase.

Fase III: Se produce un segundo incremento en la actividad respiratoria, que se asocia a la mayor disponibilidad de O₂, como consecuencia de la ruptura de la testa producida por la emergencia de la radícula. Otro factor que contribuye a ese aumento es la actividad de las mitocondrias, recientemente sintetizadas en las células del eje embrionario.

Fase IV: En esta última fase tiene lugar una alta disminución de la respiración, que coincide con la desintegración de los cotiledones, después que han movilizado las reservas almacenadas.

3.14.2 Movilización de sustancias de reserva.

Las semillas contienen cantidades relativamente importantes de reservas alimenticias, que permitirán el crecimiento y el desarrollo de la plántula hasta que ésta sea capaz de alimentarse por sí misma, estas reservas se encuentran en su mayor parte, formando cuerpos intracelulares que contienen lípidos, proteínas, carbohidratos y compuestos inorgánicos (Azcón-Bieto, J. y Talón, M., 2011).

Según el tipo de compuesto que almacenan, existen grandes diferencias entre las semillas, en los cereales predominan los hidratos de carbono, especialmente almidón, aunque también contienen proteínas y lípidos, en muchas semillas de importancia agrícola (avellana, almendro, ricino,

girasol, soja) se almacenan mayoritariamente lípidos (triglicéridos) como compuestos de reserva. Además, estas semillas suelen tener un alto contenido en proteínas. Un tercer grupo de semillas, entre las que se encuentran las leguminosas, almacenan proteínas junto con cantidades considerables de almidón, siendo en éstas los lípidos muy escasos, los compuestos de reserva pueden estar almacenados en el embrión (cotiledones) o en tejidos extraembrionarios, principalmente en el endospermo (Barcelo, Coll, J., G. Nicolas Rodrigo, B. Sabater Garcia y R. Sanchez Tamés, 1984).

Al iniciarse la germinación de las semillas, y cuando las células están suficientemente hidratadas, se produce una activación de la síntesis proteica y por lo tanto la formación de enzimas hidrolíticas que son las que promueven la movilización de las sustancias de reserva. La movilización de las sustancias de reserva requiere un proceso previo de hidrólisis para liberar los compuestos de menor peso molecular, que pueden ser utilizados durante el crecimiento inicial de la plántula, los productos de la hidrólisis sufren una serie de transformaciones metabólicas antes de ser transportados al eje embrionario en desarrollo (Azcón-Bieto, J. y Talón, M., 1993a).

3.14.2.1 Carbohidratos.

El hidrato de carbono más extendido en las semillas, como principal reserva energética es el almidón, está formado por los denominados granos de almidón (corpúsculos intracelulares), dichos granos muestran una apariencia característica en cada especie, pudiendo tener formas esféricas, elípticas, poligonales, etc. En la hidrólisis del almidón, sus componentes (la amilosa, y la amilopectina) son hidrolizados por la amilasa para generar glucosa, la degradación del almidón se incrementa progresivamente durante el proceso de germinación, primero lentamente

y luego de una forma más rápida que termina con la desaparición del polisacárido (Barcelo, Coll, J., G. Nicolas Rodrigo, B. Sabater Garcia y R. Sanchez Tamés., 1995).

3.14.2.2 Lípidos.

Constituyen un grupo de sustancias químicamente heterogéneas que tienen en común su solubilidad en disolventes orgánicos (éter de petróleo, hexano o cloroformo). Los lípidos de reserva predominantes en las semillas son los triglicéridos, en la movilización y metabolismo de las reservas lipídicas están implicados tres tipos de orgánulos, las vesículas que contienen aceites almacenados (cuerpos lipídicos), los glioxisomas y las mitocondrias. La degradación y metabolismo de los lípidos se produce en varias fases:

- Lipólisis de los triglicéridos para producir ácidos grasos y glicerol, se produce en los cuerpos lipídicos por acción de las lipasas que rompen los enlaces éster.
- Oxidación de los ácidos grasos a acetyl CoA y posterior formación de succinato en los glioxisomas.
- Conversión de succinato a oxalacetato en las mitocondrias.
- Formación de sacarosa a partir de oxalacetato en el citoplasma (Azcón-Bieto, J. y Talón, M., 1993^a).

3.14.2.3 Proteínas.

La hidrólisis de las proteínas de reserva está catalizada por diferentes tipos de enzimas proteolíticas, agrupadas bajo el nombre de proteasas. A medida que progresa la germinación, las fracciones proteínicas de reserva se transforman en otras de menor peso molecular,

especialmente pequeños péptidos y aminoácidos. Los aminoácidos liberados pueden ser utilizados en la síntesis de nuevas proteínas en la plántula en desarrollo o para proporcionar energía mediante la oxidación de su esqueleto carbonado. En los cereales las proteínas se almacenan en los gránulos de aleurona acumulados, a su vez, en la capa de aleurona. En las semillas de dicotiledóneas la degradación de las proteínas de reserva se corresponde generalmente, con una acumulación de aminoácidos libres en los cotiledones (Barcelo, Coll, J., G. Nicolas Rodrigo, B. Sabater Garcia y R. Sanchez Tamés, 1984).

3.14.2.4 Ácidos nucleicos.

La replicación del ADN es un fenómeno relativamente tardío en la germinación, iniciándose después de que tenga lugar una síntesis considerable de proteínas, la codificación de estas ha intervenido un ADN preexistente, formado probablemente durante las fases de maduración de la semilla. El ARN tanto en las capas de aleurona de cereales como en los cotiledones de las leguminosas, se han detectado varias ribonucleasas cuya función es la de degradar el ARN en nucleótidos que son transportados al embrión para la síntesis de sus ARNS propios (Azcón Bieto, J. y Talón, M., 1993a).

Sin embargo, se ha demostrado que los nucleótidos que llegan al embrión no son suficientes para mantener su crecimiento, por lo que en los embriones debe haber también una síntesis de nucleótidos, utilizando probablemente el nitrógeno de las reservas proteicas. Es importante conocer todos los aspectos relacionados con el metabolismo de las semillas, sobre todo en las especies cultivadas de interés industrial, como el malteado de los granos de cebada (*Hordeum vulgare*) en el proceso de fabricación de la cerveza, que mediante la activación de las enzimas

hidrolíticas se produce la hidrólisis de las sustancias de reserva del endospermo (Azcón-Bieto, J. y Talón, M., 1993a).

3.15 Metabolismo de la germinación en cereales.

En los frutos de los cereales, la cubierta seminal está soldada al pericarpio. Debajo del mismo, se encuentra la capa de aleurona, constituida por unas pocas capas de células rectangulares de pequeño tamaño y en las que se encuentran las reservas proteicas de la semilla. La capa de aleurona recubre al endospermo, que es voluminoso y en él se almacenan las reservas de almidón principalmente. Las células de la capa de aleurona permanecen vivas en la semilla madura, mientras que las del endospermo son células muertas. El embrión está conectado con el endospermo a través del escutelo, el cual deriva de la transformación de su único cotiledón (Azcón Bieto, J. y Talón, M., 2011). Los acontecimientos metabólicos más relevantes en el proceso de germinación de los cereales son:

- El embrión rehidratado libera giberelinas, que se difunden hacia el endospermo a través del escutelo.
- Las giberelinas liberadas en el endospermo, al llegar a las células de la capa de aleurona, inducen la producción de enzimas hidrolíticas.
- Enzimas hidrolíticas sintetizadas como las amilasas, que se difunden hacia el endospermo para hidrolizar los granos de almidón a glucosa.

Las moléculas de glucosa liberadas son utilizadas por el embrión como fuente de energía en forma de ATP, las cuales llegan hasta el mismo por difusión, las enzimas hidrolíticas sintetizadas degradan las reservas restantes de proteínas, lípidos, y ácidos nucleicos. Dichas reservas son hidrolizadas a moléculas más sencillas, es decir, a aminoácidos, ácidos grasos, glicerol y

nucleótidos respectivamente, el embrión ya dispone de las moléculas estructurales y de la energía necesaria para iniciar la síntesis de sus propias moléculas, finalmente el embrión después de diferenciarse y crecer se convertirá en una joven plántula (Azcón Bieto, J. y Talón, M., 1993a).

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Localización.

El estudio se realizó en el departamento de Nariño, ubicado al sur occidente de Colombia, ciudad de San Juan de Pasto, Vereda Buesaquillo, paralelo del Ecuador a 01.08.990 Norte, 077.20.001 Oeste, a una altura de 2.720 msnm, temperatura promedio de 15 °C. En las instalaciones del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA – Regional Nariño - Centro internacional de producción Limpia Lope- (C.I.P.L.Lope) Programa de Producción de Cuyes (IDEAM, 2016) y el Laboratorio de Bromatología Animal de la Universidad de Nariño.

4.2 Unidades experimentales.

Para el estudio se tomó como población los 1080 cuyes Línea Perú de los galpones de reproducción N° 1 y 2 del programa de cuyes del SENA, Regional Nariño, Centro Internacional de Producción Limpia, Lope, de los cuales 250 son animales hembras en destete y 170 animales machos en destete, de esta población se sacó la muestra formada por 125 cuyes machos *línea Perú* de dos semanas de edad, con peso promedio al destete de 266 g. Los animales se seleccionaron y distribuyeron mediante aleatorización estratificada, en cinco tratamientos, cinco repeticiones con cinco animales en cada jaula, se dispuso de comedero para el suministro de forraje y para el complemento. Los animales recibieron como dieta base, raigrás aubade (*Lolium* sp.) y complemento elaborado a base de harina de germinado de cereal, según cada tratamiento.

4.3 Alimentación y tratamientos.

El programa cuyícola del SENA – Regional Nariño. Centro Internacional de Producción Limpia Lope, cuenta con área específica para cuyes, donde se cultiva el forraje de la variedad raigrás aubade (*Lolium* sp.). En todos los tratamientos se utilizó como alimento base el pasto raigrás aubade y complementos nutricionales. Los complementos se prepararon con similares contenidos de proteína, energía y se incorporó la harina de los germinados de cereales según el tratamiento; Los cereales que se emplearon fueron: maíz (*Z. mayz*), trigo (*triticum* sp.), cebada (*H. vulgare*) y avena (*A. Sativa*) estos cereales fueron cultivados en fincas de productores del Municipio de Providencia (maíz), Ospina (trigo y avena) y Yacuanquer (cebada).

La formulación de los complementos para el estudio se realizó con 20% de proteína y 3000 Kcal/EDigestible, se utilizaron materias primas convencionales y la harina de germinado para cada tratamiento según lo planteado en el estudio.

4.3.1 Composición nutricional de las dietas (Germinados).

El análisis bromatológico del forraje y harina de cereales germinados se realizó para determinar los aportes nutricionales y definir la cantidad de cada harina de germinado en la formulación de los complementos. Mediante análisis proximal de Weende, se determinó materia seca (MS), humedad(H), ceniza (Ceniza), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), extracto libre de nitrógeno (ELN). Fibra detergente ácido (FDA), Fibra detergente neutra (FDN), hemicelulosa, celulosa y lignina, por método Goering y Van Soest (1970). Se estimó además, el contenido energético para los germinados y forraje, mediante la valoraciones de Weiss W.P. (1993) y Osborn (1978) (Osborne, DR. and Voogt, P., 1978).

$$\text{Edig/MgaCal/KgMS} = 6,149 - (0,178 * \% \text{ FDA}) - 0,22(\% \text{Hemicelulosa}) + 0,114(\% \text{Celulosa})$$

$$\text{McalED/Kg/MS} = 0.0504(\text{PC}) + 0.02(\text{FC}) + 0.77(\text{EE}) + 0.011(\text{ELN}) + 0.000377(\text{ELN})^2 - 0.152$$

Las determinaciones de Ca, P, Mg y S se realizaron por mineralización, vía húmeda, para ser determinados y cuantificados espectrofotométricamente.

La composición nutricional del raigrás aubade (*Lolium* sp.) suministrado a los animales en la presente investigación fue: Materia seca (MS) 14,6%, Proteína (P) 17,95%, Ceniza 12,56%, Extracto Etéreo (EE) 4%. Fibra 21,65%. Extracto libre de nitrógeno. (ELN).43,85%. Nutrientes digestibles totales (NDT) 67,51.

Tabla 1. Composición química de harina de germinado de cereales.

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE GERMINADOS (%)							
GRANO	MS	PC	CENIZA	E E	FIBRA	ELN	NDT
Maíz	87	12,17	3,06	4,22	14,78	52,77	76
Trigo	88,5	18,09	3,15	2,24	17,76	44,86	74
Cebada	88,9	15,52	5,05	4,24	16,12	42,73	70
Avena	90,5	14,52	5,14	6,34	18,57	38	70

MS: materia seca; P: proteína; EE: extracto etéreo; ELN: extracto libre de nitrógeno.

Fuente: esta investigación

Los complementos se formularon con materias primas convencionales más la inclusión de cada uno de los cereales germinados en harina, formulación ajustada a proteína 20% y 3000 kilocalorías ED para cada tratamiento a saber, (Tabla 2, 3, 4, 5 y 6).

Tabla 2. Formulación de complemento testigo (T0)

MATERIAS PRIMA	CANTIDAD (K)	PROTEÍNA (%)	ED/Kcal/K
Maíz molido	15	9	3500
Trigo molido	5	12	3400
Mogolla de trigo	41	11	2900
T Soya	28	42	3400
H Pescado	3	60	3300
PVM	0,5	0	0
H hueso	0,5	0	0
Calcio	0,5	0	0
Sal marina	0,5	0	0
Melaza	6	2,5	2450
APORTE TOTAL	100	20,17	3082

P: Proteína, ED/ Kcal/K: Energía digestible/Kilocalorías por kilo.

Fuente: esta investigación.

Tabla 3. Formulación de complemento con harina de germinado de maíz (T1)

MATERIAS PRIMAS	CANTIDAD (K)	PROTEÍNA (%)	ED/Kcal/K
Maíz molido	0	9	3500
Trigo molido	0	12	3400
Mogolla de trigo	39	11	2900
H Germinado Maíz	25	12	3300
T Soya	25,7	42	3400
H Pescado	3,3	60	3300
PVM	0,5	0	0
H hueso	0,5	0	0
Calcio	0,5	0	0
Sal marina	0,5	0	0
Melaza	5	2,5	2450
APORTE TOTAL	100	20,18	3061

P: Proteína, ED/ Kcal/K: Energía digestible/Kilocalorías por kilo.

Fuente: esta investigación.

Tabla 4. Formulación de complemento con harina de germinado de trigo (T2)

MATERIAS PRIMAS	CANTIDAD(K)	PROTEÍNA (%)	ED/Kcal/K
Maíz molido	6	9	3500
Trigo molido	5	12	3400
Mogolla de trigo	33	11	2900
H Germinado trigo	25	18	3300
T Soya	20,5	42	3400
H Pescado	3,5	60	3300
PVM	0,5	0	0
H hueso	0,5	0	0
Calcio	0,5	0	0
Sal marina	0,5	0	0
Melaza	5	2,5	2450
APORTE TOTAL	100	20,10	3094

P: Proteína, ED/ Kcal/K: Energía digestible/Kilocalorías por kilo.

Fuente: esta investigación.

Tabla 5. Formulación de complemento con harina de germinado de cebada (T3)

MATERIAS PRIMAS	CANTIDAD (K)	PROTEÍNA (%)	ED/Kcal/K
Maíz molido	8,5	9	3500
Trigo molido	2	12	3400
Mogolla de trigo	30	11	2900
H Germinado-cebada	25	15	3189
T Soya	25	42	3400
H Pescado	2,5	60	3300
PVM	0,5	0	0
H hueso	0,5	0	0
Calcio	0,5	0	0
Sal marina	0,5	0	0
Melaza	5	2,5	2450
APORTE TOTAL	100	20,18	3087

P: Proteína, ED/ Kcal/K: Energía digestible/Kilocalorías por kilo.

Fuente: esta investigación.

Tabla 6- Formulación de complemento con harina de germinado de avena (T4)

MATERIAS PRIMAS	CANTIDAD (K)	PROTEÍNA (%)	ED/Kcal/K
Maíz molido	7	9	3500
Trigo molido	0	12	3400
Mogolla de trigo	34	11	2900
H Germinado avena	25	15	3306
T Soya	24	42	3400
H Pescado	3	60	3300
PVM	0,5	0	0
H hueso	0,5	0	0
Calcio	0,5	0	0
Sal marina	0,5	0	0
Melaza	5	2,5	2450
APORTE TOTAL	100	20,07	3086

P: Proteína, ED/ Kcal/K: Energía digestible/Kilocalorías por kilo.

Fuente: esta investigación.

Una vez elaborados los complementos, se procedió a su incorporación en las diferentes dietas, de la siguiente forma (Tabla 7).

Tabla 7. Dietas suministradas por tratamiento

TTO	DIETA
T0	Raigrás aubade + complemento elaborado con materias primas convencionales.
T1	Raigrás aubade + complemento elaborado a base de harina de germinado de maíz.
T2	Raigrás aubade + complemento elaborado a base de harina de germinado de trigo.
T3	Raigrás aubade + complemento elaborado a base de harina de germinado de cebada.
T4	Raigrás aubade + complemento elaborado a base de harina de germinado de avena.

La dieta se suministró a los animales una vez al día en horas de la mañana, previo pesaje de las cantidades suministradas a cada uno de los grupos experimentales.

Para el suministro de alimento se utilizaron los comederos incorporados en las jaulas, tanto para forraje verde como para el complemento: En la fase de levante se suministró 450 g/ forraje verde

y 25 g de complemento animal /día y en la fase de engorde se suministró 550 g/ forraje verde y 35 g de complemento animal/día.

4.3.2 Consumo de alimento.

El alimento consumido se registró diariamente para cada repetición, haciendo la diferencia entre la cantidad de forraje verde suministrado y la cantidad de forraje desperdicio, siendo éste el forraje que no es consumido por los animales debido a diferentes causas ajenas a la aceptación del alimento, de igual forma se registró la diferencia entre el complemento suministrado y el complemento desperdicio, estos registros se realizaron en ambas fases productivas.

Para determinar el consumo de alimento, se pesó el alimento ofrecido diariamente a los animales y el desperdicio, para el cálculo matemático se aplica la siguiente fórmula y se obtiene el resultado en gramos.

$$\text{Consumo de alimento (g)} = \text{Alimento ofrecido (g)} - \text{desperdicio (g)}$$

4.4 Diseño experimental.

Se utilizó el diseño al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones para cada tratamiento, las unidades experimentales correspondieron a los 125 cuyes machos *línea Perú* de dos semanas de edad, con peso promedio de 66 g/animal del programa de cuyes del SENA- Regional Nariño, en el C.I.P.L.Lope, en los que se estudiaron diferentes variables («» Diseño completamente al azar y ANOVA El blog de Víctor Yepes», s. f.).

El modelo estadístico correspondiente es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde

$$i = 1, 2, 3, \dots, t$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$\mu = \text{Media general}$$

$$T_i = \text{Efecto del tratamiento } i$$

$$E_{ij} = \text{error aleatorio}$$

$$Y_{ij} = \text{Variable respuesta en la } j\text{-ésima repetición del } i\text{-ésimo tratamiento}$$

4.5 Análisis estadístico.

El análisis estadístico se realizó con el programa INFOSTAT y posterior a la prueba de normalidad de las variables en estudio, se realizaron pruebas paramétricas y no paramétricas para el análisis de las varianzas según el cumplimiento de los supuestos para cada prueba («» Diseño completamente al azar y ANOVA El blog de Víctor Yepes», s. f.).

4.6 Variables Evaluadas

Para este estudio se tuvo en cuenta como parámetros productivos las variables: ganancia de peso, incremento de peso, rendimiento en canal. Variables con las cuales se determinó si la producción de cuyes se beneficia con la utilización de harina de germinados.

4.6.1 Peso (g).

El peso es la magnitud de medida de la masa, en este caso la masa que se medirá es la masa corporal del cuy en diferentes momentos del ciclo productivo, como el destete; peso ganado durante el periodo de lactancia (14 días), esta variable informa el peso de los animales con el cual se inició el estudio, seguido del peso de levante y engorde que se mide a los 60 y 90 días respectivamente.

4.6.2 Consumo total de materia seca (CTMS).

Es la resultante del producto en gramos, entre el consumo total de forraje verde más el consumo de complemento concentrado (alimento ofrecido), por el porcentaje de materia seca presente en el alimento ofrecido, medido en la fase de levante y engorde.

$$\text{CTMS (g)} = \text{Alim. ofre. (forraje + complemento)} \times \% \text{ MS del alimento ofrecido}$$

4.6.3 Incremento de peso.

Es la ganancia de peso del animal en gramos, en un periodo determinado de tiempo, que se medirá en la fase de levante y engorde, para la fase de levante fue la diferencia entre el peso a los 60 días menos el peso al destete. Para la fase de engorde fue la diferencia entre el peso a los 90 días menos el peso de la fase de levante, el pesaje se realizó a la misma hora con los animales en ayunas y con la misma balanza.

$$\text{Incremento de peso (g)} = \text{peso final} - \text{peso inicial}$$

4.6.4 Conversión alimenticia.

La conversión alimenticia evalúa la cantidad de kilos ganados por el animal con respecto a la cantidad de kilos de alimento consumidos, de ahí la conversión alimenticia es el valor que representa la relación entre el alimento consumido en materia seca (MS) y el peso (kilogramo de carne) ganado por el animal en un periodo de tiempo determinado. Que en este caso se midió en la fase de levante y engorde.

$$\text{Conversión alimenticia (CA)} = \frac{\text{Alimento Ofrecido (MS)}}{\text{Peso Final} - \text{Peso inicial}}$$

4.6.5 Consumo o aporte de proteína del alimento.

El consumo o aporte de proteína es el contenido proteico presente en el alimento ofrecido (CPF o CPC), se discriminó el consumo de proteína del forraje y del complemento. El cálculo se obtiene del consumo de materia seca por el porcentaje de proteína del alimento neto consumido. Además, se realizó el cálculo del consumo total de proteína (CTP), que es la resultante de la suma del consumo de proteína del forraje más el consumo de proteína del complemento.

Consumo de proteína (F ó C) = alimento consumido X % de proteína

CTP = Consumo de proteína forraje + Consumo proteína complemento

4.7 Consumo o aporte de energía del alimento.

El consumo o aporte de energía es el contenido energético en NDT (Nutrientes Digestibles Totales) presente en el alimento ofrecido (CEF o CEC), se discriminó el consumo de energía del forraje y del complemento. El cálculo se obtiene del consumo de alimento por el porcentaje de aporte energético del alimento neto consumido. Además, se realizó el cálculo del consumo total

de energía (CTE), que es la resultante de la suma del consumo de energía del forraje más el consumo de energía del complemento.

Consumo de energía (CE) = Alimento consumido X % NDT

CTE = Consumo Energia Forraje + Consumo Energia complemento

4.8 % Mortalidad.

Es el porcentaje de animales que mueren respecto al total del lote, en un determinado periodo de tiempo según la etapa fisiológica del animal; se expresa en porcentaje, esta se clasificó según la causa de muerte y periodo de tiempo acorde a la fase fisiológica del animal.

$$\text{Porcentaje de Mortalidad} = \frac{\text{Número animales muertos}}{\text{Número de animales alojados}} * 100$$

4.9 Rendimiento en canal %.

La canal es la estructura anatómica que queda del animal, después de que el cuy es insensibilizado, sacrificado y eviscerado (se elimina, sangre, pelo, vísceras rojas y blancas), de allí se determina el rendimiento en canal, que se expresa en porcentaje. Se calculó con la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento en canal \%} = \frac{\text{Peso de la canal}}{\text{Peso vivo del animal}} * 100$$

V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Productividad y composición nutricional de los germinados.

Para la elaboración del complemento con harina de germinados, se programó la germinación de los cereales de maíz, trigo, cebada, avena. En la (Tabla 8), se observa el rendimiento obtenido a partir de los granos de cereales utilizados en el proceso de germinación.

Tabla 8. Rendimiento de grano seco de cereales en germinados (Kg/cereal)

Cereal	% H	GSMS (Kg)	GG Fresco/Kg	G.G.Seco/Kg.	Rendimiento %
Maíz	13	0,870	1,35	0,60	68,96
Trigo	11,5	0,885	1,19	0,58	65,53
Cebada	11,1	0,889	1,33	0,75	84,36
Avena	9,5	0,950	2,35	0,92	96,84

%Humedad, GSMS: Grano Seco Materia Seca, G.G.Fresco: Grano Germinado Fresco (G.G.Seco/Kg.) Grano Germinado seco

El proceso fisiológico o de germinación de las semillas de trigo y cebada, se presentó entre el quinto y séptimo día, a temperatura promedio de 22 °C, humedad relativa de 60% y nebulización controlada cada 24 horas, momento previo a que la semilla diera indicios de comenzar a producir clorofila; la germinación fisiológica de maíz y avena, se presentó entre el séptimo y décimo día.

En todos los cereales se presentaron pérdidas de biomasa (Tabla 8), desde la siembra del grano hasta su cosecha y secado. Quizá las mermas pudieron deberse a factores como la dureza de la testa, la solubilidad de parte del grano en el agua de imbibición, lo mismo que en la capacidad higroscópica de los mismos, debido a sus diferencias en el contenido y características del almidón que compone su endospermo.

El tiempo de germinación varió dependiendo principalmente del tamaño del grano y de su capacidad higroscópica, a mayor imbibición, menor fue el tiempo de germinación, confirmando que la consistencia del grano influye en el proceso de germinación, entre más blanda sea la testa, permitirá mayor absorción de agua, provocando abultamiento del grano y mayor aumento de peso representado en su rendimiento (Garcés, A., 2008).

El contenido en tipo y cantidad de amilosa o amilopectina presentes en el endospermo de los granos, pueden generar variaciones en el contenido de agua de los granos ya germinados, puesto que entre variedades y especies se reportan diferencias notables en cuanto a constitución de los almidones que integran esta fracción (Apráez, E.; Calderón, D. y Guerrero, L., 2017).

En el endospermo, el almidón está presente como gránulos intracelulares de diferentes tamaños, dependiendo de la especie de cereal, en el gránulo se encuentra la estructura de la amilopectina, polímero que le da menor solubilidad al almidón de los granos, también está ligada a la velocidad de germinación de los cereales (Karlsson, R.; Olered, R.; Eliasson, A., 1983).

Los germinados de avena y cebada (Tabla 8) fueron los cereales con mayor porcentaje de rendimiento respecto al grano sembrado, con 96,84 y 84,36 % respectivamente, quizá la dureza de la cubierta de las semillas que está constituida en gran parte por la lignina, no permitió el ablandamiento y solubilidad del endospermo y de esta manera evitó mayores pérdidas de biomasa. Con el geminado de maíz y trigo se observaron los menores rendimientos 68,96 y 65,53% respectivamente y mayor velocidad de germinación por ser granos desnudos a diferencia de la cebada y avena que son granos recubiertos (poseen glumas).

En el proceso de germinación los valores de proteína son superiores con respecto a los granos secos (Tabla 9), corroborando que a través de procesos enzimáticos la germinación permite el desdoblamiento de las proteínas en aminoácidos, la transformación de almidón en azúcares simples y de las grasas en ácidos grasos libres, características que incrementan sus propiedades nutricionales, físicas y de aprovechamiento de los granos empleados (Tabla 10).

Tabla 9. Composición química de granos secos de cereales %.

GRANO	MS	P	NDT
Maíz	88	9,4	78
Trigo	89	11,5	78
Cebada	89	10,2	75
Avena	90	11	72

MS: materia seca, P: proteína, NDT: Nutrientes digestibles totales.

Fuente: («Composición nutricional de la Cereales - Nutrientes para monogástricos», s. f.)

Tabla 10. Composición química de harina de germinados de cereales %.

GRANO	MS	P	NDT
Maíz	87	12,17	76
Trigo	88,5	18,09	74
Cebada	88,9	15,52	70
Avena	90,5	14,52	70

MS: materia seca; P: proteína; NDT: nutrientes digestibles totales.

Fuente: esta investigación.

Las proteínas contenidas en los germinados son mucho más asimilables que una semilla seca, las complejas cadenas de proteínas se desdoblán en aminoácidos (Garcés, A., 2008).

Para la formulación de los complementos para cuyes a base de harinas de germinados de maíz, trigo, cebada y avena, se consideró el aporte nutricional de estas harinas más los aportes de los ingredientes necesarios para la elaboración de un complemento balanceado, como el aporte en materia seca, proteína, fibra, minerales, vitaminas y melaza, los diferentes complementos se

elaboraron en igualdad de condiciones, la calidad de los ingredientes adicionales necesarios para la elaboración de los complementos balanceados fueron de la misma calidad, la presentación de la partícula de harina de germinados fue similar en los tratamientos y el testigo.

El complemento elaborado con harinas de germinados de maíz, trigo, cebada y avena, fue elaborado para suministrar en las fases de levante y engorde de cuyes según el estudio planteado, el complemento aportó los componentes nutricionales de proteína y energía en porcentajes similares (Tabla 11), la similitud en los aportes nutricionales se realizó con el fin de comparar el comportamiento productivo de los cuyes frente a la inclusión de la harina de germinado de cereales y el testigo.

Tabla 11. Composición nutricional de los complementos (%)

COMPLEMENTOS	PC	Ceniza	E.E.	Fibra	ELN	NDT
T0 MPC	20,17	0,87	4,76	6,17	56,03	70,36
T1 HGMaíz	20,19	0,76	4,24	8,98	53,83	69,88
T2 HGTrigo	20,07	0,60	2,6	9,18	55,55	70,63
T3 HGcebada	20,04	0,73	4,72	8,20	54,31	70,52
T4 HGAvena	20,07	0,70	6,65	9,14	51,44	70,66

T0.MPC: materias primas convencional, T1: maíz: Harina de germinado de maíz, T2. HGtrigo: Harina de germinado de trigo, T3: HGcebada. Harina de germinado de cebada, HG avena: Harina de germinado de avena, PC: proteína; E.E: extracto etéreo; ELN: extracto libre de nitrógeno. NDT: Nutrientes digestibles totales

Fuente: esta investigación

El nivel de proteína y energía de todos los tratamientos fue similar (alrededor de 20% de proteína y 70% de NDT) en razón a que se realizó su formulación, teniendo en cuenta el contenido proteico y energético de los diferentes ingredientes utilizados para hacer el balance, incluyendo las harinas de los germinados en estudio en cada tratamiento según los objetivos planteados.

Los niveles de fibra fueron mayores cuando se incluyó trigo y avena (9,18 y 9,14%) respectivamente, debido posiblemente, a la mayor proporción de pericarpio de las semillas. Los demás nutrientes como, ceniza y extracto libre de nitrógeno tuvieron baja variación entre los complementos y el extracto etéreo fue mayor la harina de germinado de avena, como consecuencia de las variaciones propias de sus ingredientes.

La germinación transforma las semillas y adquieren una composición en algunos casos superior al doble de proteínas, esto se evidencia con el complemento a base de harina de maíz germinado, se sabe que el maíz sin germinar se caracteriza por ser principalmente energético (Cabrera, A., 2004).

El pasto aubade (*Lolium* sp.) utilizado como alimento base en todos los tratamientos, tuvo un aporte nutricional de Proteína (P) 17,95%, Ceniza 12,56%, Extracto Etéreo (EE) 4%. Fibra 21,65%. Extracto libre de nitrógeno. (ELN).43,85%, el porcentaje de proteína de 17,95%, aporte importante teniendo en cuenta que el cuy crece y se desarrolla bien con contenidos de proteína entre 13 y 18%, 2860 y 2900 Kcal/Kg de energía digestible (ED) (Caycedo, A., 1985).

Los pastos comúnmente utilizados en zonas de clima frío son los raigrases anuales o perennes, entre ellos, aubade (*Lolium* sp.), gramíneas con altos contenidos de proteína (18-20%), vitaminas, minerales, elevado contenido de humedad y relativamente baja fibra (Coral, J. y Reyes, A., 1997). ; son pastos altamente consumidos por especies como el cuy, llegando hasta 600 gramos al día de forraje verde.

5.2 Variables productivas.

En este estudio los parámetros productivos que fueron evaluados en las fases de levante y engorde son: peso alcanzado, incremento de peso y rendimiento en canal, de los cuales el peso final alcanzado para sacrificio corresponde al peso de engorde, del que se obtiene como resultante post sacrificio el peso de la canal.

- Prueba de Normalidad.

Para el análisis estadístico de los datos de las variables de estudio, se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, con un p valor de 0,05, donde las variables: Peso levante/g, peso engorde/g, incremento de peso/engorde/g, conversión alimenticia/engorde presentaron un p valor >0,05, por tanto tienen una distribución normal, cumpliendo los supuestos de los estadísticos paramétricos (Anova y Pos Anova) (Tabla 12), Prueba de Tukey.

Las variables peso destete/g, C.T.M.S/levante/Kg, incremento de peso/levante /g, conversión alimenticia/levante, C.T.M.S/engorde/Kg presentaron un p valor <0,05, por ello no tienen distribución normal y se analizaran con estadísticos no paramétricos (Kruskal-Wallis) (Sendín, s. f.).

Tabla 12. Prueba de homogeneidad de varianzas, estadístico Levene.

	Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
PESO LEVANTE/g	,605	4	95	,660
PESO ENGORDE/g	2,191	4	95	,076
INCREMENTO DE PESO/ENGORDE/g	4,825	4	95	,001
CONVERSIÓN ALIMENTICIA/ENGORDE	4,274	4	95	,003

Con las variables que cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, se realizó un ANOVA, que plantea la hipótesis nula H_0 : los tratamientos evaluados tiene el mismo efecto sobre los pesos, incrementos y conversiones alimenticias evaluadas, al correr la ANOVA el p valor indica que se rechaza la hipótesis nula para peso de engorde (p valor 0.014) y para el incremento de peso de engorde (p valor 0.046), indicando que hay al menos un tratamiento que tiene un efecto diferente sobre los pesos e incrementos, tabla 12.

Con las variables que no cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis (Tabla 13) para muestras independientes, que plantea la hipótesis nula H_0 : los tratamientos evaluados tiene el mismo efecto sobre los pesos de levante, incrementos y conversiones alimenticias evaluadas, al correr la prueba el p valor indica que NO se rechaza la hipótesis nula para ninguna de las variables evaluadas indicado que los pesos de levante, incrementos y conversiones alimenticias son independientes a los tratamientos alimenticios implementados.

Tabla 13. Prueba de Kruskal Wallis.

Variable	Tto	N	Medias	p	Ranks
CTMS/. Levante/. Kg	0	20	0,08	0,649	54,10 A
	1	20	0,08		54,90 A
	2	20	0,08		51,30 A
	3	20	0,08		42,10 A
	4	20	0,08		50,10 A
CTMS/Engorde / kg	0	20	0,10	0,649	54,10 A
	1	20	0,10		54,90 A
	2	20	0,10		51,30 A
	3	20	0,10		42,10 A
	4	20	0,10		50,10 A
Incremento de Peso/Levante/g	0	20	11,25	0,590	48,38 A
	1	20	11,22		49,05 A
	2	20	11,46		52,30 A
	3	20	11,68		58,70 A
	4	20	10,81		44,08 A
Conversión/Alimenticia/Levante	0	20	7,10	0,633	49,00 A
	1	20	7,24		51,20 A
	2	20	7,04		48,60 A
	3	20	7,12		44,85 A
	4	20	7,81		58,85 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ho: la distribución de la variable es la misma entre las categorías de tratamiento

5.3 Consumo de alimento.

El consumo de alimento se estimó según la diferencia del forraje y el complemento ofrecido en las fases de levante y engorde.

En la (Tabla 14 y 15), se muestra el aporte de nutrientes: proteína y energía en las fases de levante y engorde respectivamente y en la (tabla 16 y 17), se muestra los consumos nutricionales estimados para las fases evaluadas.

Tabla 14. Aporte total de nutrientes (proteína y energía) en la fase de levante/g /animal/día.

TTO	SFV	AMS	APF	AEF	ATF	SC	APC	AEC	ATC
T0	450	65,70	11,79	44,35	56,15	25	5,04	17,59	88,70
T1	450	65,70	11,79	44,35	56,15	25	5,05	17,47	88,18
T2	450	65,70	11,79	44,35	56,15	25	5,02	17,66	88,60
T3	450	65,70	11,79	44,35	56,15	25	5,01	17,63	88,33
T4	450	65,70	11,79	44,35	56,15	25	5,02	17,67	88,63

SFV: Suministro de forraje verde, AMS: aporte de materia seca, APF: Aporte de proteína de forraje, AEF: Aporte de energía de forraje, ATF: Aporte total de forraje, SC: Suministro de complemento; APC: Aporte de proteína complemento, AEC: Aporte de energía complemento (g NDT), ATC: Aporte total de energía (g NDT)

A los animales se les suministró cantidades iguales de raigrás aubade (*Lolium sp.*) como dieta base, de la cual el aporte total de nutrientes fue: Aporte de materia seca del forraje con 65,70 g, aporte de proteína 11,79 g. y aporte de energía 44,35 g NDT, para el aporte total del forraje en la fase de levante de 56,15 g, los complemento elaborados a base de harina de germinados aportaron en proteína 5,04 g, el aporte de energía más alto fue en el tratamiento T4 con 17,67 g NDT, y el aporte de energía más bajo fue en el tratamiento T1 con 17,47 g NDT, para el mayor aporte total en el T2 con de 88,60 g NDT y el aporte menor en el T1 con 88,18 g NDT.

Tabla 15. Aporte total de nutrientes (proteína y energía) en la fase de engorde/g /animal/día.

TTO	SFV	AMS	APF	AEF	ATF	SC	APC	AEC	ATC
T0	550	80,30	14,41	54,21	68,62	35	7,06	24,63	173,85
T1	550	80,30	14,41	54,21	68,62	35	7,07	24,46	172,83
T2	550	80,30	14,41	54,21	68,62	35	7,02	24,72	173,65
T3	550	80,30	14,41	54,21	68,62	35	7,01	24,68	173,12
T4	550	80,30	14,41	54,21	68,62	35	7,02	24,73	173,72

SFV: Suministro de forraje verde, AMS: aporte de materia seca, APF: Aporte de proteína de forraje, AEF: Aporte de energía de forraje, ATF: Aporte total de forraje, SC: Suministro de complemento; APC: Aporte de proteína complemento, AEC: Aporte de energía complemento (g NDT), ATC: Aporte total de energía (g NDT)

En la fase de engorde el aporte de nutrientes en materia seca del forraje fue 80,30 g, aporte de proteína 14,41 g. y aporte de energía 54,21 g NDT, para el aporte total de nutrientes del forraje en la fase de engorde fue de 68,62 g, los complemento elaborados a base de harina de germinados aportaron en proteína 7,02 g, el aporte de energía más alto fue en el tratamiento T4 con 24,73 g NDT, y el aporte de energía más bajo fue en el tratamiento T1 con 24,46 g NDT, para el mayor aporte total en el T4 con de 173,72 g NDT y el aporte menor en el T1 con 172,83 g NDT.

Tabla 16. Consumo de la dieta en la fase de levante de cuyes (*Cavia porcellus*)

TTO	CTMS	CPF	CEF	CPC	CEC	CTP	CTE
T0	79,67	10,62	40,13	4,00	14,10	14,63	54,24 ^A
T1	79,67	10,80	40,82	4,04	14,13	14,84	54,95 ^A
T2	79,37	10,86	41,02	4,00	14,15	14,86	55,18 ^A
T3	78,74	10,83	40,92	4,07	14,38	14,91	55,30 ^A
T4	79,21	10,91	41,21	4,12	14,66	15,03	55,88 ^A

CTMS: consumo total de materia seca (g/día/a); CPF: Consumo proteína del forraje (g/día/a); CPC: Consumo proteína complemento.

Tabla 17. Consumo de la dieta en la fase de engorde de cuyes (*Cavia porcellus*)

TTO	CTMS	CPF	CEF	CPC	CEC	CTP	CTE
T0	103,07	13,10	49,03	5,61	20,04	18,72	69,34 ^A
T1	103,07	13,31	49,89	5,67	19,87	18,98	69,76 ^A
T2	102,77	13,32	50,11	5,60	19,80	18,93	69,91 ^A
T3	102,14	13,31	50,09	5,68	20,03	18,99	70,12 ^A
T4	102,61	13,33	50,14	5,71	20,19	19,05	70,34 ^A

CTMS: consumo total de materia seca (g/día/a); CPF: Consumo proteína del forraje (g/día/a); CPC: Consumo de proteína del complemento.

5.4 Consumo total materia seca durante la fase de levante (*C.T.M.S/levante/día*).

La media del consumo estimado total de materia seca en la fase de levante (*C.T.M.S/levante*), estuvo entre 78,74 g/para el tratamiento T3 y 79,67 gramos para el tratamiento T1 , siendo el máximo consumo para el T0 con 83 g y los tratamientos T1, T2, T3, T4, presentaron el mínimo consumo con valores iguales a 77 g; de acuerdo con el intervalo de confianza del 95%, ninguno de los tratamientos fue significativamente mayor que otro puesto que todos los intervalos se cruzan entre sí, el tratamiento con mayor variabilidad fue T0 y el menor fue T4.

5.5 Consumo de proteína y energía del forraje durante la etapa de levante

La media en el consumo estimado de proteína de forraje en levante *C.P.Forraje/Levante/día*, estuvo entre 10,62 g de proteína para el tratamiento T0 y 10,91 gramos de proteína para el tratamiento T4, siendo el máximo para el T4 con 10,95 gramos de proteína y mínimo para el tratamiento T1 con 10,61 g de proteína, de acuerdo al intervalo de confianza del 95%, ninguno fue significativamente mayor que otro puesto que todos los intervalos se cruzan entre sí, entre los tratamientos no hubo variabilidad.

La media en el consumo estimado de energía del forraje en NDT para levante *C.E.F/NDT/Levante/día*, estuvo entre 40,1 NDT para el tratamiento T0 y 41,2 NDT para el tratamiento T4, siendo el máximo para el T4 con 42,09 NDT y mínimo para el tratamiento T0 con 39,92 NDT, de acuerdo al intervalo de confianza del 95%, ninguno fue significativamente mayor que otro puesto que todos los intervalos se cruzan entre sí, los tratamientos no tuvieron variabilidad.

5.6 Consumo de proteína y energía del complemento durante la etapa de levante

La media en el consumo estimado de proteína del complemento para levante *C.P.C/g/levante/día*, estuvo entre 40,0 g de proteína para el tratamiento T0 y 41,25 gramos de proteína para el tratamiento T4, siendo el máximo para el T4 con 42,59 gramos de proteína y mínimo para el tratamiento T0 y T1 con 39,78 gramos de proteína, de acuerdo al intervalo de confianza del 95%, ninguno fue significativamente mayor que otro puesto que todos los intervalos se cruzan entre sí, el tratamiento con mayor variabilidad fue T4.

La media en el consumo estimado de energía del complemento en NDT para levante *C.E.C/NDT/Levante/día*, estuvo entre 14,10 NDT para el tratamiento T0 y 14,66 NDT para el tratamiento T4, siendo el máximo para el T4 con 15,11 NDT y mínimo para el tratamiento T0 con 13,99 NDT, de acuerdo al intervalo de confianza del 95%, ninguno fue significativamente mayor que otro puesto que todos los intervalos se cruzan entre sí, los tratamientos no tuvieron variabilidad.

5.7 Consumo total de proteína y energía en la etapa de levante.

La media del consumo estimado total de proteína en levante *C.T.P/Levante/día* estuvo entre 14,63 gramos de proteína para el tratamiento T0 y 15,03g de proteína para el tratamiento T4, siendo el máximo consumo para el T4 con 15,16 gramos de proteína y mínimo para el tratamiento T0 con 14,59g, de proteína, de acuerdo al intervalo de confianza del 95%, ninguno fue significativamente mayor que otro puesto que todos los intervalos se cruzan entre sí, los tratamientos con mayor variabilidad en el *C.T.P/Levante* fueron T0, T1 y T2 T4 con desviación estándar igual a 0,079 y el menor fue T4 con desviación estándar de 0,036.

La media de consumo estimado total de energía del alimento en levante *C.T.E/NDT/Levante/día*, estuvo entre 54,24 NDT para el tratamiento T0 y 55,88 NDT para el tratamiento T4, siendo el máximo para el T4 con 56,64 NDT y mínimo para el tratamiento T0 con 53,9 NDT, de acuerdo con el intervalo de confianza del 95%, ninguno fue significativamente mayor que otro puesto que todos los intervalos se cruzan entre sí, los tratamientos no tuvieron variabilidad.

5.8 Incremento de peso durante la etapa de levante

La media del incremento de peso/día en la fase de levante estuvo entre 10,80 g para el tratamiento T4 y 11,68 gramos para el T3, siendo el máximo para el T3 con 15,33 gramos y el mínimo para el tratamiento T4 con 5,76 g, de acuerdo con el intervalo de confianza del 95%, ninguno fue significativamente mayor que otro puesto que todos los intervalos se cruzan entre sí, el tratamiento con mayor variabilidad fue T4.

5.9 Conversión alimenticia en la etapa de levante

La media en la conversión alimenticia en la fase de levante estuvo entre 7,04 para el tratamiento T2 y 7,80 para el tratamiento T4, siendo el máximo para el T4 con 14,04 y mínimo para el tratamiento T1 y T3 con 5,28, de acuerdo con el intervalo de confianza del 95%, ninguno fue significativamente mayor que otro puesto que todos los intervalos se cruzan entre sí, el tratamiento con mayor variabilidad fue T4 y el menor fue T2.

5.10 Consumo total materia seca durante la fase de engorde (*C.T.M.S/Engorde*).

La media del consumo estimado total de materia seca en la fase de engorde *C.T.M.S/Engorde/día*, estuvo entre 10,21 g para el tratamiento T3 y 10,30 gramos para el

tratamiento T0 y T1, siendo el máximo consumo para el T0 con 10,6 g y el tratamientos T3, presentó el mínimo consumo con 10,0 g; de acuerdo con el intervalo de confianza del 95%, ninguno de los tratamientos fue significativamente mayor que otro puesto que todos los intervalos se cruzan entre sí, el tratamiento con mayor variabilidad fue T0.

- Efecto de los complementos sobre parámetros productivos en cuyes

En la (tabla 18 y 19), se registra los efectos de las dietas sobre los parámetros productivos de los cuyes, que recibieron complementos con harina de germinados de cereales.

Tabla 18. Parámetros productivos de cuyes en fase de levante.

TRATAMIENTOS	CTMS	IP	CA
T0	79,67 ^A	11,24 ^A	7,09 ^A
T1	79,67 ^A	11,22 ^A	7,24 ^A
T2	79,37 ^A	11,46 ^A	7,04 ^A
T3	78,74 ^A	11,67 ^A	7,12 ^A
T4	79,21 ^A	10,80 ^A	7,80 ^A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) entre tratamientos
 CTMS: consumo total de materia seca (g/día/a); IP: Incremento de peso (g/día/a); CA: conversión alimenticia.

Tabla 19. Parámetros productivos de cuyes en fase de engorde.

TRATAMIENTOS	CTMS	IP	CA
T0	103,07 ^A	8,88 ^A	11,37 ^A
T1	103,07 ^A	9,49 ^A	10,88 ^A
T2	102,77 ^A	8,83 ^A	11,65 ^A
T3	102,14 ^A	9,67 ^A	10,78 ^A
T4	102,61 ^A	9,08 ^A	11,56 ^A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) entre tratamientos.
 CTMS: Consumo total de materia seca (g/día/a); IP: Incremento de peso (g/día/a); CA: conversión alimenticia.

El consumo estimado total de la materia seca en la fase de levante y engorde, no reportó diferencias estadísticas ($P>0,05$); es decir, tanto el aporte de materia seca del forraje, como el aporte de materia seca del complemento elaborado con las diferentes harinas de germinados, fueron consumidos en cantidades similares, entre 78,74 para el tratamiento T3 – 79,67 g/día/animal para el tratamiento T0 y T1 y entre 102,14– 103,07 g/día/animal para los tratamientos T2 y T0 respectivamente, en levante y engorde respectivamente, lo que sugiere que se puede utilizar la harina de cualquiera de estos cereales germinados, en la elaboración de suplementos para cuyes en ambas fases, sin que el consumo se vean afectado.

Estos resultados ponen de manifiesto la regulación del consumo voluntario que realiza el cuy. Una ración más concentrada nutricionalmente en carbohidratos, grasa y proteínas determinan un menor o mayor consumo. Al no haberse observado diferencias en consumos, puede especularse que factores como la palatabilidad no lo afectaron, sin embargo, no existen pruebas que indiquen que la mayor o menor palatabilidad de una ración tenga efecto sobre el consumo de alimento a largo plazo (Mc Donald, P.; Edwards, R.; Greenhalgh, J., 1981). El consumo es uno de los indicadores más importantes de la calidad del alimento ofrecido y su digestibilidad (Timarán, S. y Cevallos, H., 1984).

Así mismo, Carballo, C., (2000) asevera que los complementos obtenidos de los cereales germinados de cebada y trigo, son los más adecuados para la alimentación animal, por su textura y el buen sabor de sus brotes, además de las propiedades nutritivas que contienen y la energía para crear una nueva planta.

5.11 Consumo de proteína y energía del forraje durante la fase de engorde

La media en el consumo estimado de proteína de forraje en engorde *C.P.Forraje/Engorde*, estuvo entre 13,10 g de proteína para el tratamiento T0 y 13,33 gramos para el tratamiento T4, siendo el máximo para el T1 con 13,54 g y mínimo para el tratamiento T0, con 13,05 g, de acuerdo al intervalo de confianza del 95%, ninguno fue significativamente mayor que otro puesto que todos los intervalos se cruzan entre sí, los tratamiento con mayor variabilidad fueron T1 y T2 con igual desviación estándar.

La media en el consumo estimado de energía de forraje en engorde *C.E. Forraje/Engorde*, estuvo entre 49,30 para el T0 y T4 50,14 NDT, de acuerdo con el intervalo de confianza del 95%, ninguno fue significativamente mayor que otro puesto que todos los intervalos se cruzan entre sí, los tratamientos con mayor variabilidad fueron T0 y el menor fue T3 y T4.

5.12 Consumo de proteína y energía del complemento durante la fase de engorde.

La media en el consumo estimado de proteína del complemento para engorde *C.P.C/Engorde*, estuvo entre 56,07 g de proteína para el tratamiento T2 y 57,16 gramos para el T4, siendo el máximo para el T4 con 57,20 g y mínimo para el tratamiento T2 con 56,50 g, de acuerdo al intervalo de confianza del 95%, ninguno fue significativamente mayor que otro puesto que todos los intervalos se cruzan entre sí, En los tratamientos con mayor variabilidad fue en el T0, 43,33 g y la menor fue en el T4 con 72,2 g.

La media en el consumo estimado de energía del complemento en NDT para engorde *C.E.C/NDT/Engorde*, estuvo entre 19,80 NDT para el tratamiento T2 y 20,19 NDT para el

tratamiento T4, siendo el máximo para el T0 con 21,47 NDT y mínimo para el tratamiento T3 con 19,73 NDT, de acuerdo al intervalo de confianza del 95%, ninguno fue significativamente mayor que otro puesto que todos los intervalos se cruzan entre sí, el tratamiento con mayor variabilidad fue el T0 con 0,0728 y el tratamiento con menor variabilidad fue T4 con 0,0025.

5.13 Consumo total de proteína y energía en la etapa de engorde

La media en el consumo estimado total de proteína del alimento en engorde C.T.P/g/engorde, estuvo entre 18,72 g de proteína para el tratamiento T0 y 19,05 gramos para el tratamiento T4, siendo el máximo para el T4 con 19,05 g y mínimo para el tratamiento T0 con 18,64 g, de acuerdo al intervalo de confianza del 95%, ninguno fue significativamente mayor que otro puesto que todos los intervalos se cruzan entre sí, el tratamiento con mayor variabilidad fue T0 con 16,16 y el tratamiento con menor variabilidad fue el T2 con 0,010 gramos.

La media en el consumo total de energía del alimento en engorde C.T.E/NDT/Engorde, estuvo entre 69,91 NDT para el tratamiento T2 y 70,34 NDT para el tratamiento T4, siendo el máximo para el T4 con 70,38 NDT y mínimo para el tratamiento T0 con 68,77 NDT, de acuerdo al intervalo de confianza del 95%, ninguno fue significativamente mayor que otro puesto que todos los intervalos se cruzan entre sí, el tratamiento con mayor variabilidad fue T0 con 0,075 y el menor el T2 con 0,0044. NDT.

5.14 Incremento de peso durante la fase de engorde

La media en el incremento de peso en la fase de engorde estuvo entre 8,83 y 9,67 gramos/día, siendo el máximo para el T3 con 12,61 g/día y mínimo para el tratamiento T3 con 6,98 g/día, de acuerdo con el intervalo de confianza del 95%, ninguno fue significativamente mayor que otro

puesto que todos los intervalos se cruzan entre sí, el tratamiento con mayor variabilidad fue T4 con 13,51 g y el menor fue T0 con 5,53 g/día.

Para la variable incremento de peso, estadísticamente no se encontró diferencias significativas ($P>0,05$); sin embargo, se pudo observar una ganancia de peso ligeramente superior en ambas fases, en aquellos animales que recibieron suplemento con harina de germinado de cebada, con 11,67 g/día/animal y 10,80 g/día/animal menor con harina de germinado de avena,(Tabla 12), en la (Tabla 13), resultó con menor ganancia de peso en el tratamiento T2 con 8,83 g/día/animal y con mayor ganancia de peso el tratamiento T3 con 9,67 g/día/animal que corresponde al complemento con harina de germinado de cebada.

Rodríguez, JA., (2002) menciona que el proceso de germinación convierte semillas secas y duras en brotes tiernos que concentran más nutrientes, puesto que la proteína es transformada en aminoácidos, grasas en ácidos grasos y carbohidratos en azúcares simples, además de que los minerales se hacen más asimilables.

De lo anterior en la evaluación de los complementos se demostró que el proceso de germinación se hacen más asimilables los nutrientes, mejorando el incremento de peso y por consiguiente la conversión alimenticia como se observa en la tabla 18 y 19.

Córdoba, G. y Ramírez, C., (2006) afirman que como otros cereales, la cebada contiene una elevada proporción de hidratos de carbono (67%) y proteínas (12.8%). El grano de la cebada está compuesto por 3,5% de germen, 18% de pericarpio y 78,5% de endospermo (incluyendo la

aleurona). El germen es rico en azúcares (sacarosa, rafinosa y fructosa). El pericarpio está lignificado y es abrasivo debido a la presencia de sílice en la epidermis. La capa de aleurona es rica en fibra, proteína, triglicéridos y azúcares. El endospermo es fundamentalmente de tipo harinoso. La matriz proteica que envuelve los gránulos de almidón es fácilmente degradable en el rumen, lo que facilita la accesibilidad y fermentación del almidón (FEDNA, 2010).

Al respecto Moreno, A.; Carrasco, I. y Pichilingue., (1994), evaluaron la cebada germinada en alimentación de cuyes machos en etapa de levante y engorde, donde observaron que, los tratamientos en los que se incluyó germinado de cebada presentaron mayores pesos finales (934,58 g y 919,99 g).

5.15 Conversión alimenticia en la fase de engorde

La media en la conversión alimenticia en la fase de engorde estuvo entre 10,78 para el tratamiento T3 y T2 con 11,65, siendo el máximo para el T4 con 15,33 y mínimo para el tratamiento T3 con 8,11, de acuerdo con el intervalo de confianza del 95%, ninguno fue estadísticamente significativo mayor que otro puesto que todos los intervalos se cruzan entre sí, el tratamiento con mayor variabilidad fue T4 con 17,51 y la menor variabilidad fue el T0 con 6,99.

Los valores obtenidos en la conversión alimenticia (Tabla 18 y 19) en ambas fases, están en relación directa con los incrementos de peso, así pues, los tratamientos con mayor ganancia de peso logran la mejor conversión alimenticia, en la fase de levante, la CA fue levemente menor en

el tratamiento que los cuyes recibieron harina de germinado de cebada (7,12), el tratamiento con mayor CA fue T2 con 7,04 harina de germinado de trigo.

En la fase de engorde, la mejor CA, como en el caso anterior, se obtuvo con la harina de germinado de cebada (10, 78), seguido del complemento elaborado con harina de germinado de maíz con 10, 88; la conversión más baja se la obtuvo con el complemento elaborado con harina de germinado de trigo (11,65).

Los resultados observados con el germinado de cebada confirman el valor nutricional de este cereal y deberá dilucidarse la composición de su almidón y el tipo de aminoácidos que posee, a fin de entender mejor los resultados obtenidos en este y otros trabajos. No obstante, los resultados obtenidos por todos los grupos no fueron los mejores y quizá ello obedeció al contenido de fibra del pasto utilizado como alimento base, nutriente que resulta limitante para la digestibilidad en monogástricos herbívoros.

Diferentes estudios han demostrado la superioridad del comportamiento de los cuyes, cuando reciben un suplemento alimenticio conformado por una ración balanceada. Con el suministro de una ración, el tipo de forraje aportado pierde importancia. Un animal mejor alimentado exterioriza mejor su bagaje genético y mejora notablemente su conversión alimenticia, que puede llegar a valores intermedios entre 3.09 y 6. Cuyes de un mismo germoplasma alcanzan incrementos de 546.6 g cuando reciben una alimentación mixta, mientras que los que recibían únicamente forraje alcanzaban incrementos de 274.4 g.

Adicionalmente (Carballo, C., 2000) asevera que “los cereales germinados de trigo y cebada por sus características físico-químicas, pueden utilizarse en toda clase de animales, pues garantizan mejores conversiones alimenticias”.

5.16 Mortalidad

Se registró la cantidad de animales muertos en cada fase de producción, en la fase de levante se presentó el 2% de animales muertos y durante la fase de engorde se presentó el 1% de animales muertos, la mortalidad que se presentó fue por causas ajenas a los alimentos que los animales en estudio recibieron.

5.17 Rendimiento en canal %.

El cálculo del rendimiento en canal se realizó en el 20% de los animales por tratamiento, correspondiente a cinco cuyes por tratamiento, para un total de 25 animales, los cuales se seleccionaron al azar, un cuy por replica (Tabla 20), se presenta el rendimiento en canal de los animales alimentados con los diferentes tratamientos.

Tabla 20. Rendimiento en canal

Cuyes alimentados con forraje verde y harina de germinados.

Tratamiento	Peso vivo/g	Peso canal/g	Rendimiento canal %
T3	1481	1016	78
T2	1473	998	77
T4	1353	967	74
T1	1329	934	72
T0	1374	920	71

Calculo según estándar de peso al sacrificio de 1300 g. **T0:** Testigo, **T1:** suplemento con germinado de maíz, **T2:** Suplemento germinado de trigo, **T3:** Suplemento germinado de cebada, **T4:** Suplemento germinado de avena.

Teniendo en cuenta estudios previos que demuestran la importancia del ayuno de los animales para determinar el rendimiento en canal (Apráez-Guerrero *et al.*, (2008)), se sometió a los animales a un ayuno de 12 horas antes del sacrificio; se pesó cada animal vivo, se evisceraron y se pesó la canal, las vísceras rojas y las vísceras blancas por separado, llevando este peso a términos de porcentaje, teniendo en cuenta que el peso vivo equivale al 100%.

El rendimiento de la canal que se obtuvo fue mayor en los animales que recibieron complemento con cebada germinada con 78%, y todos los tratamientos muestran rendimiento en promedio de 75,25%, siendo mayor que el Tratamiento testigo con 71%.

Los valores encontrados en el estudio son superiores a los reportados por Chauca, L., (1997) quien registra en estudios, un rendimiento de la canal de 56,71%, para animales de tres meses de edad, alimentados exclusivamente con forraje; cabe resaltar que este mismo autor menciona que dicho rendimiento se incrementó hasta 65,75% en cuyes que recibieron forraje más suplemento, ratificando la importancia de brindar al animal una ración balanceada.

Los pesajes obtenidos en la canal en la presente investigación, son superiores a los obtenidos por (Beltrán, R., 2015) quien afirma que el efecto de las raciones no se evidencia debido a que la variable se obtiene como el cociente entre el peso de la canal sobre el peso vivo; también resaltan que los pesos de la canal obtenidos fueron diferentes, el tratamiento testigo mostró peso promedio de 692,57 g, a diferencia de los grupos restantes obtuvieron pesos superiores a 770 g; al parecer el complemento mejoró el peso de la canal.

5.18 Análisis parcial de costos.

En la Tabla 21 y 22 se presentan los resultados del análisis parcial de costos, donde se determinó el costo por Kg de suplemento/tratamiento, teniendo en cuenta las materias primas utilizadas en la formulación.

El costo parcial de producción de un kilogramo de harina de germinado de cereal fue: T1 \$ 1,314, T2 \$ 1,179, T3 \$ 1,164, T4 \$ 1,314, la producción de harina de germinado de cereales contribuye a ofrecer alimentos de calidad para la producción pecuaria, la harina de germinado con menor costo fue de la cebada, sin embargo en comparación con los aportes nutricionales, de los cereales evaluados se puede incluir cualquiera de ellos, teniendo en cuenta el incremento en % de proteína que se obtiene, beneficiando las zonas donde se cultivan estos cereales.

Tabla 21. Analisis parcial de costos de produccion de complemento

DETALLE	T0	T1	T2	T3	T4
COSTOS FIJOS					
Mano de obra /-Día (Germinación-molido)/Kg	\$ -	\$ 314	\$ 314	\$ 314	\$ 314
Secado-	\$ -	\$ 314	\$ 314	\$ 314	\$ 314
Subtotal	\$ -	\$ 314	\$ 314	\$ 314	\$ 314
COSTOS VARIABLES					
Costo Cereales/kg	\$ -	\$ 1.000	\$ 865	\$ 850	\$ 1.000
COSTO TOTAL HARINA GERMINADO/KG					
		\$ 1.314	\$ 1.179	\$ 1.164	\$ 1.314
Costo del complemento	\$ 1.345	\$ 1.392	\$ 1.326	\$ 1.369	\$ 1.389

El costo obtenido por kilo de complemento incluido harina de cereales germinados con menor precio para la elaboración en su orden fue: T2 harina de germinado de trigo \$1.326, T3 harina de

germinado de cebada \$ 1.369, T4 harina de germinado de avena \$ 1.389, T1 harina de germinado de maíz \$ 1.392.

Tabla 22. Costos de la diata ofrecida. (Forraje verde + complemento).

DETALLE	T0		T4		T1		T3		T2	
Costo total en FV/ciclo/animal	\$	2.028	\$	2.028	\$	2.028	\$	2.028	\$	2.028
Costo total del complemento//ciclo/animal	\$	3.026	\$	3.125	\$	3.132	\$	3.080	\$	2.984
Costo total/Dieta ciclo/animal	\$	5.054	\$	5.153	\$	5.160	\$	5.108	\$	5.012
Ganancia peso acumulada /Animal (g)		1039		1161		1139		1104		1081
Costo total ciclo/g peso vivo	\$	4,86	\$	4,44	\$	4,53	\$	4,63	\$	4,64

Para el estudio la dieta ofrecida con menor costo fue para el tratamiento que correspondió al complemento con harina de germinado de trigo T2 con \$ 5.012, en comparación con el mayor incremento de peso fue el T4 con un costo de \$5.153, tratamiento que incluyo harina de germinado de avena y el tratamiento con menor costo por gramo de peso vivo producido es el T4 con \$4,44.

VI. CONCLUSIONES

- Los parámetros productivos establecidos para el estudio fueron el rendimiento en materia fresca y seca, la avena fue el cereal que mayor rendimiento presentó en materia fresca y materia seca entre los cereales evaluados, la composición proteica de las harinas de germinados se incrementó en comparación con la composición proteica del grano seco de los cereales utilizados.
- La formulación de los complementos balanceados para cuyes a base de harina de germinado de maíz, trigo, cebada y avena, se realizó según los resultados del análisis proximal de Weende y la valoración energética mediante el análisis de Weiss W.P. y Osborn, obteniendo una dieta balanceada según las recomendaciones para la especie.
- Los indicadores productivos evaluados en producción de cuyes alimentados con complementos elaborados con harina de germinados más forraje verde fueron el incremento de peso y conversión alimenticia en las fases de levante y engorde.
- La producción de cuyes utilizando complementos a base de harina de germinados de cereales es 6,2% más económica que los complementos convencionales, mediante análisis de costos parciales y producción final entendida como rendimiento en canal, es rentable con cualquiera de los complementos elaborados a base de harina de cereales evaluados en comparación con la dieta convencional.

VII. RECOMENDACIONES

- Incentivar el cultivo y uso de los cereales germinados para mejorar sistemas de alimentación en producción animal.
- Estimular a los productores de cuyes a producir y elaborar los complementos nutricionales, especialmente los elaborados con harina de cereales germinados.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

» Diseño completamente al azar y ANOVA El blog de Víctor Yepes. (s. f.). Recuperado 21 de agosto de 2018, de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/04/27/disenio-completamente-al-azar-y-anova/>

Aliaga, L. (1993). Crianza de cuyes. Instituto nacional de investigación agraria, Lima, Perú. p120. Lima, Perú. p120.

Azcón-Bieto, J. y Talón, M. (1993a). Cambio en el contenido en lípidos en los cotiledones de cítricos durante la germinación. “Fisiología y Bioquímica Vegetal”. Interamericana/ McGraw-Hill.

Azcón-Bieto, J. y Talón, M. (1993b). Tema 16: Germinación de semillas. Recuperado 15 de julio de 2018, de http://www.euita.upv.es/varios/biologia/temas/tema_17.htm

Azcón-Bieto, J. y Talón, M. (2011). Germinación de semillas. Estructura de una semilla: (a) monocotiledónea, trigo (*Triticum sativum*) y (b) dicotiledónea, judía (*Phaseolus vulgaris*). “Fisiología y Bioquímica Vegetal”. Recuperado 15 de julio de 2018, de http://www.euita.upv.es/varios/biologia/temas/tema_17.htm

Barcelo, Coll, J., G. Nicolas Rodrigo, B. Sabater Garcia y R. Sanchez Tamés. (1984). “Fisiología Vegetal”. Acumulación de aminoácidos libres (A) y degradación de las proteínas de reserva (B) durante la germinación de semillas de *Lens culinaris culinaris*. Ediciones Pirámide, S.A.

Barcelo, Coll, J., G., Sabater Garcia N. R. B. y R. Sanchez Tamés. (1995). Fisiología vegetal. 2^a ed., Madrid: Ediciones Piramide S.A. 662p.

Beltran, GRA.; López, Ch. LV y Caycedo, A. (1984). *Utilización del pasto tetralite (Lolium hybridum), Zanahoria (Daucus carota) y diferentes niveles de concentrado en crecimiento y engorde de cuyes*. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia.

Beltrán, R. (2015). *Efecto de diferentes niveles de suplementación de energía y proteína sobre algunos indicadores metabólicos y productivos en el levante y engorde de cuyes (Cavia porcellus)*. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia.

Bewley J.D. and Black. (1994). *Seeds: Physiology of Development and Germination*. Plenum Press, New York London. Recuperado 15 de julio de 2018, de <http://churchofssmaryandjohn.com/seeds--physiology-of-development.pdf>

Burgos, A. y Luna, JC. (1984). Digestibilidad aparente de los pastos Tetralite y Aubade en cuyes tipo carne. . . *Universidad de Nariño. Pasto, Colombia*.

Cabrera, A. (2004). El germinado al alcance de todos. Recuperado de [En línea]. Disponible en: www.aviarioangelcabrera.com/articulos/germinados.htm.

Calsamiglia Blancafórt, S., Ferret, A., & Bach, A. (2017). *Tablas FEDNA de valor nutritivo de forrajes y subproductos húmedos*. Madrid: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.

Carballo, C. (2000). Manual de procedimientos para germinar granos para alimentación animal. México. Culiacán.

Caycedo, A. (1985). Alimentación de cuyes. *Universidad de Nariño. Pasto, Colombia.*, p20.

Caycedo, A. y Cuesta. A. (1992). Sistema digestivo del cuy. *Laboratorio de biotecnología ICA. Tibaitata. Colombia.*

Caycedo, V. A. (2000). Experiencias investigativas en la producción de cuyes. Universidad de Nariño. Universidad de Nariño, Vicerrectoría de Investigaciones Posgrados y Relaciones Internacionales, Facultad de Ciencias Pecuarias. Pasto, Nariño. Colombia. 323p.

Caycedo V. A.; J, Zamora B. Á.; M, Echeverry P. S., Enriquez CH., Ortega D. E., Burgos V. M., Caycedo E. M. A. (2011). *Producción sostenible de cuyes*. Caycedo V. A. J.; Zamora B. Á.; M, Echeverry P. S., Enriquez CH., Ortega D. E., Burgos V. M., Caycedo E. M. A (Primera edición). Pasto-Nariño-Colombia: Centro de publicaciones Universidad de Nariño.

Caycedo, VA. (2000). *Avances en la producción técnica de cuyes* (línea de investigación en cuyes). Universidad de Nariño - Grupo de investigación interdisciplinario que propende por el rescate y mejoramiento tecnológico de la explotación: Universidad de Nariño, Vicerrectoría de Investigaciones Posgrados y Relaciones Internacionales, Facultad de Ciencias Pecuarias.

Chauca, L. (1997). *Producción de cuyes (Cavia porcellus)*. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Perú.

Chávez, J. y Gómez, S. (1999). Guía Para Producir Forraje de Avena y Cebada Bajo Temporal. Recuperado 15 de julio de 2018, de <https://es.scribd.com/document/217993522/Guia-Para-Producir-Forraje-de-Avena-y-Cebada-Bajo-Temporal>

Composición nutricional de la Cebada - Nutrientes para monogástricos. (s. f.). Recuperado 12 de agosto de 2018, de http://mundo-pecuario.com/tema60/nutrientes_para_monogasticos/cebada-297.html

Coral, J. y Reyes, A. (1997). *Evaluación de los rendimientos productivos en cuyes alimentados con cofre (sympbium) y pasto aubade (Lolium sp.)*. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. p. 15. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia.

Desrosier, N. (1999). Elementos de tecnología de alimentos. Editorial CECSA, S.A.

Egdo. Hilvay Gómez L. R. (2015). EFECTO DE LOS ACEITES ESENCIALES DE LIMÓN (Citrus limon), ALBAHACA (Ocimum basilicum L.) Y ORÉGANO (Origanum vulgare), EN LA CONSERVACIÓN DE LA CARNE DE CUY (Cavia porcellus)”. *AMBATO – ECUADOR 2015*, 147.

Esparza, E. M. y Burgos, M. Y. (2005). *Respuesta nutricional de los cuyes en fases de levante y engorde alimentados con un suplemento proteico elaborado a base de harina de lombriz roja californiana Esenia foetida obtenida de residuos orgánicos. Pasto, Universidad de Nariño, Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia.*

fagro. (2016). Granos de cereales. Aspectos generales. Composición química. Interés tecnológico. Universidad de la República del Uruguay.

FEDNA. (2010). Ingredientes para piensos (Tablas FEDNA 2010) | FEDNA Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (3ª edición). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid. 502 pp. Recuperado 15 de julio de 2018, de <http://www.fundacionfedna.org/ingredientes-para-piensos>

Fenner, M. (2000). *Seeds the ecology of regeneration in plant communities. Second edition.* New York, CABI publishing. 410 pp.

Finch-Savage W.E, Leubner-Metzger G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist - PubMed - NCBI* 171, 501-523. Recuperado 15 de julio de 2018, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16866955>

Garcés, A. (2008). *Evaluación de germinados de Maíz (Zea mays), Quinoa (Chenopodium quinoa) y Lenteja (Lens culinaris) y su influencia en índices productivos en la primera fase de postura en codornices (Coturnix coturnix japónica). Tesis de grado (zootecnista).* Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia, Pasto-Nariño-Colombia.

Guerrero Riascos, R. (1998). *Fertilización de cultivos en clima frío.* Bogotá: Monomeros Colombo Venezolanos.

Holgado, F.D., Hernández, M.E., Torres, J.C. y Fernández, J.L. (2010). Composición morfológica y química de los componentes de la planta de maíz. INTA Leales (Tucumán). FAZ-UNT.

IDEAM. (2016). Georeferenciación.

INCAP. (2000). *Cereales y sus productos. Contenidos Actualizados de Nutrición y Alimentación.* Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá/.

Karlsson, R.; Olered, R.; Eliasson, A. (1983). Changes in starch granule size distribution and starch gelatinization properties during development and maturation of wheat, barley and rye. *Starch* 35(10), 335-340. <https://doi.org/10.1002/star>. doi.org/10.1002/star.

MC Donald, P.; Edwards, R.; Greenhalgh, J. (1981). *Nutrición Animal*. Editorial Acribia, Zaragoza, España.

Melgarejo, L. M., (2010). /Libro_experimentos_en_fisiologia_y_bioquimica_vegetal_, Laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal. Departamento de Biología. http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content_Reparado_.pdf. Universidad Nacional de Colombia [en línea].

Moreno, A.; Carrasco, I. y Pichilingue. (1994). Utilización de la cebada (*Hordeum vulgare*) germinada en la alimentación de cuyes machos en crecimiento y engorde. XVII reunión de la asociación peruana de producción animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Osborne, DR. and Voogt, P. (1978). The analysis of nutrients in foods. Academic Press, London, U.K., 240-p Parque Natural Granadino, Argentina. <http://www.alihuen.org.ar>>. Parque Natural Granadino, Argentina.

Pérez García, F. y Martínez-Laborde, J.B. (1994). Efecto de la temperatura sobre la germinación de granos de trigo (*Triticum sativum*) En: "Introducción a la Fisiología Vegetal". Ediciones Mundi-Prensa). *Ediciones Mundi-Prensa*).

Ramos, L.; Chamorro, E.M. y Benavides, J.P. (2013). *Evaluación de harina de nabo (Brassica campestris)*. En *Alimentación de cuyes (Cavia porcellus)*. *Revista de la Facultad de Ciencias Pecuarias, REVIP, Vol. 2, núm. 2. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia*. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia.

Read «Nutrient Requirements of Laboratory Animals: Third revised edition, 1978» at NAP.edu. (1978) (Third revised edition, 1978" at NAP.edu). <https://doi.org/10.17226/20047>

Rodríguez, JA. (2002). Proceso de germinación en las semillas [en línea]. Alihuen 4 ed. Revista Parque Natural Granadino, Argentina. <http://www.alihuen.org.ar>>. Recuperado de <http://www.alihuen.org.ar>>

Russo, V. M., Bruton, B. D., & Sams, C. E. (2010). Classification of temperature response in germination of Brassicas. *Industrial Crops and Products*, 31(1), 48-51. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.08.007>

Santos, V. G. (2007). IMPORTANCIA DEL CUY Y SU COMPETITIVIDAD EN EL MERCADO. XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA-Cusco-Perú, 15 (*Supl. 1*), 217.

Saravia, J.; Gómez C.; Ramírez, S. y Chauca. L. (1994). Evaluación de cuatro raciones para cuyes en crecimiento. PSP Cuyes INIA- CIID-UNALM XVII Reunión APPA. Lima, Perú.

Sendín, J. F. C. (s. f.). Diseño Experimental y Análisis Estadístico, 44.

Serna Saldívar, S. R.O. (2009). Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. - Librería RGS Libros. Recuperado 15 de julio de 2018, de http://www.rgslibros.com/libro/quimica-almacenamiento-e-industrializacion-de-los-cereales-_1419

T. Girbés P. Jiménez. (2013). Estructura del grano del grano del cereal. Composición química. Valor nutritivo y almacenamiento. Documento9.pdf.

Takaki, M. (2001). New proposal of classification of seeds based on forms of phytochrome instead of photoblastism. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 13(1), 104-108. <https://doi.org/10.1590/S0103-31312001000100011>

Timarán, S. y Cevallos, H. (1984). *Efectos de una dieta suplementaria con base en cebada y trigo germinados en la alimentación de cuyes (C. porcellus)*. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. 3-12 pp. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia.

UNAM. (2013). Estructura y Morfología de los Cereales. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado 15 de julio de 2018, de http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=18

Universitat Politècnica de València, E. (2014). Universitat Politècnica de València. *Ingeniería del agua*, 18(1), ix. <https://doi.org/10.4995/ia.2014.3293>

Zaldívar, L. C. de, & Nations, F. and A. O. of the U. (1997). *Producción de cuyes (Cavia porcellus)*. Food & Agriculture Org.

IX. ANEXOS

ANOVA

		Suma de	Media				
		cuadrados	gl.	cuadrática	F	p-valor	
PESO LEVANTE/g	Entre grupos	52966,360	4	13241,590	1,364	,252	
	Dentro de grupos	922344,000	95	9708,884			
	Total	975310,360	99				
PESO ENGORDE/g	Entre grupos	117873,760	4	29468,440	3,292	,014	
	Dentro de grupos	850317,600	95	8950,712			
	Total	968191,360	99				
INCREMENTO	DE	Entre grupos	11,135	4	2,784	2,524	,046
PESO/ENGORDE/g	Dentro de grupos	104,767	95	1,103			
	Total	115,902	99				
	CONVERSIÓN	Entre grupos	12,646	4	3,161	1,985	,103
ALIMENTICIA/ENGORDE	Dentro de grupos	151,295	95	1,593			
	Total	163,940	99				

Al realizar las pruebas POS-ANOVA para determinar cuáles son los tratamientos con diferencias significativas, se encontró que el tratamiento 1 es significativamente superior al tratamiento 0 en peso de engorde con una diferencia de 100 gramos, en cuanto al incremento de peso engorde no se encontraron diferencias significativas al realizar las pruebas POS-ANOVA.

Comparaciones múltiples

Test: Tukey Alfa=0,05

Variable dependiente	Tratamiento	Medias	n	Error estándar		p-valor
Peso Engorde/g	0	1038,90	20	21,16	A	0,0142
	1	1139,10	20	21,16	B	
	2	1081,00	20	21,16	A B	
	3	1118,70	20	21,16	A B	
	4	1086,90	20	21,16	A B	
Incremento de Peso/Engorde/g	0	8,88	20	0,23	A	0,0459
	1	9,49	20	0,23	A	
	2	8,84	20	0,23	A	
	3	9,68	20	0,23	A	
	4	9,08	20	0,23	A	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Prueba de normalidad**Shapiro-Wilks**

Variable	N	Media	D.E.	W*	p-valor
Peso Destete g	100,00	256,53	54,14	0,96	0,0300
P Levante g	100,00	942,58	99,26	0,99	0,9561
CTMS.Levante Kg	100,00	0,08	0,00	0,94	0,0010
Inc Peso Lev g	100,00	11,28	1,56	0,97	0,2319
Conv Al/Lev	100,00	7,26	1,20	0,84	<0,0001
P Eng/g	100,00	1092,92	98,89	0,96	0,0383
CTMS/Eng/kg	100,00	0,10	0,00	0,94	0,0010
Inc Peso/Eng/g	100,00	9,19	1,08	0,97	0,0878
Conv Al/Eng	100,00	11,25	1,29	0,98	0,7362
CPF/Lev/g	100,00	10,81	0,10	0,81	<0,0001
CPC/Lev/g	100,00	4,05	0,07	0,84	<0,0001
CTP/Lev/g	100,00	14,86	0,15	0,87	<0,0001
CPF/Eng/g	100,00	13,28	0,11	0,75	<0,0001
CPC/Eng/g	100,00	5,66	0,05	0,81	<0,0001
CTP/Eng/g	100,00	18,94	0,14	0,80	<0,0001
%CEF/NDT/Lev	100,00	4,08	0,06	0,86	<0,0001
%CEC/NDT/Lev	100,00	1,43	0,03	0,81	<0,0001
%CTE/NDT/Lev	100,00	5,51	0,07	0,94	<0,0001
%CEF/NDT/Eng	100,00	4,99	0,04	0,63	<0,0001
%CEC/NDT/Eng	100,00	2,00	0,04	0,69	<0,0001
%CTE/NDT/Eng	100,00	6,99	0,05	0,81	<0,0001

Análisis de las variables de consumo de energía y proteína de forraje y complemento en levante y engorde.

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Tto	N	Medias	p	Ranks
%CEF/NDT /Lev	0	20	4,01	<0,0001	21,70 A
	1	20	4,08		36,90 AB
	2	20	4,10		50,50 BC
	3	20	4,09		64,10 CD
	4	20	4,12		79,30 D
%CEC/ NDT/Lev	0	20	1,41	<0,0001	21,70 A
	1	20	1,41		36,90 AB
	2	20	1,42		50,50 BC
	3	20	1,44		64,10 CD
	4	20	1,47		79,30 D
%CTE/NDT/Lev	0	20	5,42	<0,0001	17,70 A
	1	20	5,50		41,70 B
	2	20	5,52		50,50 B
	3	20	5,53		59,30 B
	4	20	5,59		83,30 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ho: la distribución de la variable es la misma entre las categorías de tratamiento

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Tto	N	Medias	p	Ranks
%CEF/NDT /Eng	0	20	4,93	<0,0001	19,30 A
	1	20	3,99		32,80 A
	2	20	5,01		53,70 B
	3	20	5,01		71,40 B C
	4	20	5,01		75,30 C
%CEC/ NDT/Eng	0	20	2,00	<0,0001	26,50 A
	1	20	1,99		41,70 A B
	2	20	1,98		46,50 B
	3	20	2,00		55,30 B
	4	20	2,02		82,50 C
%CTE/NDT /Eng	0	20	6,93	<0,0001	29,70 A
	1	20	6,98		34,50 A
	2	20	6,99		44,10 A B
	3	20	7,01		58,50 B
	4	20	7,03		85,70 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ho: la distribución de la variable es la misma entre las categorías de tratamiento

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Tto	N	Medias	p	Ranks
CPF/ Lev/g	0	20	10,62	<0,0001	10,50 A
	1	20	10,81		35,30 B
	2	20	10,86		67,30 C
	3	20	10,83		50,50 B C
	4	20	10,91		88,90 D
CPC/ Lev / g	0	20	4,01	<0,0001	28,80 A
	1	20	4,04		51,10 B
	2	20	4,01		28,80 A
	3	20	4,08		64,70 B C
	4	20	4,13		79,10 C
CTP/Lev/g	0	20	14,63	<0,0001	10,50 A
	1	20	14,85		36,90 B
	2	20	14,87		52,80 B C
	3	20	14,91		63,30 C
	4	20	15,04		89,00 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ho: la distribución de la variable es la misma entre las categorías de tratamiento

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Tto	N	Medias	p	Ranks
CPF/ Eng /g	0	20	13,11	<0,0001	22,10 A
	1	20	13,32		40,90 B
	2	20	13,32		66,50 C D
	3	20	13,32		52,50 B C
	4	20	13,33		70,50 D
CPC/Eng/g	0	20	5,62	<0,0001	28,50 A
	1	20	5,67		56,90 B
	2	20	5,61		24,10 A
	3	20	5,68		58,50 B
	4	20	5,72		84,50 C
CTP/Eng/g	0	20	18,73	<0,0001	22,50 A
	1	20	18,99		49,30 B C
	2	20	18,93		38,90 A B
	3	20	19,00		58,50 C
	4	20	19,05		83,30 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ho: la distribución de la variable es la misma entre las categorías de tratamiento