

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



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE CUATRO NIVELES DE  
CÚRCUMA (*Curcuma longa* L.) Y ACHIOTE (*Bixa Orellana*), EN LA  
RACIÓN PARA LA PIGMENTACIÓN DE LA CARNE DE POLLOS  
PARRILLEROS**

**RODRIGO CHOQUE YAULY**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2008**

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

**EVALUACIÓN DE LA ADICIÓN DE CUATRO NIVELES DE CÚRCUMA (*Curcuma longa* L.) Y ACHIOTE (*Bixa Orellana*), EN LA RACIÓN PARA LA PIGMENTACIÓN DE LA CARNE DE POLLO PARRILLERO**

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

**RODRIGO CHOQUE YAULY**

**Tutor:**

Ing. Williams Rivera Aspiazu .....

**Asesor:**

Ing. M.Sc. Víctor Castañón Rivera .....

**Tribunal examinador:**

Ing. Eddy Diego Gutiérrez Gonzales .....

Ing. Fanor Nicolás Antezana Loayza .....

MVZ. María del Rosario Viscarra Salvatierra .....

**APROBADA**

**Presidente Tribunal Examinador:**

.....

## ***DEDICATORIA***

Este trabajo de tesis está enteramente dedicado a mis padres: Rufino Choque y Maxima Yauli, quienes son la base e mi vida profesional y a quienes les debo lo que soy y llegaré a ser.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por demostrarme tantas veces su existencia y con ello darme fuerzas para salir delante de cada tropiezo.

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

Al asesor Ing. victor Castañon y tutor Ing. Ivan Rivera por su paciencia, apoyo, dirección y entrega.

Al tribunal examinador Ing. Diego Guetierrez, Ing. Fanor Antezana y a la Mvz. Maria del Rosario Viscarra quienes me apoyaron bastante en la realización del presente trabajo.

A mis padres (Rufino y Maxima) por su determinación, entrega y humildad que me han enseñado tanto y a mis hermanos (Zenon y Carla) por su apoyo y alegría brindados.

A mi esposa Graciela Cahuaya y a mi hija Fabiola por el apoyo incondicional que me dieron en los momentos difíciles.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

## CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi

## ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivos .....	2
1.1.1. Objetivo general .....	2
1.1.2. Objetivos específicos .....	2
1.2. Hipótesis .....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1. Factores que influyen en la producción avícola .....	4
2.1.1. Calidad de los pollos .....	4
2.1.2. Bioseguridad .....	6
2.1.3. Densidad .....	6
2.1.4. Cama para la cría.....	7
2.1.5. Humedad relativa .....	7
2.1.6. Temperaturas recomendadas .....	8
2.1.7. Agua.....	9
2.1.8. Alimentación.....	10
2.1.8.1. Requerimientos nutricionales.....	11
2.2. Aves pigmentadas .....	13
2.3. Alimentos pigmentantes.....	14
2.4. Normas para Productos Orgánicos en Bolivia .....	14
2.5. Pigmentos usados como colorantes.....	15
2.6. Colorantes naturales .....	15
2.7. Cúrcuma .....	17
2.7.1. Sinónimos .....	17
2.7.2. Importancia comercial .....	18
2.7.3. Composición química de la cúrcuma .....	19
2.7.4. Contraindicaciones del uso de cúrcuma .....	19
2.8. Achiote .....	21

2.8.1.	Sinonimias.....	22
2.8.2.	Importancia comercial .....	22
2.8.3.	Características del achiote.....	23
2.8.3.1.	Determinación del contenido de la materia colorante (bixina).....	23
2.8.3.2.	Composición química de la semilla del achiote .....	23
2.8.4.	Principios Activos .....	24
2.8.5.	Contraindicaciones del uso de Achiote .....	25
2.9.	Pigmento de los alimentos de preferencia.....	25
2.10.	Determinación de la pigmentación.....	26
2.11.	Diferencia de pigmentación en hembras y machos .....	26
2.12.	Métodos para determinar la pigmentación.....	27
2.12.1.	Método del colorímetro de Roche .....	27
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1.	Localización .....	28
3.1.1.	Ubicación geográfica.....	28
3.1.2.	Características climáticas .....	28
3.1.3.	Aspectos Generales.....	28
3.1.4.	Aspectos físicos naturales .....	29
3.2.	Materiales .....	31
3.2.1.	Instalaciones .....	31
3.2.2.	Material de construcción .....	31
3.2.3.	Equipo.....	31
3.2.4.	Materiales de faeneo.....	32
3.2.5.	Material biológico .....	32
3.2.6.	De gabinete.....	32
3.3.	Métodos .....	33
3.3.1.	Procedimiento experimental.....	33
3.3.1.1.	Acondicionamiento y preparación del galpón de experimentación.....	33
3.3.1.2.	Construcción y acondicionamiento de los corrales experimentales para diferentes etapas .....	34
3.3.1.3.	Alimentación .....	34
3.3.2.	Diseño experimental .....	35
3.3.2.1.	Factores de estudio .....	35
3.3.2.2.	Tratamientos .....	36
3.3.2.3.	Modelo Lineal Aditivo.....	36
3.3.3.	Variables de respuesta .....	37
3.3.3.1.	Ganancia media diaria .....	37

3.3.3.2.	Conversión alimenticia .....	37
3.3.3.3.	Determinación de la pigmentación.....	37
3.3.3.4.	Peso final .....	38
3.3.3.5.	Porcentaje de mortandad.....	38
3.3.3.6.	Análisis económico .....	38
3.3.3.6.1.	Análisis con presupuestos parciales .....	38
3.3.3.7.	Análisis de residuos .....	40
3.3.3.7.1.	Beneficio costo .....	41
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	42
4.1.	Ganancia media diaria .....	42
4.2.	Conversión alimenticia .....	45
4.2	. Porcentaje de Mortandad.....	48
4.2.1.1.	Análisis de correlación y regresión lineal del porcentaje de mortandad y los niveles de cúrcuma .....	52
4.3.	Pigmentación .....	53
4.3.1.	Pigmentación para el contenido de cúrcuma .....	54
4.3.1.1.	Análisis de correlación y regresión lineal de la pigmentación y los niveles de cúrcuma .....	56
4.3.2.	Pigmentación para el contenido de achiote .....	57
4.3.2.1.	Análisis de correlación y regresión lineal para pigmentación en niveles de achiote	58
4.4.	Peso Final .....	59
4.4.1.	Peso Final para los niveles de cúrcuma .....	60
4.4.1.1.	Análisis de correlación y regresión lineal del peso final y los niveles de cúrcuma	62
4.4.2.	Peso final para el contenido de achiote .....	63
4.4.2.1.	Análisis de correlación y regresión lineal del peso final y los niveles de achiote	63
4.5.	Análisis de costos parciales de producción .....	65
5.	CONCLUSIONES .....	71
6.	RECOMENDACIONES.....	73
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	74
8.	ANEXOS.....	81
	NUMERO DE IDENTIFICACION DE LOS ADITIVOS ALIMENTARIOS .....	87
	Colorantes.....	87

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Recomendación de temperatura ( °C) basada en humedad relativa (%HR) y peso corporal en aire quieto .....	8
Cuadro 2.	Parámetros de la calidad del agua para avicultura .....	10
Cuadro 3.	Requerimientos nutricionales para pollos Cobb.....	13
Cuadro 4.	Colorantes naturales comercializados alrededor de 1850. ....	16
Cuadro 5.	Colorantes naturales comercializados alrededor de 1998. ....	17
Cuadro 6.	Análisis bromatológico de la cúrcuma.....	19
Cuadro 7.	Composición química del achiote .....	24
Cuadro 8.	Combinación de los niveles cúrcuma y achiote .....	36
Cuadro 9.	Análisis de varianza para la variable ganancia media diaria .....	43
Cuadro 10.	Análisis de varianza para la variable conversión alimenticia. ....	46
Cuadro 11.	Análisis de varianza para la variable del porcentaje de mortandad.....	49
Cuadro 12.	Prueba de Duncan para el porcentaje de mortandad de los porcentajes de cúrcuma.....	51
Cuadro 13.	Análisis de varianza para la variable pigmentación. ....	54
Cuadro 14.	Prueba de Duncan para la pigmentación de los porcentajes de cúrcuma....	55
Cuadro 15.	Prueba de Duncan para la pigmentación de los porcentajes de achiote.....	57
Cuadro 16.	Análisis de varianza para la variable peso final. ....	60
Cuadro 17.	Prueba de Duncan para el peso final de los porcentajes de achiote.....	63
Cuadro 18.	Presupuesto Parcial .....	65
Cuadro 19.	Análisis marginal (T. R. M.).....	68
Cuadro 20.	Análisis de residuos (T. R. M.).....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Proyección de temperatura ambiente de zonas termoneutrales (TN) para pollos parrilleros hasta 2,5 kg de peso (Cobb-Vantres, citado por Saire 2006) .....	9
Figura 2.	Mapa de localización del municipio de Coripata, La Paz (INE et al. 2005).....	30
Figura 3.	Materiales usados durante la experimentación.....	33
Figura 4.	Vista de los pollos del experimento.....	34
Figura 5.	Pollos al inicio del experimento.....	35
Figura 6.	Ganancia media diaria obtenida durante la investigación para los tratamientos compuestos por cúrcuma y achiote .....	42
Figura 7.	Ganancia media diaria de los niveles de cúrcuma.....	43
Figura 8.	Ganancia media diaria de los niveles de achiote.....	44
Figura 9.	Conversión alimenticia obtenida durante la investigación para los tratamientos compuestos por cúrcuma y achiote .....	45
Figura 10.	Conversión alimenticia de los niveles de cúrcuma .....	47
Figura 11.	Conversión alimenticia de los niveles de achiote.....	48
Figura 12.	Porcentaje de mortandad obtenida durante la investigación para los tratamientos compuestos por cúrcuma y achiote .....	49
Figura 13.	Porcentaje de mortandad de los niveles de achiote .....	50
Figura 14.	Regresión lineal del porcentaje de mortandad en función a los niveles de cúrcuma	52
Figura 15.	Pigmentación de la carne de pollos obtenidos durante la investigación para los tratamientos compuestos por cúrcuma y achiote.....	53
Figura 16.	Regresión lineal de la pigmentación en función a los porcentajes de cúrcuma	56
Figura 17.	Regresión lineal de la pigmentación en función a los niveles de achiote. ....	58
Figura 18.	Peso final obtenido durante la investigación para los tratamientos compuestos por cúrcuma y achiote .....	59
Figura 19.	Comparación de medias para los porcentajes de cúrcuma del peso final....	61
Figura 20.	Regresión lineal del peso final en función a los niveles de cúrcuma. ....	62
Figura 21.	Regresión lineal del peso final en función a los niveles de achiote .....	64
Figura 22.	Análisis de dominancia (primera parte).....	66
Figura 23.	Análisis de dominancia (segunda parte) .....	67
Figura 24.	Curva de beneficios netos.....	69
Figura 25.	Beneficio Costo, según tratamiento .....	70

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Conversión del consumo diario de tratamiento (gr/día/pollo), a porcentaje (%), en Función de la ración .....	82
Anexo 2. Relación del porcentaje de los niveles de tratamiento en función de la ración total.....	83
Anexo 3. Prueba que la TRM indica cambios en las ganancias totales derivados de cambios en los costos totales.....	84
Anexo 4. Abanico colorimetrico de Roche .....	86
Anexo 5. Codigo E (Número de identificación de los aditivos alimentarios) .....	87
Anexo 6. Costos Variables .....	89

## RESUMEN

En el presente estudio se evaluó los efectos de los factores cúrcuma y el achiote como pigmentantes naturales en la producción de pollos parrilleros, el trabajo fue realizado en la comunidad de Puente Villa del Municipio de Coripata, La Paz, para tal efecto se utilizaron cuatro porcentajes en la ración para la cúrcuma y el achiote (0.0, 1.0, 2.0 y 3.0 %), obteniéndose por combinación 16 tratamientos. Se utilizó el diseño completamente al azar para dos factores y se tomaron en cuenta como variables de respuesta la ganancia media diaria, conversión alimenticia, pigmentación, peso final, porcentaje de mortandad y los costos de producción.

La investigación mostró que la adición de cúrcuma en la ración de pollos parrilleros logro aumentar la pigmentación de las aves hasta 11.9 con el nivel de 2.0% de cúrcuma, 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.

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%.

El uso del achiote tiene efecto directo en la pigmentación de los pollos parrilleros para los niveles estudiados, se puede decir que la pigmentación se mantiene constante al llegar a 3.0%, por lo que un efecto útil en la pigmentación entre estos niveles es suficiente con 2.0% de este pigmentante natural, existiendo alta correlación de la pigmentación con el aumento del consumo de achiote.

El achiote no causó efectos significativos en la ganancia media diaria, la mortandad y conversión alimenticia, sin embargo este último mostró una ligera disminución y también el peso final fue significativo al llegar a 3.0% con 2833.9 g, por lo tanto el achiote puede ser aprovechable sin límite entre los niveles propuestos.

Debido a que la pigmentación no tiene efectos significativos en el peso, que puedan aumentar el precio por no ser un efecto cuantitativo en la producción, se recomienda el tratamiento (2), que consiste en 0.0% de cúrcuma y 1.0% de achiote, el mismo cuenta con una tasa de retorno marginal de 507.57% respecto al tratamiento (1), un residuo de 1.814 y una relación beneficio costo de 1.901, tratamiento que logra obtener pigmentación.

# 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la globalización se ha extendido a todos los países del mundo de tal forma que hoy en día un producto que se vende al otro lado del mundo puede afectar al nuestro. La producción pecuaria también está siendo incluida en este plan con estrategias de alta producción y la necesidad de agradar al consumidor haciendo uso de incontables productos en la alimentación animal.

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.

Dentro del proceso de mejorar la calidad y presentación de carne, se hace uso de colorantes naturales y artificiales como el uso del Carophyll (Éter Apocarotenoides y Cantaxantina), obteniendo coloraciones como amarillo, rojo y anaranjado (Roche 1995).

Bolivia está constituida por diferentes pisos ecológicos, con una gran diversidad de productos agrícolas nativos, los que son aprovechados por los agricultores y sus familias en gran mayoría para el autoconsumo y/o comercialización por la población rural del país.

La coloración natural es interpretada justificadamente como signo de salud y frescura; por contrario los colores pálidos y poco apetitosos se asocian a menudo con enfermedad y descomposición. Es por eso que se toma en consideración el uso de dos colorantes naturales como la Cúrcuma y el Achiote utilizadas actualmente como plantas medicinales e industrial.

Estudios realizados de aplicación de cúrcuma como colorante natural en la ración de pollos parrilleros en los Yungas de La Paz, no se encontraron diferencias significativas para los niveles propuestos y tampoco se verificaron problemas en los parámetros productivos durante la investigación sin embargo se encontró diferencias numéricas como efecto de la adición de este colorante natural.

La calidad de carne de pollo es muy importante para los consumidores principalmente en la región de los yungas, sus pobladores han mostrado su preferencia en cuanto a la pigmentación de la misma, por lo que es necesario explotar esta exigencia (Delgado 2004).

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, es el caso de la cúrcuma y achiote, producidos ampliamente en la región de los yungas de forma orgánica, esta disponibilidad lo hace atractivo para ser incluidos en la alimentación de aves con el objetivo de aumentar la coloración, mejorar su apariencia, disminuir los costos de producción y de este modo reducir la dependencia de colorantes sintéticos importados.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

Evaluar la adición de cuatro niveles de cúrcuma (*Curcuma longa* L) y achiote (*Bixa orellana*) en la ración para la pigmentación de la carne de pollos parrilleros.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la pigmentación de la carne de pollos parrilleros por efecto de la adición de cuatro niveles de cúrcuma y achiote en la ración.
- Comparar los beneficios costos de los diferentes tratamientos en estudio.

- Evaluar la ganancia media diaria de pollos alimentados con raciones adicionados con cúrcuma y achiote.

## **1.2. Hipótesis**

La adición de cúrcuma y achiote en la ración no tiene efectos en la pigmentación de la carne de pollos parrilleros.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Factores que influyen en la producción avícola**

Quintana (1999) indica que como todos los seres vivos tienen necesidades que deben ser satisfechas debidamente. Una vez cubiertas estas, un buen manejo permitirá obtener el máximo de producción a un costo mínimo. Dicho manejo de las aves abarca los aspectos siguientes:

- a) Promover el alojamiento adecuado afín de lograr un microclima cómodo para las aves.
- b) Mantener una bioseguridad estricta.
- c) Proporcionar alimentación balanceada.
- d) Adecuar el manejo al potencial genético de las aves.

Ceular y Rico, citado por Payllo (2002), afirma que es muy importante tomar en cuenta los factores de crianza artificial de pollos parrilleros. Entre ellos se puede señalar la temperatura, humedad relativa, bioseguridad y ventilación.

Para Blanco (2002), los factores más importantes son los siguientes: Calidad de los pollitos bebe, recepción de los pollitos, sistema de crianza, densidad, cama, temperaturas recomendadas, agua y alimentación.

#### **2.1.1. Calidad de los pollos**

Ensminger, mencionado por Lozano (2000), señala que los linajes puros que se producen comercialmente en la actualidad, no tienen más pureza que las razas y variedades corrientes. Un linaje de gallinas de raza pura toma generalmente el nombre del criador que la desarrollo. Se llama linaje puro porque el criador cierra el plantel durante varios años a la sangre extraña (consanguinidad).

Plot, citado por Lozano (2000) afirma que la tendencia actual de la “avicultura industrial” es la de producir aves exclusivamente para carne o aves de postura. Para cumplir con este objetivo se encuentran ayudando al mismo los híbridos, como por ejemplo los Cobbs para carne resultado del cruce de machos Cornisa White con hembras White Rock.

Palomino (2003), señala que la línea Cobbs se caracteriza por su rápido crecimiento, buena conversión alimenticia, alta velocidad, alta rusticidad en el manejo y fácil adaptación a cambios climáticos. Presenta plumaje blanco actualmente es la línea más explotada.

Cobb–Vantress (2005), afirma que las plantas de incubación tienen un tremendo impacto en el éxito del levante del pollo de engorde. La transición de huevo a granja puede ser un evento estresante, por lo tanto, los esfuerzos para minimizar el estrés son fundamentales para mantener una buena calidad de pollito, al respecto recomienda las siguientes características que debe tener un pollito bebe (BB):

- Bien seco, plumaje largo.
- Ojos brillantes y redondos.
- Que se vean activos y alerta.
- Tener el ombligo completamente cerrado.
- Las patas deben verse brillantes, bien hidratadas y ser cerosas al tacto.
- No tener las articulaciones tibiotarsianas enrojecidas.
- Los pollitos no deben tener deformidades (patas torcidas, cuellos doblados ó picos cruzados).

### **2.1.2. Bioseguridad**

La bioseguridad de una granja requiere normas exigentes para controlar las rutas o vectores que pueden ser el inicio de una enfermedad (Quintana 1999).

ALG (1998) indica que la Bioseguridad es un factor muy importante en la crianza de pollos, y se refiere a todos los aspectos que tienen que ver con mantener lo más aislada posible cada granja, evitando por todos los medios que está a nuestro alcance el ingreso de contaminación desde otras granjas, y de ese modo minimizar los problemas sanitarios y/o brotes de enfermedades.

### **2.1.3. Densidad**

Alrededor del mundo se emplean diferentes densidades de alojamiento. Las densidades más comunes están entre 30 kg a un máximo de 42 kg de peso vivo de pollo de engorde por metro cuadrado. En climas más calientes, una densidad de alojamiento de 30 kg por metro cuadrado está cerca de ser la ideal (Cobb - Vantress 2005).

Schopflocher, citado por Lozano (2000), señala que se debe evitar los amontonamientos de pollitos. Al trazar el programa de cría debe tomarse en cuenta el rápido aumento de peso de aquellos, que esta en relación inversa a su edad. Necesita 75 cm<sup>2</sup> debajo la cama. En cuanto a las dimensiones del local de cría, se estima aproximadamente 1 m<sup>2</sup> para cada 20 a 22 pollitos durante las primeras 4 a 6 semanas; mas adelante se duplicara dicho espacio. Se debe tomar en cuenta una regla bien sencilla, no acumular más de 10 kilos de peso vivo por m<sup>2</sup>. Actualmente se crían entre 9 y 12 pollos “hibridos” por metro cuadrado, desde el primer día hasta su venta como parrillero.

Para Blanco (2002), en caso de galpones con ventilación natural (mediante ventanas y otro tipo de aberturas) se colocan 10 a 12 pollos por metro cuadrado.

Si el ambiente es controlado, la densidad se puede aumentar hasta 18 pollos por metro cuadrado.

Buxade (1987) señala que es habitual que la cría y la recría se efectúan en una misma nave, a la hora de determinar la capacidad del alojamiento, sólo hay que tener en cuenta las densidades finales.

#### **2.1.4. Cama para la cría**

Buxade (1987), señala que la cama debe tener un espesor de 8 – 10 cm, (lo cual equivale aproximadamente a 6 – 8 kg/m<sup>2</sup>), mas en invierno (10 – 12 kg/m<sup>2</sup>), siendo aconsejable, antes de distribuirla, extender por el suelo superfosfato cálcico o cal apagada debido a su elevado poder higroscópico.

La cama debe ser cómoda y seca. Hay diversos materiales con buena capacidad de absorción de humedad (viruta, paja trillada, aserrín, cascarilla de arroz, etc.), lo más importante es mantener en adecuadas condiciones para conseguir buenos resultados y evitar problemas sanitarios (Buxade *et al.* 1995).

#### **2.1.5. Humedad relativa**

Buxade (1987), señala que el factor humedad esta muy correlacionada con la temperatura y es precisamente el binomio: Temperatura – humedad relativa es el que debe ser correcto; por lo tanto sobre el debe concentrarse el interés del productor. La humedad relativa debe mantenerse en el intervalo del 60 – 70%. Si alcanza un valor de 75% no suelen presentarse problemas, siempre que en este caso, la temperatura no sea muy alta (superior a los 28 – 30°C). La humedad relativa alta da lugar a condensaciones, perjudicando el estado de conservación de la cama y/o a situaciones estresantes para las aves, que se traducen en un aumento de las posibilidades de aparición de problemas respiratorios, de enterítis e incluso de parasitismo intestinal. Por el contrario humedades relativas bajas, inferiores al 45-50% pueden plantear situaciones de riesgo de deshidratación de

las aves, sobre todo en las primeras semanas (periodo de cría) y especialmente la sequedad del ambiente ocasiona nerviosismo, histeria colectiva y picaje, por las partículas de polvo en suspensión.

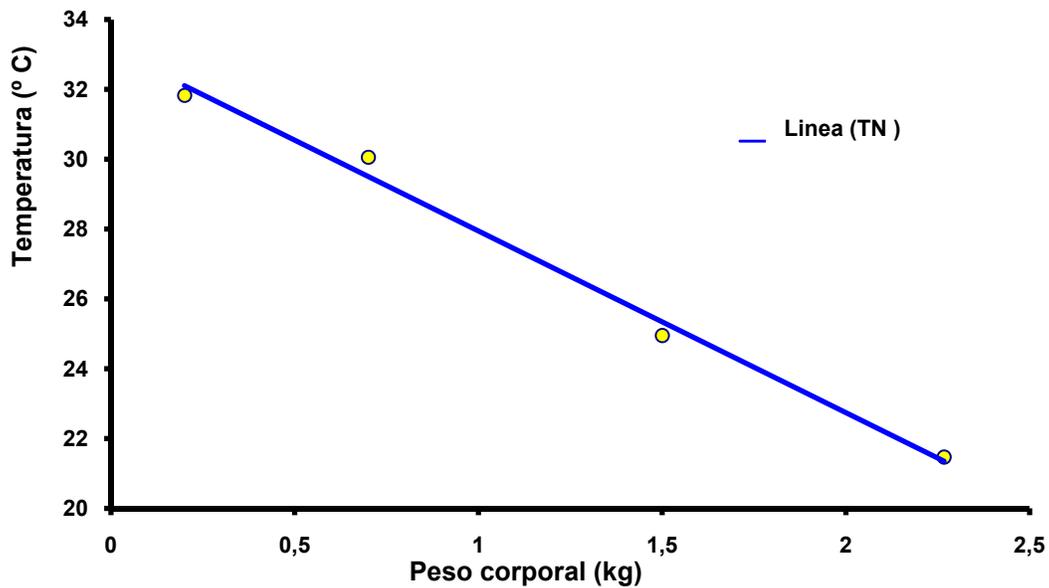
**Cuadro 1. Recomendación de temperatura ( °C) basada en humedad relativa (%HR) y peso corporal en aire quieto**

<b>Peso(g)</b>	<b>30%</b>	<b>40%</b>	<b>50%</b>	<b>60%</b>	<b>70%</b>	<b>80%</b>
42,0	33,0	32,5	32,0	29,5	29,0	27,0
175,0	32,0	31,0	31,0	29,0	28,0	26,5
486,0	30,0	30,0	26,5	28,5	27,0	25,5
931,0	28,0	28,0	27,5	26,5	26,0	25,0
1467,0	26,0	25,0	25,0	24,0	23,5	22,5
2049,0	23,0	23,0	22,5	22,0	21,0	20,5
2634,0	20,0	20,0	19,5	18,5	17,5	16,0
3177,0	18,0	17,5	17,0	16,0	15,0	14,0
4064,0	14,0	13,5	13,0	12,0	11,0	10,0

Fuente: Cobb–Vantress (2005)

### **2.1.6. Temperaturas recomendadas**

Schopflecher, mencionado por Lozano (2000), afirma que el calor bien regulado es después de la alimentación correcta, el factor mas importante en la crianza artificial. Debe ser distribuido de un modo uniforme y sin cambios bruscos. Un descenso repentino y oscilaciones repetidas de temperatura, pueden ser de consecuencias fatales para los pollos. La temperatura requerida varía ligeramente con la estación del año pudiendo ser algo menor en el verano y algo mayor en el invierno. Una buena temperatura para pollitos bebes es de 35°C, tomando a unos 5 cm del suelo, debajo del borde de la campana, debiendo mantenerse esta temperatura durante los siete primeros días; luego se la disminuye hasta llegar a uno 24°C cuando los pollitos tengan tres semanas, manteniendo dicha temperatura hasta la quinta o sexta semana, época en la cual se suprimirá el calor. La temperatura en el local de cría debe mantenerse alrededor de 20° C.



**Figura 1. Proyección de temperatura ambiente de zonas termoneutrales (TN) para pollos parrilleros hasta 2,5 kg de peso (Cobb-Vantres, citado por Saire 2006)**

Según Cobb – Vantress citado por Saire (2006), al presentar la estimación termoneutral de la temperatura ambiente (TN), para pollos parrilleros según el peso corporal hasta 2,5 kg con 40 – 70% de humedad relativa bajo condiciones mínimas de estrés, el que propone la siguiente ecuación:

$$TN(^{\circ}C)=31.896 - (4.625*\text{peso corporal})$$

### 2.1.7. Agua

Cobb–Vantress (2005), indica que el consumo de agua debe ser evaluado a la misma hora todos los días, para poder determinar mejor las tendencias de desempeño general y el bienestar de las aves. Cualquier cambio sustancial en el consumo de agua debe ser investigado ya que éste puede indicar escapes, riesgo sanitario, o algo con el alimento. Una disminución en el consumo de agua es a menudo el primer indicio de un problema en el lote.

Cobb–Vantress, citado por Blanco (2002) menciona que el agua constituye el 60 a 70% de la composición corporal de las aves y esta presente en todas las células corporales. Una pérdida del 10% del peso corporal resultara en serios problemas fisiológicos. Inclusive puede causar la muerte cuando más de un 20% del contenido de agua se pierde. El agua es necesaria para varios procesos fisiológicos, tales como digestión, metabolismo y respiración.

El consumo de agua debe ser casi 1,6 a 2,0 veces el consumo de alimento expresado en peso, pero variará con base en la temperatura ambiental, calidad del alimento y estado de salud de las aves (Cobb–Vantress 2005).

**Cuadro 2. Parámetros de la calidad del agua para avicultura**

<b>Contaminante, mineral o hierro</b>	<b>Nivel Considerado Promedio</b>	<b>Nivel Máximo Aceptable</b>
Bacterias		
Total Bacterias	0 CFU/ml	100 CFU/ml
Bacterias coliformes	0 CFU/ml	50 CFU/ml
Acidez y Dureza		
PH	6,8 - 7,5	6,0 - 8,0
Total hardness	60 - 180 ppm	110 ppm
Elementos Frecuentemente Corrientes		
Calcio(Ca)	60 mg/l	
Cloro(Cl)	14 mg/l	250 mg/l
Cobre(Cu)	0,002 mg/l	0,6 mg/l
Hierro(Fe)	0,2 mg/l	0,3 mg/l
Plomo(Pb)	0.	0,02 mg/l
Magnesio(Mg)	14 mg/l	125 mg/l
Nitrato	10 mg/l	25 mg/l
Sulfato	125 mg/l	250 mg/l
Zinc		1,5 mg/l
Sodio(Na)	32 mg/l	50 mg/l

Fuente: Cobb–Vantress (2005)

### **2.1.8. Alimentación**

Lo pollos parrilleros deben en parte su alta velocidad de crecimiento al gran apetito que les permite ingerir cantidades de pienso proporcionalmente altas (hasta un 10 %), en relación a su peso corporal (Buxade *et al* 1995).

Plot, citado por Lozano (2000), señala que para fines prácticos se ha dividido la vida de los pollos por su edad, en distintos ciclos o periodos, los mismos son:

- Primer ciclo de crianza o periodo de cría (periodo de inicio), que comprende a los pollitos desde el nacimiento hasta los 10 o 15 días de edad; a veces se extiende más.
- Segundo ciclo de crianza o periodo de recría (periodo de desarrollo), que generalmente se extiende desde que acaba el anterior hasta que el pollito no necesita calor artificial directo, se extiende desde los 11 ó 16 días de edad hasta los 30 ó 35 días.

Crianza de acabado o engorde (periodo de terminado), se refiere específicamente a la crianza de pollos para el consumo, desde los 31 ó 36 días hasta los 56 ó 63 días de edad.

Torrijos, citado por Lozano (2000), afirma que el periodo de crianza de pollitos es muy discutido pero que en todo caso debería enclavarse desde el nacimiento de los pollitos hasta que estos prescindan de la fuente de calor artificial.

Buxade *et al.* (1995), toma para la crianza de pollos broiles la fase de arranque de 0 al día 14, la fase de crecimiento de 15 a 30 o 35 días y fase de acabado que comprende hasta la finalización de la cría.

#### **2.1.8.1. Requerimientos nutricionales**

Según Cobb-Vantress (2005), los factores para seleccionar dietas óptimas son:

- Disponibilidad y costo de la materia prima
- Crecimiento separado por sexos
- Pesos vivos requeridos por el mercado

- El valor de la carne y el rendimiento de la carcasa
- Niveles de grasa de acuerdo con las necesidades específicas del mercado tales como listo para hornear, cocinado y otros productos procesados.
- Color de la piel
- Textura y sabor de la carne
- Capacidad de la planta de concentrados

Cobb-Vantress (2005), 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 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, 2005).

En el cuadro 3 se presentan los requerimientos nutricionales del pollo parrillero de línea Cobb para recomendación de costo de alimentación reducido.

**Cuadro 3. Requerimientos nutricionales para pollos Cobb**

Nutriente	Unidad	Iniciación	Crecimiento	Finalización
Proteína	(%)	21,0	19,0	17,5
Lisina-total	(%)	1,20	1,10	1,00
Lisina –digestible	(%)	1,04	0,96	0,87
Metionina-total	(%)	0,49	0,47	0,45
Metionina –digestible	(%)	0,43	0,41	0,39
M+C-total	(%)	0,89	0,86	0,82
M+C-digestible	(%)	0,77	0,75	0,71
Triptofano-total	(%)	0,19	0,18	0,18
Treonina-total	(%)	0,79	0,75	0,70
Arginina-total	(%)	1,26	1,18	1,09
Calcio	(%)	0,90	0,88	0,84
Fósforo disponible	(%)	0,45	0,42	0,40
Sodio	(%)	0,20	0,17	0,16
Cloro	(%)	0,20	0,20	0,20
Potasio	(%)	0,65	0,65	0,65
Catión: Anión Balance	Meq/100g	20,00	20,00	20,00
Ácido linoleico	(%)	1,25	1,25	1,25
Energía	MJ/kg	12,45	12,70	13,20
	Kcal/kg	2976	3035	3155

Fuente: Saire (2006)

## 2.2. Aves pigmentadas

El pollo Cobb es un ave de piel amarilla natural, pero eliminando toda fuente de pigmento de su alimentación producirá una piel blanca. En regiones del mundo donde el trigo es el cereal básico tiende a ser para un producto blanco. En regiones del mundo donde el maíz es el cereal básico la tendencia es a un producto de piel amarilla. La orden para producir pollos de piel amarilla es que las aves deben tener una dieta que incluye pigmentos. Estos pigmentos pueden ser cualquier xanthofila, el acceso natural es como un componente de algunos alimentos para animales o ellos pueden ser adicionados como un suplemento. La intensidad del color amarillo en las aves depende enteramente de la cantidad de pigmento incluido en la dieta y depositada en la piel. Los insumos naturales puede ser usados para producir pollos con pigmento en la piel, pero esto resulta a menudo variable. La razón para esta variabilidad es la variación natural de los niveles de pigmento xanthofila y sus potenciales de pigmentos en el material de alimento bruto. Para lograr un color uniforme usualmente es necesario

suplementar con extractos de xanthophylls naturales o pigmentos sintéticos (Teeter y Wiernusz 2003).

Casello (1977), cita que uno de los factores que influyen en la pigmentación de las aves son características genéticas de las aves (gene de la pata amarilla).

### **2.3. Alimentos pigmentantes**

Un aditivo colorante es cualquier tintura, pigmento o sustancia que cuando se agrega o aplica a un alimento, medicamento o producto cosmético, o al cuerpo humano, es capaz (ya sea solo o como consecuencia de reacciones con otras sustancias) de impartir color (QUIMINET, 2006).

### **2.4. Normas para Productos Orgánicos en Bolivia**

Según Mamani (2004), se tiene las siguientes normas para productos orgánicos en Bolivia:

- En Bolivia la agricultura orgánica esta definida por normas internacionales establecidas por IFOAM-Federación Internacional de Movimientos de la Agricultura Orgánica.
- CODEX ALIMENTARIUS (165 países miembros de FAO+OMS)
- Reglamentos UE 2491/2001; 1788/2001 y 1918/2002 y en algunos casos (USA y Japón), únicamente son válidas las normas nacionales (NOP/USDA y JAS).
- Existen las normas básicas elaboradas en forma interinstitucional (MACA, AOPEB, IBNORCA), tomando en cuenta las normas básicas de IFOAM, de la UE y de los EE.UU. entre otras.

Los aditivos colorantes se utilizan en los alimentos por muchas razones: 1) para compensar la pérdida de color que se produce por la exposición a la luz, aire, temperaturas extremas, humedad y condiciones de almacenamiento, 2) para

corregir las variaciones naturales en color, 3) para realzar los colores naturales, y 4) para proporcionar color a alimentos que carecen de color (QUIMINET 2006).

## **2.5. Pigmentos usados como colorantes en alimentos**

Claude (1989), indica la coloración de los pollos es el resultado de la acumulación en tejidos, particularmente el adiposo subcutáneo, de pigmentos pertenecientes a la familia de los carotenoides, constituye una clase de compuestos químicos que comprende a: Los carotenoides (Estructura hidrocarbonada), uno de los más conocidos es el beta caroteno natural, presente en numerosos vegetales y en reino animal.

Según Roche (1995), en la actualidad, los fabricantes de alimentos balanceados utilizan carotenoides estabilizados en la raciones para aves, adecuados para asegurar así el suministro constante, de calidad uniforme y de fácil absorción por el ave. Su adición suele encarecer bastante el costo, los más usuales son:

1. Carophyll amarillo (M.R. de Roche).
2. Carophyll naranja (M.R. de Roche).
3. Carophyll rojo (M.R. de Roche).

## **2.6. Colorantes naturales**

La distinción entre natural y artificial, términos muy utilizados en las polémicas sobre la salubridad de los alimentos, es de difícil aplicación cuando se quiere hablar con propiedad de los colorantes alimentarios. En sentido estricto, solo sería natural el color que un alimento tiene por sí mismo. Esto puede generalizarse a los colorantes presentes de forma espontánea en otros alimentos y extraíbles de ellos, pero puede hacer confusa la situación de aquellas sustancias totalmente idénticas pero obtenidas por síntesis química. También la de colorantes obtenidos de materiales biológicos no alimentarios, insectos, por ejemplo, y la de aquellos

que pueden bien añadirse o bien formarse espontáneamente al calentar un alimento, como es el caso del caramelo (Calvo 1991).

El mismo autor señala que los colorantes naturales son considerados en general como inocuas y consecuentemente las limitaciones específicas en su utilización son menores que las que afectan a los colorantes artificiales.

**Cuadro 4. Colorantes naturales comercializados alrededor de 1850.**

Nombre	Origen	Color
Ancusina	<i>Anchusa tinctoria</i>	Rojo oscuro
Aloetina	Aloes	Marrón
Achiote	<i>Bixa orellana</i>	Rojo naranja
Orchila	Líquenes	Violeta
Berberina	Raíz de agrajejo	Marrón
Sándalo rojo	Sándalo rojo	Rojo
Brasilina	Árbol del brasil	Rojo
Catecu	Cato	Marrón rojizo
Chica	<i>Bignonia chica</i>	Rojo
Cochinilla	Insectos	Rojo
Fustina	Fustete	Amarillo
Ácido gálico	Agallas	Negro
Índigo	Indigofera	Azul
Quermes	Insectos	Rojo
Campeche	Campeche	Azul violeta
Alizarina	<i>Rubia tinctoria</i>	Rojo
Morinda	Moronda	Amarillo
Quercetina	<i>Quercus nigra</i>	Amarillo
Ramnacina	Ramnaceas	Amarillo
Tinte de alazor	<i>Carthamus tinctorius</i>	Amarillo
Tinte de glasto	<i>Isatis sativa</i>	Rojo

Fuente: BRANA *et al.* (2006)

TECNOS (1998), en un estudio a nivel mundial del nopal, encontró que el principal exportador del carmín, Perú, mantiene las siguientes exportaciones de colorantes naturales.

**Cuadro 5. Colorantes naturales comercializados alrededor de 1998.**

<b>Materias Primas</b>	<b>Colores Naturales</b>
Cochinilla	Laca de Carmin Extracto de cochinilla (ácido carminico)
Semillas de achiote	Extracto de annato Cristales de bixina Norbixina
Zempazuchil	Flores secas de sempazuchil Oleresinas
Maiz morado	Antocianinas
Cúrcuma	Polvo de cúrcuma
Páprika	Polvo de páprika

Fuente TECNOS (1998).

## 2.7. Cúrcuma

Según León (1987), indica que la cúrcuma una sustancia colorante que forma cristales anaranjados y aceites esenciales de olor picante, es muy común en Asia, así como para colorear el arroz, el cual agrega algunas vitaminas.

Curcumina(E-100), es el colorante de la cúrcuma, especia obtenida del rizoma de la planta del mismo nombre cultivada principalmente en la India (FAO/OMS 1987).

### 2.7.1. Sinónimos

Amomoum cúrcuma, anlatone (constituyente), CUR, Cúrcuma, *Curcuma aromatica*, *Curcuma aromatica salisbury*, *Curcuma domestica*, *Curcuma domestica valet*, *Curcuma longa*, *Curcuma longa* rizoma, aceite de cúrcuma (I, II, III), curcumin, diferuloilmetano, E zhu, Gelbwurzel, gurkemeje, Haldi, Haridra, azafrán indio, raíz amarilla india, Jiang huang, kunir, kunyit, Kurkumawurzelstock, Kyoo, Olena, Radix zedoaria longa, Rizoma de cúrcuma, safran des Indes, shati, aceite de cúrcuma, raíz de cúrcuma, tumerone (constituyente), Ukon, yellowroot, Zedoary, *Zingiberáceas* (familia), zingiberena (constituyente), Zitterwurzel (MEDLINEPLUS, 2007).

### **2.7.2. Importancia comercial**

Según Sanz (1992), actualmente en el mercado puede observarse que existe una creciente demanda por este colorante natural para su uso en productos alimenticios y en alimentos balanceados para la avicultura, aunque en proporciones menores no cuantificados en la estadística de la cantidad que se consume.

El interés moderno por la cúrcuma comenzó en 1971 cuando los investigadores indios hallaron evidencia sugiriendo que la cúrcuma podría tener propiedades antiinflamatorias. La mayor parte de esta actividad parecía deberse a la presencia un elemento llamado curcumina. La curcumina también es un antioxidante, lo que lo hacen un buen conservador de comida, dado que el alimento ya es de color amarillo y se utiliza ampliamente para este propósito (EBSCO 2003).

EBSCO (2003), indica que se ha propuesto la cúrcuma como un tratamiento para la dispepsia. Dispepsia es un término amplio que incluye una serie de problemas digestivos tales como malestar estomacal, gas, distensión, eructos, pérdida de apetito y náusea. Aunque muchas enfermedades médicas graves pueden provocar malestar digestivo, el término "dispepsia" se usa con mayor frecuencia cuando no puede detectarse una causa médica reconocible.

En tecnología de alimentos se utiliza, además del colorante parcialmente purificado, la especia completa y la oleoresina; en estos casos su efecto es también el de aromatizante. La especia es un componente fundamental del curry, al que confiere su color amarillo intenso característico. Se utiliza también como colorante de mostazas, en preparados para sopas y caldos y en algunos productos cárnicos. Es también un colorante tradicional de derivados lácteos (FAO/OMS, 1987).

### 2.7.3. Composición química de la cúrcuma

Cabieses (1993), indica que los rizomas de *cúrcuma longa* contienen, cuando están secos un 6.3% de proteínas, 5.1% de grasas y ceras del 70% de hidratos de carbono. Los pigmentos no aparecen si no cuando la planta madura y se seca.

**Cuadro 6. Análisis bromatológico de la cúrcuma**

Detalle	Unidad	Contenido por 100 g de rizoma frescos
Valor energético	Calorías	42.98
Humedad	%	88.93
Proteína	g	3.96
Grasas	g	0.98
Hidratos de Carbono	g	4.67
Fibra cruda	g	0.03
Ceniza	g	1.50
Calcio	mg	71.0
Fósforo	mg	5.30
Hierro	mg	6.27
Vitaminas	mg	0.00

Fuente: Sanz (1992)

### 2.7.4. Contraindicaciones del uso de cúrcuma

Según EBSCO (2003), la cúrcuma está en la lista GRAS (siglas en inglés, reconocida generalmente como segura) de la FDA y también se cree que la curcumina es bastante segura. No son comunes los reportes de efectos secundarios y están limitados generalmente al malestar estomacal moderado.

Se puede utilizar sin más límite que la buena práctica de fabricación en muchas aplicaciones, con excepciones como las conservas de pescado, en las que el máximo legal es 200 mg/kg, las conservas vegetales y el yogur, en las que es 100 mg/kg, y en el queso fresco, en el que este máximo es sólo 27 mg/kg (FAO/OMS 1987).

EBSCO (2003), indica que en dosis altas de curcumina podrían aumentar el riesgo de tener úlceras, estimula la vesícula biliar y también señala que existen

algunos indicios de que los extractos de cúrcuma pueden dañar al hígado cuando se toman en dosis altas o por un período prolongado.

La cúrcuma puede causar malestar estomacal, especialmente en altas dosis o si se administra por mucho tiempo. Se ha reportado acidez gástrica en pacientes tratados por úlceras en el estómago. Dado que la cúrcuma se usa algunas veces en el tratamiento de la acidez gástrica o úlceras, puede ser necesario tomar precauciones en algunos pacientes. También se han reportado náuseas y diarrea (NETSALUTI, 2007).

Con base en estudios en animales y en laboratorio, la cúrcuma puede aumentar el riesgo de sangrado. Se aconseja tomar precaución en pacientes con trastornos de sangrado o que toman drogas que puedan aumentar el riesgo de sangrado. Puede ser necesario hacer ajustes en la dosificación (NETSALUTI, 2007).

Estudios limitados en animales muestran que un componente de la cúrcuma, el curcumin, puede aumentar las pruebas de la función hepática. Sin embargo, un estudio en humanos informa que la cúrcuma no tiene efecto en estas pruebas. La cúrcuma o curcumin pueden causar contracción de la vesicular biliar y podría ser poco recomendable en pacientes con cálculos biliares. En estudios en animales, se ha reportado la pérdida de cabello (alopecia) y disminución de la presión arterial. En teoría, la cúrcuma puede debilitar el sistema inmunológico y se debe usar con precaución en pacientes con deficiencias en el sistema inmunológico (NETSALUTI 2007).

El colorante de la curcuma se absorbe relativamente poco en el intestino, y aquel que es absorbido se elimina rápidamente por vía biliar. Tiene una toxicidad muy pequeña. La especia completa es capaz de inducir ciertos efectos de tipo teratogénico en algunos experimentos. La dosis diaria admisible para la OMS es, provisionalmente, de hasta 0,1 mg/kg de colorante, y 0,3 mg/kd de oleorresina (FAO/OMS 1987).

## 2.8. Achiote

Según C y R Internacional citado por Taboada (1993), la bixina es un colorante natural empleado extensamente en las industria de alimentos y cosméticos, por su ventaja en cuanto a requerimientos legales.

Los extractos obtenidos a partir del arilo de las semillas, la bixina (liposoluble) y la norbixina (hidrosoluble) están registrados como colorante alimentario autorizado por la Unión Europea bajo la denominación E160b (PRODIVIN, 2000).

Los carotenoides y las xantofilas (E-161) son un amplio grupo de pigmentos vegetales y animales, del que forman parte más de 450 subsatancias diferentes, descubriéndose otras nuevas con cierta frecuencia. Se ha calculado que la naturaleza fabrica cada año alrededor de 100 millones de toneladas, distribuídas especialmente en las algas y en las partes verdes de los vegetales superiores. Alrededor del 10% de los diferentes carotenoides conocidos tiene actividad como vitamina A en mayor o menor extensión. Alrededor del 10% de los diferentes carotenoides conocidos tiene mayor o menor actividad como vitamina A (Peto et al 1981).

En los países de la Unión Europea, los aditivos alimentarios autorizados se designan mediante un número de código, formado por la letra E y un número de tres o cuatro cifras (Calvo, 1991)<sup>1</sup>.

E-160 Carotenoides

E-160 a Alfa, beta y gamma caroteno

E-160 b Bixina, norbixina (Rocou, Annato)

E-160 c Capsantina, capsorrubina

---

<sup>1</sup> La lista completa de los códigos de los colorantes están en el anexo 5

E-160 d Licopeno

E-160 e Beta-apo-8'-carotenal

E-160 f Ester etílico del ácido beta-apo-8'-carotenoico

La bixina y la norbixina se obtienen de extractos de la planta conocida como bija, roccou o annato (*Bixa orellana*). Son compuestos algo diferentes químicamente entre ellos, siendo la bixina soluble en las grasas e insoluble en agua y la norbixina a la inversa. Se han utilizado desde hace muchos años para colorear productos lácteos, y su color amarillo puede aclararse por calentamiento, lo que facilita la obtención del tono adecuado (Gordon y Bouernfeind 1982)

No son muy solubles en las grasas, y, con la excepción de la norbixina, prácticamente nada en agua (Peto et al. 1981).

La vitamina A y los carotenos son solubles en grasa, la principal función de las grasas se atribuye a la capacidad de preservar la vitamina A y las sustancias carotenoides, por la presencia de antioxidantes naturales, pero, si las grasas de la dieta no se mantienen estables y se enrancian, se destruyen los carotenos y la vitamina A (Boada et al. 1992).

### **2.8.1. Sinonimias**

El Achiote, o Achiotl, Urucú, Bija, bijol, roncon, onoto (*Bixa orellana*), (Castedo 2007).

### **2.8.2. Importancia comercial**

Las semillas de achiote se obtienen del achiote (*Bixa orellana*), especie nativa de los bosques tropicales de Sudamérica e introducida en Asia y Africa. Perú es el principal productor y exportador de achiote. Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Jamaica, México y República Dominicana también producen achiote. La producción mundial actual de achiote es entre 11 000 y 14 000 t, de las

cuales entre el 50% y 60% corresponden a América Latina y el Caribe. La Región también responde por una parte correspondiente en el mercado de exportación (FAO 2007).

El mismo autor señala que el achiote se utiliza como colorante natural de alimentos. La masa de pigmento rojizo de sus semillas contiene un 70% de Bixina y se usa como colorante en la mantequilla, queso, margarina, pastelería, aliños para ensaladas, y otros productos alimenticios. También se utiliza en lociones para el sol, barniz de uñas y cremas faciales.

Así mismo afirma que recientemente existe una creciente demanda por el achiote, estimulada por la preocupación por la seguridad de los colorantes sintéticos que han sido catalogados como carcinógenos. En la Región, el potencial para el procesamiento de achiote para exportación depende del mejoramiento de calidad en términos de contenido de Bixina.

### **2.8.3. Características del achiote**

#### **2.8.3.1. Determinación del contenido de la materia colorante (bixina).**

Avila y Demond (1986), exponen cuatro métodos de extracción de la materia colorante del achiote, los cuales son:

- a) Lixiviación con agua potable
- b) Lixiviación con hidróxido de sodio diluido
- c) Lixiviación con aceites comestibles
- d) Extracción con solventes volátiles

#### **2.8.3.2. Composición química de la semilla del achiote**

Según Hernández, Trujillo y Arévalo, citado por Taboada (1993), se tiene la siguiente composición química de la semilla del achiote:

**Cuadro 7. Composición química del achiote**

Partes de la semilla	Componentes químicos	Rango (%)	
Cubierta exterior	Celulosa	40	45
	Humedad	20	28
	Azucares	3,5	5,2
	Aceites esenciales	0,25	0,85
	Pigmentos	4	5,5
Piel o cutícula	Celulosa y taninos	20	21
	Resinas	1	1,65
	Aceites esenciales	0	0,5
	Aceites esenciales	1,1	
Semilla interior	sustancias cerosas	0,3	
	aceites pesados	8	11
	cenizas	1,5	1,8
	Alcaloides		Trazas

Fuente: Hernandez, Trujillo y Arévalo, citado por Taboada (1993).

#### 2.8.4. Principios Activos

Según (PRODIVIN, 2000), indica que los principales componentes de la pasta de achiote son carotenoides (4-5%), especialmente apocarotenos: bixina y pequeñas cantidades de isobixina y norbixina.

Así mismo señala que la composición de los extractos obtenidos a partir del arilo de la semilla varía según el método de extracción debido a que la bixina se isomeriza con el calor aumentando el contenido de isobixina y se hidroliza e medio alcalino dando lugar a la norbixina:

- Otros carotenoides: beta-caroteno, criptoxantina, luteína, zeaxantina, orellina (color amarillo).
- Otros: mucílagos y taninos.

Los pigmentos de las semillas de achiote tienen poca estabilidad a la luz y las altas temperaturas, por lo que para su almacenamiento deben ser mantenidas en ambiente fresco y aireado, al abrigo de la luz solar y con preferencia en frascos color ámbar (PRODIVIN 2000).

### **2.8.5. Contraindicaciones del uso de Achiote**

La ingestión diaria admisible según el comité FAO/OMS es de hasta 0,065 mg/Kg de peso en el caso del E-160 B y de 5 mg/kg de peso en los E-160 e y E-160 f. Se han descrito algunos casos, raros, de alergia al extracto de bija. La legislación española autoriza el uso del caroteno sin límites para colorear la mantequilla y la margarina, 0,1 g/kg en el yogur, 200 mg/kg en conservas de pescado, 300 mg/kg en los productos derivados de huevos, conservas vegetales y mermeladas, y hasta 600 mg/kg en quesos. En sus aplicaciones en bebidas refrescantes, helados y productos cárnicos no tiene limitaciones. En Estados Unidos solo se limita el uso del E-160 e (0,015 g/libra) (CALVO 1991).

En uso alimentario como colorante, según la FAO/OMS, la ingesta diaria aceptable (ADI) de extracto de achiote (colorante E160b) es entre 0 y 0,065 mg/kg de peso corporal expresados en bixina y efectos secundarios no observados en las dosis usuales (PRODIVIN 2000).

Los laboratorios Valencia señalan que la bixina extraído del achiote es un colorante natural completamente inofensivo para consumo humano y uso industrial (Los tiempos 2005).

### **2.9. Pigmento de los alimentos de preferencia**

El color es un atributo sensorial, subjetivo, de gran importancia en la aceptación de un alimento. Es un hecho que el consumidor espera que los alimentos, ya sean naturales o formulados, tengan el color que " la naturaleza" les dio. Como ejemplo, el jugo de naranja debe ser "naranja", los tomates y jugo de tomate deben ser rojos, por lo tanto, se tenderá a rechazar los alimentos coloreados en forma inadecuada o que tengan un color que se considere inaceptable de acuerdo a lo que se conoce (Muñoz, 2000).

Un factor muy importante en los productos alimenticios de origen animal es el aspecto, en el caso de las aves de carne el color amarillo de la piel y la yema de los huevos son caracteres muy importantes para el intermediario y el consumidor los que relacionan palidez o mala pigmentación con enfermedad o inadecuada nutrición, originando el rechazo del producto (CAIÑA et al. 2001).

## **2.10. Determinación de la pigmentación**

Los métodos comúnmente usados para determinar el grado de pigmentación de la carne se dividen en dos grupos: análisis químico para la cuantificación de los pigmentos en la carne y métodos basados en la estimación del color (Muñoz 2000).

El mismo autor señala que para la cuantificación de los pigmentos se extraen éstos del músculo con solventes, posteriormente se identifican a través de H.P.L.C. (High Performance Liquid Chromatography) y se cuantifican. También se usa actualmente el método N.I.R.S. (Near Infrared Reflectance System) para medir la concentración de astaxantina en músculo y en ovas.

Así mismo afirma que para estimar el color existen básicamente dos métodos: uno está basado en la comparación del color del filete con la carta de colores o con el abanico colorimétrico de Roche; el otro está basado en la medición de la intensidad del color usando métodos instrumentales.

## **2.11. Diferencia de pigmentación en hembras y machos**

Las observaciones de campo indican mejor pigmentación en machos que en hembras, en el estudio de Caiña et al. (2001), para xantófilas, se encontró mayor intensidad de color en machos de algunos galpones que en hembras, sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa. Las razones por las que puede haber mayor pigmentación en machos que en hembras se debería al

mayor consumo de alimento en los machos, en consecuencia a un mayor aporte de pigmentos al ave, lo que dará un color más intenso que en las hembras.

Otro factor según Caiña et al., mencionado por Piraces y Cortez (1994), es el engrasamiento del ave, el cual favorece el depósito de xantófilas, que da un mejor color al animal, habiendo diferencias entre la capacidad de engrase entre hembras y machos.

## **2.12. Métodos para determinar la pigmentación**

### **2.12.1. Método del colorímetro de Roche**

El ojo humano tiene una capacidad limitada para distinguir diferencias en el color de la carne con concentraciones superiores presentes en el colorímetro de Roche (Muñoz 2000).

Se debe mencionar que la medición de la intensidad de pigmentación es realizada de acuerdo a la apreciación visual del individuo. Esta medición tiene la facilidad de ser rápida y sencilla pero al mismo tiempo conlleva a un factor de error, por lo que es necesario capacitar al personal en la utilización del abanico, colocándolo para ello sobre la misma área de observación y bajo similar intensidad de luz, evitando de esta manera los errores en la toma de datos de pigmentación en pollos de carne (Caiña *et al.* 2001).

La estimación del color por este método es el comúnmente usado en la industria, la principal razón es su costo, comparado con métodos instrumentales, y lo fácil de usar. Un punto importante a considerar cuando se usa este método es la estandarización de las condiciones bajo las cuales se compara el color con la carta o el abanico, porque el medio ambiente puede modificar la percepción del color. Para evitar esto se han diseñado "cajas de luz", las cuales tienen una dimensión, un color y una intensidad de luz determinada (Muñoz 2000).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización**

##### **3.1.1. Ubicación geográfica**

El presente trabajo de investigación se desarrollo en la comunidad de Puente Villa de la localidad de Coripata (segunda sección de la provincia Nor Yungas), ubicada a 110 km de la ciudad de La Paz, entre los paralelos 16°25' de latitud sur y 67° 32' de longitud oeste a una altura de 1767 m.s.n.m. (SENAMHI 1007).

##### **3.1.2. Características climáticas**

La zona de Coripata presenta una temperatura promedio de 22.48 °C, una temperatura mínima de 16.42°C y una temperatura máxima de 27.42°C. La precipitación promedio anual se registra en 1415 mm. Los meses de menor precipitación son: mayo a agosto y los meses de mayor precipitación son de noviembre a febrero hasta mediados de marzo (SENNAMHI 1997).

La región presenta suelos excesivamente drenados con evidencia de erosión hídrica moderada severa, con una capa arable superficial de coloración café amarillo oscuro, de textura media, contenido fragmentos de lutitas en varios estados de composición.

##### **3.1.3. Aspectos Generales**

La segunda sección Municipal de Coripata situado a 117 km de la ciudad de La Paz agrupa 44 comunidades campesinas y cuatro centros poblados de importancia. Es último corresponde a Coripata, Arapata, Trinidad Pampa y Millihuaya (Montes de Oca 2004).

La sección municipal de Coripata tiene los siguientes límites:

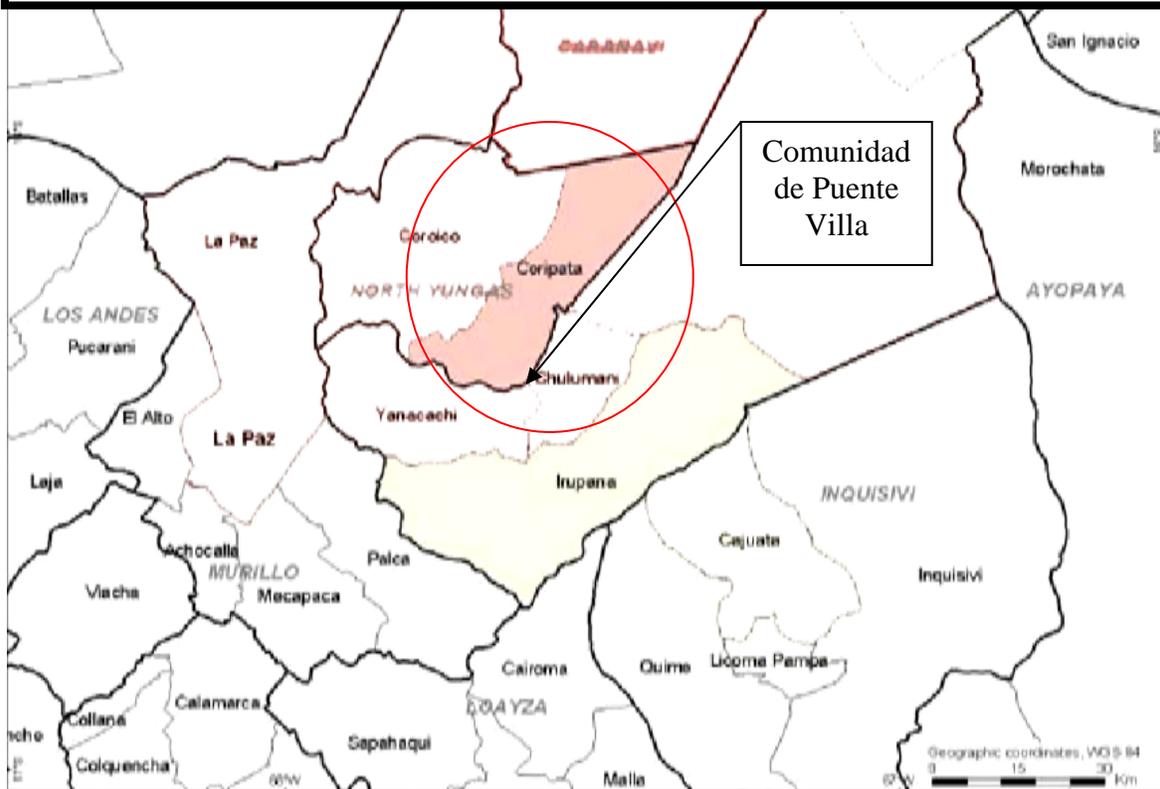
Al sur con la provincia Sud Yungas.  
Al este con la provincia Sud Yungas  
Al oeste con la primera sección municipal de Coroico.  
Al norte con la provincia Caranavi.

#### **3.1.4. Aspectos físicos naturales**

La sección municipal de Coripata esta situada a una altura que fluctúa entre 800 hasta 1500 m.s.n.m. el relieve topográfico, presenta configuraciones variadas y bastante accidentada con pendientes entre 20 y 40 grados (INE 2005).

La misma fuente señala que la sección municipal de Coripata encuentra ubicada en la región subtropical del país, conocida también como “Yungas o Faja Subandina”, es un área de muy variada ecología, se asienta en un piso montañoso bajo el bosque húmedo.

El límite climático del área comprende entre 12° y 18°C en determinadas zonas de la sección municipal de Coripata. Sin embargo, por la característica del bosque húmedo subtropical, las biotemperaturas normales varían entre 23 y 24° C.



**Figura 2. Mapa de localización del municipio de Coripata, La Paz (INE et al. 2005)**

## **3.2. Materiales**

### **3.2.1. Instalaciones**

Se utilizaron corrales experimentales que se ubicaron dentro de un galpón especializado para la crianza de pollos parrilleros en la que se separaron 150 aves por unidad experimental.

En el ambiente se controló la temperatura por medio de cortinas que se cerraban o abrían según la necesidad, así también se utilizaron campanas para elevar la temperatura.

### **3.2.2. Material de construcción**

- Brochas
- Cinta métrica
- Rollo de alambre de amarre
- Callapos
- Alambre tejido
- Clavos
- Alicates
- Martillo
- Sierra metálica
- Carretilla
- Cal

### **3.2.3. Equipo**

- Los equipos utilizados, fueron todos los necesarios para la cría intensiva del pollo parrillero, y se detallan a continuación:
- Cucharones de distribución
- Campana criadora (calentadores a gas)

- Bebederos para pollitos bebes tipo cono
- Bebederos automáticos circulares
- Comederos para pollitos bebes y comederos tipo tolva
- Balanza ( 0 – 3 kg)
- Aspersor
- Termómetro ambiental de máximas y mínimas
- Gas licuado de petróleo
- Viruta de madera.
- Tanque de 100 y 200 L.
- Abanico colorimetrico de Roche

#### **3.2.4. Materiales de faeneo**

- Trípode
- Bandejas
- Cuerdas
- Mesas
- Embudos
- Cuchillos

#### **3.2.5. Material biológico**

- 1600 pollos parrilleros bebe de la línea Cobb 500.
- Alimento balanceado (cayco)
- Cúrcuma 6 kg.
- Achiote 6 kg.

#### **3.2.6. De gabinete**

- Calculadora
- Ordenador personal
- Material de escritorio

- Planillas de datos
- Cámara fotográfica



**Figura 3. Materiales usados durante la experimentación**

### **3.3. Métodos**

#### **3.3.1. Procedimiento experimental**

En base a recomendaciones técnicas y experiencias locales el presente trabajo se siguió los siguientes pasos:

##### **3.3.1.1. Acondicionamiento y preparación del galpón de experimentación.**

Para el presente ensayo las instalaciones fueron limpiadas y lavadas 30 días antes de la recepción de los pollitos bebés. Se desinfecto la infraestructura con fuego provisto de una lanza llamas para posteriormente completar el trabajo con la aspersión con creolina en una concentración de 1:9 (1 litro por cada 9 litros de agua), dos días después se realizara el encalado de las paredes de la infraestructura.

### **3.3.1.2. Construcción y acondicionamiento de los corrales experimentales para diferentes etapas**

Se construyeron ocho redondeles en tres secciones experimentales utilizando hojalata, del mismo modo se procedió a la distribución de la cama con un espesor de 10 cm todo para la primera etapa.

Posteriormente se procedió a la medición y ensamblado de los armazones tomando en cuenta el diseño experimental el mismo que estaba diseñado para 16 tratamientos. Se criaron en una nave de 20 x 10 m para una cantidad total de aves de 2000.



**Figura 4. Vista de los pollos del experimento**

### **3.3.1.3. Alimentación**

Los pollos antes de iniciar el ensayo, desde el segundo día de vida hasta los 21 días fueron criados en estricto confinamiento en forma conjunta sometidos al mismo cuidado y con este fin se utilizaron pollos de la línea Cobb (n=150 por repetición).



**Figura 5. Pollos al inicio del experimento**

### **3.3.2. Diseño experimental**

Para el presente trabajo de investigación se planteo los factores cúrcuma y achiote con cuatro niveles respectivamente, para este tipo de experimentos Calzada (1978) recomienda el uso de arreglos factoriales debido a que la información que se obtiene es más amplia, permiten comparar los tratamientos o niveles de cada factor entre sí y se puede evaluar las interacciones que resulten como consecuencia de las combinaciones de estos factores, el diseño experimental utilizado fue completamente al azar debido a las condiciones ambientales uniformes controladas que se deben tener en un galpón para la crianza de pollos parrilleros, debido a que los factores que no se controlan pueden afectar negativamente a la totalidad del plantel.

#### **3.3.2.1. Factores de estudio**

**Factor A:** Porcentaje de Cúrcuma

$a_1 = 0.00 \%$ .

$a_2 = 1.00 \%$ .

$a_3 = 2.00 \%$ .

$a_4 = 3.00 \%$ .

### Factor B: Porcentaje de Achiote

$b_1 = 0.00 \%$ .

$b_2 = 1.00 \%$ .

$b_3 = 2.00 \%$ .

$b_4 = 3.00 \%$ .

### 3.3.2.2. Tratamientos

**Cuadro 8. Combinación de los niveles cúrcuma y achiote**

Tratamientos	Factor A x Factor B	(Porcentaje Cúrcuma	x	Porcentaje de Achiote)
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	0.00 %	Cúrcuma	x 0.00 % Achiote
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	0.00 %	Cúrcuma	x 1.00 % Achiote
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	0.00 %	Cúrcuma	x 2.00 % Achiote
T <sub>4</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>4</sub>	0.00 %	Cúrcuma	x 3.00 % Achiote
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	1.00 %	Cúrcuma	x 0.00 % Achiote
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	1.00 %	Cúrcuma	x 1.00 % Achiote
T <sub>7</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	1.00 %	Cúrcuma	x 2.00 % Achiote
T <sub>8</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>4</sub>	1.00 %	Cúrcuma	x 3.00 % Achiote
T <sub>9</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>	2.00 %	Cúrcuma	x 0.00 % Achiote
T <sub>10</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>	2.00 %	Cúrcuma	x 1.00 % Achiote
T <sub>11</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	2.00 %	Cúrcuma	x 2.00 % Achiote
T <sub>12</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>4</sub>	2.00 %	Cúrcuma	x 3.00 % Achiote
T <sub>13</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub>	3.00 %	Cúrcuma	x 0.00 % Achiote
T <sub>14</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub>	3.00 %	Cúrcuma	x 1.00 % Achiote
T <sub>15</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>3</sub>	3.00 %	Cúrcuma	x 2.00 % Achiote
T <sub>16</sub>	a <sub>4</sub> b <sub>4</sub>	3.00 %	Cúrcuma	x 3.00 % Achiote

### 3.3.2.3. Modelo Lineal Aditivo

Se empleo el modelo lineal para un diseño completamente al azar con arreglo factorial propuesto por Rodríguez (1991).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- $Y_{ijk}$  = Una observación cualquiera
- $\mu$  = Media general del experimento
- $\alpha_i$  =Efecto del i- ésimo nivel de cúrcuma
- $\beta_j$  =Efecto del j- ésimo nivel de achiote

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de interacción del i-ésimo nivel de cúrcuma con el efecto de la j-ésimo nivel de achiote (AxB).

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental

La prueba la 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 (Rodríguez 1991).

### **3.3.3. Variables de respuesta**

#### **3.3.3.1. Ganancia media diaria**

Alcázar (2002), indica que es el cambio positivo de peso de un animal en un determinado tiempo.

$$\text{Ganancia media diaria} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{N}^{\circ} \text{ de días del proceso}}$$

#### **3.3.3.2. Conversión alimenticia**

Teixeira, mencionado por Alcázar (2002), indica que es la transformación de los alimentos que recibe un animal en producto animal.

$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}$$

#### **3.3.3.3. Determinación de la pigmentación**

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

#### **3.3.3.4. Peso final**

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

#### **3.3.3.5. Porcentaje de mortandad**

Se obtuvo mediante el registro diario de muertes y descartes durante el tiempo que duró el tratamiento.

$$\% \text{ Mortalidad} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de animales muertos}}{\text{Total de animales}} \times 100$$

#### **3.3.3.6. Análisis económico**

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.

##### **3.3.3.6.1. 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, permiten identificar la más rentable. Este tratamiento constituye la recomendación. Cada enfoque tiene su especificidad 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.

En 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 beneficios pueden 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 tratamiento, 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 7,5 Bs por kg de peso vivo.

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

#### **a) Beneficio bruto**

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

Donde:

B.B. = Beneficio Bruto

R = Rendimiento promedio por tratamiento

P = Precio de peso ajustado

### b) Beneficio neto

$$B.N. = B.B. - TC$$

Donde:

B.N. = Beneficio neto

B.B. = Beneficio Bruto

TC = Total de costos variables de producción

### c) Tasa de retorno marginal

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

Donde:

TRM = Tasa de retorno marginal

BN1 = Beneficio neto en el segundo 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.

### 3.3.3.7. 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 rentable identificado con la TRM y la TAMIR, acusa los mayores residuos (Reyes 20001).

La fórmula de los residuos es,

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

Donde:

- RES<sub>i</sub> = es el residuo del i-ésimo tratamiento
- BN<sub>i</sub> = es el beneficio neto de campo del i-ésimo tratamiento
- CV<sub>i</sub> = es el costo que varía del i-ésimo tratamiento
- TAMIR = tasa mínima de retorno

### 3.3.3.7.1. 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 cantidad de dinero actualizado que recibiría el proyecto por cada unidad monetaria invertida.

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

Donde:

- [B/C] = Relación Beneficio costo
- BB = Ingresos bruto actualizados.
- CT = Costo actualizado

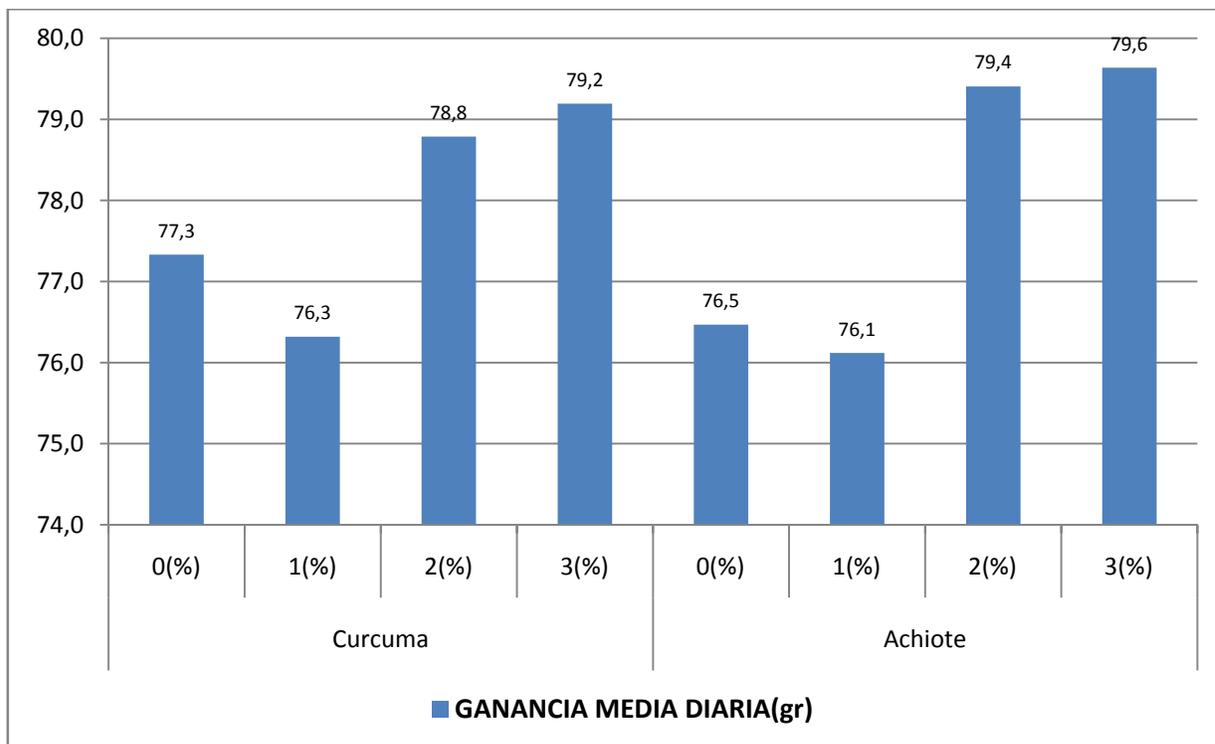
Para su aplicación es necesario tener presente los siguientes parámetros de medición:

- B/C > 1, entonces, existe beneficio
- B/C = 1, entonces, no existe beneficio ni pérdida
- B/C < 1, entonces, no existe beneficio

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Ganancia media diaria

En la Figura 6 se presentan los resultados de las ganancias medias diarias (g/día) por tratamientos, obtenidas durante el experimento.



**Figura 6. Ganancia media diaria obtenida durante la investigación para los tratamientos compuestos por cúrcuma y achiote**

La figura anterior muestra que el tratamiento compuesto por los contenidos de cúrcuma y de achiote tiene la mejor ganancia media diaria numéricamente expresada.

El análisis de varianza de la ganancia media diaria para los pollos parrilleros se muestra en el Cuadro 9.

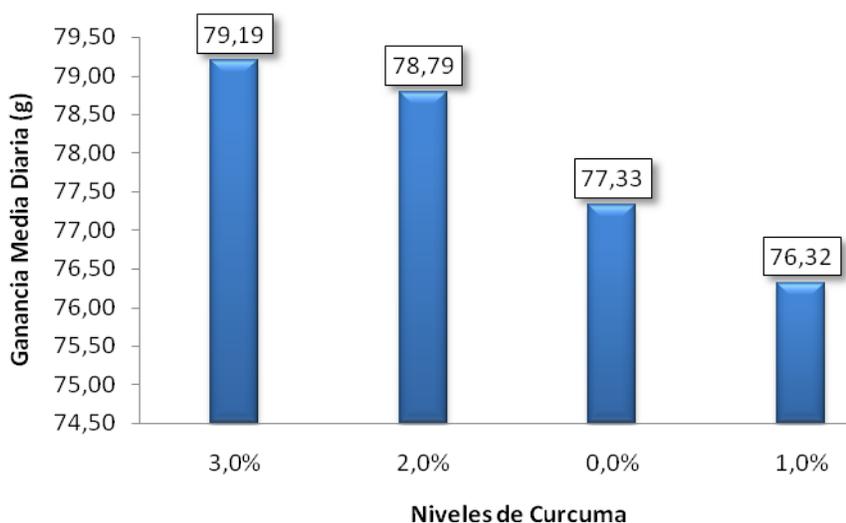
**Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable ganancia media diaria**

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Niveles de cúrcuma	3	84,56	28,18	0,61	0,61 NS
Niveles de achiote	3	168,14	56,04	1,22	0,31 NS
Interacción (AxB)	9	346,51	38,50	0,84	0,58 NS
Error	48	2207,54	45,99		
<b>Total</b>	<b>63</b>	<b>2806,76</b>			

NS = No significativo

Coefficiente de variación = 8,704 %

El análisis de varianza muestra que no existió diferencias significativas para los porcentajes de cúrcuma, achiote y para la interacción de los dos factores estudiados, lo cual indica que el uso de los pigmentantes en la alimentación no tienen efectos en la ganancia media diaria, ni existe interacción de los mismos.

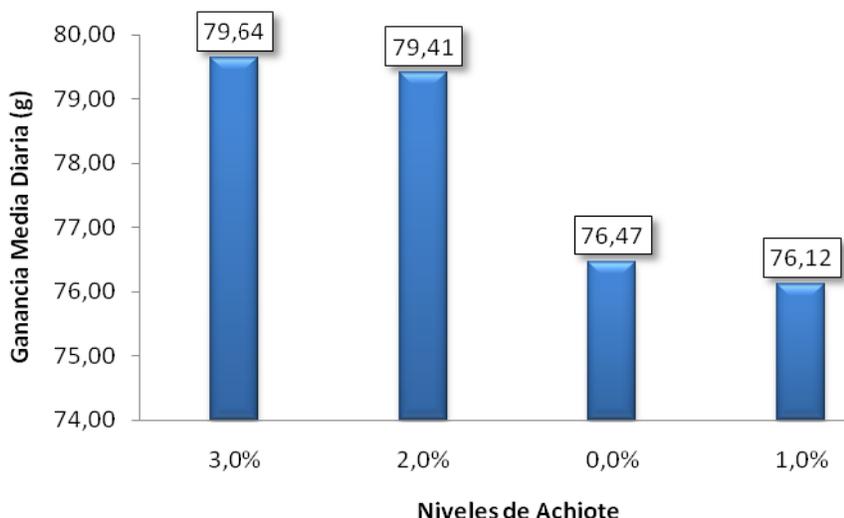


**Figura 7. Ganancia media diaria de los niveles de cúrcuma**

La Figura 7 nos presenta, con el nivel de 3.0% una mayor ganancia media de peso de 79.19 g, con relación a los demás niveles de cúrcuma, donde el nivel de 1.0% se obtuvo la menor ganancia media diaria con 76.32 g. Los niveles de 2.0% y 0.0% tuvieron valores dentro de estos rangos.

El análisis bromatológico de la cúrcuma nos muestra que la energía que aporta es 42.98 calorías por 100 gramos de peso, que convertido en Kilo calorías por Kilogramo de peso es 4.298, que al compararlo con el requerimiento de los pollos

que se encuentran entre 2976 y 3155 Kilo calorías por Kilogramo de ración, se puede evidenciar que es una cantidad mínima para aporte en energía, también se puede observar estas deficiencias para el contenido de proteína, que en grandes cantidades tendría efecto en el equilibrio de los aportes de la ración y por ende efecto en la disminución de la ganancia media diaria, pero su poca cantidad de cúrcuma en la ración, no afecta a esta variable.



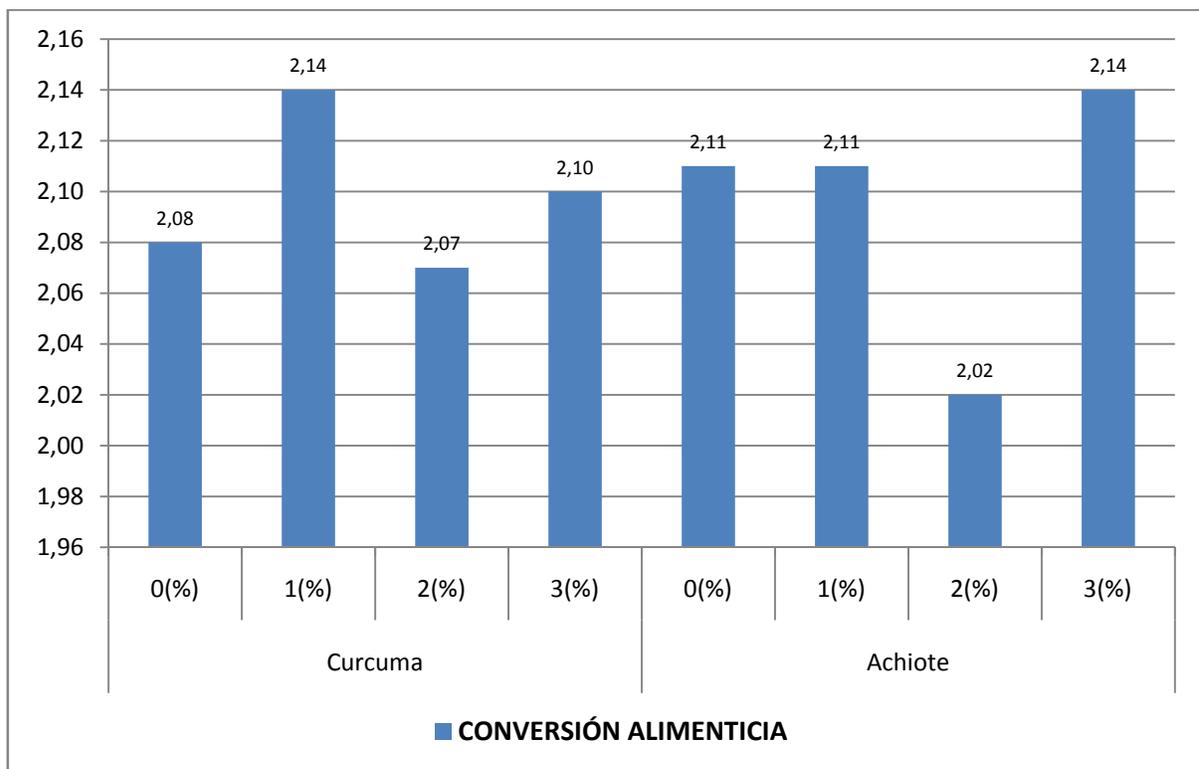
**Figura 8. Ganancia media diaria de los niveles de achiote**

La ganancia media diaria registrada por efecto de la adición de diferentes niveles de achiote (Figura 8), presenta resultados similares a los registrados por los niveles de cúrcuma, donde el nivel de 3.0% es el que registra el valor más alto de GMD con 79.64 g, seguido del nivel de 2.0% con 79.41 g, siendo el nivel del 1.0% el que presento el valor más bajo con 76.12 g.

La escasa participación porcentual en la ración del achiote, al igual que la cúrcuma no tiene efecto en la ganancia media diaria, debido a que en su composición se encuentran carotenoides (4-5%), especialmente apocarotenos: bixina y pequeñas cantidades de isobixina y norbixina como indica PRODIVIN (2000).

## 4.2. Conversión alimenticia

En la Figura 9 se presentan los resultados de la conversión alimenticia por cada factor, obtenidas hasta el final de la aplicación de los tratamientos, durante la experimentación.



**Figura 9. Conversión alimenticia obtenida durante la investigación para los factores compuestos por cúrcuma y achiote**

La conversión alimenticia es una variable que es más conveniente para la producción cuando menor es su valor, desde este punto de vista, la Figura 7 muestra que el tratamiento en el que se incluyó 2.0% de cúrcuma y 2.0 % de achiote, obtuvo mejor promedio de conversión alimenticia y la mayor conversión

alimenticia se presento en aquellas aves que fueron alimentadas con 1% de cúrcuma y 3% achiote.

El análisis de varianza de la conversión alimenticia para los pollos parrilleros se muestra en el Cuadro 10.

**Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable conversión alimenticia.**

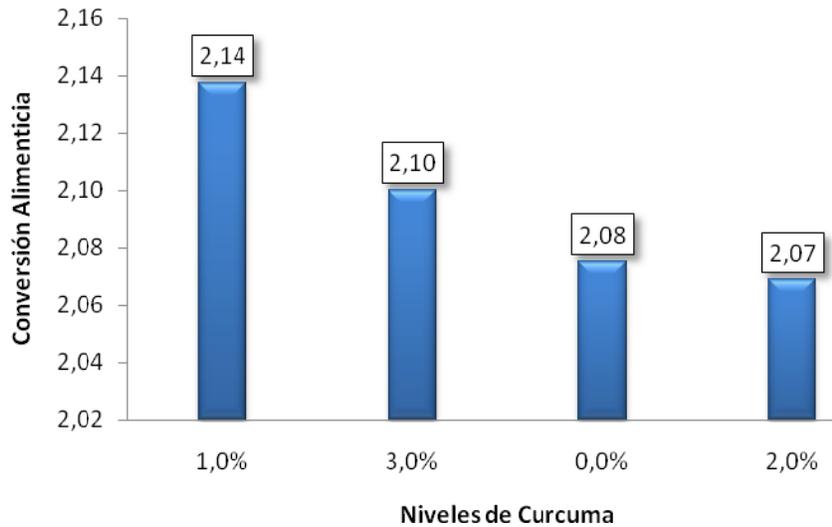
<b>FUENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Niveles de cúrcuma	3	0,0467	0,016	0,31	0,8191 NS
Niveles de achiote	3	0,1317	0,044	0,87	0,4632 NS
Interacción (AxB)	9	0,4277	0,048	0,94	0,4988 NS
Error	48	2,4225	0,050		
<b>Total</b>	<b>63</b>	<b>3,0286</b>			

NS = No significativo

Coefficiente de variación = 10,72 %

El coeficiente de variación fue 10,72 %, que indica que los datos son confiables en razón de que el valor obtenido fue menor a 29 %, porcentaje considerado como límite.

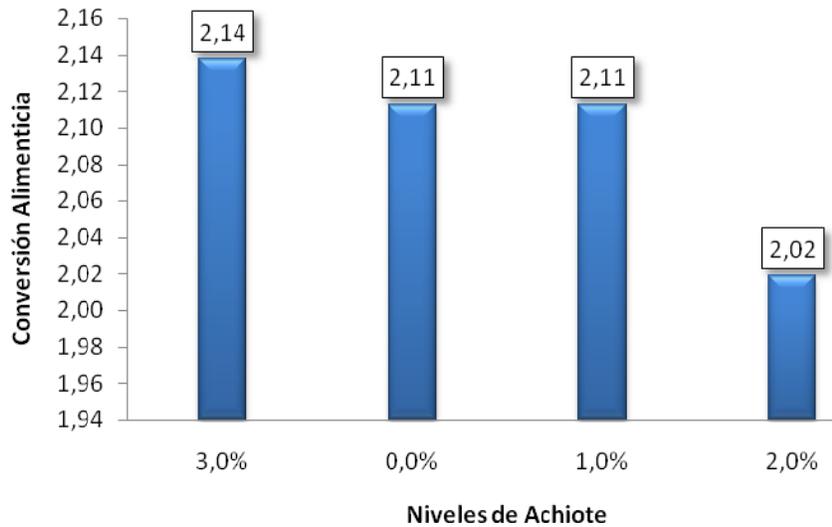
El análisis de varianza no encontró diferencias estadísticas para los porcentajes de cúrcuma, porcentajes de achiote y tampoco para las interacciones, indica que la conversión alimenticia no fue influenciada por el uso de pigmentos naturales (cúrcuma y achiote), y tampoco existió interacción de los mismos que pueda tomarse en cuenta para el aumento o disminución de esta variable de respuesta.



**Figura 10. Conversión alimenticia de los niveles de cúrcuma**

La conversión alimenticia de los niveles de cúrcuma (Figura 10), nos presenta que la mejor conversión alimenticia se tuvo con el nivel de 2.0%, con un valor de 2.07, es decir que por cada 2.07 kg de alimento consumido se tendrá una conversión de 1 kg de peso, en tanto que con el nivel de 1.0% se tuvo la conversión más alta con un valor de 2.14 kg. Los niveles de 0.0% y 3.0% tiene los valores dentro de estos rangos.

Alcazar(2002), indica que la conversión alimenticia es la transformación de los alimentos que recibe un animal en producto animal, por lo tanto podemos señalar que la adición de cúrcuma en la alimentación de pollos parrilleros no tiene efectos significativos en la conversión alimenticia para los niveles propuestos, debido a que el aporte en masa es muy pequeño con relación al consumo.



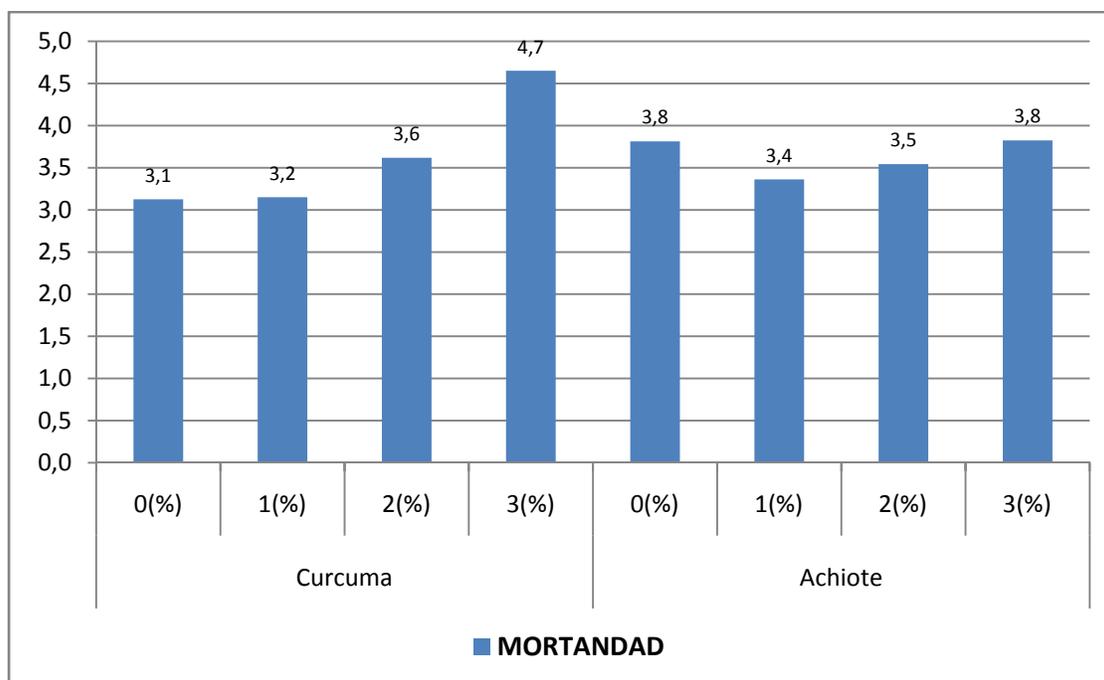
**Figura 11. Conversión alimenticia de los niveles de achiote**

La Figura 11, presenta los valores de conversión alimenticia de los niveles de achiote, donde el nivel de 2.0% es el que presenta el valor más bajo de conversión alimenticia y, por tanto el mejor con 2.02, en tanto que el valor más alto de 2.14 se obtiene con el nivel de 3.0%.

Los resultados apoyan las afirmaciones certificada por Los Laboratorios Valencia (2005), que indica que la bixina extraído del achiote es un colorante completamente inofensivo, que también es corroborado por Calvo (1991), que señala que el uso de bixina no está limitado para productos cárnicos, por estas razones se puede afirmar que el aumento de achiote en los niveles propuestos no tiene efectos en la conversión alimenticia de los pollos parrilleros.

#### **4.2. Porcentaje de Mortandad**

En la Figura 12 se presentan los resultados de la mortandad (%) para los niveles de cada factor, obtenidas hasta el final de la aplicación de los tratamientos durante la experimentación.



**Figura 12. Porcentaje de mortandad obtenida durante la investigación para los tratamientos compuestos por cúrcuma y achiote**

La figura 12 muestra que el uso de cúrcuma aumenta el porcentaje de mortandad y la mayor incidencia numéricamente expresada, se encuentra en el porcentaje de 3% de cúrcuma, resaltando el tratamiento en el que no se uso achiote y con el mayor porcentaje de cúrcuma.

El análisis de varianza del porcentaje de mortandad para los pollos parrilleros se muestra en el Cuadro 11.

**Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable del porcentaje de mortandad.**

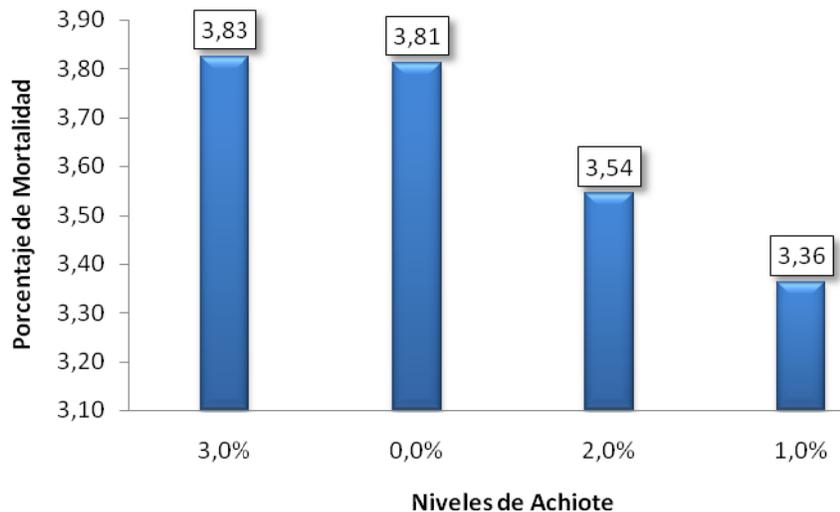
FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
Niveles de curcuma	3	24,413	8,138	9,1400	0,0001 **
Niveles de achiote	3	2,403	0,801	0,9000	0,4481 NS
Interacción (AxB)	9	6,294	0,699	0,7900	0,6304 NS
Error	48	42,718	0,890		
<b>Total</b>	<b>63</b>	<b>75,827</b>			

\*\* = Altamente significativo

NS = No significativo

Coefficiente de variación = 25,94 %

El análisis de varianza encontró diferencias estadísticas altamente significativas en los resultados para los porcentajes de cúrcuma, pero los niveles de achiote y las interacciones no mostraron diferencias estadísticas significativas para los porcentajes propuestos.



**Figura 13. Porcentaje de mortandad de los niveles de achiote**

En la Figura 13, se aprecia que los mayores valores de porcentaje de mortandad se encontró con el nivel de 3.0%, en tanto que el menor porcentaje de mortandad se registro con el nivel de 1.0% de achiote con el 3.36% de mortandad.

#### **4.3.1. Porcentaje de mortandad para el contenido de cúrcuma**

La comparación de medias por el método de Duncan al 5 % de probabilidad ( $\alpha = 0,05$ ), se han encontrado diferencias significativas en el porcentaje de mortandad para el factor porcentaje de cúrcuma, como se muestra en el Cuadro 12.

**Cuadro 12. Prueba de Duncan para el porcentaje de mortandad de los porcentajes de cúrcuma.**

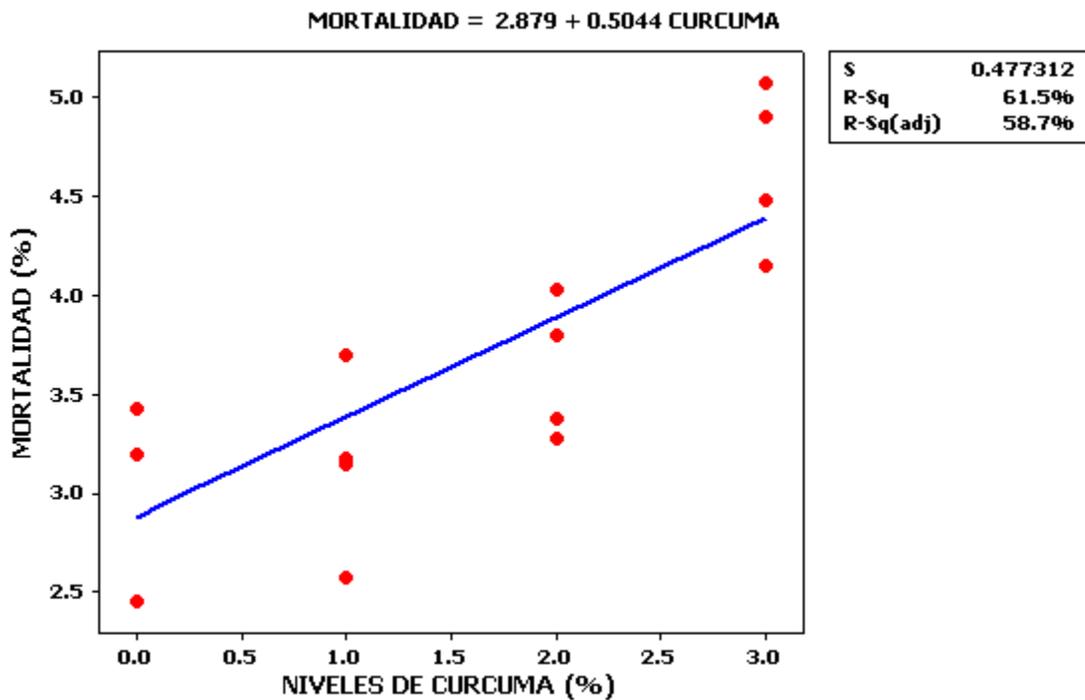
Niveles de cúrcuma (%)	Promedio (%)	Duncan ( $\alpha=0,05$ )
3,0	4.6500	A
2,0	3.6188	B
1,0	3.1500	B
0,0	3.1250	B

De acuerdo al Cuadro 12 los resultados obtenidos utilizando 2.0, 1.0 y 0.0% de cúrcuma, alcanzaron la mortandad de 3.12, 3.15 y 3.6 % respectivamente, siendo estadísticamente iguales en su efecto para la mortandad. Por otra parte el uso de 3.0% de cúrcuma que alcanzo la mayor incidencia en la mortandad para los cuatro porcentajes estudiados.

Se puede decir que el uso de cúrcuma hasta el nivel de 2.0% no es significativo para la mortandad, pero un nivel más alto, en este caso 3.0%, la mortandad se vuelve significativa, con relación a este efecto ABSECO (2003), indica que en dosis altas de cúrcuma pueden aumentar el riesgo de tener úlceras, estimula la vesícula biliar y también existen indicios que pueden dañar al hígado cuando se consumen en dosis altas y por periodos prolongados. Otra razón importante según NETSALUTI (2007), es que la cúrcuma puede debilitar el sistema inmunológico, este problema es importante debido a que la bioseguridad en pollos parrilleros es muy importante y se refiere a todos los aspectos que tiene que ver con mantener mas aisladamente posible la granja y minimizar los problemas de brotes de enfermedades, al respecto ALG (1998), señala que debido a la facilidad con que son atacadas por enfermedades y más aun con los niveles de cúrcuma que aumentan este problema.

#### 4.2.1.1. Análisis de correlación y regresión lineal del porcentaje de mortandad y los niveles de cúrcuma

Se realizó el análisis de regresión considerando el porcentaje de mortandad como variable dependiente (Y), y los niveles de cúrcuma como variable independiente(X).



**Figura 14. Regresión lineal del porcentaje de mortandad en función a los niveles de cúrcuma**

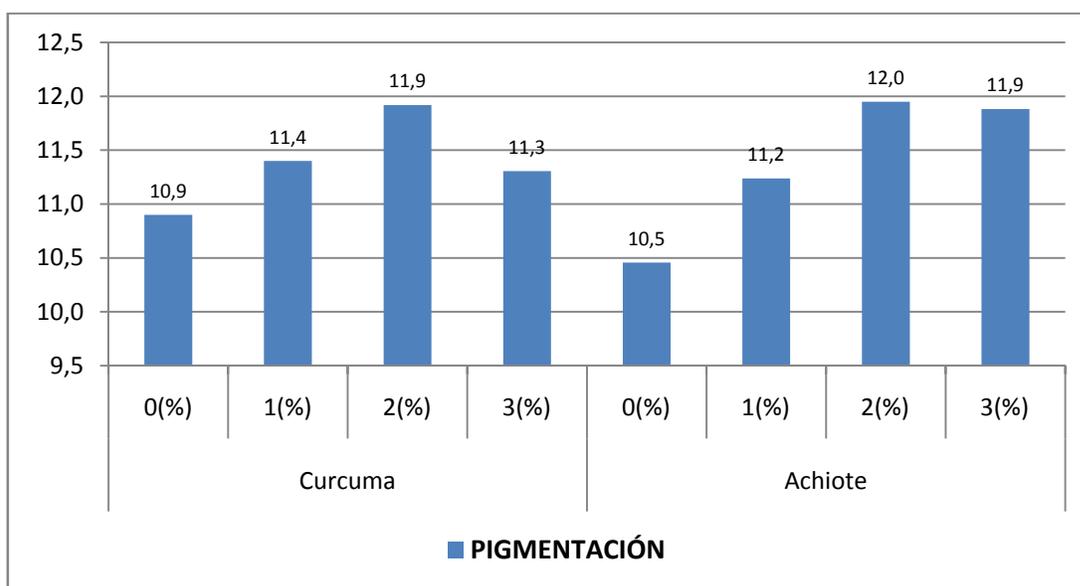
El coeficiente de correlación (Figura 14), indica una asociación lineal positiva alta entre el porcentaje de mortandad y los niveles de cúrcuma ( $r = 0,784$ ), el coeficiente indica que a medida que los niveles de cúrcuma aumenta, habrá incremento del porcentaje de mortandad. Asimismo el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), indica que el modelo de regresión determina el 61.5% de la variación del porcentaje de mortandad.

Por otra parte observando el análisis de regresión lineal podemos indicar que por cada 1% de incremento en el porcentaje de cúrcuma se tendrá un incremento en el porcentaje de mortandad de 0,50%, según la ecuación de la Figura 14.

Al respecto EBSCO (2003), señala que en dosis altas de cúrcuma y por periodos prolongados, causa ulceras, estimula la vesícula biliar y puede existir daño hepático, que en este caso se refleja en el aumento del porcentaje de mortandad.

### 4.3. Pigmentación

En la Figura 15 se presentan los resultados de la pigmentación por tratamiento, obtenidas durante la experimentación.



**Figura 15.** Valor de pigmentación de la carne de pollos obtenidos durante la investigación para los tratamientos compuestos por cúrcuma y achiote.

La Figura 15 muestra que los tratamientos en el que se aplicó algún porcentaje de cúrcuma o achiote expresaron mayor pigmentación con relación a la pigmentación de los tratamientos que no usó ningún tipo de colorante.

El análisis de varianza de la pigmentación para los pollos parrilleros se muestra en el Cuadro 13.

**Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable pigmentación.**

<b>FUENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>	
Niveles de cúrcuma	3	8,4238	2,808	9,03	0,0001	**
Niveles de achiote	3	23,1963	7,732	24,87	0,0001	**
Interacción (AxB)	9	1,8525	0,206	0,66	0,7385	NS
Error	48	14,9250	0,311			
<b>Total</b>	<b>63</b>	<b>48,3975</b>				

\*\* = Altamente significativo

NS = No significativo

Coefficiente de variación = 4.89 %

El análisis de varianza en el Cuadro 13 no encontró diferencias significativas para las interacciones de la cúrcuma y achiote pero sí existió diferencias altamente significativas entre los porcentajes de cúrcuma y achiote. El coeficiente de variación fue 4,89 %.

La pigmentación se puede apreciar a partir del tercer día del tratamiento y se acentúa hasta el décimo día, periodo en el cual la pigmentación también alcanza a la carne.

#### **4.3.1. Pigmentación para el contenido de cúrcuma**

Al realizar la comparación de medias por el método de Duncan al 5 % ( $\alpha = 0,05$ ), se han encontrado diferencias significativas de la pigmentación para el factor porcentaje de cúrcuma, como se muestra en el Cuadro 14.

**Cuadro 14. Prueba de Duncan para la pigmentación de los porcentajes de cúrcuma.**

<b>Niveles de curcuma (%)</b>	<b>Promedio (gr)</b>	<b>Duncan (<math>\alpha=0,05</math>)</b>
2,0	11,9188	A
1,0	11,4000	B
3,0	11,3063	B
0,0	10,9000	C

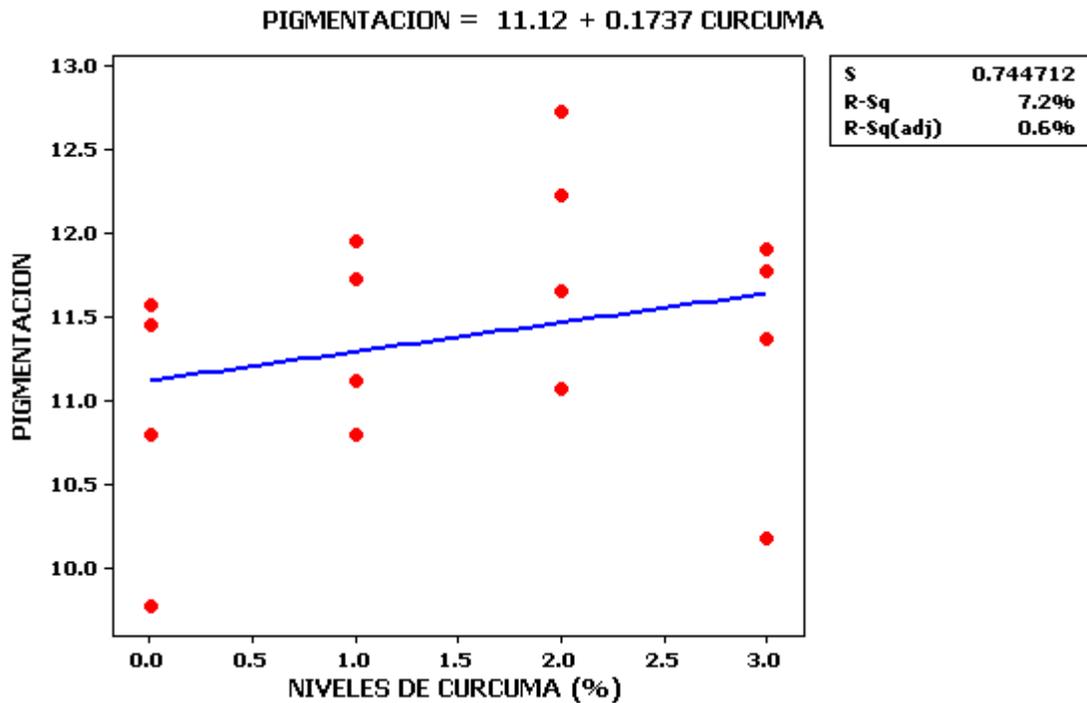
De acuerdo a la comparación de Duncan se diferenciaron tres grupos como resultado del uso de cúrcuma, la pigmentación más alta se alcanzo con 2,0% de cúrcuma con un valor de 11,92, los porcentajes de 1,0 y 3,0% de cúrcuma resultaron estadísticamente similares para la pigmentación y el tratamiento que causo menos pigmentación fue aquel que no presento cúrcuma con un valor de 10,9. El análisis de Duncan muestra que el tratamiento en el que no se uso cúrcuma presenta menor pigmentación (según la tabla roche), con relación a la utilización de cúrcuma, Teeter y Wiernusz (2003), señalan que el pollo Cobb, es un animal de piel amarilla natural, pero eliminando toda fuente de pigmento de su alimentación producirá una piel blanca. En este sentido la adición de curcuma pigmenta la carne en los pollos parrilleros.

El análisis también muestra que al llegar a 2,0% de cúrcuma la pigmentación disminuye, siendo innecesario aumentar el porcentaje de pigmento, esto puede deberse a que según EBSCO(2003), que en dosis altas la cúrcuma estimula la vesícula biliar y también existen indicios que los extractos de cúrcuma, pueden dañar la vesícula biliar cuando es consumido por periodos prolongados.

FAO/OMS (1987), señala también que el colorante de la cúrcuma se absorbe relativamente poco en el intestino y aquel que es absorbido se elimina rápidamente por vía biliar, por lo que el exceso de pigmento no llega a quedarse en el tejido del ave.

#### 4.3.1.1. Análisis de correlación y regresión lineal de la pigmentación y los niveles de cúrcuma

Se realizó el análisis de regresión considerando la pigmentación como variable dependiente (Y), y los niveles de cúrcuma como variable independiente(X).



**Figura 16. Regresión lineal de la pigmentación en función a los porcentajes de cúrcuma**

El coeficiente de correlación (Figura 16), muestra una asociación lineal positiva baja entre la pigmentación y los niveles de cúrcuma ( $r = 0,268$ ), este coeficiente indica que a medida que el nivel de cúrcuma aumenta en 1%, se tendrá el incremento en la pigmentación en 0.17 unidades, según la ecuación de la Figura 16.

### 4.3.2. Pigmentación para el contenido de achiote

Al realizar la comparación de medias por el método de Duncan al 5 % ( $\alpha = 0,05$ ), se han encontrado diferencias significativas de la pigmentación producida por el achiote, como se muestra en el cuadro 15.

**Cuadro 15. Prueba de Duncan para la pigmentación de los porcentajes de achiote.**

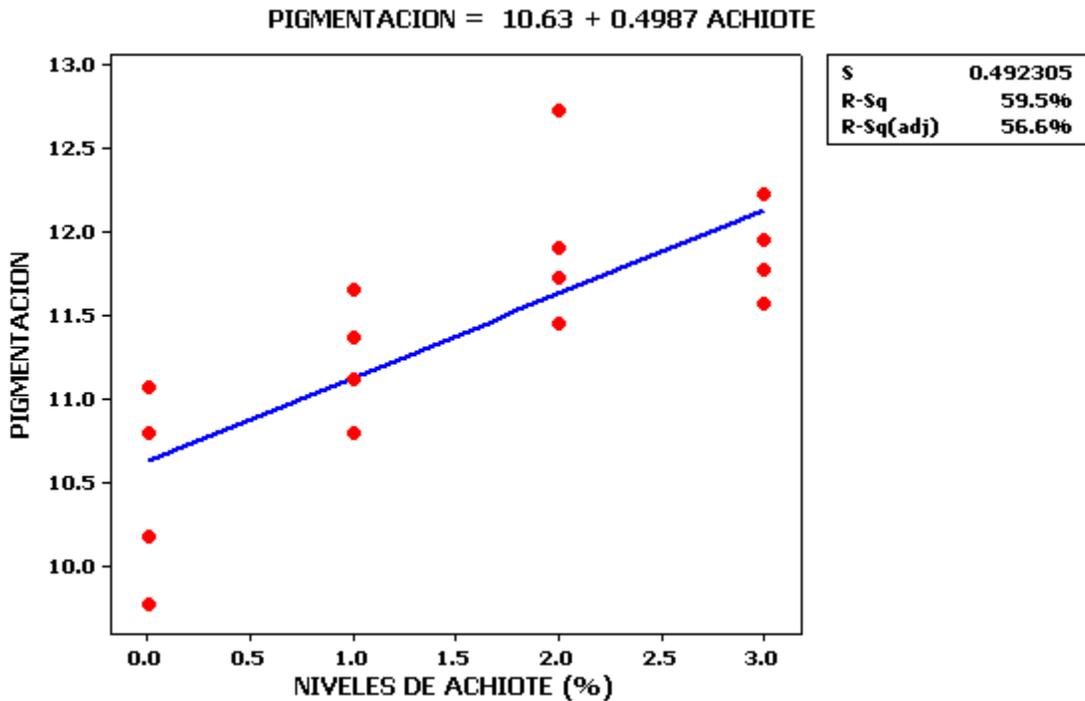
Niveles de achiote (%)	Promedio (gr)	Duncan ( $\alpha=0,05$ )
2,0	11,9500	A
3,0	11,8813	A
1,0	11,2375	B
0,0	10,4563	C

Los porcentajes de 2,0 y 3,0% de achiote mostraron similar respuesta estadística en la pigmentación, así también obtuvieron la más alta pigmentación de los tratamientos propuestos, con 1,0% de achiote también mostró incremento con relación al tratamiento que no se uso achiote en la alimentación que obtuvo 10,46.

Teeter y Wiernusz(2003), señalan 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; Por otra parte PRODIVIN(2000), señala que la bixina es liposoluble y la norbixina es hidrosoluble, así también la Union Europea(UE), lo clasifica como E-160b que corresponde al grupo de los carotenoides (Peto *et al*, 1981), desde este punto de vista el aumento de la pigmentación en los pollos depende del almacenamiento del pigmento en los tejidos adiposos para los compuestos liposolubles (Boada,1992), lo que explica el aumento de la pigmentación de los pollos parrilleros al aumentar el nivel de achiote en su dieta.

#### 4.3.2.1. Análisis de correlación y regresión lineal para pigmentación en niveles de achiote

Se realizó el análisis de regresión considerando la pigmentación como variable dependiente (Y), y niveles de achiote como variable independiente(X).

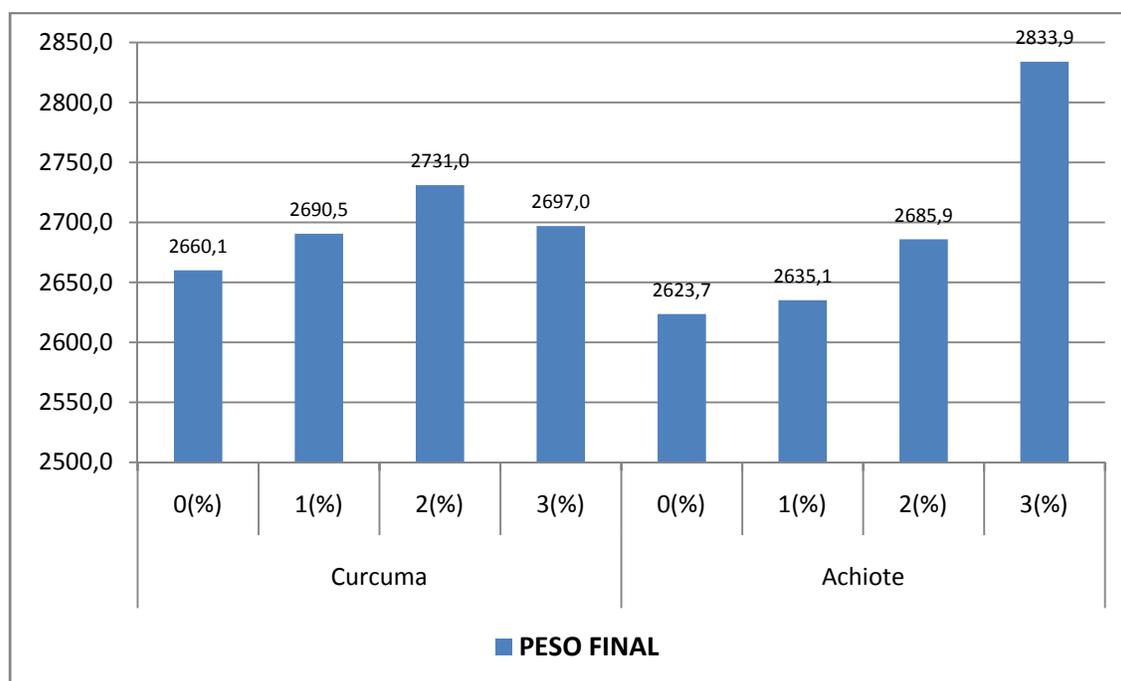


**Figura 17. Regresión lineal de la pigmentación en función a los niveles de achiote.**

El coeficiente de correlación (Figura 17), indica una asociación lineal positiva alta entre la pigmentación y los niveles de achiote ( $r = 0,771$ ), el coeficiente indica que a medida que los niveles de achiote aumenta habrá un relativo incremento para la pigmentación tanto que el coeficiente de determinación ( $r^2 = 59.5\%$ ). Así mismo se puede apreciar que por cada uno por ciento que se incremente los niveles de achiote se tendrá un incremento en el porcentaje de pigmentación en 0,4987 unidades, según la ecuación de la correlación obtenida.

#### 4.4. Peso Final

En la Figura 18 se presentan los resultados promedio del peso final (g), por cada factor estudiado, obtenidas durante el experimento.



**Figura 18. Peso final obtenido durante la investigación para los tratamientos compuestos por cúrcuma y achiote**

La figura 18 muestra que el tratamiento compuesto por 2% de cúrcuma y 3% de achiote tiene el mejor peso final numéricamente expresada, también se puede apreciar que los mejores pesos se presentaron en todos los casos en el que se alimento con un nivel alto de achiote (3%).

El análisis de varianza del peso final para los pollos parrilleros se muestra en el cuadro 16.

**Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable peso final.**

<b>FUENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Niveles de cúrcuma	3	40604,762	13534,921	1,8500	0,1508 NS
Niveles de achiote	3	448944,925	149648,308	20,4500	0,0001 **
Interacción (AxB)	9	78818,623	8757,625	1,2000	0,3189 NS
Error	48	351213,983	7316,958		
<b>Total</b>	<b>63</b>	<b>919582,292</b>			

NS = No significativo

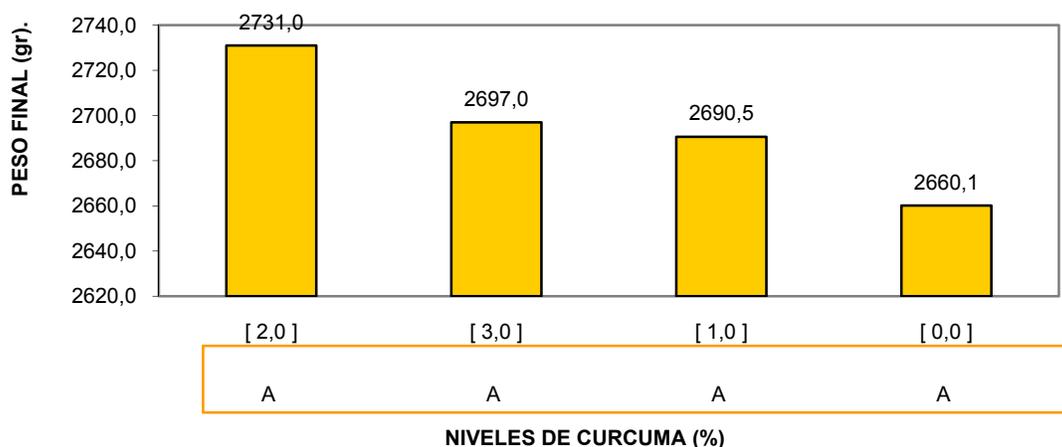
\*\* = altamente significativo

Coefficiente de variación = 3,17 %

El análisis de varianza para el peso final en el cuadro 16 nos muestra que para los porcentajes de cúrcuma y la interacción entre el porcentaje de cúrcuma con el porcentaje de achiote, no presentaron diferencias significativas pero si existió diferencias altamente significativas sólo para los porcentaje de achiote. El coeficiente de variación fue 3,17 %.

#### **4.4.1. Peso Final para los niveles de cúrcuma**

Como se puede observar en la Figura 19, el factor porcentajes de cúrcuma, no reporto diferencias significativas a un nivel de significancia del 5%. Esto demuestra que los tratamientos se han comportado de manera similar con el peso final.



**Figura 19. Comparación de medias para los porcentajes de cúrcuma en el peso final.**

Como se puede observar en la Figura 19 existen diferencias entre los porcentajes de utilización de cúrcuma con respecto al peso final, el que detalla que sin la presencia de cúrcuma en la dieta se obtuvo el menor peso final, con el 2.0% de utilización de cúrcuma se alcanzó el mejor peso y en el nivel de 3.0% empezó a disminuir el peso. Estas diferencias son numéricas y no tienen significancia estadística.

La inexistencia de efectos significativos en el peso final en el análisis de Duncan es apoyada por EBSCO(2003), que señala que la cúrcuma no tiene efectos secundarios.

El resultado del uso de cúrcuma en la alimentación de los pollos parrilleros a partir de los 21 días no causa disminución o aumento en el peso final por lo que los niveles de 1.0 y 2.0 %, pueden ser utilizados sin ningún riesgo que afecte al peso final. Esto se debe a que el pigmento como tal, no contiene niveles de proteínas ni carbohidratos significativos, además que FAO/OMS (1987), señala también que el colorante de la cúrcuma se absorbe relativamente poco en el intestino y aquel que es absorbido se elimina rápidamente por vía biliar.

#### 4.4.1.1. Análisis de correlación y regresión lineal del peso final y los niveles de cúrcuma

Se realizó el análisis de regresión considerando el peso final como variable dependiente (Y), y los niveles de cúrcuma como variable independiente (X).

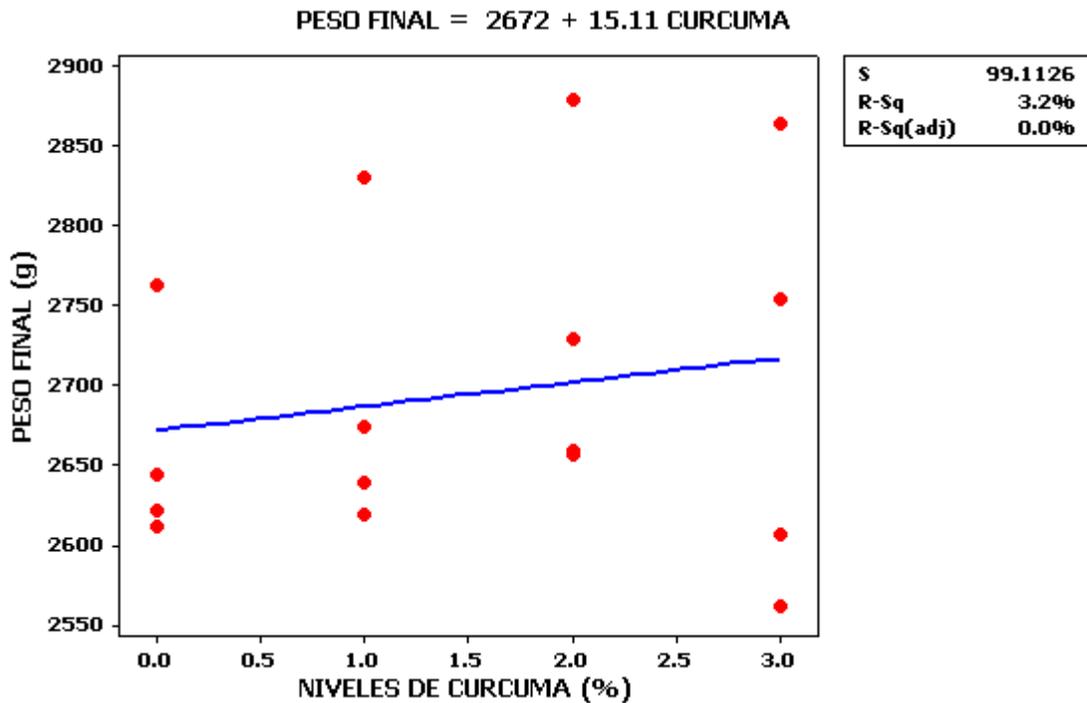


Figura 20. Regresión lineal del peso final en función a los niveles de cúrcuma.

El coeficiente de correlación (Figura 20), indica una baja asociación lineal positiva entre el peso final y los niveles de cúrcuma ( $r = 0,179$ ), el coeficiente indica que a medida que el nivel de cúrcuma aumenta habrá un relativo incremento para el peso final, tanto que el coeficiente de determinación  $r^2$  es de 3.2%. Así mismo podemos afirmar que por cada uno por ciento que se incremente los niveles de cúrcuma, sin sobrepasar el 3%, se tendrá un incremento en el peso final en 15,11 g.

#### 4.4.2. Peso final para el contenido de achiote

Al realizar la comparación de medias por el método de Duncan al 5 % ( $\alpha = 0,05$ ), se han encontrado diferencias significativas en el peso final para el factor porcentaje de achiote, como se muestra en el Cuadro 17.

**Cuadro 17. Prueba de Duncan para el peso final de los porcentajes de achiote.**

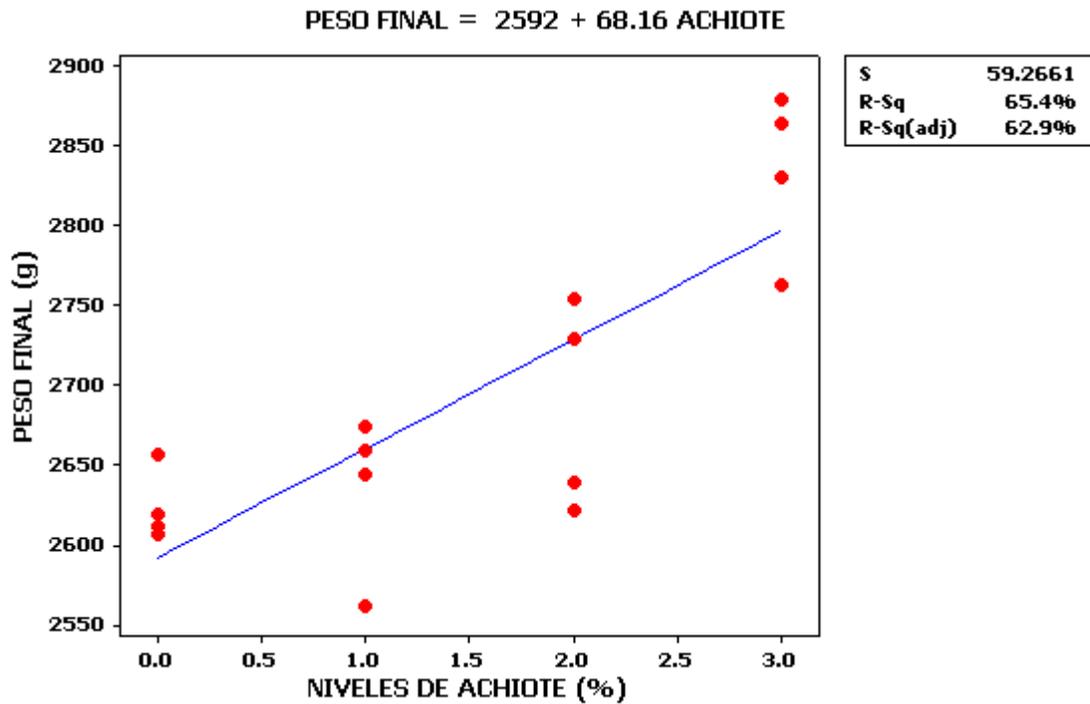
<b>Niveles de achiote (%)</b>	<b>Promedio (g)</b>	<b>Duncan (<math>\alpha=0,05</math>)</b>
3,0	2833,94	A
2,0	2685,91	B
1,0	2635,13	B
0,0	2623,66	B

La alimentación con 3,0% de achiote mostró los mejores resultados en el peso final con 2833,94 g, y diferente estadísticamente a los porcentajes menores propuestos (2,0, 1,0 y 0,0% de achiote), estos últimos fueron estadísticamente similares entre sí, debido a la no existencia significativa de proteínas o aminoácidos.

Es preciso tomar en cuenta que el pigmento del achiote está clasificado como un carotenoide según Peto et al. (1981), Asimismo Boada (1992), los carotenoides son almacenados en los tejidos adiposos del cuerpo del animal y debido a que el animal consumió cantidades constantes antes de llegar al peso final, este se deposita en los tejidos del animal.

##### 4.4.2.1. Análisis de correlación y regresión lineal del peso final y los niveles de achiote

Se realizó el análisis de regresión considerando el peso final como variable dependiente (Y), y los niveles de achiote como variable independiente (X).



**Figura 21. Regresión lineal del peso final en función a los niveles de achiote**

El coeficiente de correlación (Figura 21), indica una asociación lineal positiva alta entre el peso final y los niveles de achiote ( $r = 0,809$ ), el coeficiente indica que a medida que los niveles de achiote aumenta habrá un relativo incremento para el peso final y que el coeficiente de determinación  $r^2$  da un valor de 65.43%. En el análisis de regresión se observa que por cada uno por ciento de incremento en los niveles de achiote, se tendrá un incremento en el peso final en 68,16 g. Esto se debe a que el carotenoides se almacena en el tejido del animal por el consumo constante.

La Figura 21, por otra parte muestra la correlación que existe entre el peso final y los niveles de achiote, por ello se puede decir que el aumento del peso final es directamente proporcional al aumento del porcentaje de achiote en la dieta de los pollos parrilleros hasta el nivel de 3%.

#### 4.5. Análisis de costos parciales de producción

El Cuadro 18 muestra el presupuesto parcial de los diferentes tratamientos estudiados.

**Cuadro 18. Presupuesto Parcial**

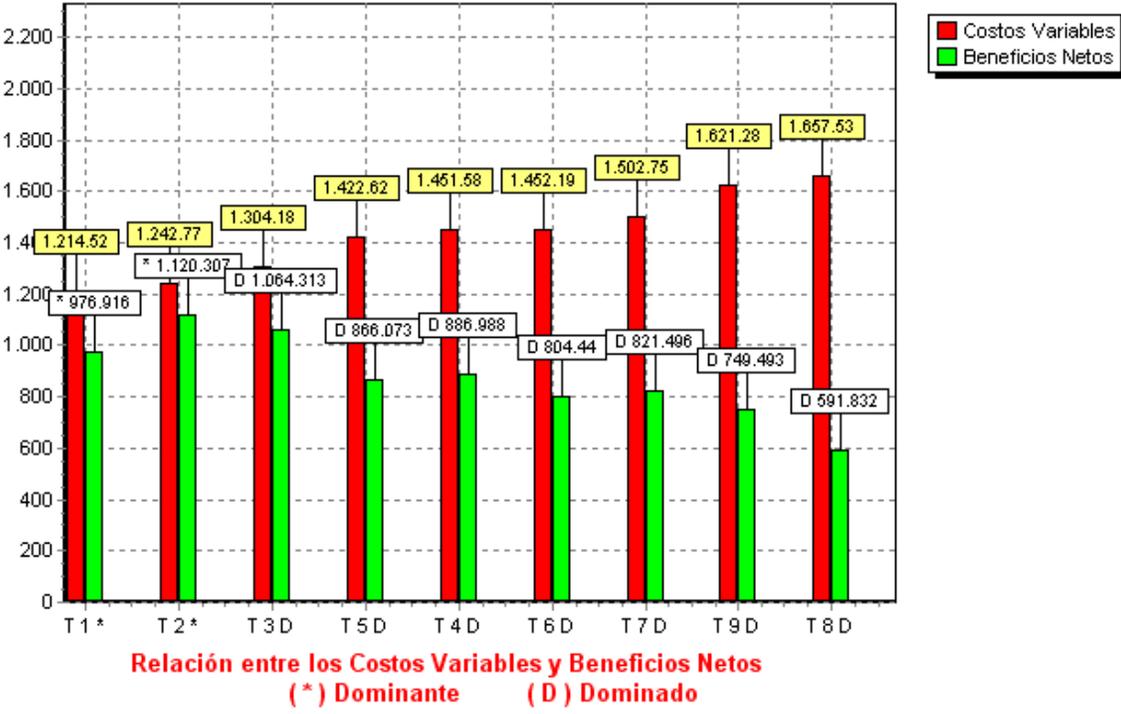
Tratamiento	Rendimiento Medio	Rendimiento Ajustado	Beneficio Bruto	Total Costos Variables	Beneficio Neto	B/C
T. 1	307.569	292.191	2191.436	1214.519	976.916	1.804
T. 2	331.66	315.076	2363.077	1242.769	1120.307	1.901
T. 3	332.42	315.799	2368.492	1304.18	1064.311	1.816
T. 4	328.22	311.809	2338.567	1451.579	886.986	1.611
T. 5	321.22	305.159	2288.692	1422.619	866.072	1.608
T. 6	316.72	300.884	2256.63	1452.19	804.44	1.553
T. 7	326.209	309.899	2324.246	1502.75	821.495	1.546
T. 8	315.699	299.914	2249.362	1657.529	591.831	1.357
T. 9	332.74	316.103	2370.772	1621.279	749.491	1.462
T. 10	321.089	305.035	2287.766	1672.73	615.035	1.367
T. 11	323.139	306.983	2302.372	1681.75	620.621	1.369
T. 12	347.439	330.067	2475.509	1781.039	694.469	1.389
T. 13	323.759	307.572	2306.789	1800.779	506.009	1.28
T. 14	306.93	291.583	2186.876	1902.2	284.675	1.149
T. 15	353.1	335.445	2515.837	1877.49	638.346	1.34
T. 16	347.36	329.992	2474.94	2085.65	389.288	1.186

En el Cuadro 18 se muestra el presupuesto parcial del ensayo para la alimentación de pollos parrilleros con cúrcuma y achiote, donde la primera columna se observa los tratamientos, producto de la combinación de los cuatro porcentajes de cúrcuma con achiote, lo que dio un total de 16 tratamientos.

La cuarta columna presenta los beneficios brutos de campo, calculados con el rendimiento medio ajustado por el costo del peso vivo del pollo parrillero antes de la salida al mercado, ya que los costos de comercialización serán proporcionales al rendimiento, tomando en cuenta estas consideraciones y contando que el precio

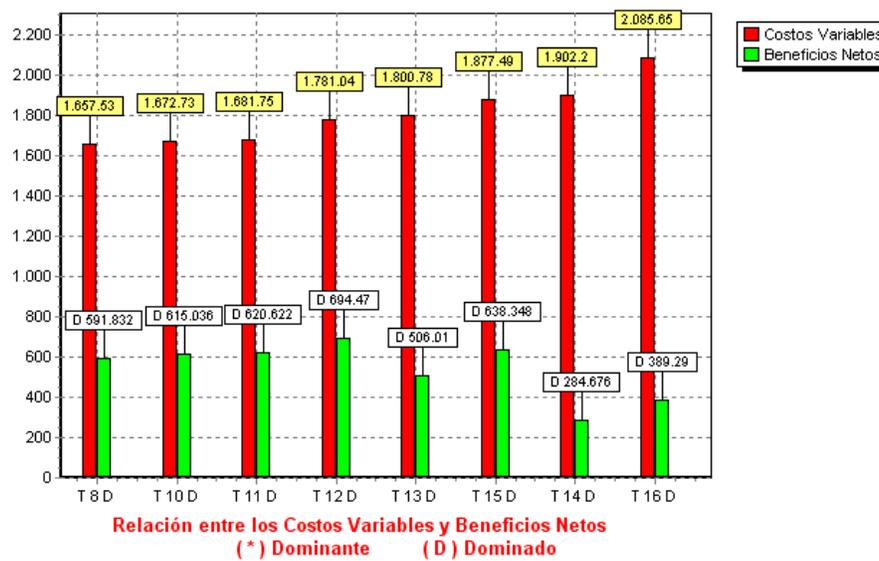
salido directamente de la granja, que se encontraba en Bs 7,5, el mismo nos sirvió para valorar el rendimiento ajustado para cada tratamiento (tipo de cambio: dólar Bs 7.75 en junio, 2007).

El análisis de dominancia se observa que los tratamientos están establecidos en orden ascendente de los costos totales que varían acompañados de sus beneficios netos, debido a la combinación de los factores estudiados (4 niveles de cúrcuma y 4 niveles achiote), se tiene 16 tratamientos, por ello se dividió la figura del análisis de dominancia en 2 figuras (22 y 23).



**Figura 22. Análisis de dominancia (T1 – T8)**

En la Figura 22, se puede apreciar que después del tratamiento 2, ningún tratamiento logra pasar el beneficio neto de (1120.307 Bs.), pero los costos variables siguientes aumentan en su valor, debido a la adición de pigmentos.



**Figura 23. Análisis de dominancia (T8 – T16)**

En la Figura 22, se puede notar que en algunos tratamientos los beneficios netos son altos, pero ninguno es mayor al beneficio neto del tratamientos 2

El análisis de dominancia nos permitió seleccionar los tratamientos de acuerdo al criterio propuesto por el CIMMYT(1988), el mismo señala que se considera tratamiento dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costo variable más bajo.

Bajo estas consideraciones se observó los tratamientos 1 y 2 con costos variables bajos y beneficios altos. Estos tratamientos fueron: 0.0% de cúrcuma con 0.0% de achiote (1), con un beneficio neto de Bs 976.92 y Bs 1214.52 de costo variable y el tratamiento de 0.0% de cúrcuma con 1.0% de achiote (2), con Bs 1120.31 de beneficios netos y Bs 1242.77 de costo variable, el resto de los tratamientos fueron dominados de acuerdo al criterio citado.

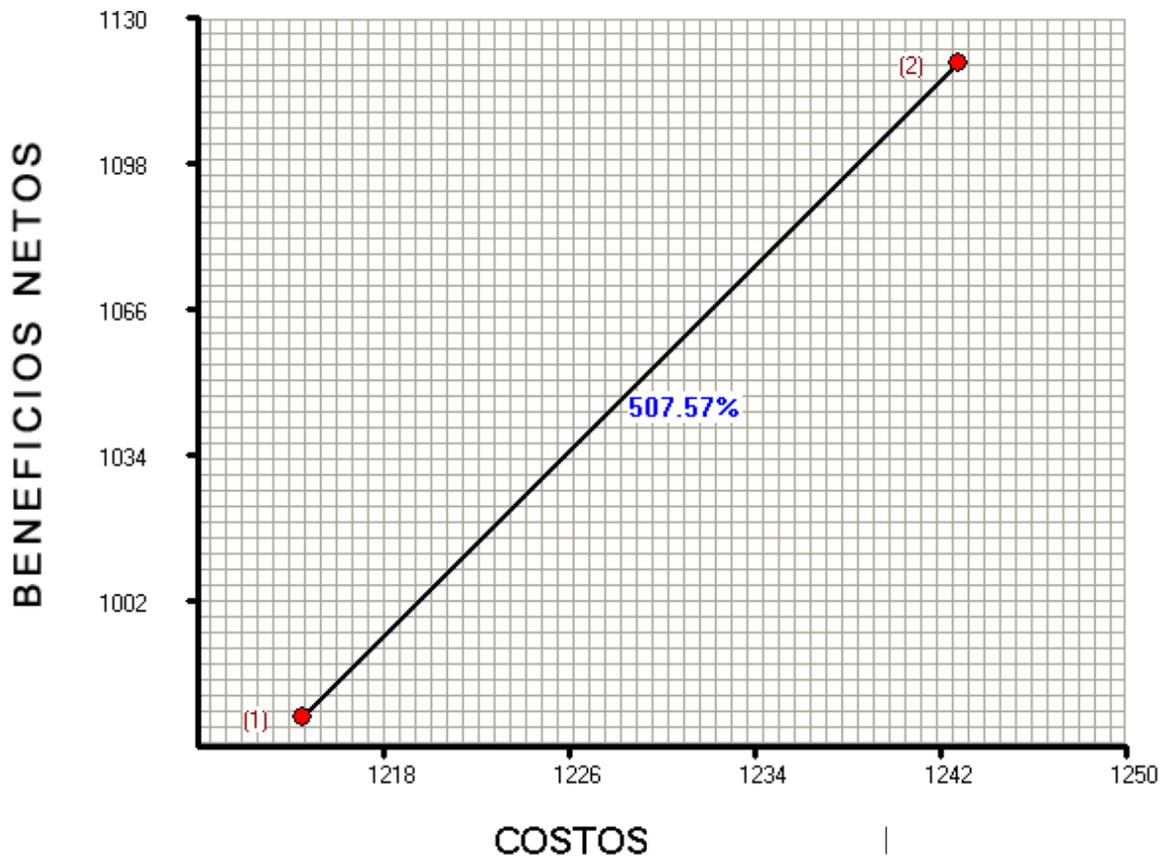
Los tratamientos no dominados son sujetos al análisis marginal, al respecto el CIMMYT(1988), indica que el análisis marginal consiste en comparar los incrementos en beneficios netos sobre el incremento de los costos variables su propósito es revelar el porcentaje de los beneficios netos de una inversión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

**Cuadro 19. Análisis marginal (T. R. M.)**

<b>Tratamiento</b>	<b>Costos Variables</b>	<b>Costos Marginales</b>	<b>Beneficios Netos</b>	<b>Beneficios Marginales</b>	<b>T.R.M. (%)</b>
T. 1	1214.519	28.25	976.916	143.389	507.569
T. 2	1242.769	0.000	1120.307	0.000	

TRM mínima estimada : 90

La tasa de retorno marginal (T.R.M.), Cuadro 19, muestra que, al pasar del tratamiento 1 con 0,0% de cúrcuma usando 0.0% de achiote al tratamiento 2 de 0,0% de cúrcuma usando 1.0% de achiote, presento una tasa de retorno marginal de 507.56%, lo que indica que, por cada 1 Bs invertido se tiene una ganancia de Bs 5.08.



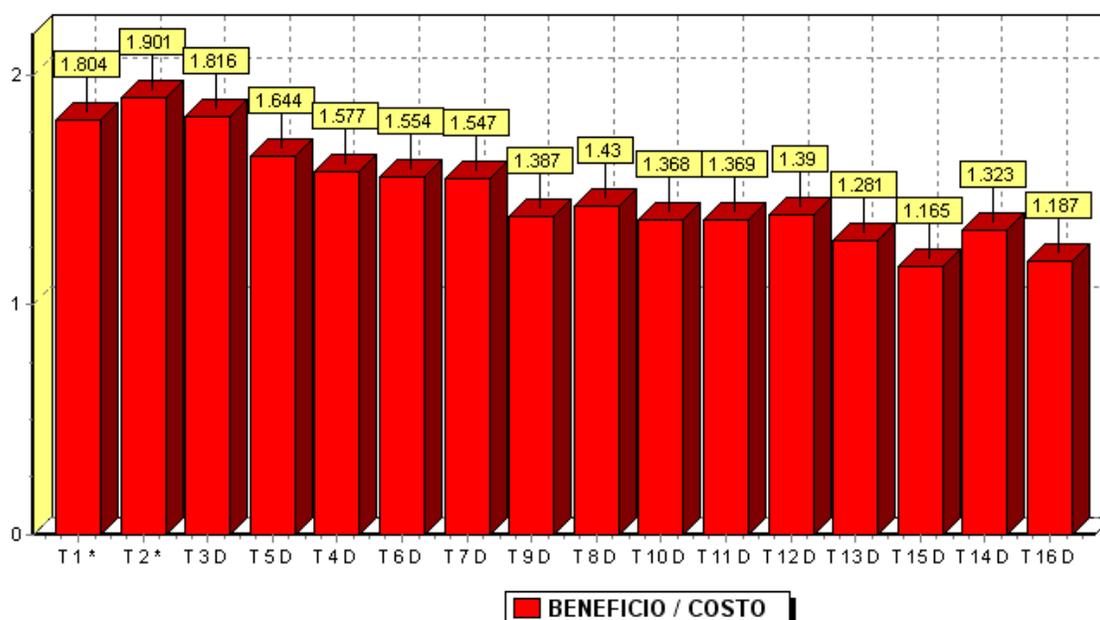
**Figura 24. Curva de beneficios netos**

La Figura 24 ilustra la relación entre los costos y los beneficios netos de los dos tratamientos no dominados.

**Cuadro 20. Análisis de residuos (T. R. M.)**

Tratamiento	Costos Variables	Beneficios Netos	Costos de Oportunidad	Residuos
T. 1	1214.519	976.916	1093.067	-116.151
T. 2	1242.769	1120.307	1118.492	1.814

De acuerdo al cuadro 20, para el análisis de residuos, el tratamiento 2 es el más rentable debido a que presenta un mayor residuo.



**Figura 25. Beneficio Costo, según tratamiento**

Para el análisis de beneficio costo se confirma según la figura 25, que el tratamiento 2, obtiene el mejor resultado con un valor de 1.9.

Estos resultados indican que la adición de pigmento natural favorece la pigmentación de las aves, pero esta mejora no es una característica cuantitativa en la producción de pollos parrilleros por que la ganancia en peso no fue afectada de igual forma que la pigmentación, de tal manera que las ganancias no fueron significativas en relación al aumento de pigmentación según la tabla roche, por ello el análisis económico muestra que el tratamiento que no uso pigmentos en la dieta, solamente fue superado por el tratamiento 2 y 3, y en la que el beneficio neto del tratamiento 2 tiene menor costo variable, por ello el tratamiento 2 es el mas recomendable, sin tomar en cuenta los efectos cualitativos en la producción.

## 5. CONCLUSIONES

- La adición de cúrcuma en la ración de los pollos parrilleros logró aumentar la pigmentación de las aves hasta 11,9 con el nivel de 2,0% de cúrcuma, 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.
- En cuanto al efecto del uso combinado de los pigmentantes cúrcuma y achiote, no se encontró ninguna diferencia significativa de la combinación de tratamientos que pueda ser útil en la pigmentación.
- Al evaluar los efectos que puede tener 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 es decir no tiene efecto en los índices productivos, sin embargo al revisar la mortandad, existe una alta correlación con el aumento de los niveles de cúrcuma que llega a ser significativo al nivel de 3.0% con 4.7%, limitando el uso de este pigmento a 2.0%.
- 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 g.
- En cuanto a la diferencia de pigmentación entre la cúrcuma y el achiote, se puede decir que la pigmentación es similar para los tres primeros niveles estudiados, pero a partir del cuarto nivel con 3%, la cúrcuma decae en la pigmentación y aumenta la mortandad, mientras que el achiote mantiene su pigmentación y no presenta problemas para los índices productivos en los niveles estudiados (0.0, 1.0, 2.0 y 3.0), por lo tanto es más seguro para su uso.

- Debido a que el color no tiene efectos significativos en el peso, que puedan aumentar el precio por no ser un efecto cuantitativo en la producción, se recomienda el tratamiento (2), que consiste en 0.0% de cúrcuma y 1.0% de achiote, el mismo cuenta con una tasa de retorno marginal de 507.57% respecto al tratamiento (1), un residuo de 1.814 y una relación beneficio costo de 1.901, tratamiento que logra obtener pigmentación.

## 6. RECOMENDACIONES

- Se debe realizar una investigación que compare el contenido de grasa en los pollos y su coloración como efecto de la adición de los pigmentos naturales.
- Debido a las características variables del potencial colorante de los pigmentos naturales usados, se debe hacer un trabajo que tome en cuenta diferentes variables para obtener productos que no tengan mucha variación en la pigmentación de los pollos, cuando son alimentados con los pigmentos naturales.
- Debido al incremento de la mortandad por el uso de cúrcuma como pigmentante, se recomienda realizar estudios a nivel de los tejidos de los órganos del sistema digestivo para validar la relación de la mortandad y la inclusión de la cúrcuma en la dieta de los pollos parrilleros.
- Se debe hacer un estudio que comprenda el tiempo recomendable de administración de los pigmentos naturales hasta la salida al mercado de las aves, con suficiente pigmentación.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Alcázar, J. 1997. Bases para la alimentación animal y la formulación manual de raciones, Impresión: "Genesis", La Paz – Bolivia. s.p.

Alcázar, J. 2002. Ecuaciones simultáneas y programación lineal como instrumentos para la formulación de raciones, U.M.S.A., Ed. La Palabra Editores, La Paz- Bolivia. s.p.

ALG 1998 Manual de manejo de pollos parrilleros, Pollos ALG, Vinto, Cochabamba –Bolivia. s.p

Avila y Ddemond. 1986 El achiote y su industrilización. Univrsidad Agraria. La molina Lima Perú. 25 p.

Blanco, R. 2002. Utilización de cinco niveles de mucura (*Stizolobium cinereum* Pip. Y Trac.) para la alimentación de pollos parrilleros en las etapas de crecimiento y acabado. Tesis Lic. Ing. Agr. Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz – Bolivia. s.p.

Boada, B; Lannes,M; Rodriguez, M; Vargas,A y Chávez, J 1992 Nutrición y alimentación animal, tomo I, Nutrición I, Ministerio de Educación Superior, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana. La Habana – Cuba. s.p.

Braña, M , Cacho, M y Guisado, C. 2006 Sulfonamida: el grupo mágico, An. R. Acad. Nac. Farm., 2006, 72: 317-341, consultado el 11 de abril del 2007, disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2135934&orden=89802&info=link>.

- Buxade, C. (1987) La gallina ponedora sistemas de explotación y técnicas de producción. Ed. Mundiprensa. Madrid – España. s.p.
- Buxade, C., Anguera J., Antienza E., Blanco, P., Callejo, A., Castello, J., Cepero, R., Fuentes, P., Hurí, A., Martín, A., Navlo, J., Ortiz, A., Ovejero, I., Toro, C., Torrez, A. y Tovar, M. 1995. Zootecnia, bases de la producción animal, avicultura clásica y complementaria, Tomo V, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid– España. s.p.
- Cabieses, F. 1993 Apuntes de medicina Tradicional. Consejo Nacional de Ciencias y tecnología. Lima, Perú. p 277 – 284.
- Caiña, P., Icochea, E., Reyna, E., Chavez, A, Casas, E. y Salinas, M. 2001. Recuento de ooquistes de eimeria sp. en cama nueva y su relación con la pigmentación en pollos de carne, Rev Inv Vet Perú. Vol. 12 • Nº 1 • 2001, consultado el 2 de abril de 2007, disponible en [http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVrevistas/veterinaria/v12\\_n1/recuen\\_ooquis.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVrevistas/veterinaria/v12_n1/recuen_ooquis.htm)
- Calvo, M 1991 Aditivos Alimentarios. Propiedades, aplicaciones y efectos sobre la salud. Mira Editores, Zaragoza - España. 155 páginas. Consultado el 11 de Junio de 2007, disponible en: <http://milksci.unizar.es/adit/colornat.html>
- Calzada J. 1978. Métodos estadísticos para la investigación, Ed. Jurídica S.A. tercera edición, Lima, Perú. s.p.
- Casello, A. 1977 Nutrición de las aves. Editorial Serbeti, Barcelona España. p 18 – 24.

Castedo, J. 2007 Achiote (Bixa Orellana), CCBOLGROUP, Santa Cruz-Bolivia, consultado el 11 de junio de 2007, disponible en:<http://ccbolgroup.com/achiote.html>

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.

Claude, J. 1989 La pigmentación de la carne de pollo, Ed. Roche Ltd. (Boletín informativo). p14

Cobb-Vantress, 2005. Guía de manejo de pollos de engorde, Siloam Springs, Arkansas – USA, consultado el 18 de octubre del 2005, disponible en [www.cobb-vantress.com](http://www.cobb-vantress.com).

Delgado, S 2004. Incorporación de curcuma(cúrcuma longa), en la ración alimenticia y su efecto en la pigmentación de carne de pollos. Pasantía de la Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz – Bolivia. s.p.

EBSCO. 2003 Hierbas y suplementos: Cúrcuma Longa, consultado el 11 de Junio de 2007, disponible en: <http://healthlibrary.epnet.com/GetContent.aspx?token=c5987b1e-add7-403a-b817-b3efe6109265&chunkiid=125156>

FAO. 2007. Memoria - Consulta de expertos sobre productos forestales no madereros. Situación de los productos forestales no madereros en América Latina y el Caribe, deposito de documentos de la FAO, consultado el 11 de Junio de 2007, disponible en: <http://www.fao.org/docrep/T2354S/t2354s05.htm>

- FAO/OMS 1987 Curcumin and turmeric oleoresin, en Toxicological Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants, Expert Committee on Food Additives. Roma, Italia. p 21, 73 – 79.
- Gordon, T. y Bouernfeind, C. 1982. Carotenoids as food colorants. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. p 18, 59.
- Icochea, E. 2006, Laboratorio de Patología Aviar – FMV – UNMSM. Evaluación el producto comercial hetofos B12, administrado vía oral en pollos de carne. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. s.p.
- INE, MDSP y COSUDE. 2005 Bolivia un mundo de potencialidades, Atlas estadístico de municipios. Editorial Plural editores. La Paz – Bolivia.s.p.
- León, J. 1987 Botánica de cultivos tropicales IICA San José, Costa Rica. p 102 – 103.
- Los Tiempos 2005 Industrialización de la bixina y la norbixina, Sección de Economía, consultado el 11 de Junio de 2007, disponible en: <http://www.lostiempos.com/noticias/13-11-05/economia.php>
- Lozano, J. 2000. Evaluación cuantitativa del comportamiento del pollo parrillero con diferentes alimentos balanceados industriales en la localidad de Coroico, Tesis de grado, Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz – Bolivia.
- Mamanl, S. 2004 Ministerio asuntos campesinos y agropecuarios de Bolivia, la agricultura orgánica en Bolivia, consultado el 11 de Junio de 2007, disponible en: <http://www.procisur.org.uy/online/PTRAO/PresentacionMamaniBolivia.ppt>.

Medlineplus. 2007 Cúrcuma (Cúrcuma longa Linn.) y Curcumin, temas de salud, tutoriales interactivos, Natural Standard Inc., Biblioteca de medicina e Instituto nacional de los EE.UU. Consultado el 11 de Junio de 2007, disponible en: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/druginfo/natural/patient-turmeric.html>

Muñoz, S. 2000 Pigmentación de los salmones, Circular de Extensión Publicación Técnico Ganadera. ISSN 0716-7350 - Año 2000 - N° 26, Publicación del Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, consultado el 2 de abril del 2007, disponible en <http://agronomia.uchile.cl/extension/publicaciondeextension/26/pigmentacion-salmones.htm>

Netsaluti 2007 Plantas medicinales, Artículos, consultado el 11 de junio, disponible en: <http://www.netsaluti.com> y en [http://www.netsaluti.com/articulos/natural.php?acc=1&status=1&id\\_a=6&r\\_1=6&r\\_2=12](http://www.netsaluti.com/articulos/natural.php?acc=1&status=1&id_a=6&r_1=6&r_2=12)

Palomino, R 2003 Crianza, razas y comercialización avícola. Editorial Ripalme, Lima - Perú. s.p.

Payllo, C. 2002. Efecto de la incorporación el acidilac, en la formulación del alimento balanceado de pollos parrilleros, en etapas de crecimiento, desarrollo y engorde a nivel extensivo, Trabajo dirigido, Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz – Bolivia. s.p.

Peto, R., Doll, R., Buckley, D., Sporn, B. 1981. Can dietary beta-carotene materially reduce human cancer rates?. Nature. p 290, 201-208.

PRODIVIN 2000 Achiote (Bixa Orellana L.), Grupo Prodivin do Brazil Ltda. , Santa Catarina - Brasil. Disponible en: <http://prodivin.galeon.com/productos813125.html>

QUIMINET. 2006 Ingredientes y colorantes en los alimentos, Reproducido con el permiso de International Food Information Council Foundation, Mexico, Oficina Pacto Andino: Colombia, Venezuela, Perú, Ecuador, Bolivia. Consultado el 11 de Junio de 2007, disponible en: [http://www.quiminet.com.mx/ar4/ar\\_G%2594%25F5VhOrO.htm](http://www.quiminet.com.mx/ar4/ar_G%2594%25F5VhOrO.htm)

Quintana, J 1999 Avitecnia, manejo de las aves domesticas más comunes. Editorial Trillas, 384 p. México DF – México. s.p.

Quispe, J 1998 Clasificación y caracterización de fibra de llamas criadas en el altiplano sur de Bolivia, Tesis Lic. Ing. Agr. Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz-Bolivia. s.p.

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.

Roche 1995 Pigmentación e las aves de carne con Coraphil (Boletín 2). s.p.

Rodríguez, J 1991. Métodos de Investigación Pecuaria, Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro. Ed. Trillas, México D.F - México. s.p.

Saire, G 2006 Adición de carbón vegetal e incremento del porcentaje de sorgo ( sorghum bicolor, I), en la ración de pollos parrilleros para la etapa de acabado (Provincia Quillacollo - Cochabamba). Tesis Lic. Ing. Agr. Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz – Bolivia. s.p.

Sanez, J. 1992 Evaluación agronómica del palillo (*Cúrcuma longa* L.), en los Yungas de La Paz. Universidad Mayor de San Andres. Facultad de Agronomía. La Paz-Bolivia. s.p.

Taboada, C. 1993 Caracterización morfológica y determinación del contenido de Bixina en cultivares de achiote (*Bixa Orellana*), en Nor Yungas de La Paz. Tesis Lic. Ing. Agr. Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz – Bolivia. s.p.

TECNOS. 1998 Estudio del mercado mundial de la cochinilla del nopal, Ed. ASERCA, México D. F. México. p. 45, p.117, consultado el 11 de Junio de 2007, disponible en:[http://www.infoaserca.gob.mx/proafex/COCHINILLA\\_NOPAL.pdf](http://www.infoaserca.gob.mx/proafex/COCHINILLA_NOPAL.pdf).

Teeter, R. y Wiernusz, CH. 2003 Cobb Broiler nutrition guide, Siloam Springs, Arkansas – USA, Edición Cobb-Vantress Inc, versión en ingles. Consultado el 11 de junio del 2007, disponible en [www.cobb-vantress.com](http://www.cobb-vantress.com)

## **8. ANEXOS**

**Anexo 1. Conversión del consumo diario de tratamiento (gr/día/pollo), a porcentaje (%), en Función de la ración**

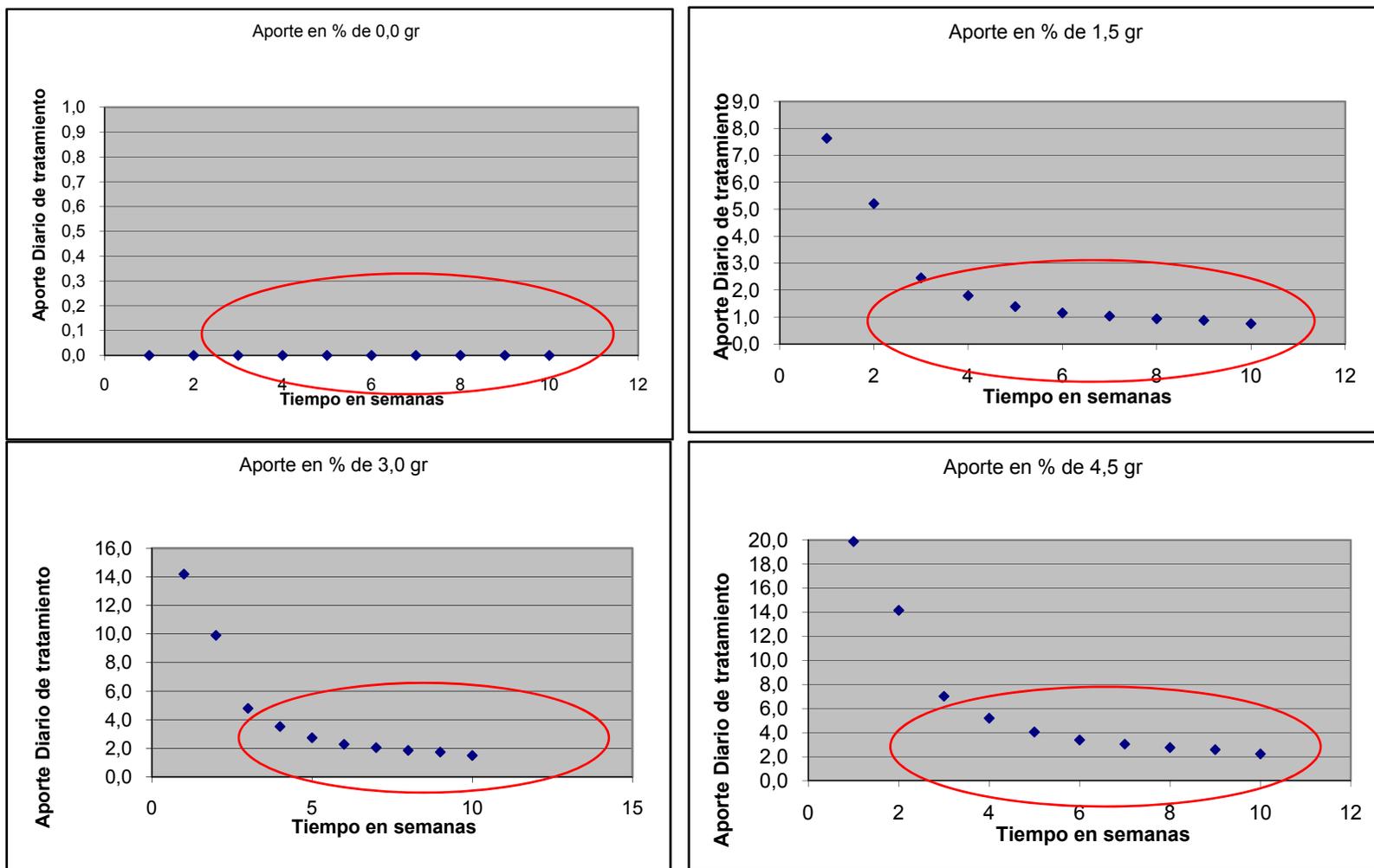
Edad Días	Edad Semanas	Consumo Diario (gr.)	Consumo Acumulado (gr.)	Aporte en % de <b>0,0 gr</b>	Aporte en % de <b>1,5 gr</b>	Aporte en % de <b>3,0 gr</b>	Aporte en % de <b>4,5 gr</b>
7	1	18,1	127	0,0	7,6	14,2	19,9
14	2	27,3	318	0,0	5,2	9,9	14,2
21	3	59,6	735	0,0	2,5	4,8	7,0
28	4	82,1	1310	0,0	1,8	3,5	5,2
35	5	106,6	2056	0,0	1,4	2,7	4,1
42	6	128,4	2955	0,0	1,2	2,3	3,4
49	7	143,3	3958	0,0	1,0	2,1	3,0
56	8	158,9	5070	0,0	0,9	1,9	2,8
63	9	169,7	6258	0,0	0,9	1,7	2,6
70	10	197,4	7640	0,0	0,8	1,5	2,2

En la tabla tenemos los datos de consumo diario de pollos parrilleros obtenidos por ALG 1998, los que fueron utilizados para calcular en porcentaje los niveles de los tratamientos propuestos inicialmente (0.0, 1.5, 3.0 y 4.5 gramos diarios a cada pollo), para incluirlos en la ración, debido a la dificultad de suministrar el tratamiento en campo (gr/día/ pollo), por que en una producción comercial no se puede individualizar a los animales para el consumo de pequeñas cantidades y para asegurar la aplicación de los tratamientos en cantidades constantes. La siguiente tabla muestra los porcentajes propuestos en esta investigación de Cúrcuma y Achiote, que se tomaron en función de los gráficos obtenidos de la tabla anterior, que se muestran en el Anexo 2, donde podemos observar que los porcentajes están en función a la tendencia de los valores mas cercanos.

	Crecimiento		Acabado	
	Consumo Cúrcuma (%)	Consumo Achiote (%)	Consumo Cúrcuma (%)	Consumo Achiote (%)
Porcentaje 1	0	0	0	0
Porcentaje 2	1	1	1	1
Porcentaje 3	2	2	2	2
Porcentaje 4	3	3	3	3

**Cuadro que porcentaje los niveles en porcentaje de los factores de estudio**

**Anexo 2. Relación del porcentaje de los niveles de tratamiento en función de la ración total**



Los porcentajes de los tratamientos tienden a ser constantes para las etapas que cubre la investigación.

### Anexo 3. Prueba que la TRM indica cambios en las ganancias totales derivados de cambios en los costos totales

Sean los tratamientos Ta y Tb, identificados en el análisis de dominancia.

Los beneficios netos de campo de estos tratamientos son,

$$BNa = BBa - CVa \dots\dots\dots ( i )$$

$$BNb = BBb - CVb \dots\dots\dots ( ii )$$

En donde:

BN son los beneficios netos de campo

BB son los beneficios brutos de campo

CV los costos que varían

Y los subíndices a y b, identifican los tratamientos.

Los valores BBb, CVb y BNb resultan de cambiar del tratamiento Ta á Tb, y la medidas de este cambio son DBB, DCV y DBN, y obviamente resultan de restar de Tb los correspondientes valores de Ta. Esto permite expresar las variables de Tb como las variables de Ta más un incremento, esto es,

$$BBb = BBa + DBB \dots\dots\dots ( iii )$$

$$CVb = CVa + DCV \dots\dots\dots ( iv )$$

$$BNb = BNa + DBN \dots\dots\dots ( v )$$

Por tanto, ( ii ) se puede expresar como la diferencia entere ( iii ) y ( iv ), esto es,

$$BNb = BBa + DBB - (CVa +DCV) \dots\dots\dots ( vi )$$

y por la misma razón, el incremento en BN que resulta de cambiar de Ta á Tb, o sea BNb – Bna, se puede expresar como (vi) menos ( i ), esto es,

$$DBN = [ BBa + DBB - (CVa +DCV) ] - (BBa - CVa )$$

que reduciendo términos semejante, queda

$$DBN = DBB - DCV \dots\dots\dots ( vii )$$

que representa un cambio en las ganancias totales, ahora veáse por qué razón, si se estiman las ganancias totales, G, para Ta y Tb, se tiene

$$G_a = BB_a - CV_a - C_{fijos} \dots\dots\dots (viii)$$

$$G_b = BB_b - CV_b - C_{fijos} \dots\dots\dots (ix)$$

En donde, C<sub>fijos</sub> son los costos fijos

Por tanto, el incremento de ganancias totales resultante de cambiar de T<sub>a</sub> a T<sub>b</sub>, es G<sub>b</sub>-G<sub>a</sub>, o sea,

$$DG = [ BB_a + DBB - (CV_a + DCV) - C_{fijos} ] - (BB_a - CV_a - C_{fijos} )$$

que reduciendo términos semejantes, queda

$$DG = DBB - DCV \dots\dots\dots (x)$$

que es idéntica a (iv), por tanto, la notación, DBN / DCV indica el monto en que se incrementan las ganancias totales por cada unidad monetaria en que se incrementan los costos variables, y prueba que la TRM está medida en términos de cambio en las ganancias totales.

Fuente: REYES 2001

Anexo 4. Abanico colorimétrico de Roche



## **Anexo 5. Código E (Número de identificación de los aditivos alimentarios)**

### **NUMERO DE IDENTIFICACION DE LOS ADITIVOS ALIMENTARIOS**

Código de la Unión Europea para colorantes que tienen la letra E delante del número, entro en vigor a partir de 1997(Calvo 1991).

#### **Colorantes**

##### **E 100 Curcumina**

- E 101 Riboflavina
- E 101a Riboflavina-5-fosfato
- E 102 Tartracina
- E 104 Amarillo de quinoleína
- E 110 Amarillo anaranjado S, amarillo ocase FCF
- E 120 Cochinilla, ácido carmínico
- E 122 Azorrubina
- E 123 Amaranto
- E 124 Rojo cochinilla A , Ponceau 4R
- E 127 Eritrosina
- E 128 Rojo 2G
- E 129 Rojo Allura AC
- E 131 Azul patentado V
- E 132 Indigotina , carmín de índigo
- E 133 Azul brillante FCF
- E 140 Clorofilas
- E 141 Complejos cúpricos de clorofilas y clorofilinas
- E 142 Verde ácido brillante BS , verde lisamina
- E 150a Caramelo natural
- E 150b Caramelo de sulfito caústico
- E 150c Caramelo amonico
- E 150d Caramelo de sulfito amónico
- E 151 Negro brillante BN
- E 153 Carbón medicinal vegetal

- E 154 Marrón FK
- E 155 Marrón HT
- E 160 a Alfa, beta y gamma caroteno
- E 160 b Bixina, norbixina, rocou, annatto**
- E 160 c Capsantina, capsorubina
- E 160 d Licopeno
- E 160 e Beta-apo-8'-carotenal
- E 160 f Ester etílico del ácido beta-apo-8'-carotenoico
- E 161 Xantofilas
- E 161 b Luteína
- E 161 g Cantaxantina
- E 162 Rojo de remolacha, betanina
- E 163 Antocianinas
- E 170 Carbonato cálcico
- E 171 Bióxido de titanio
- E 172 Oxidos e hidróxidos de hierro
- E 173 Aluminio
- E 174 Plata
- E 175 Oro
- E 180 Litol-rubina BK

## Anexo 6. Costos Variables

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Alimento balanceado total(Bs)	1214,5	1198,7	1214,9	1307,5	1240,3	1226,8	1231,3	1318,4	1253,0	1257,0	1229,9	1268,4	1249,7	1287,3	1239,8	1344,6
Cúrcuma(Bs/EXP)	0,0	0,0	0,0	0,0	182,3	180,3	181,0	193,8	368,3	369,5	361,5	372,8	551,0	567,6	546,6	592,8
Achiote(Bs/EXP)	0,0	44,0	89,3	144,1	0,0	45,1	90,5	145,3	0,0	46,2	90,4	139,8	0,0	47,3	91,1	148,2
Total costo del alimento(Bs/EXP)	1214,5	1242,8	1304,2	1451,6	1422,6	1452,2	1502,7	1657,5	1621,3	1672,7	1681,7	1781,0	1800,8	1902,2	1877,5	2085,6
Ganancia bruta(Bs)	2153,0	2321,6	2327,0	2297,5	2248,5	2238,0	2283,5	2209,9	2329,2	2247,6	2262,0	2432,1	2266,3	2148,5	2471,7	2431,5
Ganancia neta(Bs)	938,5	1078,8	1022,8	845,9	825,9	785,8	780,7	552,4	707,9	574,9	580,2	651,0	465,5	246,3	594,2	345,9