

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE CUATRO NIVELES DE LEUCAENA LEUCOCEPHALA
(Lam.de Wit.) EN LA RACIÓN DE POLLOS PARRILLEROS PARA LA
PIGMENTACIÓN DE LA CARNE EN LA ETAPA DE ENGORDE**

JORGE CALSINA CHURATA

La Paz - Bolivia

2015

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DE CUATRO NIVELES DE LEUCAENA LEUCOCEPHALA (Lam.
de Wit.) EN LA RACIÓN DE POLLOS PARRILLEROS PARA LA
PIGMENTACIÓN DE LA CARNE EN LA ETAPA DE ENGORDE**

*Tesis de Grado Presentado como requisito
parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

JORGE CALSINA CHURATA

ASESORES:

MVZ. Ph. D. Celso Ayala Vargas _____

TRIBUNAL EXAMINADOR:

Ing. Ph. Héctor Cortez Quispe _____

Ing. M. Sc. Erik Murillo Fernández _____

Ing. Fanor Nicolás Antezana Loayza _____

APROBADA

Presidente tribunal examinador: _____

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi mamá Marcelina Churata y a mi papá Roberto Calsina, quienes me brindaron su apoyo incondicional e invaluable, constituyéndose en mí fuerza, perseverancia y voluntad para lograr terminar mi carrera universitaria.

A mis abuelos, a mis hermanos por el apoyo que me han brindado desde mi infancia y en todas las metas que me he trazado en la vida.

A todas aquellas personas presentes y ausentes que me ayudaron siempre de forma desinteresada y sin egoísmo para poder llegar al final de esta larga y hermosa carrera universitaria.

A todos mis compañeros de aula, que siempre compartieron conmigo sus ganas y anhelos por llegar a plasmar nuestra meta el cual es llegar a ser un profesional de bien y para servicio de la sociedad.

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Agronomía, por el soporte institucional dado para la realización de este trabajo.

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por brindarme su amistad. A mi papá y mamá por su incondicional apoyo, tanto al inicio como al final de mi carrera; por estar pendiente de mí a cada momento. Debo agradecer de igual forma al MVZ. Ph. D. Celso Ayala Vargas por realizar esta tesis bajo su dirección. Así también agradezco a mis tribunales revisores Ing. Fanor N. Antezana Loayza, Ing. Ph. Hector Cortez Quispe e Ing. M.Sc. Erik Murillo Fernández que gracias a sus acertadas correcciones se pudo culminar el documento.

Al finalizar un trabajo arduo y un gran compromiso como el desarrollo de una tesis, muestra inmediatamente que la magnitud de ese aporte hubiese sido imposible sin la participación de personas que han facilitado las cosas para que este trabajo llegue en un feliz término. Por ello, es para mí un verdadero gozo utilizar este espacio para agradecer todo el esfuerzo, sacrificio y tiempo que estregue a esta tesis, expresándoles mis agradecimientos.

CONTENIDO

INDICE GENERAL.....	I
INDICE DE CUADROS.....	III
INDICE DE FIGURAS.....	IV
RESUMEN.....	V

INDICE GENERAL

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. OBJETIVO GENERAL	2
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1. PIGMENTOS	3
3.1.1. Definición de Pigmentos	5
3.1.2. Clasificación.....	5
3.1.3. Pigmentos Sintéticos:.....	6
3.1.4. Pigmentos Naturales	6
3.1.5. Fuentes de Pigmentos Naturales	8
3.2. LEUCAENA COMO PIGMENTO NATURAL.....	9
3.2.1. Importancia de la Leucaena.....	9
3.3. UTILIZACIÓN DE LEUCAENA EN LA ALIMENTACIÓN DE ANIMALES.....	13
3.3.1. Animales no rumiantes.....	13
3.3.1.1. Leucaena en la alimentación de las aves de corral.....	13
3.3.1.2. Leucaena en la alimentación de cerdos.....	14
3.3.2. Rumiantes.....	14
3.3.2.1. Leucaena como fuente alimenticia de bovinos.	14
3.4. MECANISMO DE TOXICIDAD EN LA MIMOSINA.....	16
3.5. FACTORES QUE AFECTAN EN LA PIGMENTACIÓN DEL POLLO DE ENGORDA.....	16
3.5.1. Raza de las aves.....	16
3.5.2. Escala Zootécnica.....	17
3.5.2.1. COBB-500.....	17
3.5.2.2. Requerimientos Nutricionales	18
3.5.3. Sexo.....	19
3.5.4. Manejo.....	19
3.5.5. Alimentación.....	20
3.5.6. Enfermedades.....	22
3.6. ABANICO DE ROCHE.....	23
3.7. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	25

3.7.1. Análisis económico de costos parciales.....	25
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
4.1. LOCALIZACIÓN.....	25
4.2. MATERIALES.....	26
4.2.1. Material biológico.....	26
4.2.2. Equipos y herramientas.....	26
4.2.3. Materiales de faeneo.....	27
4.2.4. Material de gabinete.....	27
4.3. METODOLOGÍA.....	27
4.3.1. Procedimiento experimental.....	27
4.3.1.1. Preparación del ambiente.....	27
4.3.1.2. Fase Pre – experimental.....	28
4.3.1.3. Aplicación de los tratamientos.....	29
4.3.2. Diseño experimental.....	30
4.3.2.1. Factor de estudio.....	30
4.3.2.2. Tratamientos.....	30
4.3.3. Modelo lineal aditivo.....	31
4.3.4. Croquis del experimento.....	31
4.4. VARIABLES DE ESTUDIO.....	32
4.4.1. Determinación de la pigmentación.....	32
4.4.2. Peso final.....	32
4.4.3. Porcentaje de mortalidad.....	32
4.4.4. Análisis económicos.....	32
4.4.4.1. Análisis con presupuestos parciales.....	32
4.4.4.2. Análisis de residuos.....	34
4.4.4.3. Beneficio costo.....	35
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
5.1. PIGMENTACIÓN.....	36
5.2. PESO FINAL.....	39
5.3. PORCENTAJE DE MORTALIDAD.....	42
5.4. ANÁLISIS DE COSTOS PARCIALES.....	44
6. CONCLUSIONES.....	48
7. RECOMENDACIONES.....	50
8. BIBLIOGRAFIA.....	51
9. ANEXOS.....	57

INDICE DE CUADROS

	Pág.
CUADRO 1. Proteína cruda, fibra cruda y energía metabolizable de la harina de Leucaena, alfalfa seca al sol y extracto de harina de soya.	10
CUADRO 2. Comparación del balance de los principales aminoácidos en la harina de alfalfa y leucaena (Los valores son datos en mg/g).	11
CUADRO 3. Concentración de ciertos minerales y pigmentantes en la harina de Leucaena.....	12
CUADRO 4. Requerimientos nutricionales de la línea COBB – 500.	19
CUADRO 5. Análisis de varianza para la variable pigmentación.	37
CUADRO 6. Prueba de Duncan para la pigmentación de los porcentajes de Leucaena.....	38
CUADRO 7. Análisis de varianza para la variable peso final.....	40
CUADRO 8. Prueba de duncan para el peso final de los porcentajes de Leucaena ..	41
CUADRO 9. Porcentaje de mortalidad por tratamiento.....	43
CUADRO 10. Presupuesto parcial (Bs)	45
CUADRO 11. Análisis de dominancia	46
CUADRO 12. Análisis marginal (T.R.M.).....	47
CUADRO 13. Análisis de residuos	47

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Escala colorimétrico de Roche.....	24
FIGURA 2. Mapa de ubicación de la zona de Pasankeri del distrito 7 del departamento de La Paz.....	26
FIGURA 3. Croquis del experimento	31
FIGURA 4. Valor de pigmentación de la carne de pollo obtenido durante la investigación por los tratamientos compuestos por diferentes niveles de Leucaena. 36	36
FIGURA 5. Peso final en gramos obtenido durante la investigación para los tratamientos compuestos por la Leucaena.	39
FIGURA 6. Porcentaje de mortalidad obtenidas durante la investigación para los tratamientos con adición de harina de Leucaena	43
FIGURA 7. Análisis de dominancia.	44
FIGURA 8. Curva de beneficios netos.....	46
FIGURA 9. Beneficio costo, según tratamiento	47

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el departamento de La Paz en la zona de Pasankeri del distrito 7, la investigación surge a necesidad de encontrar alternativas de pigmentos naturales para la implementación en la ración de pollos, obteniendo así tonalidades exigentes en el mercado de la comuna boliviana, siendo esto 10 la escala optima según el colorimétrico de Roche, sea esta también una alternativa para los avicultores de este producto orgánico en la producción avícola.

El principal objetivo del estudio es evaluar el efecto que causa la adición de Leucaena como un pigmento natural en tres niveles siendo estas de 1, 2, 3 % respectivamente en la ración de pollos parrilleros.

En efecto se evaluó a 96 pollos de la línea COBB-500, utilizándose así un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, teniendo por unidad experimental 8 pollos.

Los resultados obtenidos en el efecto de la Leucaena en la pigmentación en la carne de pollo, se encontraron diferencias altamente significativas a partir de la aplicación de los tratamientos, teniendo de esta manera al tratamiento 4 con una mejor escala de pigmentación llegando a 8.3667 respectivamente, seguido del tratamiento 3 con una escala de 7.8000, de esta manera fueron las que mejor escala consiguieron con la aplicación de los tratamientos.

En tanto al variable peso final se encontraron diferencias significativas, al realizar la comparación de medias por el método de Duncan al 5% se encontraron definidas en dos grupos siendo estos conformados: el primero por los tratamientos 4 y 3 con valores en peso promedio de 3.0667 y 2.9667 kg respectivamente siendo estos superiores al segundo grupo que estas a su vez conformados por los tratamientos 1 y 2 con valores de 2.800 y 2.833 kg respectivamente.

En cuanto al análisis de costos parciales por tratamiento el que mejor resultado obtenido fue el del tratamiento 4 con un beneficio/costo de 1.49, que nos da a entender que por cada bolivianos uno invertido se podrá ganar 0.49 bs.

1. INTRODUCCIÓN

En la explotación avícola se le ha dado mucha importancia al uso de sustancias pigmentantes como una consecuencia de la asociación que ha hecho el público consumidor del color amarillo con un alto valor nutricional del producto.

Los consumidores asocian el color de los alimentos, con su calidad, frescura, sabor y valor nutritivo, es por ello que en el área agrícola la suplementación con carotenoides en la dieta diaria del pollo de engorde y gallinas de postura es una práctica importante en la industria de la alimentación animal actual.

En el trópico, las leguminosas presentan un gran potencial para la producción eficiente del componente proteico de las raciones para especies productivas. La *Leucaena leucocephala* es una leguminosa forrajera originaria de México y Centro América (Oakes, 1968) capaz de producir rendimientos superiores a 300 Kg de proteína cruda/ha/año cuando se le aplican cortes a una frecuencia de 4-5 veces al año.

La *Leucaena* tiene un alto potencial como ingrediente proteico y como pigmentante en raciones para aves; a pesar de presentar algunas desventajas tales como su lento establecimiento y la presencia de algunos factores anti nutricionales, entre ellas la mimosina, un aminoácido que libre puede provocar intoxicaciones en los animales cuando la consumen en cantidades excesivas (Machado et al., 1978).

Por las grandes inversiones, un mediano productor no puede competir bajo las mismas reglas, la alternativa actual es competir con productos con tendencia ecológica, eliminando gradualmente insumos o aditivos de origen sintético para llegar a obtener productos totalmente orgánicos con mayor aceptación por los consumidores.

La tendencia actual hacia la producción ecológica hace que el presente trabajo proponga alternativas en el uso de pigmentos naturales para la coloración de la carne de pollos parrilleros como en este caso la *Leucaena leucocephala*.

La xantofilas son esencialmente pigmentantes y no tienen valor nutritivo; a diferencia de estas, los carotenos son precursores de vitamina A y utilizados de esta manera por el ave.

Las xantofilas se incorporan en la sangre y son depositadas en la piel, tejidos grasos, hígado y yema de los huevos. La *leucocephala* tiene un alto contenido de proteína, minerales y β -caroteno, las xantofilas estimadas están entre el 741 y 766 mg/kg de MS y sin afectar los parámetros de calidad y productividad.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluación del efecto de cuatro niveles de *Leucaena leucocephala* (Lam. de Wit.) en la alimentación de pollos parrilleros para la pigmentación de la carne en la etapa de engorde.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar los niveles de *Leucaena leucocephala* (Lam. de Wit.) adecuados para la implementación de la dieta para lograr una coloración adecuada de pollos parrilleros.
- Identificar por el método del abanico colorimétrico de Roche, cuál de los tratamientos implementados tuvo mayor pigmentación.
- Evaluar los costos parciales de producción y la rentabilidad de los diferentes niveles de *Leucaena*.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Actualmente la avicultura cuenta con gran desarrollo y variedad de aditivos y premezclas en la industria que nos permite mejorar la tecnología de fabricación de insumos y fundamentalmente optimizar los costos y mejorar los resultados zootécnicos a nivel de granjas (Guzmán, 2013).

Debido a la gran calidad de pigmentos con los que contamos, hay que ser muy críticos y evaluar bien las ventajas y desventajas de cada uno, a la hora de decidir su inclusión. Se deben conocer bien los efectos que producen y realizar permanentemente un seguimiento a nivel del campo técnico – económico (Guzmán, 2013).

Lo más importante de obtener el tono de piel y tarso en el ave es lograrlo de una manera natural, ya que sea como única fuente pigmentación o complementando la dieta que contenga alguna fuente de carotenoides (López, 2005). Los colores naranja-rojizos están asociados en la mente del consumidor a una buena salud de los animales (Rivera, 2012).

Evidentemente, la incursión de nuevos pigmentos naturales juega un rol necesario y primordial en la producción de aves.

3.1. Pigmentos

Los pigmentos son sustancias (carotenoides o xantofilas) que colorean la yema del huevo, la grasa subcutánea y piel de los pollos, también el musculo y la grasa subcutánea de los salmónidos (Cuevas et. al., 2003).

Las xantofilas y carotenoides están presentes en algunas materias primas de la dieta de ponedoras, tales como el maíz (*Zea mays*), el gluten de maíz y el sorgo (*Sorghum spp.*) que contienen xantofilas rojas; y la alfalfa (*Medicago sativa*) que aporta principalmente xantofilas amarillas (Cuevas et. al., 2003).

La pigmentación puede lograrse con ingredientes que en forma natural provean caroteno, precursor de la vitamina A , como la alfalfa y sus subproductos, o con productos ricos en carotenoides, derivados de los terpenoides, que no tiene ninguna característica alimenticia, como la flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) (Shimada, 2010).

De hecho el empleo de carotenoides es un detrimento del consumidor, dado que incrementan sin medida el costo del alimento, para obtener un producto que la ama de casa busca más por costumbre que por sus cualidades nutritivas, al producto más coloreado se lo asocia con la crianza en rancho y al más pálido con la explotación en granja (Shimada, 2010).

Algunos de los excesos originados por dicha ignorancia son que algunos introductores de pollos de engorda sumerjan las canales en anilina, y que fabricantes de alimentos balanceados agreguen sustancias como el sudán rojo (que se sospecha es carcinógeno) a sus productos, lo que representa no solo un fraude, sino un problema potencial de salud pública (Shimada, 2010).

En una situación por demás paradójica, el mismo consumidor que busca que los productos avícolas tengan pigmentación, descarta la grasa amarilla presente en la carne de bovinos provenientes de pastoreo, cuando en ambos casos se trata de carotenoides (Shimada, 2010).

El maíz tiene un mayor contenido de xantofilas que los otros cereales, pero con ingredientes naturales solo se logran niveles de pigmentación cuando se incluyen productos como la alfalfa y el gluten; en México se utilizan extensivamente la flor de Tzenpaxuchitl como fuente de pigmentos para la alimentación en avicultura. Las diferentes xantofilas varían en su efecto sobre la pigmentación de la piel y la yema.

El b-caroteno tiene poco poder pigmentante pero pigmentos como la zeaxantina del maíz se depositan más fácilmente; los compuestos sintéticos como el etilester-b-apo-8-carotenoico tienen las tasas más altas de deposición (Pardo, 2007).

La zeaxantina del maíz imparte un color rojo-anaranjado oscuro, mientras que las luteínas de la alfalfa producen un color más amarillo (Pardo, 2007).

3.1.1. Definición de Pigmentos

Los pigmentos son compuestos químicos que absorben luz en el intervalo de longitud de onda de la región visible. La producción del color se debe a la estructura específica del compuesto (cromóforo), esta estructura capta la energía y la excitación que es producida por un electrón de una órbita exterior a una órbita mayor, la energía no absorbida es reflejada y/o refractada para ser capturada por el ojo, y los impulsos neuronales generados serán transmitidos al cerebro, donde pueden ser interpretados como color (Martínez, 2010).

Una amplia gama de aditivos son utilizados en la mayoría de alimentos para aves, los cuales generalmente no aportan ningún nutriente. La mayoría de aditivos se usan para mejorar las características físicas de la dieta, la aceptabilidad del alimento o la salud de las aves. Muchos de los ingredientes naturales ricos en carotenoides son bajos en energía, es difícil lograr niveles altos en pigmentación en aves de engorde sin emplear fuentes sintéticas (Pardo, 2007).

3.1.2. Clasificación

Los pigmentos pueden ser clasificados tomando en cuenta algunas de las características como origen natural, sintético o inorgánico:

- Estructura del cromóforo, pueden tener sistemas conjugados como los carotenoides, las antocianidas y las betalaínas.
- Estructura de los pigmentos naturales como los derivados del tetrapirrol, derivados de los isoprenoides, entre otros.
- Como aditivos alimentarios certificados o no su calidad (Martínez, 2010).

3.1.3. Pigmentos Sintéticos:

Los más utilizados son las premezclas de cantaxantina, carotenoides de color rojo y Apocarotenos y carotenoides de color amarillo. Se han transformado en una buena opción en cuanto a la coloración de yemas de huevos y piel en pollos de engorde (Cuevas *et. al.*, 2003).

En la última década se han sintetizado una serie de ellos, donde se destacan: Cantaxantina, β -apo-8'-carotenal (Bac), Éster etílico del ácido β -apo-8'-carotenoico, (Bace), Zeaxantina, Carophyll, Lutenal (Cuevas *et. al.*, 2003).

Debido a que muchos de los ingredientes naturales ricos en carotenoides son bajos en energía, es difícil lograr niveles altos en pigmentación en aves de engorde sin emplear fuentes sintéticas (Grupo Latino Ltda., 2004).

En lugares en donde es permitido su uso en dietas para aves, puede emplearse la cantasantina, hasta santina y ácido β -apo-8-carotenoico para impartir un espectro de coloración que va desde el amarillo hasta el rojo – anaranjado, tanto en la piel como en la yema (Grupo Latino Ltda., 2004).

3.1.4. Pigmentos Naturales

La coloración de la piel en pollos viene determinada por los carotenoides de la dieta, principalmente xantofilas, la adición de estas en la dieta se realiza tradicionalmente a partir de las flores de Marigold, ricas en carotenoides, especialmente luteína y zeaxantina. Esta fuente de xantofilas permite complementar o sustituir las que originalmente proceden del maíz, la alfalfa y otras fuentes menores, aportando unos niveles estables en la dieta, ya que el contenido en xantófilas en las materias primas suele ser muy variable (Mascarrel & Carné, 2011).

Como complemento a las xantófilas amarillas de origen natural, también se han utilizado históricamente las denominadas “xantofilas rojas” principalmente la capsantina procedente del pimentón o paprika, *Capsicum annum*. Con el uso combinado de xantofilas amarillas y rojas se consigue una gran variedad de tonalidades anaranjadas, lo que permite adecuar las características de pigmentación de pollos y huevos a las también variadas preferencias de los consumidores en los distintos mercados (Mascarrel & Carné, 2011).

Los carotenoides son los responsables de la gran mayoría de los colores amarillos, anaranjados o rojos incluidos en los alimentos vegetales y también de los colores anaranjados de varios alimentos animales. Se conocen alrededor de 600 compuestos de esta familia, que se dividen en dos tipos: los carotenos, que son hidrocarburos, y las xantofilas, sus derivados oxigenados. (Piñeiro & Zudaire, 2009).

Los carotenoides son pigmentos liposolubles de origen vegetal que están presentes en el organismo humano, el cual no los sintetiza de nuevo y los obtiene a partir de la dieta. La principal actividad de estos compuestos en las plantas es la fotoprotección del sistema fotosintético, y en el organismo humano destaca, entre otras, la actividad provitaminica A.

Esta actividad es la única función reconocida de los carotenoides, siendo el β -caroteno, de entre los que poseen dicha capacidad, el que por su estructura tiene un mejor rendimiento en retinol. Además, estos compuestos pueden ejercer otras actividades de importancia en la salud humana, como son la antioxidante, la potenciación del sistema inmune y la fotoprotección de tejidos, como el epitelial y el ocular (Beltrán *et. al.*, 2012).

En la dieta humana los carotenoides son aportados fundamentalmente por frutas y hortalizas y en pequeña proporción a partir de fuentes animales y a través de los aditivos alimentarios, colorantes. De los casi cincuenta carotenoides disponibles en la dieta humana, que pueden ser absorbidos y metabolizados, sólo seis representan más del 95 % de los carotenoides totales en sangre y son los habitualmente estudiados en el contexto dieta y salud humana.

La mitad de estos compuestos tienen actividad provitaminica A, son el β -caroteno, el α -caroteno y la β -criptoxantina, y otros tres no tienen dicha capacidad, son el licopeno, la luteína y la zeaxantina (Beltrán *et. al.*, 2012).

3.1.5. Fuentes de Pigmentos Naturales

Maíz: Contiene en mayor cantidad xantofilas (54 %), zeaxantina (23 %) y cryptoxantina (8 %). La ventaja que posee la zeaxantina es que es altamente absorbible, es uno de los mejores compuestos pigmentantes y posee un intenso color naranja. Se necesitan 14 mg de xantofila por 1 kg de alimento para obtener una pigmentación adecuada cuando se utiliza el maíz como única fuente de pigmentación (Cuevas *et. al.*, 2003).

Rosa mosqueta: Maleza que crece espontáneamente, presenta un fruto compuesto de color rojo, donde la porción comestible corresponde al 47 % del fruto, esta rosácea ha adquirido importancia por la fabricación de mermeladas, jaleas, néctares (Cuevas *et. al.*, 2003).

La mosqueta ha sido utilizada como fuente pigmentante de broilers y yemas de huevos. El color amarillo-anaranjado que da la rosa mosqueta a la yema de huevo otorga un factor importante en la comercialización (Cuevas *et. al.*, 2003).

Pimentón: Su principal propiedad es la capsantina. Cuando se proporcionan en cantidades de 0.35 mg de capsantina en 100 g de alimento como única fuente se obtiene en los huevos un color similar a los que se comercializan en el mercado (Cuevas *et. al.*, 2003).

Gluten de maíz: La harina de gluten de maíz es un subproducto de la elaboración del almidón y glucosa. Es rica en proteína 40 a 43 % y lípidos. No debe emplearse como principal fuente de proteína vegetal en raciones de aves ponedoras debido a que es pobre en arginina, lisina y triptófano (Cuevas *et. al.*, 2003).

Alfalfa: el principal pigmentante carotenoide es la luteína, la que no es tan efectiva como la zeaxantina del maíz por su color menos intenso. Con un 15 a 20% de harina de alfalfa en la ración se obtiene un color adecuado de la yema (Cuevas *et. al.*, 2003).

Algas: Las algas marinas poseen un alto contenido de xantofilas. Una mezcla de 10% de harina *Fucus vesiculosus* y 15% de *Fucus serratus*, como única fuente de xantofila en la ración es suficiente para producir un color adecuado en la yema (Cuevas *et. al.*, 2003).

Harina de pétalos de Maravilla: Son las fuentes más concentradas de xantofilas, la literatura indica que cuando la harina se incorpora a la ración de ponedoras, como única fuente de pigmentos con una dosis de 30 mg de xantofila por 1 kg de alimento se obtiene una pigmentación adecuada en la dieta (Cuevas *et. al.*, 2003).

Flor de Marigold: Conocida como cempasúchil, caléndula, cempoal o flor de muertos, se utiliza como materia prima clave en la industria avícola para pigmentar pollos de engorde y huevos. La harina de cempasúchil posee xantofila (Torres, 2011).

3.2. Leucaena como pigmento natural

3.2.1. Importancia de la Leucaena.

La Leucaena, leguminosa arbustiva o arbórea, se encuentra distribuida en todo el mundo tropical, donde encuentra su mejor hábitat (D´mello y Taplin, 1978).

Especie de reconocido prestigio en referencia a ser una excelente fuente de proteínas para ganado, tanto en verde como en seco. Su valor nutritivo es igual o mayor al de la alfalfa y su cultivo ha tenido gran importancia en programas de mejoramiento y recuperación de suelos, control de erosión y proyectos de reforestación.

Es caracterizado por su buena producción de hojas con ramificación decumbente (hacia abajo), lo que lo hace muy susceptible al ramoneo animal. Su madera es de buena calidad y dureza, a pesar de ser una especie de rápido crecimiento su madera tiene alto peso específico y alto poder calorífico. Su crecimiento es óptimo en condiciones de estaciones cálidas largas y húmedas a pleno sol (Batis, *et. al.*, 1999).

Las principales características que contiene la planta de *Leucaena leucocephala* son:

- Crecimiento y desarrollo casi en cualquier tipo de suelo tropical
- Es una especie pionera, agresiva y fácil de establecer en el trópico
- Puede resistir largos periodos de sequia
- La propagación es sexual o asexual
- Especie conocida como restauradoras de suelos erosionados
- Alto capacidad para fijar Nitrógeno
- Es apreciada por los innumerables subproductos que genera

Los frutos son muy apreciados por su alto contenido en vitamina A y proteínas (46%). Las semillas maduras son empleadas como sustituto de café. Una hectárea puede producir de 10 a 20 toneladas de materia seca comestible, comparadas con 8 ó 9 toneladas de alfalfa (Batis, et. al., 1999).

Las hojas de leucaena contiene muchos nutrientes y su porcentaje de proteína la mayor que el de la alfalfa y representa un alimento casi completo para los rumiantes. La energía metabolizable corregida por el nitrógeno (EM) para aves fue de 1.83 ± 0.74 Mg/Kg de materia seca según D' Mello y Thomas (1979). Este es el único dato publicado para la EM de la leucaena. Se sugirió que el bajo valor de la EM de la leucaena en relación a la harina de alfalfa, resulta de la digestibilidad reducida de esta leguminosa (D' mello y Taplin, 1978). (Cuadro1).

Cuadro 1. Proteína cruda, fibra cruda y energía metabolizable de la harina de leucaena, alfalfa seca al sol y extracto de harina de soya.

	LEUCAENA	ALFALFA	HARINA DE SOYA
Proteína cruda (% MS)	25.90	15.73	51.25
Fibra (% MS)	11.88 ¹	31.46 ²	6.74 ³
Energía metabolizable para aves de corral Mg/Kg MS	2.8 ³	2.8	10.8
Fuentes de datos	D' mello y Taplin 1978	Scott, et. Al., 1969	D' mello y Taplin 1978
ATC-FIBRA	(2)FIBRA CRUDA	(3) D' mello y Thomas, 1978	

La proteína de la hoja de leucaena es de una calidad nutritiva muy alta ya que puede contener hasta un 34% de proteína cruda en base seca, los aminoácidos están presentes en cantidades bien balanceadas muy similares a de la alfalfa (Hegarty, 1977). El patrón de aminoácidos para la leucaena también es comparable a aquel de la pasta de soya (Cuadro 2). Las muestras de las hojas de leucaena y las semillas fueron analizadas para el contenido de aminoácidos en Zaire.

En adición a esto la leucaena debido a su alto contenido de xantofilas mejora la pigmentación de la yema de huevo, tarso y piel de los pollos de engorda y gallina de postura cuando de emplea en la dieta, ya que no pueden ser sintetizados por las aves, pero si pueden ser derivados a partir de una fuente concentrada de los mismos.

Cuadro 2. Comparación del balance de los principales aminoácidos en la harina de alfalfa y leucaena (los valores son datos en mg/g).

AMINOACIDOS	ALFALFA	LEUCAENA	
		SEMILLA	HOJAS
Treonina	290	138	266
Serina	-	206	279
Alanina	-	205	311
Valina	356	204	311
Isoleucina	290	148	244
Lisina	368	324	329
Histidina	139	158	123
Cistina	77	74	67
Metionina	98	64	98
Ácido aspartico	-	643	864
Ácido glutamico	-	911	640
Eusina	494	283	444
Tirosina	232	162	208
Mimosina	0	763	343
Fenilalanina	307	197	283
Arginina	357	493	277

FUENTE: Degussa (1973).

Según los minerales disponibles del suelo por el sistema radicular del forraje de leucaena, puede ser una fuente excelente de calcio, fósforo y de más minerales disponibles (D' Mello y Taplin, 1978). El nivel de calcio (19 g/kg MS), parece ser la cifra más significativa del contenido mineral de esta planta, especialmente en lo que se refiere a su uso en los alimentos avícolas (cuadro 3).

Las hojas de leucaena también son una fuente rica de carotenos y de vitaminas. El contenido de B-caroteno de tres variedades de harina de hoja de leucaena en Malawi fueron en escala de 227-248 mg /kg MS (D' mello y Taplin, 1978). Además de ser una buena fuente de B-caroteno, la harina de hoja de leucaena, también es rica en vitamina K (Chou y Ross, 1965).

El contenido de mimosina varía de acuerdo a la variedad de leucaena de que se trate (Gonzales, 1967). Este autor da un valor de 38.5 g de mimosina /kg de leucaena leucocephala y 22.2 g/kg para la leucaena pulvurulenta.

Cuadro 3. Concentración de ciertos minerales y pigmentantes en la harina de leucaena.

MACROELEMENTOS (g/kg MS)		ELEMENTOS TRAZA (ppm)		PIGMENTANTES (ppm)	
Calcio	19.00	Cobre	11.4	Xantofilas	749
Fósforo	2.16	Hierro	907.4	Luteína	538
Magnesio	3.35	Zinc	19.2	Zeaxantina	129
Sodio	0.16	Manganeso	50.9	B-caroteno	240
Potasio	17.00				

Fuente: D' mello y Taplin 1978.

La leucaena (leucocephala) es un arbusto leguminoso que pertenece a la familia mimosácea. Su habiada original fue centro América, pero actualmente se cultiva en la mayoría de las regiones tropicales del mundo como una promisoriosa leguminosa de pastoreo en regiones tropicales debido a sus elevadas producciones (12-20 toneladas por hectárea), (NAS, 1979).

El uso de la planta como forraje, sin embargo, se ve limitado por el aminoácido mimosina, el cual puede provocar reacciones adversas en los animales (Mevler et al., 1979).

3.3. Utilización de Leucaena en la alimentación de animales.

3.3.1. Animales no rumiantes.

3.3.1.1. Leucaena en la alimentación de las aves de corral.

El uso de la harina de leucaena en las dietas de las aves, fue revisado por (D' Mello y Taplin, 1978). Aparte del rico contenido de proteínas y minerales (especialmente calcio) de la harina de leucaena, el contenido alto de B-caroteno en sí solo puede justificar el uso de esta harina en la dieta de las aves. Muchos investigadores han notado que la incorporación de la harina de leucaena en un 4 - 6% del nivel dietético en dietas avícolas, restauraron la salud a pollitos que sufrían la deficiencia de vitamina A. (Ruskin, 1977).

La harina de leucaena también es muy rica en pigmentos xantofilicos, estimados ser en la escala de 741-766 mg/kg MS (D' Mello y Taplin, 1978). Este pigmento colorea la yema de los huevos y la piel de los pollos y parece ser que la fuerza de pigmentación de harina de leucaena es doble que aquella de la alfalfa. Sin embargo, una depresión lineal de crecimiento fue observada cuando los politos fueron alimentados con 10%, 20% o 40% de la harina de leucaena en las dietas (Labadan, 1969).

La mortalidad fue alta en la dieta con un 40% de leucaena. El agregar a la dieta, análogos de las estructuras de mimosina tales como tirosina, piridoxina y niacina, contrarrestaron la depresión en el crecimiento causado por las dietas de leucaena, aun a los niveles dietéticos más altos de 40% de leucaena. Hubo una mejora significativa en el crecimiento y en la eficiencia alimenticia, cuando estas dietas fueron suplementadas con 0.15 y 0.30% de sulfato ferroso.

3.3.1.2. Leucaena en la alimentación de cerdos.

Los cerdos son sensitivos a la leucaena por la presencia de la mimosina. Owen, (1958), señalo que los cerdos criados con dietas de harina de leucaena, perdieron su pelo, sin demostrar el nivel en el cual la leucaena fue usada.

En Papua, Nueva Guinea y en las Filipinas, la harina de leucaena ha sido usada satisfactoriamente para suplementar las raciones hasta en 10% para los cerdos en crecimiento (Ruskin, 1977).

3.3.2. Rumiantes.

3.3.2.1. Leucaena como fuente alimenticia de bovinos.

Similar a otras leguminosas, la digestibilidad en vivo del forraje la leucaena es estimada estándar en la escala de 50 - 70%. La presencia de la mimosina tiende a reducir la actividad de las bacterias celulóticas, pero en una semana más o menos las bacterias del rumen se adaptan a la digestibilidad mejora considerablemente (Ruskin, 1977).

Hamilton, *et al.*, (1968) encontraron que cuatro de cinco becerras nacidas de novillonas alimentadas con una dieta que contenía un 80% de leucaena había aumentado enormemente de las glándulas tiroides al nacer. Las novillonas testigo dieron a luz a becerros significativamente más pesados (25.8 kg en opuesto a 19.6 kg) sin anormalidades detectables.

Se hizo la sugerencia de que la mimosina y/o algún otro componente goitrogenético de la leucaena podrían interferir en el metabolismo de la glándula tiroides, pero Hegarty *et al.*, (1976), informaron que en sí, la mimosina no es goitrogénica, más bien lo viene siendo el compuesto 3,4-dioxipiridina (3,4 DHP). Se encontró que la mimosina es hidrolizada por la microflora del tracto intestinal de los rumiantes a 3,4 (DHP), tal eficientemente y tan rápido que aun cuando los animales son alimentados con una dieta rica en leucaena, su carne, leche y sangre están libres de mimosina.

Generalmente cuando las dietas contienen menos del 30% de harina de leucaena el ganado bovino puede prosperar con ellas por periodos largos sin señales de mala salud, pero cuando la leucaena comprende más del 50% de la ración y esta alimentación es continuada por más de 6 meses, el resultado puede ser; mala salud, perdida del pelo, desarrollo del bocio. Sin embargo, el ganado que resulta con bocio no muere. Los efectos en su mayoría irreversibles y puede verse a tiempo para que las leguminosas pueda ser quitada de la alimentación del ganado para permitir su recuperación inmediata (Ruskin, 1977).

La leucaena contiene cantidades casi insignificantes de cianuro, selenio o agentes que causen timpanismo en los bovinos pastando como lo aria el trébol blanco. El contenido de mimosina de la leucaena no tiene efecto en la leche o carne del ganado que se alimenta con esta planta en forma que puede causar daño a los humanos que consumen los productos de estos animales.

Como el ganado bovino, las ovejas encuentran que el forraje de leucaena es sumamente agradable aunque ellas están menos capacitadas para tolerar la mimosina en sus dietas. Parece que las bacterias del rumen de las ovejas no hidrolizan la mimosina en 3,4-DHP tal eficientemente como las del ganado bovino.

Consecuentemente algo de la mimosina es absorbida y entra a la sangre (Ruskin, 1977). Altos consumos de leucaena por las ovejas han demostrado que causan un gran despojo de lana en 7 - 10 días (Hegarty, et al., 1964). Sin embargo, si las ovejas gradualmente se les introduce una alimentación de leucaena, las bacterias del rumen se ajustan a los animales pueden alimentarse con la planta (especialmente variedades con bajo nivel de mimosina), siendo mínimos los efectos depilatorios (Ruskin, 1977).

Hegarty, *et al.*, (1964), establecieron según los resultados de administración intravenosa, intraabomasal e intraruminal de mimosina, que las ovejas, como los bovinos no pueden desintoxicar la mimosina después de la absorción, sino más bien por la degradación extensiva de la mimosina a 3,4-DHP que toma lugar en el rumen.

Por lo tanto la ausencia de síntomas de toxicidad en las ovejas condicionadas a la leucaena se debe más bien a la desintoxicación rumen toda en el rumen, que a una tolerancia adaptativa. Reis, *et. al.*, (1975) descubrieron que la caída de la lana en las ovejas fue asociada por la retroversión folicular de cabello y una cesación abrupta del crecimiento de la lana dentro de los 7 - 14 días del comienzo de las infusiones intravenosas de mimosina.

3.4. Mecanismo de toxicidad en la mimosina.

Muchos informes relacionados con los efectos bioquímicos de la mimosina han sido revisados. Sin embargo muchos aspectos del mecanismo toxico de la mimosina todavía permanecen sin revelar. Ya se han mencionado que la mimosina en animales experimentales, también como el ganado, puede causar la caída de pelo, retardo en el crecimiento, catarata ocular, bocio, disminución en la fertilidad y mortalidad en los casos más drásticos.

El hecho que la mimosina lleve una semejanza estructural a la Tirosina llevo a Lyn, *et. al.*, (1964) a la hipótesis de que la mimosina probablemente actúa como un análogo de tirosina o una antagonico de tirosina, la cual inhibe la biosíntesis de la proteína en el cuerpo viviente y causa síntomas tóxicos incluyendo retardo en el crecimiento.

3.5. Factores que afectan en la pigmentación del pollo de engorda.

Existen varios factores despigmentantes en el pollo de engorda que no están relacionados con la calidad de pigmento que se esté usando. Estos factores pueden ser raza, sexo, manejo, alimentación, enfermedades, y otros que a continuación señalaremos (SEAGRO, 2000).

3.5.1. Raza de las aves.

Las distintas cruza genéticas que se han desarrollado pueden contribuir a que ciertas parvadas no pigmenten al grado deseable; sin embargo, en la actualidad, la mayoría de las casas vendedoras de pollito para engorde han superado este problema (SEAGRO, 2000).

3.5.2. Escala Zootécnica

Amaya (2006), define la siguiente Clasificación Zoológica de las Aves.

Clase: Aves

Orden: Galliformes

Familia: Phasianidae

Género: *Gallus*

Nombre científico: *Gallusgallus*

Nombre común: “Pollos, Gallos y Gallinas”

3.5.2.1. COBB-500.

Los pollos más eficientes del mundo tiene la conversión más baja de alimentación, mejor tasa de crecimiento y una capacidad de desarrollarse en baja densidad, nutrición menos costosa. Estos atributos se combinan para dar el Cobb-500 la ventaja competitiva de menor costo por kilo o kilo de peso vivo producido por la creciente base de clientes en todo el mundo. (Cobb-Vantress, 2013)

Cobb500 posee:

- Menor costo de peso vivo producido
- Superior rendimiento en raciones menos costosas de alimentación
- Alimentación más eficiente
- Tasa de crecimiento excelente
- Más uniformidad de los pollos para el procesamiento
- Reproductoras competitivas (Cobb-Vantress, 2013)

El pollo de corte Cobb-500 posee la mejor uniformidad en el mercado. Esa mayor uniformidad proporciona al procesador mayor cantidad de aves. (Cobb-Vantress, 2013)

Genéticamente predispuestos los pollos de piel amarilla, alimentados con una dieta que contenga xantofila exhibirán un color amarillo en la grasa, piel, pico y patas (Frame, 2009).

La línea Cobb – 500 es el producto de la combinación de las líneas Avian y Rhoss de alto rendimiento de carne, de rápido crecimiento , baja conversión alimenticia, alta rusticidad en el manejo y de fácil adaptación a cambios climáticos, cuya característica principal es de plumaje blanco en algunos casos con manchas negras (Avícola Torrico), citado por (Chacon, 2005).

El rendimiento de carne de la línea COBB – 500 a aumentado de 54.5 a 124.9 gr/año un total de 129% o 6.5% por año durante los últimos 20 años (Cobb Broiler 2013).Actualmente es la línea más explotada en el Perú predomina en un 66% a nivel nacional. Es recomendable para compañías que requieren pollos con rasgos uniformes y excelente productividad de carne (A.LG. 2008).

3.5.2.2. Requerimientos Nutricionales

Cobb – Vantress (2013), indica que los requerimientos de nutrientes generalmente disminuyen con la edad del pollo de engorde. Desde un punto de vista clásico, las dietas de inicio, crecimiento y terminación están incorporados dentro del programa de crecimiento del pollo de engorde. Sin embargo, las necesidades de nutrientes de las aves no cambian abruptamente en días específicos, sino que más bien cambia continuamente a medida del tiempo.

Las dietas para el pollo de engorde están formuladas para suministrar la energía y los nutrientes esenciales para su salud y producción exitosa. Los nutrientes básicos requeridos son: agua, proteína cruda, energía, vitaminas y minerales.

Estos componentes deben actuar en "concierto", para asegurar un adecuado crecimiento óseo y la formación de músculos. La calidad de los ingredientes, la forma del alimento y la higiene, afectan directamente a la contribución de estos nutrientes básicos. Si la materia prima y los procesos de molienda están afectados, o si no hay balance en el perfil nutritivo del alimento, se puede disminuir el desempeño (Cobb – Vantress, 2013).

Cuadro 4. Requerimientos Nutricionales de la línea COBB – 500.

Fuente	Unidad	Inicio	Crecimiento	Engorde
		1 – 7 días	8 – 30 días	>a 30 días
Proteína cruda	%	21.50	19.50	18.00
Energía metabolizable	kcal	3023	3166	3202
Minerales	%	7.64	7.29	6.83
Vitaminas A,D,E	UI	15030.0	14030.0	11030.0
Vitaminas K,B6 y B12	mg	8.02	7.02	6.02
Metionina+ cistina	%			

Fuente: SIOFRAM, 2008.

3.5.3. Sexo.

Las hembras tienen mayor capacidad de pigmentación que los machos, dado que su cantidad de grasa subcutánea es mayor (SEAGRO, 2000).

Algunos avicultores hacen una separación entre los machos y las hembras desde el segundo o tercer día de nacidos. Otros, llevan a cabo esta separación directamente en la parvada en la tercera o cuarta semana de vida, y otros dejan las parvadas mixtas. Generalmente, las hembras son vendidas para las rosticerías donde el color de la grasa y piel no son significativos por el proceso rostizado (SEAGRO, 2000).

Las hembras tienen un color más oscuro de la piel y el genotipo son también factores importantes de variabilidad (Hamelin & Altemueller, 2012).

3.5.4. Manejo.

Es un factor importante, puesto que la densidad de población correcta en nuestro medio es 10 animales por metro cuadrado en verano y 8 animales por metro cuadrado en invierno, y algunos avicultores, para ahorrar espacio, ponen poblaciones de hasta doce y quince pollos por metro cuadrado, dando esto como consecuencia una mayor concentración de deyecciones con liberación de mayor cantidad de gases amoniacales, lo cual es despigmentante en definitiva (SEAGRO, 2000).

Una buena ventilación y temperatura de las naves es deseada; si estas condiciones cambian a temperaturas más altas, los pollos ingerirán mayores cantidades de agua, dando como consecuencia heces más fluidas que, liberen igualmente, cantidades mayores de amoníaco y humedad en las camas del piso donde crecerán con mayor frecuencia algunos hongos y frecuencias que también son factores despigmentantes (SEAGRO, 2000).

Los pigmentos son susceptibles a la oxidación, de manera que la adición de antioxidantes y el manejo general de alimento aplicado a la protección de las grasas también es válida para la preservación de estos compuestos. La coccidiosis, mala absorción y algunas micotoxicosis experimentales pueden reducir la absorción de pigmentos (Pardo, 2007).

Con respecto al contenido de pigmento, todos los colorantes deben estandarizarse con un valor fijo. Debido a la presencia de los antioxidantes añadidos, la actividad de pigmento puede normalmente estar garantizada por un año. A medida que la tasa de inclusión de pigmentos en la alimentación es baja, una mezcla homogénea con todos los otros componentes de la alimentación es extremadamente importante para buena eficiencia de color (Seemann, 2000).

La pigmentación en el pollo de engorde depende de los pigmentos consumidos durante el crecimiento; en la ponedora, sin embargo, el color de la yema depende no solo de los pigmentos consumidos en el alimento sino también de la transferencia de pigmentos acumulados en la piel y las patas antes de la madurez (Pardo, 2007).

La transferencia de pigmentos hacia el ovario ocurre independientemente del nivel de pigmentos de la dieta y es la responsable del efecto de “blanqueado” de las canillas y el pico observado a medida que el ave envejece (Pardo, 2007).

3.5.5. Alimentación.

Una fórmula alimenticia mal homogeneizada, dará como consecuencia una pigmentación poco uniforme en la parvada (SEAGRO, 2000).

Utilización de granos con toxinas, ya que éstas afectarán el funcionamiento del páncreas en lo que toca a la absorción en el primer tercio del intestino de grasas, xantofilas y vitaminas "A", "E" y "K" (SEAGRO, 2000).

El uso de grasas y aceites rancios (oxidados), puestos que las xantofilas son liposolubles y al combinarse con estos ácidos grasos rancios se oxidan también. Esto es muy frecuente cuando algunos nutriólogos usan como fuente de energía el pulido de arroz, que es altamente oxidable (SEAGRO, 2000).

Hay dos componentes del proceso de pigmentación. La primera se refiere a la fase de saturación y consiste en la deposición de carotenoides amarillos para crear la base de color amarillo sobre 7 en la escala de abanico DSM. A continuación, la adición de carotenoides rojos se llama la fase de color y cambia el matiz de un color más naranja. Para los huevos de mesa, se pueden añadir cantidades de carotenoides amarillos y rojos en función de las necesidades del mercado (Hamelin & Altemueller, 2012).

El uso de ácidos grasos libres, puesto que estos no es apropiado para la acumulación de las xantofilas, aun obteniéndose buenas conversiones alimenticias (SEAGRO, 2000).

Las costumbres de agregar el pigmento en las premezclas vitamínicas y minerales que permanecen un tiempo antes de usarse en la fórmula final no son adecuadas, dado a que las trazas de hierro y cobre son prooxidantes (SEAGRO, 2000).

Una fórmula incorrecta y mal balanceada va a dar como resultado que el pollo no obtenga una conversión y acumulación de grasas correctas, y por lo tanto, una pigmentación defectuosa (SEAGRO, 2000).

Productos de pigmentación se utilizan solos o en combinación para lograr el resultado de color ideal para la pigmentación del pollo (JABIRU, 2014).

La selección de programas de Cobb enfatiza la eficiencia y la conversión alimenticia como grandes prioridades en el crecimiento de Cobb 500. Cobb alcanza el menor costo de producción de un kilogramo o libra de carne en los mercados en todo el mundo (Cobb-Vantress, 2013).

La estabilidad constituye un factor crítico que determina la eficiencia de los productos carotenoides. Una vez fabricados, se inicia un largo proceso que implica el envío, la distribución a los comercializadores y distribuidores, la producción de la premezcla y los piensos, la llegada a la granja y el almacenamiento en silos hasta que los pollos los reciben (Hamelin *et. al.*, 2011).

3.5.6. Enfermedades.

Enfermedades respiratorias no controladas, coccidiosis subclínica, enteritis, ascitis y en general todas las enfermedades digestivas son factores despigmentantes en los pollos (Varas & Beltrán, 2010).

Por último, el escaldamiento de la piel en los rostros al momento de desplumar a las aves. Puede despigmentarlas, por lo que los tiempos y temperaturas del agua en los rastros deberán ser las correctas. Este fenómeno es más notorio en pollos pigmentados con pigmentos sintéticos que con pigmentos naturales (Varas & Beltrán, 2010).

Las enfermedades ocasionan un alto porcentaje de las pérdidas económicas en una granja si no son controladas eficientemente, ya que en la mayoría de los casos se transmiten con mucha facilidad y en solo horas un galpón completo puede estar infectado con un virus o bacteria patógena (Alvarado, 2010).

Entre las enfermedades más conocidas tenemos: Cólera aviar, Coriza infecciosa, Gumboro, Influenza aviar, Laringotraqueitis infecciosa aviar, enfermedad de Marek, Micoplasmosis en aves, enfermedad de Newcastle, salmonelosis aviar y Viruela aviar (Alvarado, 2010).

3.6. Abanico de Roche.

El Roche Yolc Colour Fan (RYCF) es ampliamente aceptado en toda la cadena alimentaria como el estándar para medir el color de la yema en una rutina y fiable base (Beardsworth & Hernandez, 2004).

Cada hoja contiene un color que ha sido medido objetivamente y por lo tanto puede ser reproducido en la yema. Mediante el uso del abanico se puede definir el color deseado de la yema y en consecuencia, la formulación, de la cual se alimentan las gallinas, el objetivo del color de la yema no sólo puede ser alcanzado, sino también reproducido consistentemente (Beardsworth & Hernandez, 2004), (figura 1).

En el año 2003, Roche Vitaminas se convirtió en DSM Nutritional Products y como parte del proceso de actualizar los servicios que reflejan su nueva identidad DSM, RYCF será reemplazado por el nuevo DSM Yolc Colour Fan (DSM-YCF) (Beardsworth & Hernandez, 2004).

Este cambio no tiene ninguna influencia de cómo se utiliza el abanico, como el formato, el número y el color de las aspas del abanico, de la nueva DSM-YCF sigue siendo idéntica a la del RYCF que sustituye (Beardsworth & Hernandez, 2004).

El método más simple para evaluar la coloración de la yema y de la piel es una estimación empírica visual de carotenoides que está distribuida en valores de 1-15 lo cual nos permite estandarizar la pigmentación como nos muestra en la (figura 1).

Por ejemplo, El DSM Yolc Colour Fan se ha convertido en el instrumento más comúnmente usado en todo el mundo para medir el color de una yema de huevo. Este método sin embargo, sólo da información de color, pero no el contenido de los carotenoides biológicamente importantes, que tienen efectos promotores de la salud (Schweigert *et. al.*, 2011).

Figura 1. Escala colorimétrica de Roche.



Fuente: Beardsworth y Hernandez, 2004.

El color exigido por el consumidor no se puede lograr con los componentes habituales, en el valor del abanico de Roche no se puede obtener un rango más de 10. Para un color más intenso, por consiguiente, deben añadirse colorantes (Seemann, 2000).

En comparación con las yemas de las cuales tienen color homogéneo, la piel de pollos de engorde es mucho más difícil de evaluar porque el color de la canal es más heterogéneo (Hamelin & Altemueller, 2012).

El abanico DSM permite una mejor clasificación y es más económico y fácilmente disponible, se ha convertido en el método preferido para muchos mataderos. Por último, en los mercados donde el color es de importancia cuando los pollos de engorde se venden con las patas, el color rojo es el más importante, la cantaxantina empieza ser el compuesto más eficaz para la pigmentación del tarso (Hamelin & Altemueller, 2012).

3.7. Análisis económico.

3.7.1. Análisis económico de costos parciales

El análisis económico pretende dar las mejores alternativas al campesino productor, como consecuencia de la investigación agrícola (Perrin, 1988).

En este caso, para determinar el menor costo con el que se puede obtener un mayor rendimiento se emplea la metodología de “Presupuestos parciales” (costos y beneficios de los tratamientos planteados) y análisis marginal (cálculo de la tasa de retorno marginal para cada tratamiento).

La producción agrícola, se interesa bastante en los beneficios netos, las sugerencias y recomendaciones que se genera de la realización de un experimento; que deberán incluir el análisis de costos y beneficios tomando en cuenta los aspectos involucrados en la producción.

4. MATERIALES Y MÉTODOS.

4.1. Localización.

El trabajo de investigación se efectuó en el departamento de La Paz, provincia Murillo en la zona de Pasankeri del distrito 7, la cual está ubicada a una altitud de 3250 msnm entre las Coordenadas geográficas: 16° 29' Latitud sur y 69° 08' Longitud oeste del meridiano de Greenwich, la temporada de primavera en La Paz registra una temperatura máxima promedio de 22 °C y una temperatura mínima promedio de 5 °C. (BBC Weather), (INE, 2003).

4.2.3. Materiales de faeneo.

Para el faeneo se utilizó trípodes, bandejas, cuerdas, mesas, embudos y cuchillos.

4.2.4. Material de gabinete.

Hojas de registro, computadora cuaderno de campo, cámara fotográfica y lapicero.

4.3. Metodología.

4.3.1. Procedimiento experimental.

4.3.1.1. Preparación del ambiente.

- Para la recepción de pollitos BB se tomó medidas de bioseguridad como: aislamiento, control de tráfico y sanidad; considerado como práctica la prevención de enfermedades en el galpón de cría.
- El galpón estuvo dimensionado de 6 metros de largo por 5 metros de ancho, con piso hormigonado con ventilación e iluminación adecuada. Al interior de esta se construyeron 12 corrales de 1.20 metros de largo por 1 metro de ancho por 90 cm de altura y separadas en 8 aves por unidad experimental.
- Dos semanas antes de la recepción de pollitos BB se limpió el galpón y todos los accesorios, luego se flameó, posteriormente se hizo el lavado a presión de pisos, paredes y techo con agua clorinada usando 100 g de hipoclorito de calcio por cada 100 lt, con el fin de eliminar cualquier parásito perjudicial.
- Tres días antes se preparó la cama con cascarilla de arroz con una altura de 5 cm de altura previamente desinfectada con diclovan. Seguidamente se preparó el redondel o círculo de crianza, luego se instaló la campana criadora para su respectivo sistema de calefacción.
- Se procedió a colocar los comederos, bebederos y los termómetros ambientales de máxima y mínima.

- Finalmente se encendió el sistema de iluminación, y la campana criadora 4 horas antes de la llegada de los pollitos BB, con el fin de proveer un ambiente propicio, la temperatura se mantuvo a 33°C.

4.3.1.2. Fase Pre – experimental

- Después de 14 días de vacío sanitario, se estableció el plantel de pollitos BB procedentes de Caranavi del departamento de La Paz empresa distribuidora Disbal al galpón experimental previa verificación del sistema de calefacción a 33°C de temperatura, así mismo se dispuso comederos y bebederos, también se pesó el alimento requerido en esa etapa.
- Al llegar los pollitos BB fueron tratados con electrolitos (azúcar a razón de 50 gr/lt) en agua de bebida dispuesto en los bebederos. Considerando la perdida de electrolitos en el transcurso del transporte.
- Se los asistieron las 24 horas del día durante la primera semana, principalmente en los tres primeros días, especialmente en el galpón.
- La cría de pollos durante la etapa de inicio y crecimiento, es de suma importancia y de su adecuada organización depende en grado la productividad de los pollos parrilleros, por lo que se tomó en cuenta lo siguiente: temperatura dentro del galpón ventilación, luz e iluminación factores importantes en una producción lo cual se manejó bajo estos criterios.

Edad/semanas	1	2	3	4	5	6	7
Temperatura (°C)	32-33	30-32	26-29	23-25	20-22	18-20	18

- En cuanto a la iluminación se utilizó la luz artificial, para el primer día 24 horas de luz, segundo día 23 horas y luego ya bajamos paulatinamente hasta llegar a 12 a 14 horas, de igual forma la ventilación se manejó en base a cortinas y ventiladores artificiales.

- Se les suministro el alimento balanceado según los requerimientos nutricionales en cada etapa. Toda la investigación duro 49 días la cual estuvieron marcados por tres etapas: el de inicio que duro de 1 - 16 días que estuvieron suministrados con alimento de iniciador, en la etapa de crecimiento que contempla de los 17 - 29 días suministrados con alimento de crecimiento y la etapa de engorda que duro de 30 – 49 días, la cual fue la más importante porque en allí fue donde se aplicó los tratamientos de la adición de Leucaena en diferentes niveles hasta el día del faenado.

4.3.1.3. Aplicación de los tratamientos

- Se estableció el plantel de pollitos BB, se pesó a cada uno y se hizo tomar el electrolito, y se lo coloco en la cama de cascarilla de arroz la cual fue recubierta con papel periódico.
- Se verificó las condiciones del ambiente en cuanto a temperatura de la campana criadora, las veces necesarias especialmente por las noches, durante las tres primeras semanas.
- Se distribuyó el alimento de acuerdo a lo que les correspondía a cada tratamiento con diferentes niveles de Leucaena a razón 1, 2, 3% para los tratamientos T 2, T3 y T4 respectivamente.
- Luego se identificaron las muestras por tratamiento con pintura indeleble de color rojo, azul y verde en el lugar de las alitas.
- El segundo día se administró el antibiótico (Premium parrillero) en el agua de bebida por dos días, para prevenir la infección de posibles enfermedades respiratorias.
- Se lavaron los bebederos, al inicio tres veces por día y después de la segunda semana se lavó diariamente. Se limpiaron los comederos en el momento de distribuirles en alimento, todos los días.

- La Leucaena que se recolectó de las zonas tropicales de la ciudad de La Paz específicamente de los Yungas, previa recolección se hizo el secado para luego realizar la molienda de la misma, para luego realizarse la mezcla con el alimento balanceado específicamente el de engorde previa distribución de los tratamientos.
- Adición de Leucaena en un porcentaje de (1, 2, 3% en el alimento) para los tratamientos T 2, T3 y T4 respectivamente en la etapa de engorde.
- Se registró semanalmente el peso de los pollos.
- Se registró el porcentaje de mortandad a diario.

4.3.2. Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado fue la de completamente al azar, por existir condiciones experimentales homogéneas dentro del galpón, el mismo que consta de 4 niveles de leucaena y 3 repeticiones con un total de 12 unidades experimentales.

4.3.2.1. Factor de estudio.

Factor R: Raciones en estudio (nivel de harina de Leucaena).

R1: = 0,00 % de leucaena (testigo)

R2: = 1,00 % de leucaena

R3: = 2,00 % de leucaena

R4: = 3,00 % de leucaena

4.3.2.2. Tratamientos.

Factor T: Tratamientos en estudio.

T1  (Balanceado comercial + 0,00 % de leucaena) (testigo)

T2  (Balanceado comercial + 1,00 % de leucaena)

T3  (Balanceado comercial + 2,00 % de leucaena)

T4  (balanceado comercial + 3,00 % de leucaena)

4.3.3. Modelo lineal aditivo.

De acuerdo a Ochoa (2009), el modelo lineal aditivo corresponde a:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Una observación cualquiera

μ = Media poblacional

α_i = Efecto del i-ésimo tratamiento (**niveles de Leucaena**).

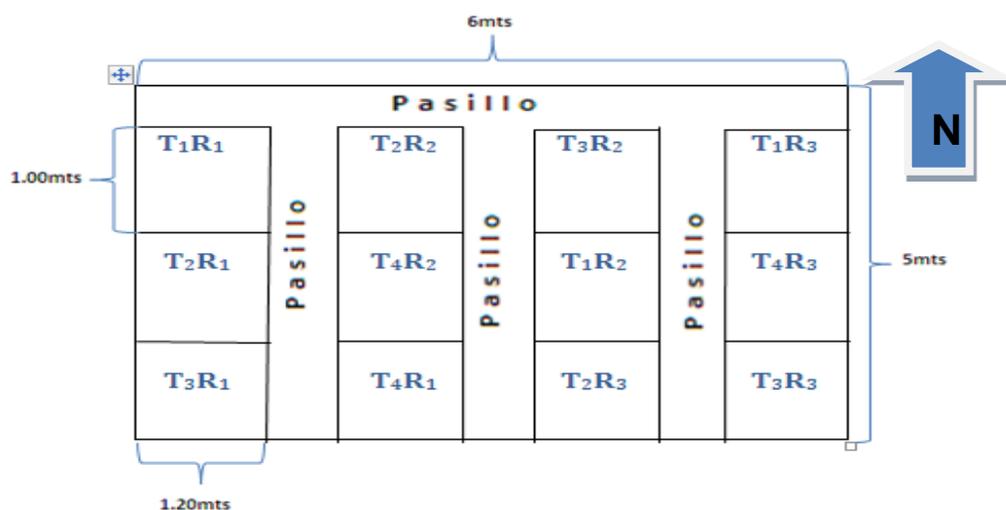
ϵ_{ij} = Error experimental.

La prueba Duncan a un nivel de confianza de 95% fue el método de comparación de medias utilizada para la determinación de las diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos propuestos en la investigación.

4.3.4. Croquis del experimento.

En la figura 3 se muestra la disposición de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Figura 3. Croquis del experimento



4.4. Variables de estudio.

4.4.1. Determinación de la pigmentación.

Se evaluó en el momento de faeneo, mediante el abanico colorimétrico de Roche, con la prueba de puntaje para evaluar la pigmentación del pollo.

4.4.2. Peso final.

Se realizó la medida directa del peso vivo al finalizar el ciclo de crianza con el que sale el producto a la venta.

4.4.3. Porcentaje de mortalidad.

Se obtuvo mediante el registro diario de muertes y descartes durante el tiempo que duró la investigación

$$\% \text{ mortalidad} = \frac{N \text{ de animales muertos}}{\text{total de animales}} \times 100$$

4.4.4. Análisis económicos.

Paredes, citado por Quispe (1998), menciona que el análisis económico es una evaluación que tiene como objetivo analizar el rendimiento y rentabilidad de toda inversión independientemente de la fuente de financiamiento.

4.4.4.1. Análisis con presupuestos parciales

Los presupuestos parciales, son un enfoque discreto y en una lista finita de posibilidades tecnológicas que representan los tratamientos del experimento, permite identificar la más rentable. Este tratamiento constituye la recomendación. Cada enfoque tiene su especialidad para aplicarse y parecerían ser totalmente diferentes, sin embargo ambos comparten la misma base de teoría económica (Reyes 2001).

Ambos enfoques comparten la misma base teórica, y particularmente es necesario resaltar que en ninguno de los dos enfoques comparados, los costos fijos son relevantes para identificar el nivel de insumo o el tratamiento que maximiza ganancias.

El enfoque de la función de producción, los costos fijos son importantes nada más para determinar el monto de la ganancia máxima. Los niveles de insumo y de producción se determinan independientemente de los costos fijos. Lo mismo ocurre con los presupuestos parciales, aunque en este caso, los niveles de producción ya son un dato con el que se trabaja (Reyes 2001).

El análisis económico del ensayo se estableció sobre la base del método de evaluación económica propuesto por el CIMMYT (1988), el cual propone una metodología sobre el presupuesto parcial y el análisis marginal, como herramientas útiles para determinar las implicaciones económicas en costos y beneficios al analizar los resultados.

El análisis económico se realizó con el propósito de identificar los tratamientos que más beneficio puede otorgar a los productores en términos económicos. Todos los datos de costos de producción (insumos), fueron calculados para 100 pollos, con los rendimientos obtenidos por cada uno de los tratamientos.

Los rendimientos de peso vivo por tratamientos, han sido ajustados al 5%, para de alguna manera asemejar las condiciones del productor y compensar las pérdidas ocasionadas por el cuidado de los animales y la tasa mínima de retorno fue estimada en 90%. El beneficio bruto se obtuvo con el precio de salida de la granja con 15 Bs por kg de peso de pollo faenado.

Los parámetros que se tomaron, fueron calculados por las siguientes relaciones:

a) Beneficio bruto

$$B.B = R \times P$$

Dónde:

B.B. = Beneficio Bruto

R = Rendimiento promedio por tratamiento

P = Precio de peso ajustado

b) Tasa de retorno marginal

$$TRM = \frac{BN1 \cdot BN2}{CV1 \cdot CV2} \times 100$$

Dónde:

TRM = Tasa de retorno marginal

BN1 = Beneficio neto en el primer nivel de tratamiento no dominado

BN2 = Beneficio neto en el segundo nivel de tratamiento no dominado

CV1 = Total costos variables en el primer nivel de tratamiento no dominado

CV2 = Total costos variables en el segundo nivel de tratamiento no dominado.

4.4.4.2. Análisis de residuos

Se conoce como residuos, al remanente que queda del beneficio neto después de sustraer el costo de oportunidad del capital de trabajo empleado para financiar las prácticas evaluadas en el experimento. Los residuos son un análisis que se hace para corroborar los hallazgos realizados con la TRM y la TAMIR. Como regla general, el tratamiento más restable identificado con la TRM y la TAMIR, acusa los mayores residuos (Reyes 2001).

La fórmula de los residuos es:

$$RES_i = BNi - [(TAMIR/100) * CV_i]$$

Dónde:

RES_i = es el residuo del i-ésimo tratamiento

BN_i = es el beneficio neto de campo del i-ésimo tratamiento

CV_i = es el costo que varía del i-ésimo tratamiento

TAMIR = tasa mínima de retorno.

4.4.4.3. Beneficio costo

La relación beneficio/costo (B/C), permite medir la rentabilidad financiera del proyecto, se determina dividiendo los ingresos brutos actualizados (beneficios), entre los costos actualizados. Este indicador, muestra la calidad de dinero actualizado que recibiría el proyecto por cada unidad monetaria invertida.

$$[B/C] = BB/CT$$

Dónde:

[B/C] = Relación beneficio costo

BB = Ingresos bruto actualizados

CT = Costo actualizado

Para su aplicación es necesario tener presente los siguientes parámetros de medición:

$B/C > 1$, entonces, existe beneficio

$B/C = 1$, entonces, no existe beneficio ni pérdida

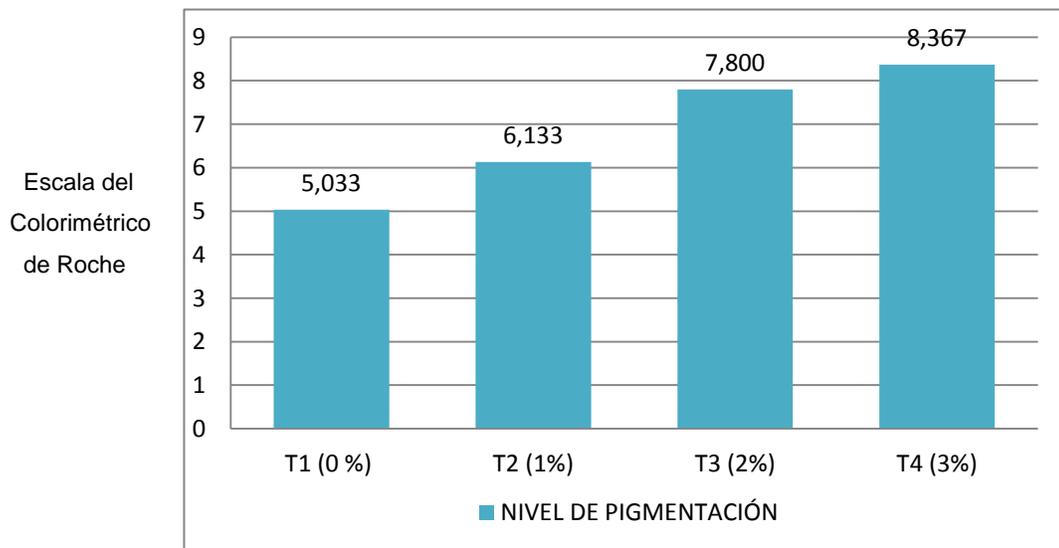
$B/C < 1$, entonces, no existe beneficio.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Pigmentación

Los promedios en la pigmentación de los pollos fueron crecientes con la aplicación de los tratamientos, (Figura 4).

Figura 4. Valor de pigmentación de la carne de pollo obtenido durante la investigación por los tratamientos compuestos por diferentes niveles de Leucaena.



El cuadro ANVA muestra diferencias altamente significativas a partir de la aplicación de los tratamientos, (Cuadro 5).

El coeficiente de variabilidad es de 5.1%, lo cual significa que está dentro de los rangos de aceptación en condiciones de campo se puede inferir que el manejo de las U.E. fue aceptable para esta variable.

Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable pigmentación.

Fuentes de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr>F
Niveles de Leucaena	3	20.649	6.883	56.19	0.0001 **
Error	8	0.980	0.123		
Total	11	21.629			

** = Altamente significativo

Coefficiente de variación = 5.1%

Al realizar la comparación de medias por el método de Duncan al 5% de prueba de error ($\alpha= 0.05$), se encontraron diferencias altamente significativas de la pigmentación producida por la adición de Leucaena, haciendo tres grupos: El primero constituido por los tratamientos 3 y 4 con promedios de pigmentación de 8.3667 y 7.800 respectivamente y similares estadísticamente entre sí pero superior a los demás. El segundo grupo corresponde al tratamiento 2 con escala de pigmentación de 6.233, inferior al grupo A, finalmente, en el grupo 3 se encuentra el tratamiento 1 (testigo) que obtuvo un promedio de 5.0333 unidades para el colorímetro de Roche, menores a todos los demás, (Cuadro 6).

Cuadro 6. Prueba de Duncan para la pigmentación de los porcentajes de Leucaena.

Niveles de Leucaena (%)	Promedio grado de Pigmentación	Duncan ($\alpha=0,05$)
3	8.3667	A
2	7.8000	A
1	6.2333	B
0	5.0333	C

Al respecto Teeter y Wiernusz (2003), señala que la intensidad del color amarillo en las aves depende enteramente de la cantidad de pigmento incluido en la dieta y depositada en la piel.

También menciona Chou y Ross, (1965), que las hojas y semilla de leucaena son una fuente rica de carotenos y de vitaminas. El contenido de B-caroteno de tres variedades de harina de hoja y semilla de leucaena en Malawi fueron en escala de 227-248 mg /kg MS (D' mello y Taplin, 1978). Además de ser una buena fuente de B-caroteno, la harina de leucaena, también es rica en vitamina K.

Así mismo indica D' mello y Taplin, (1978), que la leucaena debido a su alto contenido de xantofilas mejora la pigmentación de la yema de huevo, tarso y piel de los pollos de engorda y gallina de postura cuando se emplea en la dieta, ya que no pueden ser sintetizados por las aves, pero si pueden ser derivados a partir de una fuente concentrada de los mismos.

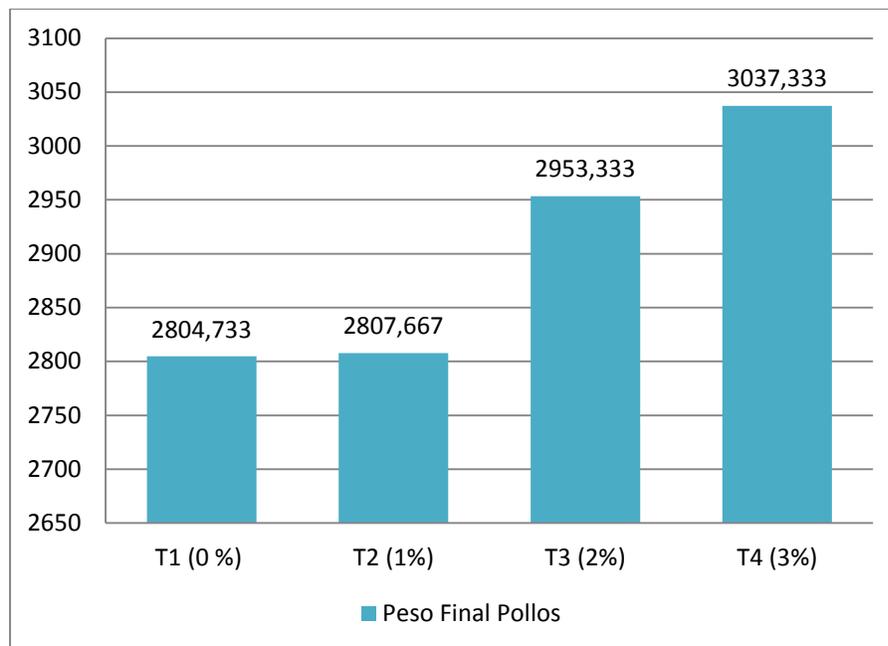
Como también Choque, (2008), menciona que la adición de cúrcuma en la ración de los pollos parrilleros logro aumentar la pigmentación de las aves hasta 11,9 con el nivel de 2% respectivamente, pero no se puede aumentar la pigmentación usando porcentajes mayores, lo que puede considerarse como límite en su uso por la baja correlación que existe entre la pigmentación y el porcentaje de cúrcuma.

Andrade, (2014), menciona que uno de los colorantes naturales que se usa actualmente es la flor de Marigold (*Tagetes erecta*) por su aporte en el color del pico y tarso del ave, los resultados obtenidos al adicionar demostraron que el pigmento no afecta las variables como consumo de alimento, peso promedio, conversión alimenticia, mortalidad. En lo referente al nivel de pigmentación se determinó diferencia estadística, el promedio más alto fue en 1 ml. Novafil 15 (P1) con un promedio de 7.89, seguido de 0.5 ml. Novafil 15 (P2) con 7.62.

5.2. Peso final

Los promedios en peso final fueron en aumento en relación a la aplicación de los tratamientos (Figura 5).

Figura 5. Peso final en gramos obtenido durante la investigación para los tratamientos compuestos por la Leucaena.



El cuadro ANVA muestra diferencias significativas a partir de la aplicación de los tratamientos, (Cuadro 7).

El coeficiente de variación fue de 3.4%, lo cual significa que está dentro de los rangos de aceptación en condiciones de campo se puede inferir que el manejo de las U.E. fue aceptable para esta variable.

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable peso final.

Fuentes de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr>F
Niveles de Leucaena	3	0.1367	0.0456	5.56	0.0384 *
Error	8	0.0800	0.0100		
Total	11	0.2167			

* = Significativo

Coefficiente de variación = 3.4%

Al realizar la comparación de medias por el método de Duncan al 5% de prueba de error ($\alpha= 0.05$), se encontraron diferencias significativas en los pesos finales, producidas por la adición de Leucaena, haciendo de esta manera dos grupos: El primero conformado por los tratamientos 3 y 4 con valor en peso promedio en kg. de 2.9667 y 3.0667 respectivamente y similares estadísticamente entre sí pero superiores al segundo grupo, finalmente el segundo grupo constituido por los tratamientos 1 y 2 con valores de 2.800 y 2.833 respectivamente, siendo estos estadísticamente similares entre sí pero inferiores al primer grupo, (Cuadro 8).

Cuadro 8. Prueba de Duncan para el peso final de los porcentajes de Leucaena.

Niveles de Leucaena (%)	Promedio (kg)	Duncan ($\alpha=0,05$)
3	3.0667	A
2	2.9667	A
1	2.8333	B
0	2.8000	B

Al respecto NAS (1977), señala que la harina de hojas de *Leucaena* compara favorablemente con la de hojas de alfalfa en cuanto a contenido de energía metabolizable.

También menciona Hegarty, (1977), que la proteína de la leucaena es de una calidad nutritiva muy alta ya que puede contener hasta un 34% de proteína cruda en base seca, los aminoácidos están presentes en cantidades bien balanceadas muy similares a de la alfalfa.

Así mismo Arroyo, (1984), en una investigación de *Leucaena* como insumo en alimento para pollos de engorde señala que en una adición de 5% de harina de *Leucaena* en la ración tiende a ganar mayor peso, pero también menciona que a un rango mayor al 10% de harina de *Leucaena* suministrada en raciones, sucede todo lo contrario existe pérdida de peso y una desuniformidad en crecimiento esto debido al contenido de mimosina que es un aminoácido que contiene la *Leucaena* y que esta es tóxica a niveles mayores a 15% en la implementación en raciones para aves.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por ter Meulen *et al.* (1983), Vhora (1972) y Gerpaces *et al.* (1967), quienes reportan resultados similares a la ración control con dietas que contenían niveles variables de hoja de *Leucaena* aunque en sus estudios, los niveles eran de alrededor del 10% de la ración. Por su parte, Labadan (1969) observa un deterioro significativo del consumo de alimento con dietas que contenían 7.5% de hojas de *Leucaena*; sin embargo, el material foliar por ellos utilizado era de un elevado contenido de mimosina por la variedad de *Leucaena* que utilizaron.

Como también (Choque, 2008), señala que el achiote no causo efectos significativos en la ganancia media diaria, la mortandad y conversión alimenticia; sin embargo este último mostró una ligera disminución. Para el peso final existió alta correlación con el aumento de los niveles de achiote, siendo significativo al llegar a 3.0% con 2833.9 gr.

5.3. Porcentaje de Mortalidad

El porcentaje total de mortalidad que se obtuvo durante los 49 días que duro el experimento fue de 6.25% todos fueron debido al síndrome ascítico que se presentó en la 3^o, 4^o y 5^o semana después de cargar el galpón con pollitos BB, (Cuadro 9).

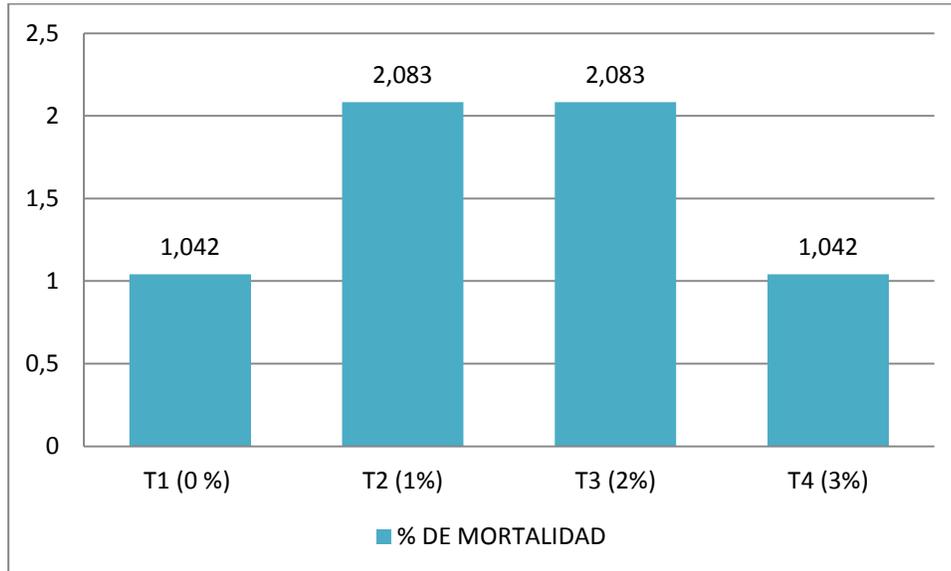
Este nivel bajo de mortalidad se debió al cuidado exhaustivo y minucioso del control fito sanitario que tuvo la parvada, para evitar el deceso de los mismos a causa del síndrome ascítico se tomó un estricto control con la restricción alimenticia.

Cuadro 9. Porcentaje de mortalidad por tratamiento

SEMANA S	MORTALIDAD				TOTAL SEMANA		ACUMULADOS		SALDO O AVES
	T1 (0%)	T2 (1%)	T3 (2%)	T4 (3%)	Mortalidad	%	Mortalidad	%	
1	-	-	-	-	-	0	-	0	96
2	-	-	-	-	-	0	-	0	96
3	1	1	-	-	2	2.08	2	2.08	94
4	-	-	1	-	1	1.04	3	3.13	63
5	-	1	1	-	2	2.08	5	5.21	91
6	-	-	-	1	1	1.04	6	6.25	90
7	-	-	-	-	-	0	6	6.25	90

El porcentaje de mortalidad para los niveles de cada tratamiento obtenidas hasta el final la investigación, (Figura 6).

Figura 6. Porcentaje de mortalidad obtenida durante la investigación para los tratamientos con adición de harina de Leucaena



Al respecto D´mello y Thomas (1978), realizaron un ensayo de 21 días de duración con pollos de engorde y niveles de 5, 10, 15 y 40% de harina de Leucaena en la ración reportando un marcado retraso en el crecimiento y bajo consumo de alimento cuando se incorporó Leucaena en niveles de 5 y 10% en las raciones. A niveles de 15 y 40% los resultados fueron más adversos.

Así mismo Choque, (2008), señala que al evaluar los efectos de la cúrcuma, se establece que los niveles propuestos (0.0, 1.0, 2.0 y 3.0%), no tienen efecto en la ganancia media diaria, peso final y tampoco en la conversión alimenticia, lo que indica que el uso de cúrcuma en cualquiera de los porcentajes propuestos, para la pigmentación de los pollos parrilleros, no tiene efecto en los índices productivos, sin embargo al revisar la mortandad, existe alta correlación de la mortandad con el aumento de los niveles de cúrcuma, que llega a ser significativo al nivel de 3.0% con 4.7% de mortandad, limitando el uso de este pigmentante a 2.0%.

5.4. Análisis de costos parciales

El presupuesto parcial del ensayo para la alimentación de pollos parrilleros con adición de Leucaena, donde la primera columna se observa los tratamientos de porcentajes adicionados lo que dio un total de 4 tratamientos, la cuarta columna presenta los beneficios brutos de campo calculados con los rendimientos medio ajustados por el costo de peso faenado del pollo parrillero, tomando estas consideraciones y contando con el precio que salió directo al público consumidor, con 15 Bs/kg. Teniendo de esta manera el B/C en la séptima columna por tratamientos, (Cuadro 10).

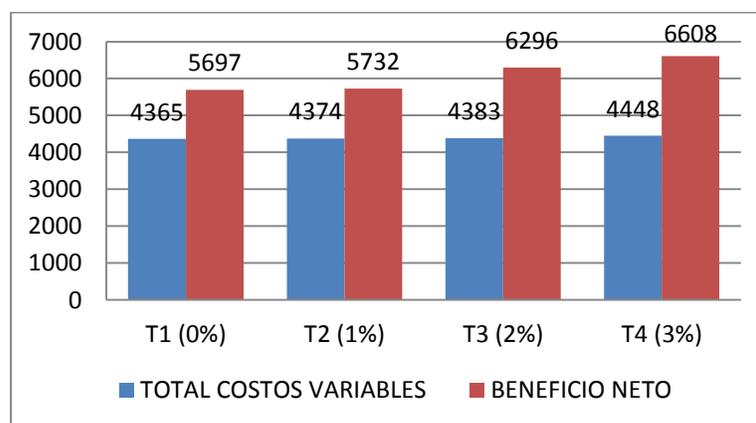
Cuadro 10. Presupuesto parcial (Bs)

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO MEDIO	RENDIMIENTO AJUSTADO	BENEFICIO BRUTO	TOTAL COSTOS VARIABLES	BENEFICIO NETO	B/C
T1 (0%)	235.5	224.00	10.062,00	4.365	5.697	1.31
T2 (1%)	236.4	224.58	10.106,10	4.374	5.732	1.31
T3 (2%)	249.8	237.31	10.678,95	4.383	6.296	1.44
T4 (3%)	258.6	245.67	11.055,15	4.448	6.608	1.49

Los beneficios netos van en forma creciente con la aplicación de los tratamientos y el total de costos variables van en forma lineal respectivamente, (Figura 7).

Se puede notar que en algunos tratamientos los beneficios netos son altos, pero ninguno es mayor al beneficio neto del tratamiento 4.

Figura 7. Análisis de dominancia.



Los tratamientos no dominados son sujetos al análisis marginal, al respecto el CIMMYT (1988), indica que el análisis marginal consiste en comparar los incrementos en beneficios netos sobre el incrementos de los costos variables su propósito es revelar el porcentaje de los beneficios netos de una inversión que aumentan conforme la cantidad invertida se incrementa.

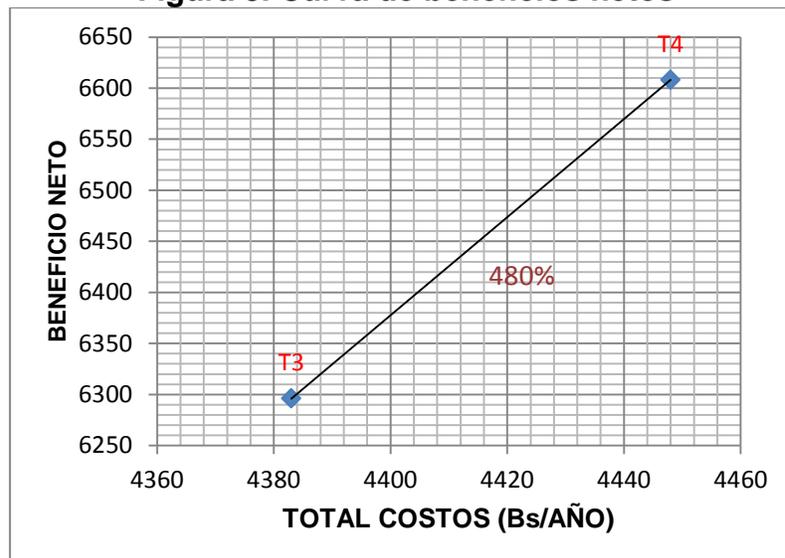
La tasa de retorno marginal (T.R.M.), cuadro 12, muestra que, al pasar del tratamiento 3 con 2% de harina de Leucaena y tratamiento 4 con 3% respectivamente, presento una tasa de retorno marginal de 480%, lo que indica que, por cada Bs 1 invertido se tiene una ganancia de Bs 4.8.

Cuadro 12. Análisis marginal (T.R.M.)

Tratamientos	Costos Variables	Costos Marginales	Beneficios Netos	Beneficios Marginales	TRM %
T3	4.383	0.00	6.296	0.00	
T4	4.448	65	6.608	312	480

La figura 8 ilustra la relación entre los costos y los beneficios netos de los tratamientos no dominados.

Figura 8. Curva de beneficios netos



Para el análisis de residuos, el tratamiento 4 es el más rentable debido a que presenta un mayor residuo, (Cuadro 13).

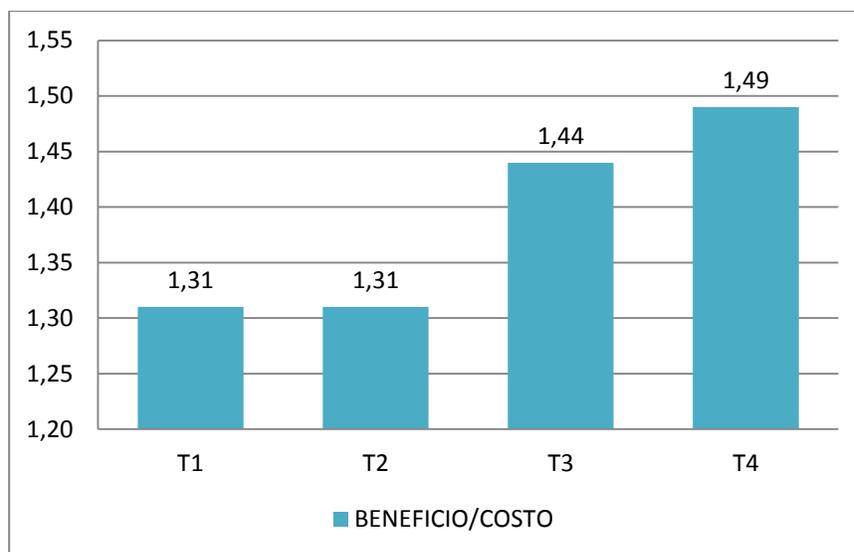
Cuadro 13. Análisis de residuos

TRATAMIENTOS	COSTOS VARIABLES	BENEFICIOS NETOS	COSTOS DE OPORTUNIDAD	DE RESIDUOS
T3	4.383	6.296	3944.7	2351.3
T4	4.448	6.608	4003.2	2604.8

Para el análisis de beneficio costo según la figura 9, que el tratamiento 4, obtiene el mejor resultado con un valor de 1.49.

Estos resultados indican que la adición de pigmento natural favorece la pigmentación de las aves, pero esta mejora es característica cuantitativa en la producción de pollos parrilleros por que la ganancia en peso fue afectado de igual forma la pigmentación, de tal manera que las ganancias de pigmentación fue cuantitativo que significa que a un aumento de % de Leucaena en la ración también aumenta la intensidad de pigmentación lo que se observó en el tratamiento 4 lo cual nos da a entender que la Leucaena tiene atributos tanto en proteínas como en carotenos.

Figura 9. Beneficio Costo, según tratamiento



6. CONCLUSIONES

- En cuanto a los resultados obtenidos en relación a la variable efecto de la Leucaena en la pigmentación en la carne de pollo parrillero, se encontraron diferencias altamente significativas de la pigmentación producida por la adición de Leucaena, realizándose de esta manera una prueba Duncan al 5% de prueba de error teniendo de esta manera tres grupos: El primero constituido por los tratamientos 3 y 4 con promedios de pigmentación de 8.3667 y 7.800 respectivamente y similares estadísticamente entre sí pero superior a los demás. El segundo grupo corresponde al tratamiento 2 con escala de pigmentación de 6.233, inferior al grupo A, finalmente, en el grupo 3 se encuentra el tratamiento 1 (testigo) que obtuvo un promedio de 5.0333 unidades para el colorímetro de Roche, menores a todos los demás,. De esta manera se puede inferir que los mejores resultados obtenidos fueron el del tratamiento 3 y 4.
- Con respecto al variable peso final se encontraron diferencias significativas producidas por la adición de Leucaena, por lo que se realizó una prueba Duncan al 5% de prueba de error, haciendo de esta manera dos grupos: El primero conformado por los tratamientos 3 y 4 con valor en peso promedio en kg. de 2.9667 y 3.0667 respectivamente y similares estadísticamente entre sí pero superiores al segundo grupo, finalmente el segundo grupo constituido por los tratamientos 1 y 2 con valores de 2.800 y 2.833 respectivamente, siendo estos estadísticamente similares entre sí pero inferiores al primer grupo, en los que mejor resultado obtenido fue el del tratamiento 4 con un peso superior a los demás.
- El porcentaje total de mortalidad que se obtuvo durante los 49 días que duro el experimento fue de 6.25% todos fueron debido al síndrome ascítico que se presentó en la 3^o, 4^o y 5^o semana después de cargar el galpón con pollitos BB.

- En la utilización de Leucaena en las raciones de pollos parrilleros no tuvo influencia en la mortalidad esto es porque se utilizó porcentajes bajos de adición de Leucaena, pero hay antecedentes que a un porcentaje mayor a 20 se tiene problemas en la producción de pollos parrilleros esto por su contenido de mimosina sustancia tóxica de la especie utilizada.
- En cuanto al análisis de costos parciales por tratamiento el que mejor resultado obtenido fue el del tratamiento 4 con un beneficio/costo de 1.49, que nos da a entender que por cada boliviano uno invertido se podrá ganar 0.49 bs.

7. RECOMENDACIONES

- Administrar una adición de 3% de harina de Leucaena en la ración de pollos parrilleros ya que se obtuvo la mejor tonalidad de pigmentación.
- Proponer nuevas investigaciones sobre el efecto del pigmento de la Leucaena y en su alto contenido de proteína de la misma.
- Se recomienda hacer un estudio que comprenda el tiempo recomendable de administración de los pigmentos naturales hasta la salida al mercado de las aves, con suficiente intensidad de pigmentación.
- Apoyar la investigación en nuevas alternativas para la pigmentación de las aves en forma natural y a menos precio, obteniendo un producto saludable.
- Realizar una investigación sobre los efectos de la adición de Leucaena en la ración de pollos, en la aplicación de la producción familiar y en otros sistemas de producción.

8. BIBLIOGRAFIA

- Alvarado, M. A. (2010). Crianza de pollos de engorde. Recuperado el 21 de agosto de 2014, de http://es.scribd.com/doc/34662817/MANUAL_PRACTICO-DEL-POLLO-DE-ENGORDE
- Arroyo, L. A. (1984). Utilización de harina de *Leucaena leucocephala* en pollos de engorde y gallinas de postura: Pag. 32
- ALG. 2008. Manejo de Pollos Parrilleros 103p
- Amaya, 2006 Clasificación Taxonómica de las Especies Animales del Parque Ecológico de Sechura- Piura, Universidad Nacional de San Marcos. Piura – Perú 20p
- Batis, M., M.. Alcocer, M. Gual, C. Sánchez y C. Vázquez-Yanes. 1999. Árboles y Arbustos Nativos Potencialmente Valiosos para la Restauración Ecológica y Reforestación. Instituto de Ecología UNAM/CONABIO. México.
- BBC Weather - La Paz. BBC Weather. Consultado en mayo 2015.
- Beardsworth, P. M., & Hernandez, J-M. (2004). Yolk colour – an important egg quality attribute. *International Poultry Production*. Switzerland. Recuperado el 26 de noviembre de 2014, de <http://www.positiveaction.info/pdfs/articles/pp12.5p17.pdf>
- Beltrán, B., Estévez, R., Cuadrado, C., Jiménez, S., & Olmedilla Alonso, B. (2012). Nutrición Hospitalaria. Recuperado el 23 de agosto de 2014, de Scielo: http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S021216112012000400055&script=sci_arttext
- Cobb-Vantress, I. (2013). Cobb-Vantress, Inc. Recuperado el 16 de enero de 2015, de <http://www.cobb-vantress.com/>

- Chacon, G 2005. Avícola Torrico, Evaluación del Efecto de un Producto Multienzimático para Ingredientes Proteicos Vegetales para el Rendimiento del Pollo Parrillero. Tesis de Grado para Ing. Agrónomo Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia.
- Chou, S,T. and Rose, E. (1965). Comparative vitamin K activity of dehydrated alfalfa and *Leucaena leucocephala* meal Poultry Science 44: 972-974
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1988. La Formulación de Recomendaciones a partir de Datos Agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición Completamente Revisada. México, CIMMYT. s.p.
- Cuevas, B., Díaz, G., Molina, A., & Retanal, C. (2003). Pigmentos utilizados en raciones de gallinas ponedoras. Recuperado el 1 de marzo de 2015, de Biblioteca Virtual Universal: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/8911.pdf>
- D' mello, J. P. F.; Taplin, D. E. 1978. *Leucaena leucocephala* in poultry diets for the tropics. World Rev, of An. Prod. XIV: 41-47.
- D' mello, J. P. F.; Thomas, A. 1979. The nutritive value of dry *Leucaena* leaf-meal from Melawii. Studies with young chicks. Trop. Agr. 55: 45-50.
- Degussa (1973). The amino acid contents of feeding stuffs. GB Chemie/ Anwendungstechnik, Hanau/Germany
- Frame, David. (2009). Molting and Determining Production of Laying Hens. Pigmentation. Recuperado el 25 de marzo de 2015, de 41 http://extension.usu.edu/files/publications/publication/AG_Poultry_2009-01pr.pdf
- Gonzales, S.L. 1969. Pigmentos. Manual de Nutrición Animal, Bogotá, Colombia. pág. 687 - 688.

- Grupo Latino Ltda. (2004). Manual de explotación de aves de corral. Pigmentos. Editorial Grupo Latino Ltda. pág. 300.
- Guzmán, A. (2013). La eficiencia de los aditivos y premezclas en avicultura. *Avicultura Ecuatoriana*, pág. 24 - 25.
- Hamilton, R.I., Donaldson, L.E. and Lambourene, L. J. (1968). Enlarged thyroid glands in calves born to heifers fed a sole diet of *Leucaena leucocephala*. *Australian Veterinary Journal* 44: 484
- Hamelin Catherine, Hernández José-María, Martínez-Alesón Ricardo (2011). ¿Cómo podemos mejorar la pigmentación de los pollos en verano? DMS Nutritional Products Iberia S.A. Recuperado el 25 de marzo de 2015, de <http://www2.avicultura.com/sa/028-032-Alimentacion-Mejorar-pigmentacion-pollos-Hamelin-Hernandez-Martinez-Aleson-DSM-SA2011106.pdf>
- Hamelin Catherine & Altemueller Ulrich. (2012). The effect of carotenoids on yolk and skin pigmentation. *World Poultry Magazine*. Recuperado el 25 de marzo de 2015, de <http://www.worldpoultry.net/Broilers/Nutrition/2012/8/The-effect-of-carotenoids-on-yolk-and-skin-pigmentation-WP010752W/>
- Hegarty, M. P.; Court, R. D.; Christie, G. S.; Lee, C. P. 1977. Mimosine in *Leucaena leucocephala* is metabolized to goitrogen in ruminants. *Aust. Vet. J.* 52: 490.
- INE, 2003. Instituto Nacional Estadístico. Mapa de Municipios de Bolivia. Información Geográfica de La Paz – Bolivia.
- Labadan, M. M. 1969. The effects of various treatments and additives on the feeding value of ipil-ipil leaf meal in poultry. *Philipp. Agric.* 53: 392-401.
- López, E. (2005). Aspectos Básicos sobre Pigmentación en piel de pollo, carotenoides y xantofilas. Recuperado el 5 de febrero de 2015, de

MidiaDigital,S.C:

<http://www.midiathecavipec.com/avicultura/avicultura220206.htm>

Lyn, K.T. and Tung T.C. (1964). Biochemical study of mimosine. I Effect of amino acids on the growth inhibition of rats caused by mimosine. J. Formosan Med. 63: 278-284

Machado, R.; Milesa, M.; Menendez, J.; Garcia Trujillo, R. 1978. Leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam. de wit). Pastos y Forrajes 1: 321-347.

Martínez Silva, A. (2010). Evaluación del crecimiento celular y de los pigmentos obtenidos de la microalga *Haematococcus pluvialis* (CHLOROPHYTA: VOLVOCALES) cultivada en diferentes medios. México: Instituto Politécnico Nacional, Centro de investigación en ciencia aplicada.

Mascarrel, J., & Carné, S. (2011). Pigmentos naturales: Combinación de xantofilas amarillas y rojas para optimizar su utilización en broilers. Recuperado el 12 de enero de 2015, de SALMOSAN: <http://www2.avicultura.com/sa/012-017-AlimentacionPigmentantes-naturales-Mascarell-Carne-ITPSA-SA201112.pdf>

Meulen, V, S. Struch, C.Schulke y E.A. el Harth, (1983).revisión sobre el valor nutritivo y aspectos tóxicos de la *Leucaena leucocephala*. Rev. Prod. Anim. Trop. Nº 4, p. 112-126.

Nas. Citado por Jones, R.J. (1979). The value of *Leucaena leucocephala* as a feed for ruminants in the tropics. In Csiro. Division of tropical crops and pastures, Davios Laboratory (Eds). Townsville,Plp. (Australia). P.19.

Oakes, A. 3. 1968. *Leucaena leucocephala*. Description, culture, utilization. Adv. Front. Pl. Sci. New Delhi, India. 20: 1-114.

Ochoa, R. 2009. Diseños experimentales. Ed. Ochoa Torrez, BO. 154 p.

Owen, L. N. 1958. Hair loss and other toxic effects of *Leucaena glauca* (Jumbey). Vet. Rec. 70: 454-457.

- Pardo Rincón, Nelson Alfonso. (2007). Aditivos alimentarios. Manual de Nutrición Animal, pág. 679. Bogotá, Colombia.
- Perrin, et al. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Publicado por CIMMYT. Programa de Economía. p 24
- Piñeiro, E., & Zudaire, M. (2009). Los carotenoides de los alimentos. Recuperado el 17 de agosto de 2014, de EROSKI CONSUMER:
<http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/tendencias/2009/03/17/184064.php>
- Reis, U.; Struck, S.; Schulke; El-Harith, A.A. 1975. Revisión sobre el valor nutritivo y aspectos tóxicos de la *Leucaena leucocephala*. *Prod. Anim. Trop.* 4: 112-126.
- Reyes, H. 2001 Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: Reenseñando el uso de este enfoque, Boletín informativo 1-2001, Centro de Información Agrosocioeconómica CIAGROS , Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala. s.p.
- Rivera, W. (2012). Uso de pigmentos en producción avícola. Recuperado el 19 de diciembre de 2014, de:
www.feednet.ucr.ac.cr/bromatologia/USO%20DE%20PIGMENTOS%20EN%20PRODUCCION%20AVICOLA.pdf
- Ruskin F.R. (1977). Revisión sobre el valor nutritivo y aspectos tóxicos de la *Leucaena leucocephala*. p. 35- 40.
- Schweigert, Florian J., Hurtinne, A., Mothes, R., & Schierle, J. (2011). All in one method measures egg yolk colour. *World Poultry*. Recuperado el 27 de noviembre de 2014, de
<http://www.worldpoultry.net/Home/General/2011/10/All-in-one-method-measures-egg-yolk-colour-WP009459W/>
- Scott, M. L;(1969). Ascarelli, I. and Dison, G. Studies of egg yolk pigmentation. *Poultry* p.47: 863-872

- Shimada Miyasaka, Armando. (2010). Pigmentantes. Nutrición animal, Segunda Edición, pág. 227 - 228. México
- SEAGRO. (2000). Factores que afectan en la pigmentación del pollo de engorda. Recuperado el 6 de enero de 2015, de <http://www.seagroperu.com.pe/pr04.htm>
- Seemann, Maria. (2000). Factors which influence pigmentation. Supplementation of colourants. Recuperado el 25 de marzo de 2015, de http://www.lohmanninformation.com/content/l_i_24_article_4.pdf
- SIOFRAM, 2008. Características de Nutri-Compost. (bioland.cl/nutricompous).
- Takahashi, M.; Ripperton, 3. C. 1949. Koa Haole, *Leucaena glauca*. ITR. Establishment, culture and civilization as forage crop. Hawaii. Agr. Exp. Sta. Buli. 100.56 p.
- Teeter, R. y Wiernusz, CH. 2003 Cobb Broiler nutrition guide, Siloam Springs, Arkansas – USA, Edición Cobb-Vantress Inc, versión en inglés. Consultado el 11 de enero del 2015, disponible en www.cobb-vantress.com
- Torres, S. (2011). Marigold o cempasúchil, la flor maravilla: Escasea en el mundo. Recuperado el 26 de enero de 2015, de www.WATTAgNET.com: http://www.wattagnet.com/Marigold_o_cempas%C3%BAchil,_la_flor_maravilla__Escasea_en_el_mundo.html
- Varas, Blanca & Beltrán, Luis. (2010). Evaluar la pigmentación en la crianza de pollos broiler de engorde, con un balanceado comercial, adicionando tres porcentajes extras de harina de alfalfa (5%, 10% y 15%) a su composición alimenticia. Recuperado el 6 de enero de 2015, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1093/13/UPS-CT002082.pdf>

9. ANEXOS

Anexos 1. Cuadro de los niveles obtenidos en la pigmentación en los diferentes tratamientos.

	R1	R2	R3	PROMEDIO
T1 (0%)	5,0	5,3	4,8	5,033
T2 (1%)	6,3	6,7	5,7	6,133
T3 (2%)	7,7	7,5	8,2	7,800
T4 (3%)	8,2	8,3	8,6	8,367

Anexos 2. Cuadro de los pesos finales obtenidos por tratamientos.

	R1	R2	R3	PROMEDIO
T1 (0%)	2,802	2,787	2,825	2,805
T2 (1%)	2,808	2,758	2,857	2,808
T3 (2%)	2,849	3,091	2,920	2,953
T4 (3%)	3,171	3,011	2,930	3,037

Anexos 3. Cuadros de análisis de costos

RENDIMIENTOS	TRATAMIENTOS			
	T1 (0%)	T2 (1%)	T3 (2%)	T4 (3%)
RENDIMIENTO PROMEDIO Kg/POLLO	2,354	2,364	2,498	2,586
RENDIMIENTO ajustado (-5%)	2,236	2,246	2,373	2,457

RENDIMIENTOS	TRATAMIENTOS			
	T1 (0%)	T2 (1%)	T3 (2%)	T4 (3%)
RENDIMIENTO PROMEDIO (Kg/100 POLLOS)	235,4	236,4	249,8	258,6
RENDIMIENTO AJUSTADO (-5%)	224	224,58	237,31	245,67
PRECIO (Bs/Kg)	15	15	15	15
BENEFICIO BRUTO (Bs/100 POLLOS)	3354	3368,7	3559,65	3685,05
BENEFICIO BRUTO AÑO	10062,00	10106,10	10678,95	11055,15

ITEMS	TRATAMIENTOS			
	T1 (0%)	T2 (1%)	T3 (2%)	T4 (3%)
Total costos variables	3601,50	3610,50	3619,50	3684
Total costos fijos	763,50	763,50	763,50	763,50
Total costo	4365	4374	4383	4448

ITEMS	TRATAMIENTOS			
	T1 (0%)	T2 (1%)	T3 (2%)	T4 (3%)
Beneficio Bruto	10.062	10.106,10	10.679	11.055
Total costos	4365	4.374	4.383	4.448
Beneficios Netos	5697	5732	6296	6608

ITEMS	TRATAMIENTOS			
	T1 (0%)	T2 (1%)	T3 (2%)	T4 (3%)
Beneficio Netos	5.697	5.732	6.296	6.608
Total costos	4365	4.374	4.383	4.448
Beneficio /Costo	1,31	1,31	1,44	1,49

Anexos 4. Abanico colorímetro de Roche.



Anexos 5. Preparado de la cama y redondel para la recepción de los pollitos BB



Anexos 6. Llegada de los pollitos BB con una edad de tres días



Anexos 7. Ubicación del termómetro en el redondel.



Anexos 8. Pollitos BB en la primera semana de edad



Anexos 9. Pollos en la segunda semana de edad.



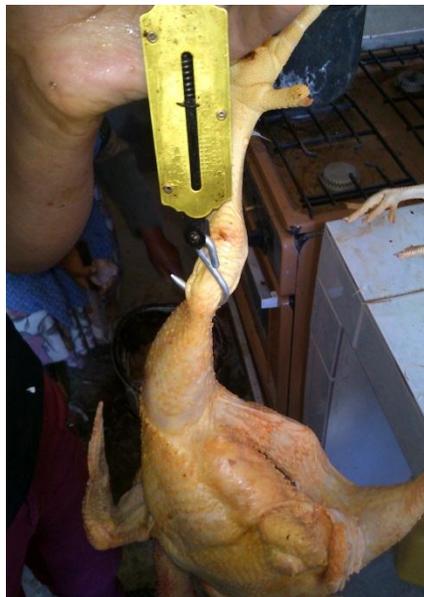
Anexos 10. Distribución de los tratamientos.



Anexos 11. Faenado de los pollos.



Anexos 12. Realizando el pesaje final de los pollos.



Anexos 13. Realizando la escala de pigmentación con el colorimétrico de Roche.



Anexos 14. Se observa las diferencias obtenidas en cuanto a la escala de coloración en los cuatro tratamientos.



