



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA**

**“BALANCE ELECTROLITO EN DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDE”**

**MEMORIA TÉCNICA**

**Previa a la obtención del título de:**

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**AUTOR:**

**HOLGUER ROLANDO CONDOR QUISHPE**

**TRIBUNAL:**

**DIRECTOR:** Ing. M.C. Julio Enrique Usca Méndez

**ASESOR:** Ing. M.C. Jeremy AlmendarCordova Reinoso

**Riobamba – Ecuador**

**2012**

Estamemoriatécnica fue aprobada por el siguiente Tribunal

---

Ing. M.C. Luis Gerardo FloresMancheno.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. M.C. Julio Enrique Usca Méndez.

**DIRECTOR**

---

Ing. M.C. Jeremy AlmendarCordova Reinoso.

**ASESOR**

Riobamba, 22 de Febrero del 2012.

## **AGRADECIMIENTO**

A dios por haberme dado la fuerza y los dones de sabiduría y entendimiento para luchar día a día y de esta manera lograr una de mis grandes metas, graduarme como ingeniero zootecnista.

A mis padres quienes me han apoyado económicamente he incondicionalmente, durante todo este tiempo, quienes han inculcado la humildad y sencillez a mi vida.

Mi sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Ciencias Pecuarias, y por su intermedio a la Escuela de Ingeniería Zootécnica por abrirme sus aulas y permitir mi formación profesional. A los Señores Miembros del tribunal: Ing. Vicente Oleas G, Director, Edgar Merino, Asesor, Ing. Luis Flores M, Presidente, por la colaboración brindada para llevar adelante y culminar la presente investigación.

A mis amigos compañeros que estuvieron moralmente presentes en cada etapa de este trabajo, en especial al grupo del seminario avanzado de especialización, y a cada uno de los profesores que dictaron este seminario por compartir sus conocimientos y dedicar su tiempo.

## DEDICATORIA

Al terminar una etapa más de mi vida estudiantil dedico este logro alcanzado a Dios, por darme la oportunidad de llegar a alcanzar este momento anhelado.

A mis padres Luis y Rosa que con amor y sacrificio supieron abrirme camino para llegar al éxito, por estar presentes en todos los momentos buenos y malos, a mis hermanos Jaqueline, Paul, Jhonny y a esposa Diana y mi hija Génesis ya que siempre recibí su ánimo, apoyo y alegría que me brindan lo cual me dio la fortaleza necesaria para seguir adelante, y a todas las personas que de una u otra manera me han apoyado a lo largo de mi vida y culminar una etapa más de mi vida...

*HOLGUERA*

## CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	ix
<b>I. <u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>1</b>
<b>II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u></b>	<b>3</b>
<b>A. EL POLLO DE ENGORDE</b>	<b>3</b>
1. <u>Generalidades</u>	3
<b>B. EL ESTRÉS CALORICO EN AVES</b>	<b>5</b>
1. <u>Síndrome de adaptación</u>	6
a. Fase de alarma	7
b. Fase de resistencia	7
c. Fase de fatiga	7
2. <u>Termorregulación del ave</u>	7
3. <u>Efectos del estrés por calor</u>	9
<b>C. EL BALANCE ELECTROLITO</b>	<b>9</b>
1. <u>El equilibrio ácido base y su regulación</u>	10
2. <u>Equilibrio ácido base y aportes alimenticios</u>	12
3. <u>Manipulación del balance electrolítico</u>	13
4. <u>Como se establece el balance electrolítico</u>	15
5. <u>El balance electrolítico y la performance en pollos de carne</u>	16
6. <u>Balance electrolítico en condiciones de estrés por calor</u>	17
<b>D. ESTUDIOS REALIZADOS</b>	<b>18</b>
<b>III. <u>DISCUSIÓN</u></b>	<b>21</b>
<b>IV. <u>CONCLUSIONES</u></b>	<b>23</b>
<b>V. <u>RECOMENDACIONES</u></b>	<b>23</b>
<b>VI. <u>LITERATURA CITADA</u></b>	<b>24</b>

## RESUMEN

En la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se desarrolló la memoria técnica titulada balance electrolito en dietas para pollos de engorde, resultado de la investigación bibliográfica actualizada, en donde se detalla las principales fuentes de consulta. El mantenimiento de este equilibrio implica cambios y ajustes metabólicos que pueden afectar la producción eficiente de productos avícolas (carne y huevo). Muchas de las soluciones para controlar estos desórdenes se basan en el conocimiento de los factores bioquímicos y fisiológicos involucrados en estos. El contenido de la dieta, particularmente aminoácidos y electrolitos, debe ser tomadas en cuenta para atenuar o prevenir estos desbalances. A la luz de algunos resultados de investigación obtenidos durante la revisión bibliográfica sobre el balance electrolítico y su influencia sobre el rendimiento de pollos de engorde bajo diferentes condiciones ambientales, se sugieren considerar un el balance electrolítico óptimo de las dietas utilizadas, para pollos de engorde criados a diferentes condiciones ambientales. Recomendando en la etapa de inicio, crecimiento y acabado un balance electrolítico similar a 250 mEq/kg, siendo que en condiciones prácticas de alimentación con los niveles típicos de uso de ingredientes se obtiene mejores resultados productivos al incluir bicarbonato de sodio para equilibrar este balance. Encontrado un mayor peso corporal y ganancia de peso cuando se establece un balance acido base adecuado, además se han observado una menor incidencia de problemas de patas.

## ABSTRACT

At the Cattle and Livestock Science Faculty of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo the technical paper titled electrolyte balance in diets for fattening chickens was developed as a result of the update bibliography investigation where the main consultation sources were detailed. The maintenance of this balance implies metabolic adjustments and changes which can affect the efficient production of bird products (meat and eggs). Many solutions to control these disorders are based on the knowledge of the biochemical and physiological factors involved in these. The diet content particularly amino acids and electrolytes must be taken into account to attenuate or prevent these unbalances. At the light of some results of investigation obtained during the bibliography revision on the electrolytes balance and its influence on the fattening chicken yield under different environmental conditions, it is suggested to consider an optimum electrolyte balance of the diets used for fattening chickens at different environmental conditions. An electrolyte balance similar to mEq/Kg is recommended at the initiation, growth and finish stage, considering that in practical conditions of feeding with the typical levels of ingredient use better productive results are obtained upon including sodium bicarbonate to balance this equilibrium finding a higher body weight and weight gain when an adequate base acid balance is established; moreover a minor leg problem incidence has been found.

**LISTA DE CUADROS**

Nº		Pág.
1.	CONTENIDO EN Na, K Y CL (g/kg), Y VALOR DE BE (mEq/kg), DE ALGUNAS MATERIAS PRIMAS (según INRA, 1989).	13
2.	EFECTO DE LA LISINA Y DEL BDE SOBRE LA GANANCIA DEPESO, LA INCIDENCIA DE ASCITIS Y DESORDENES ESQUELETICOS EN POLLOS DE ENGORDE DE 35 DIAS.	20



**LISTA DE GRÁFICOS**

Nº	Pág.
1. Equilibrio ácido base y su regulación.	11
2. Balance electrolítico y peso vivo de pollos de 4 semanas.	14
3. Bicarbonato plasmático y discondroplasia tibial.	14
4. El balance electrolítico y la performance en pollos.	16
5. Consumo de alimento acumulado de 1- 49 días.	19

## **I. INTRODUCCIÓN**

El manejo productivo en sanidad y alimentación son considerados como una de las prioridades más importantes en la producción avícola de nuestro país.

En la alimentación, los minerales son nutrientes esenciales para todos los animales e influyen directa e indirectamente en parámetros zootécnicos.

Durante la última década la mayor parte de países han adoptado la producción avícola intensiva para cubrir, de esta forma, la demanda de proteína animal.

El sostenimiento avícola intensivo es visto como una manera de incrementar velozmente la provisión de proteína animal para las poblaciones urbanas en acelerado crecimiento.

Los niveles de sodio, cloro y potasio en el alimento son importantes para un balance electrolítico adecuado, depende principalmente del contenido de proteína y del tipo de suplemento de sodio utilizado.

En la mayoría de las dietas no llegan a alcanzar los valores deseados para optimizar la producción; más aún, cuando se formula con proteínas de origen animal tal como harina de pescado.

Cerrate, S. y Gómez, C. (2004), para prevenir un imbalance de electrolitos debería considerarse este tema en la formulación de alimentos, apoyándose en el uso del bicarbonato de sodio, que es un ingrediente con un potencial beneficioso en la alimentación de pollos de carne, debido a su efecto nos permite restablecer el equilibrio ácido-básico y poder obtener mejores resultados productivos, con un mejor crecimiento, mayor consumo de alimento y mejor conversión de alimento.

Por lo anteriormente expuesto para nuestra investigación se plantearon los siguientes objetivos:

1. Determinar los beneficios de utilizar el balance electrolítico en la formulación para dietas de pollos de engorde.
2. Diferenciar el mejor nivel de balance electrolítico de las diferentes investigaciones realizadas, en la formulación de dietas para pollos de engorde.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **A. EL POLLO DE ENGORDE**

#### **1. Generalidades**

Los pollos de carne, pollos de engorde o "broilers" comenzaron a criarse en forma industrial primero en los Estados Unidos y luego en Europa, hace unos sesenta años. Antes de eso, la carne de pollo se consideraba simplemente un subproducto de la industria de huevos. En el Ecuador, es una actividad joven que se encuentra en pleno desarrollo y creciendo día a día. El consumo de pollo todavía no es el ideal, comparado con el de los países vecinos. El desarrollo de esta industria involucra el aprovechamiento de las leyes de Mendel tanto en lo relacionado con la cruce de aves como de los productos que se emplean para alimentarlos, hoy, contamos con ejemplares que resisten mejor las enfermedades, engordan y crecen más rápidamente, soportan con menos estrés las inclemencias del tiempo y sobreviven con más fortaleza al ataque de los parásitos. Sin embargo, todavía se trata de una actividad delicada que requiere de grandes cuidados y un buen manejo técnico (MAG. 2004).

Manual de Manejo de Pollo de Engorde Ross. (2008), menciona que la crianza y engorde de pollos Broiler es una actividad que se realiza con el propósito de producir mayor cantidad de carne a menor costo, para lo cual es necesario armonizar tres elementos:

- Excelente material genético del ave, que sea capaz de convertir más eficientemente el alimento y esté listo para el mercado en menor tiempo.
- Alimento que aporte con todas las necesidades nutricionales del ave.
- Manejo y Bioseguridad, que incluya una buena prevención contra enfermedades, para que permita al pollo, desarrollar su potencial genético y al alimento cumplir con su misión para lograr el objetivo final: "Un pollo sano, con buen peso y buena conversión alimenticia".

La fase inicial y de crecimiento del pollo de engorde asociada a factores interdependientes tales como: Nutrición, temperatura, abastecimiento de agua, vacunación, ventilación, iluminación, densidad de la población y salud, son una parte integral del proceso total de producción de carne afectando adversamente rendimiento del ave si no se maneja de forma adecuada y técnica. Los requerimientos de las aves cambian constantemente. El propósito del manejo encaminado a respuestas es satisfacer dichos requerimientos mediante la observación de los cambios en las aves y de su ambiente, modificando los insumos de manera apropiada.

En la página de <http://lead.virtualcenter.org>.(2005), se indica que el término "broiler" es aplicado a los pollos y gallinas que han sido seleccionados especialmente para rápido crecimiento. Las variedades "broiler" están basadas en cruces híbridos entre "Cornish White", "New Hampshire" y "White Plymouth Rock". La producción "broiler" tiene dos fases importantes: El mantenimiento del pie de cría parental y la producción de polluelos de un día de nacidos; y, segundo, el levante y engorde de los pollos "broiler".

<http://www.uc.cl>.(2005), reporta que los Broilers son las aves que forman parte de la mayoría del mercado de la carne. Esta denominación inglesa, que significa "pollo asado", se ha adoptado en todo el mundo como sinónimo del pollo de carne tradicional.

En las aves se habla de líneas genéticas más que de razas, debido a que éstas son híbridos y el nombre corresponde al de la empresa que las produce. La obtención de las líneas broilersestán basadas en el cruzamiento de razas diferentes, utilizándose normalmente las razas White Plymouth Rock o New Hampshire en las líneas madres y la Raza White Cornish en las líneas padres.

La línea padre aporta las características de conformación típicas de un animal de carne: tórax ancho y profundo, patas separadas, buen rendimiento de canal, alta velocidad de crecimiento, etc.

Las características que se buscan en líneas de carne son:

- Gran velocidad de crecimiento.
- Alta conversión de alimento a carne.
- Buena conformación.
- Alto rendimiento de canal.
- Baja incidencia de enfermedades.

## **B. EL ESTRÉS CALORICO EN AVES**

Nutril (2002), manifiesta que los pollos de ceba machos con más de 4 libras (1.8 Kg), pueden morir a causa del Stress por calor a temperaturas mayores de 35°C. Las pérdidas pueden reducirse con mayor número de bebederos, ya que el consumo del agua es un factor importante en el mantenimiento de la temperatura corporal del pollo. Temperaturas más altas de los 35 °C, los pollos parrilleros de 7 semanas de edad, consumirán agua a razón de más de un galón por hora por cada 100 pollos, este consumo es el doble que a temperaturas de 24°C; por lo tanto es necesario mantener siempre el agua del bebedero tan fresca durante los periodos de calor intenso. El uso de ventiladores para mover el aire y bajar la humedad en el galpón es imprescindible bajo condiciones de calor extremo. Las aves están expuestas a factores que les producen estados de tensión o estrés y de la manera que respondan a estas agresiones va a depender el grado de daño que sufran los animales y su viabilidad. Para contrarrestar los efectos adversos del estrés calórico, se implementan instalaciones con ventiladores y aspersores de agua para disminuir las pérdidas económicas, pero esto no ha sido suficiente ya que se sigue presentando un pobre crecimiento y una baja eficiencia alimenticia cuando se presentan altas temperaturas.

Cuando los animales no están en su zona de comodidad calórica el ave se protege disminuyendo su producción de calor, por ello elige bajar el consumo de alimento para reducir su metabolismo interno, ya que la interacción entre la producción del calor con la temperatura ambiental determina la temperatura corporal (Pusa, J. 2000).

Una manera rápida de obtener energía para hacer frente a la situación es que el animal no libera calor, siendo este el factor estresante y pasando a la siguiente fase que es la de resistencia (Pusa, J .2000).

Pérez, E. (2011), indica que el estrés calórico es uno de los problemas que causa mayores pérdidas económicas en las granjas avícolas de América Latina. Una gran mayoría de las granjas avícolas son abiertas y debido a esto es muy difícil realizar un buen control de las condiciones ambientales.

Pérez, E. (2011), como consecuencia el estrés calórico afecta prácticamente durante todo el año, no sólo en la época seca sino también en la época de lluvias, en la que además del calor, la alta humedad es un factor muy estresante para las aves. En general, se considera que el estrés calórico comienza cuando la combinación de la temperatura y la humedad relativa es superior al valor de 105.

Pérez, E. (2011), dice que las pérdidas económicas diarias que estamos teniendo como consecuencia de elevadas mortalidades, disminución de la producción, reducción de la calidad de nuestros productos y mayor susceptibilidad a padecer procesos patológicos por una disminución de la activación del sistema inmune.

Pérez, E. (2011), por todo esto, para luchar contra el estrés calórico se pueden por un lado administrar electrolitos en el agua de bebida. Los principales electrolitos que se utilizan son el Bicarbonato Sódico ( $\text{NaHCO}_3$ ), el Cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ), el Cloruro Potásico ( $\text{KCl}$ ) y el Cloruro de Amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). Estos electrolitos son beneficiosos ya que inducen un aumento en el consumo de agua, pero también dan lugar a la presencia de camadas húmedas, lo que puede llegar a ser perjudicial.

## **1. Síndrome de adaptación**

Según la empresa Aviagen. (2011), los cambios metabólicos de los estados de tensión se analizan de acuerdo a las etapas por las que pasan las aves, y se dividen en tres fases: alarma, resistencia y fatiga.

### **a. Fase de alarma**

Cuando un factor de tensión actúa sobre el ave, el sistema nervioso central (SNC), capta la información y provoca que se liberen las hormonas nor-adrenalina y adrenalina de la medula adrenal, estos compuestos desencadenan la súbita liberación de glucosa a partir del glucógeno de las reservas corporales, activando la vía metabólica de la glucólisis. Esta es una manera rápida de obtener energía para hacer frente a la situación. Si el animal no libera el factor estresante pasa a la siguiente fase, la resistencia(Pusa, J. 2000).

### **b. Fase de resistencia**

Se caracteriza por la liberación de grandes cantidades de la hormona corticosterona la cual es llamada la “hormona del estrés”. Posteriormente al estado de alarma, el (SNC), libera desde la hipófisis anterior la hormona adrenocorticotropica (ACTH), para actuar sobre la corteza adrenal y producir corticosterona, esta induce la rápida activación de la gluconeogénesis a partir de las proteínas y grasas de las reservas corporales (músculo principalmente), con esto se asegura el suministro de energía que el animal necesita para sobrevivir. Una de las características de esta fase es que el animal continuara en ella hasta liberarse del factor de tensión o en caso contrario estará en la fase de fatiga y muerte(Pusa, J. 2000).

### **c. Fase de fatiga**

En esta fase sobreviene la muerte ya que las reservas corporales se agotan o la hormona corticosterona deja de producirse y como consecuencia no hay mas suministro de energía (Pusa, J. 2000).

## **2. Termorregulación del ave**

Los pollos, con diferencia a otros animales, no poseen glándulas sudoríparas que ayuden a perder calor corporal para mantener una temperatura constante. Los pollos se deshacen del exceso de calor corporal de cuatro maneras diferentes. Se



puede perder calor corporal por medio de la radiación que ocurre en la superficie de la piel del ave y escapa por el aire hacia otro objeto. El calor puede transferirse directamente por la conducción a objetos más fríos con los cuales el ave esté en contacto, tales como la jaula, la cama, o los pisos de listón. El calor corporal también puede perderse en el aire del medio ambiente por convección. Cuando las temperaturas ambientales están entre 28° C y 35° C (82° F y 95° F), las pérdidas de calor por radiación, por conducción, y por convección son normalmente adecuadas para mantener la temperatura corporal del ave. Las venas en la piel del ave se dilatan, al igual que la barbilla y la cresta para que la temperatura corporal interna surja a la superficie de la piel y facilite la pérdida de calor por conductividad, conectividad, o por radiación (Winterfield, J. 1998).

Winterfield, J.(1998), las aves en piso buscan los lugares más frescos en la caseta y tratan de rascar la cama para aumentar la pérdida por conductividad y convectividad. Las alas caídas promueven la pérdida de calor por convectividad al aumentar el área de superficie del cuerpo. Las aves en jaulas son más susceptibles al estrés por calor ya que no pueden buscar lugares más frescos y pierden menos calor conductivo en las jaulas. A medida que la temperatura ambiental se acerca a la temperatura del ave de 41° C (106° F), la eficiencia de los mecanismos de pérdida de calor disminuye. A este punto la evaporación de agua del tracto respiratorio se vuelve un mecanismo de mayor pérdida de calor en el ave.

Además, indica que las temperaturas altas en el ambiente hacen que el ave empiece a jadear (respiración por la boca), o a hipen/entilarse para aumentar el enfriamiento por evaporación. Cuando el jadeo falla en prevenir que la temperatura corporal suba, el ave se vuelve letárgica, luego comatosa, y muere pronto. Las aves criadas desde una edad joven en temperaturas altas se aclimatan muy bien a las temperaturas más altas y pueden mantener una buena productividad(Winterfield, J. 1998).

### 3. Efectos del estrés por calor

Pusa, J.(2000), uno de los mayores efectos cuando se experimentan temperaturas altas, es la reducción de consumo de alimento. La reducción del apetito es un esfuerzo que las aves hacen para reducir el consumo de energía, lo cual es una reacción al aumento de energía en el ambiente, por lo tanto reducen la energía requerida proveniente del alimento. Puede que las aves utilicen la grasa corporal como una fuente de energía la cual produce menos calor que la digestión / metabolismo de proteínas o de carbohidratos en el alimento. La reducción en el consumo de alimento y la pérdida subsecuente de los nutrientes requeridos por el ave afectan rápidamente la productividad del lote. Ocurre un retraso en la tasa de crecimiento de las aves.

Los factores que influyen en las pérdidas debidas al estrés por calor son:

- Temperaturas máximas a las que las aves hayan sido expuestas.
- Duración de las temperaturas altas.
- Tasa de cambio de temperaturas.
- Humedad relativa del aire.

Si las aves son criadas en temperaturas muy altas, existe una razón más por la cual pueden ocurrir pérdidas debidas al estrés por el calor. Las aves jóvenes no tienen desarrollada completamente la habilidad de regular su temperatura corporal y pueden sobrecalentarse rápidamente.

### C. EL BALANCE ELECTROLITO

Cerrate, S. (2002), indica que el balance electrolítico se obtiene considerando el contenido de sodio, potasio y cloro en los alimentos. Este balance electrolítico es expresado en términos de miliequivalentes por Kg de alimento (mEq/kg), de la siguiente forma:

$$BE = \frac{Na(mg/kg)}{23} + \frac{K(mg/kg)}{39.1} + \frac{Cl(mg/kg)}{35.5}$$

Por ejemplo, si un alimento contiene 0.2% de sodio, 0.62% de potasio y 0.2% de cloro:

El BE sería =  $(2000/23 + 6217/39.1 - 2000/35.5) = 190 \text{ mEq/kg}$ .

En 0.1% de bicarbonato de sodio se tiene 12 mEq/kg de balance electrolítico. Así, para restablecer el balance electrolítico del alimento, en el ejemplo se necesitaría 0.5%:  $(0.5 \times 12 = 60)$ , para alcanzar 250 mEq/kg.

### **1. El equilibrio ácido base y su regulación**

<http://www1.etsia.upm.es/fedna/capitulos/98CAPV.pdf>.(2008), el equilibrio ácido-base del organismo animal está localizado en los compartimentos líquidos. El agua representa aproximadamente el 60% del peso vivo de un animal adulto y se distribuye en el líquido intracelular (alrededor del 60% del agua total), y el líquido intersticial, con un 7 a 8% del agua total formando el agua plasmática.

El gráfico 1, presenta equilibrio ácido base y su regulación. Este esquema muestra la importancia del potasio, sodio, cloro y bicarbonato que van a jugar un papel esencial en el mantenimiento del equilibrio iónico y por tanto del equilibrio ácido-base ya que la base de su regulación pasa por los sistemas tampón o de intercambio iónico de los compartimentos líquidos del organismo.

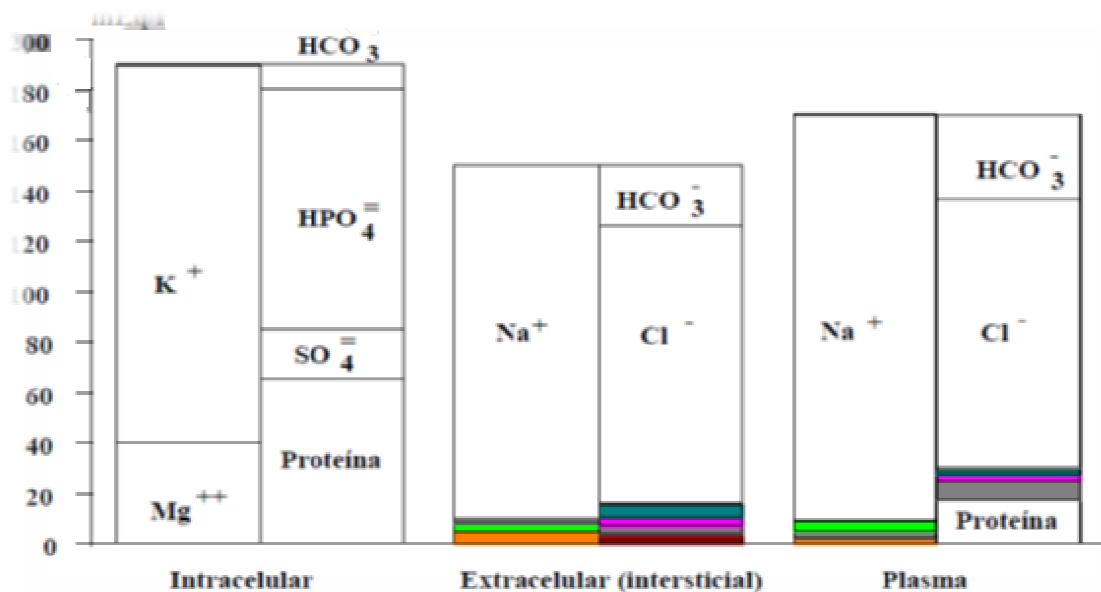


Gráfico 1. Presenta equilibrio ácido base y su regulación.

La ingestión de agua o de electrolitos desplaza este equilibrio y puede traducirse en cambios temporales del tamaño de los compartimentos líquidos; la recuperación del equilibrio inicial se consigue a través de:

- mecanismos osmóticos.
- la puesta en marcha de regulaciones renales bajo control neurohormonal.

La relación que existe entre electrolitos y equilibrio ácido-base. De hecho, esta relación se basa en los mecanismos de absorción digestiva y los intercambios iónicos entre los compartimentos digestivos y sanguíneos. La absorción de cationes se hace "en contra" de los iones H<sup>+</sup> y tiene, por tanto, un efecto alcalinizante a nivel sanguíneo, mientras que la absorción de aniones tiene un efecto inverso debido a la salida de iones bicarbonato del compartimento sanguíneo.

El mantenimiento del equilibrio ácido-base dentro de los valores fisiológicos pone en juego un sistema principalmente localizado a nivel sanguíneo (poder tampón de los hematíes y del plasma), y renal. Considera que el pH plasmático y la concentración en bicarbonato sanguíneo se mantienen en los valores normales por dos vías complementarias a nivel renal:

- Reabsorción del bicarbonato en el tubo proximal del riñón en situación de acidosis la casi totalidad del bicarbonato filtrado a nivel glomerular es rápidamente reabsorbido.
- Salida de protones por acidificación intensa en el tubo distal esta acidificación puede hacerse por dos vías: la del fosfato, generalmente admitida, y la del catabolismo de la glutamina, hoy en día cuestionada (Atkinson y Bourke, 1995), que no conduciría a la producción de  $\text{NH}_3$  sino directamente de  $\text{NH}_4$  sin acción sobre el equilibrio ácido-base en esa zona de pH

## **2. Equilibrio ácido base y aportes alimenticios**

<http://www1.etsia.upm.es/fedna/capitulos/98CAPV.pdf>.(2008), la idea de manipular las concentraciones iónicas de la ración a fin de evitar las consecuencias patológicas de la acidosis (o de la alcalosis), es bastante antigua y encontró en los años setenta un primer campo de aplicación en avicultura. En rumiantes, la primera aproximación ha sido para la prevención de la fiebre de la leche; más recientemente han aparecido un cierto número de trabajos relacionados con la especie porcina.

El cuadro 1, muestra los valores del balance electrolítico para algunas de las materias primas más utilizadas, la mayor parte de las cuales presentan un exceso de cationes. Las materias primas ricas en proteínas presentan un balance electrolito alto en razón de su alto contenido en potasio.

Cuadro 1. CONTENIDO EN Na, K Y CL (g/kg), Y VALOR DE BE (mEq/kg), DE ALGUNAS MATERIAS PRIMAS (según INRA, 1989).

Materias Primas	Na	K	Cl	BE
Cebada	0.5	4.8	1.4	105
Trigo	0.5	4.0	0.6	107
Maíz	0.1	3.3	0.5	75
Mandioca	0.3	4.0	0.6	98
salvado de trigo	0.4	12.7	0.7	322
harina de soja	0.1	21.0	0.5	527
harina de colza	0.7	12.5	0	350
Guisantes	0.1	11	0.3	211
L-LisinaHCL	0	0.3	194	-5464
sal	394	0	60.6	45
bicarbonato de Na	277	0	0	12000

Fuente: XIV Curso de Especialización. (2004).

### 3. Manipulación del balance electrolítico

Los primeros estudios sobre los efectos del equilibrio electrolítico de la ración sobre los rendimientos fueron realizados con aves en los años setenta.

Sauveur, B. y Mongin, P. (1978), en el gráfico 2, el BE y peso vivo de los pollos de 4 semanas, encontraron una respuesta curvilínea de la velocidad de crecimiento cuando el balance electrolítico aumentaba, siendo el crecimiento máximo para un balance electrolítico de alrededor de 250 mEq/kg.

Estos mismos autores en el gráfico 3, de bicarbonato plasmático y discondroplasia tibial demostraron la existencia de una relación estrecha entre la acidosis metabólica, caracterizada por un bajo contenido de  $\text{HCO}_3^-$  en el plasma, y la mayor frecuencia de discondroplasia tibial.

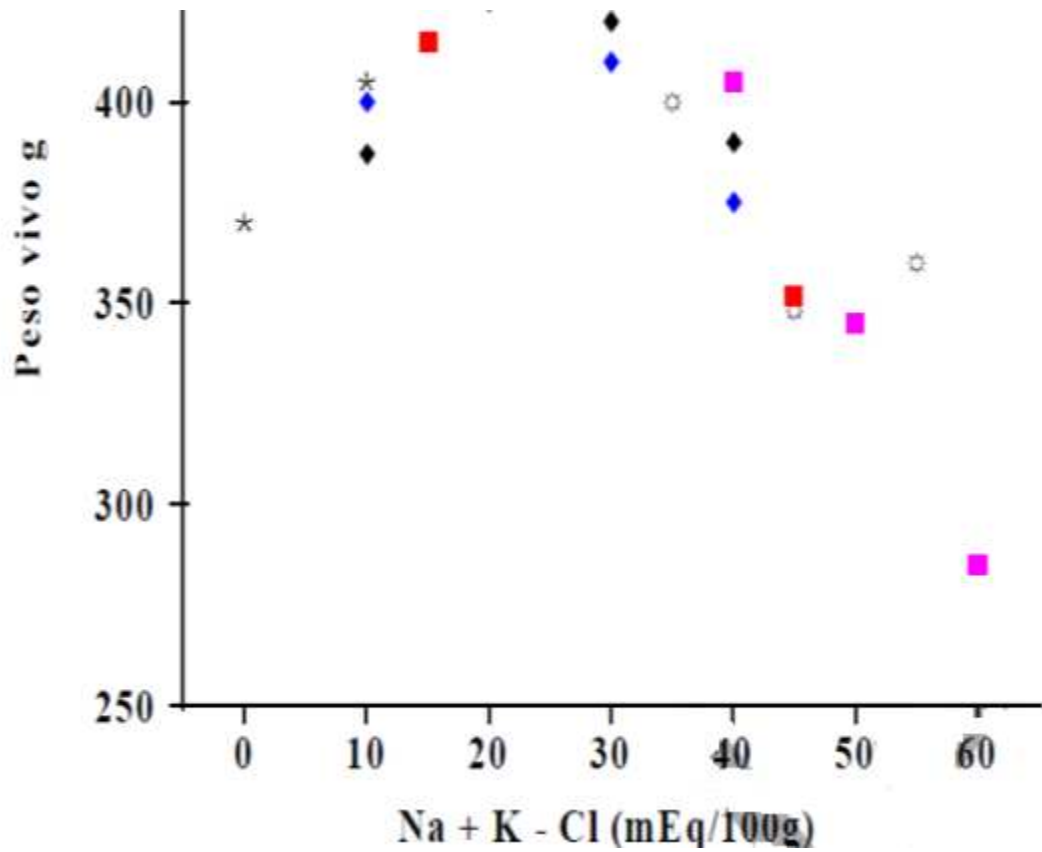


Grafico 2. BE y peso vivo de pollos de 4 semanas.

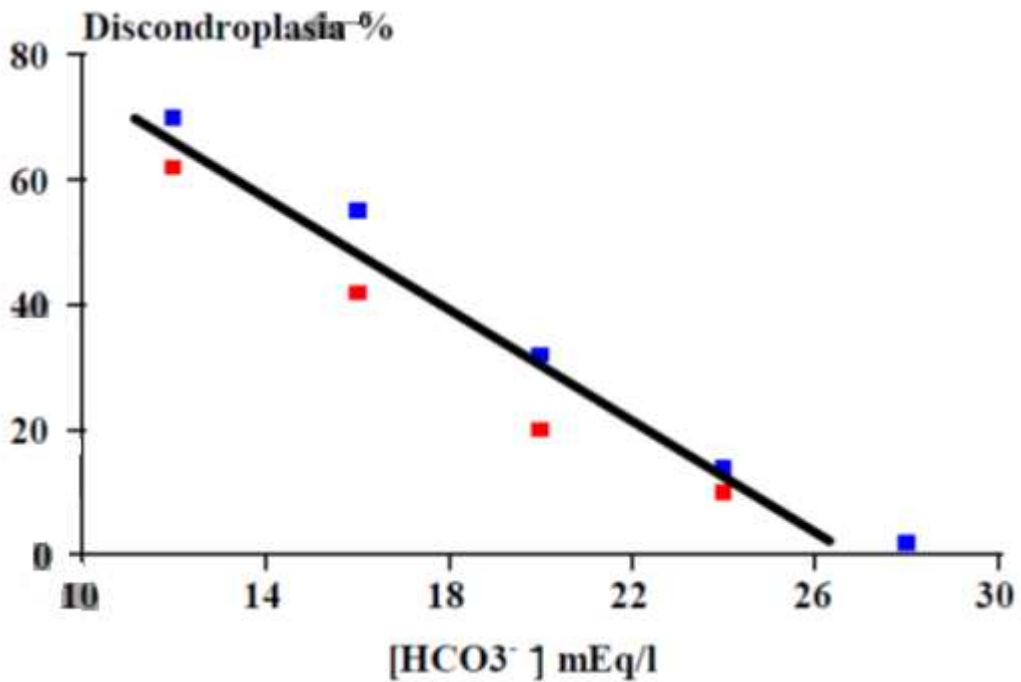


Grafico 3.- Bicarbonato plasmático y discondroplasia tibial.

Cerrate, S. (2002), menciona que el bicarbonato de sodio es un ingrediente con potencial beneficio en la alimentación de pollos de carne debido a su efecto sobre el balance electrolítico y adicionalmente por mejorar la digestibilidad proteica y la performance en condiciones de estrés por calor.

Cerrate, S. (2002), en la mayoría de las dietas el balance electrolítico no llega a alcanzar los valores deseados para optimizar la producción; más aún, cuando se formula con proteínas de origen animal tal como harina de pescado. Por ello, para prevenir un imbalance de electrolitos debería considerarse este tema en la formulación de alimentos.

Cerrate, S. (2002), un insumo útil para restablecer un balance electrolítico inapropiado es el bicarbonato de sodio, ya que su aporte de sodio mejora dicho balance y además aporta el ion bicarbonato que contribuye al desarrollo del sistema que prevenga de cuadros de acidosis metabólica en los animales. Las aves en condiciones termoneutrales requieren para una adecuada producción un balance electrolítico similar a 250 mEq/kg y en condiciones de estrés por calor requieren un balance electrolítico similar a 300 mEq/kg.

#### **4. Como se restablece el balance electrolítico**

Cerrate, S. (2002), el balance electrolítico se obtiene considerando el contenido de sodio, potasio y cloro en los alimentos. Este se expresa en términos de miliequivalentes por kg de alimento (mEq/kg).

Por ejemplo, si un alimento contiene 0.2% de sodio, 0.62% de potasio y 0.2% de cloro:

$$\text{El BE sería} = (2000/23 + 6217/39.1 - 2000/35.5) = 190 \text{ mEq/kg}$$

En 0.1% de bicarbonato de sodio se tiene 12 mEq/kg de BE. Así, para restablecer el balance electrolítico del alimento en el ejemplo se necesitaría 0.5% ( $0.5 \times 12 = 60$ ) para alcanzar 250 mEq/kg.



## 5. El balance electrolítico y la performance en pollos de carne

Cerrate, S. (2002), en el grafico 4, sobre el balance electrolítico y la performance en pollos de carne ha encontrado un mayor peso corporal y ganancia de peso cuando se restableció el BE a 250 mEq/kg. , además se han observado una menor incidencia de problemas de patas. Esto último ocurre debido a que se deprime la absorción de calcio por efecto de la reducción en la conversión de vitamina D<sub>3</sub> a la forma biológicamente activa (1,25-dihidroxicolecalciferol), por causa de la acidosis metabólica.

**Alimento + NaHCO<sub>3</sub> : BE = 250 mEq/kg**

Mayor performance



Alimento + 0 % : BE = <250 mEq/kg

Menor performance

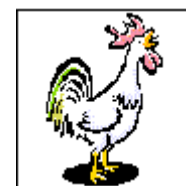


Grafico 4. El balance electrolítico y la performance en pollos de carne.

Cerrate, S. (2002), adicionalmente menciona que un apropiado balance electrolítico en el alimento tiene efectos positivos sobre la utilización de lisina debido a que interactúa con los aminoácidos básicos (lisina, arginina), actuando como un inactivador de la arginasa y estimulador en el transporte de lisina plasmática a la proteína tisular. Por lo que se aumenta la lisina en los tejidos para su síntesis de proteína.

Cerrate, S. (2002), estudios experimentales en pollos de carne muestran una interacción de lisina y BE, se observó que al restablecer el BE a 250 mEq/kg por medio del bicarbonato de sodio se obtuvo una similar conversión de alimento con las dietas de 1.1% y 1.21% de lisina pero no cuando los pollos consumieron un BE de 195 mEq/kg. Un adecuado Balance Electrolítico, restablecido por el uso de bicarbonato de sodio, interactúa con la lisina para una mayor ganancia de peso. Se ha observado también que los pollos que consumieron bicarbonato de sodio

mejoraron la digestibilidad de proteína, ganancia de peso, conversión de alimento y deposición de calcio y fósforo comparado con los de los grupos que se alimentaron con NaCl.

Cerrate, S. (2002), en la etapa de inicio, crecimiento y acabado se recomienda un BE similar a 250 mEq/kg siendo que en condiciones prácticas de alimentación con los niveles típicos de uso de ingredientes se obtiene mejores resultados productivos al incluir bicarbonato de sodio (0.2 – 0.5 %), para restablecer las dietas a ese BE óptimo.

## **6. Balance electrolítico en condiciones de estrés por calor**

Cerrate, S. (2002), En condiciones de estrés por calor se produce un desequilibrio electrolítico en las aves por lo que incluir bicarbonato de sodio resulta útil para restablecer el equilibrio ácido-base y poder obtener mejores resultados productivos. En estas condiciones se produce alcalosis metabólica generando un requerimiento mayor del bicarbonato para utilización buffer. Este cambio de pH junto con la pérdida de bicarbonato y minerales, que se agrava más cuando se incrementa el calor o humedad, influyen en el metabolismo y salud general del ave. Por ello al restablecer el BE con el uso del bicarbonato de sodio se tiene un efecto favorable sobre las aves en condiciones de estrés por calor.

Cerrate, S. (2002), en estrés por calor el ave incrementa la tasa respiratoria (jadeo) para disipar el calor, eliminando H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> por medio de la utilización del bicarbonato, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O de los tejidos, lo cual provoca una disminución del bicarbonato e incrementa el pH sanguíneo (cambio a 7.2 a 7.5 ó 7.7), lo que provoca un rápido desbalance ácido-base.

Cerrate, S. (2002), en estrés por calor la pérdida de iones bicarbonato e hidrógeno se incrementa cuando más severo es el calor y/o humedad ambiental.

Cerrate, S. (2002), al añadir bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>), se ha observado un mejor crecimiento, mayor consumo de alimento, mejor conversión de alimento y mejoras sobre la calcificación del fémur. Resultados experimentales en estas

condiciones demuestran, que el aporte de bicarbonato mejora los rendimientos ya que las dietas con  $\text{NaHCO}_3$  fueron mejores que las dietas con carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), teniendo ambas fuentes igual nivel de 300 mEq/kg.

Cerrate, S. (2002), en estrés por calor se recomienda elevar el BE a un nivel de 300 mEq/kg en el aumento siendo que en condiciones prácticas de alimentación con los niveles típicos de uso de ingredientes se obtiene mejores resultados productivos al incluir bicarbonato de sodio (0,5 - 1,0 %), para restablecer las dietas a ese BE óptimo.

#### **D. ESTUDIOS REALIZADOS**

Jhon, L.(2005), menciona en su investigación que los pollos que mayor consumo de alimento tuvieron fueron los que se sometieron al 0.5 y 0.4% de dosis bicarbonato de sodio obteniendo un consumo 5.16 y 5.14 Kg de pienso, consumo que se diferencian significativamente del resto de tratamientos en estudio, principalmente del tratamiento control que consumieron 4.74 kg de balanceado según Duncan al 5%, esta alta diferencia en el consumo se debe a que al aplicar dosis de bicarbonato en el pienso lo vuelve más palatable y consecuentemente aumenta el consumo.

Jhon, L.(2005), En el gráfico 5, podemos apreciar una tendencia lineal, debido a que el coeficiente de correlación (0.92), que indica que existe un alto grado de asociación entre las variables en estudio, además es directamente proporcional ya que se puede observar que a mayor porcentaje de bicarbonato en la dieta hasta 0.5% el consumo de alimento es mayor.

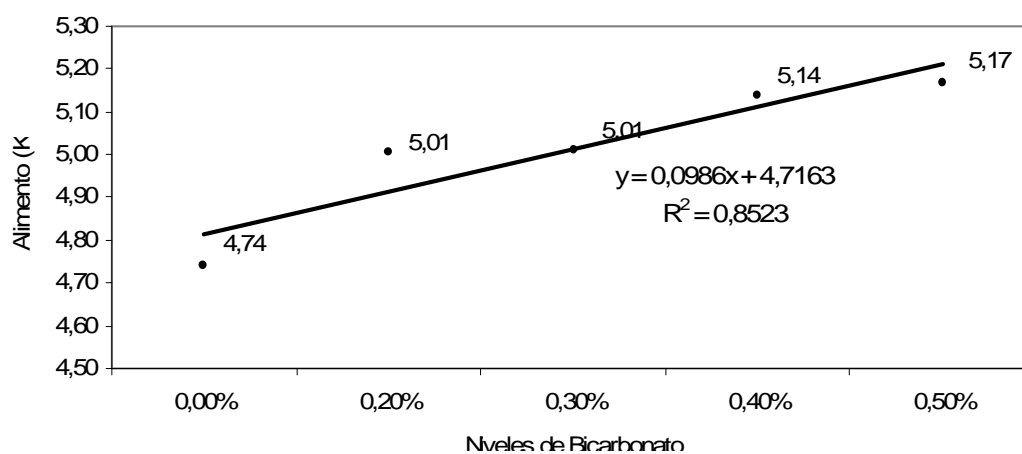


Gráfico 5. Consumo de alimento acumulado de 1- 49 días.

Al someter los resultados al análisis de varianza no se encuentra diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, pero al realizar la comparación de medias según Duncan 5% los tratamientos que mayor ganancia de peso registraron fueron aquellos a los que se incorporó el 0.5% de bicarbonato al pienso seguido del tratamiento 0.3, 2 y 0% de bicarbonato que registraron ganancias de peso de 2.68, 2.65, 2.61 y 2.59 Kg, que se diferencian significativamente del tratamiento al cual se aplicó 0.4% de Bicarbonato.

Jhon, L. (2005), menciona que la relación de consumo de alimento sobre la ganancia de peso en la etapa total de la investigación el factor de conversión promedio en pollos de carne sometidos a diferentes niveles de bicarbonato en la dieta fue de 1.91 en la etapa de crecimiento y engorde con un coeficiente de variación de 4.34%.

Jhon, L.(2005), al someter los valores registrados a la comparación de medias de acuerdo a Duncan 5%, los tratamientos que mejores eficiencias arrojaron fueron 0, 0.3 y 0.2 de bicarbonato en la dieta con coeficientes de 1.82, 1.88 y 1.91, que se diferenciaron significativamente de los tratamientos 0.4 y 0.5% de bicarbonato que permitieron conversiones de 2.01 y 1.92.

Martinez, C.(1998), aunque el efecto acidótico debido al uso de lisinasintética en forma de HCl, no representa una carga mayor, sí podrían ocurrir desbalances

cuando se adicionan treonina y triptófano sintéticos. Estos aminoácidos permiten disminuir la cantidad de soya, materia prima con alto contenido de K. La adición de  $\text{NaHCO}_3$  evitaría efectos negativos bajo estas circunstancias. En un trabajo realizado en México no encontraron interacciones entre niveles elevados de lisina y diferentes valores de BDE (véase cuadro 2).

Cuadro 2. EFECTO DE LA LISINA Y DEL BDE SOBRE LA GANANCIA DE PESO, LA INCIDENCIA DE ASCITIS Y DESORDENES ESQUELETICOS EN POLLOS DE ENGORDE DE 35 DIAS.

Tratamientos		Ganancia peso g	mortalidad por Ascitis	desordenes esqueléticos%
Lisina(%)	BDE(mEq/Kg)			
1.1		1374	2,67	1,76
1.2		1421	4,9	0,44
SEM		12	1,04	0,36
	180	2454	3	1,65
	240	2384	5,35	0,33
	300	2455	3	1,32
	SEM	21	1,27	0,45
Fuente de variación			Probabilidad	
lisina		0,013	0,29	0,017
BDE		0,249	0,534	0,116
Lisina*BDE		0,187	0,932	0,587

Fuente: J.Appl. Poultry Res, (1998).

Karunajeewa, H.(1985), encontraron que un balance electrolítico menor de 180 mEq/kg. de alimento y mayor de 300 mEq/kg. de alimento, deprime el peso del pollo de engorde a los 42 días siendo el óptimo de 250-300 mEq/kg.

Murakami, A. E, Martins, E. Pereira, M. (2001), en trabajos realizados en Brasil, encontraron diferencias entre los rangos de BDE para pollos en pre-iniciación y para pollos en finalización. Estos hallazgos indican que el rango para pollitos en

preiniciaciones más amplio (250 a 319 mEq/kg. de dieta), que el valor para iniciación (249 a 261 mEq/kg de la dieta).

### **III. DISCUSIÓN**

Revisada la bibliográfica según Pino, R. (2004), indica que el balance electrolítico se obtiene considerando el contenido de sodio, potasio y cloro en los alimentos.

Este balance electrolítico es expresado en términos de miliequivalentes por Kg de alimento (mEq/kg), de la siguiente forma:

$$BE = \frac{Na(mg / kg)}{23} + \frac{K(mg / kg)}{39.1} + \frac{Cl(mg / kg)}{35.5}$$

Menciona Monguin, P.(1981), la misma ecuación para estimar el balance electrolítico de la dieta.

Además (según INRA, 1989), muestra en el cuadro 4 el contenido de Na, K Y Cl(g/kg) y valores de balance electrolítico (mEq/kg), de algunas materias primas que se utilizan con más frecuencia en formulación de raciones las cuales presentan un exceso de cationes.

Las materias primas ricas en proteínas presentan un balance electrolítico alto en razón de su alto contenido en potasio como son soya con 527mEq/kg, harina de colza con 350 mEq/kg, salvado de trigo 322 mEq/kg de alimento.

Comparando con resultados obtenidos del NRC, también contienen niveles de balance electrolítico altos en materias primas ricas en proteína, así tenemos por ejemplo, harina de carne y hueso 481 mEq/ kg, soya 501 mEq/kg, arroz salvado 453 mEq/kg.

Sauveur, B. y Mongin, P. (1978), encontraron una respuesta curvilínea de la velocidad de crecimiento cuando el balance electrolítico aumentaba, siendo el crecimiento máximo para un balance electrolítico de alrededor de 250 mEq/kg.

De la misma manera Cerrate, S. (2002), en la etapa de inicio, crecimiento y acabado se recomienda un balance electrolítico similar a 250 mEq/kg siendo que en condiciones prácticas de alimentación con los niveles típicos de uso de ingredientes se obtiene mejores resultados productivos al incluir bicarbonato de sodio (0.2 – 0.5 %) para restablecer las dietas a ese balance electrolítico óptimo y en estrés por calor se recomienda elevar el balance electrolítico a un nivel de 300 mEq/kg en el aumento siendo que en condiciones prácticas de alimentación con los niveles típicos de uso de ingredientes se obtiene mejores resultados productivos al incluir bicarbonato de sodio (0,5 - 1,0 %), para restablecer las dietas a ese balance electrolítico óptimo.

Cerrate, S. (2002), menciona que al incluir bicarbonato de sodio se obtiene un mejor crecimiento, mayor consumo, mejor conversión de alimento y mejoras sobre la calcificación del fémur.

Estos mismos autores también demostraron la existencia de una relación estrecha entre la acidosis metabólica, caracterizada por un bajo contenido de  $\text{HCO}_3^-$  en el plasma, y la mayor frecuencia de discondroplasia tibial., además se han observado una menor incidencia de problemas de patas.

Jhon, L. (2005), en el gráfico 6 se puede observar que a mayor porcentaje de bicarbonato en la dieta hasta 0.5% el consumo de alimento es mayor con una ganancia de peso de 2.68 kg, la cual se diferencia con el control que tiene 0 % de bicarbonato de sodio con una conversión de alimento de 1.92.

Además Amezcua, M. (2005), menciona que con un balance electrolítico de 300 mEq/kg, se obtiene una ganancia de peso de 2.455 kg con un 3% de mortalidad con ascitis y 1.32 % de desordenes esqueléticos, existiendo de esta manera una relación entre estos dos autores.

#### **IV. CONCLUSIONES**

Una vez que se ha investigado la bibliografía encontrada sobre el balance electrolítico para pollos de engorde se puede llegar a las siguientes conclusiones.

- A más de proporcionar una dieta balanceada con relación a los aminoácidos más importantes y la energía es importante considerar un balance electrolítico óptimo en la formulación para pollos de engorde, ya que se puede lograr un mayor consumo de alimento en los primeros días de edad poseyendo una relación estrecha con el consumo de energía y proteína de la dieta, mejorando de esta manera la conversión alimenticia, reduciendo la incidencia de problemas de patas, acidosis y alcalosis en las aves.
- Para llegar a un balance electrolítico óptimo se deben considerar a las diferentes materias primas que se utilizan en nuestra zona con sus respectivos niveles de aportación de los minerales que están involucrados en este cálculo, y se debe utilizar niveles de 250 a 319 mEq/kg de alimentos para preiniciación y para iniciación 249 a 261 mEq/kg de alimentos.

#### **V. RECOMENDACIONES**

- Para un mejor nivel de balance electrolítico en la dieta de pollos de engorde se debe utilizar bicarbonato de sodio para alcanzar los niveles deseados al formular con las diferentes materias primas de nuestro sector.
- Se debe formular los alimentos con 250 mEq/kg de balance electrolítico como mínimo y máximo 350 mEq/kg de alimento.
- Se deben realizar investigaciones considerando estos niveles de balance electrolítico para nuestra zona, ya que no existe reportes.



## **VI. LITERATURA CITADA**

1. BALNAVE, D. Y MUHEEREZA, K. 1997. Eggshell Quality – SodiunBicarbonato and pholoperiod. Sci. pp 76, 588, 593.
2. CERRATE, S. 2002. Efectos del nivel de lisina, arginina y el balance Electrolítico sobre el comportamiento productivo de pollos de carne en la etapa de inicio. Tesis MSc Nutrición, UNA. La Molina. Perú. pp 32, 33.
3. CERRATE, S. Y GÓMEZ, C. 2004. Uso del bicarbonato de sodio en pollos de carne. Departamento de Nutrición UNA La Molina.pp 107.
4. CORPORACIÓN PROEXANT (Producción de Exportaciones Agrícolas No Tradicionales), 2005. Broilers. [http:// w\A/w. PROEXANT .org.ec/ HT\\_ Broiler.níml](http://w\A/w. PROEXANT .org.ec/ HT_ Broiler.níml).
5. JHON, L. 2005. Utilización de diferentes niveles de bicarbonato de sodio en la alimentación de pollos. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Pecuarias. ESPOCH. Riobamba - Ecuador, p 85.
6. KARUNAJEEWA, H. y BOX, M. 1986. Effect of dietary phosphorus concentration and electrolyte balance on the growth performance of broiler chickens. British Poultry Sc, pp; 27:601-612.
7. MIMISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA (MAG) 2004. Proyecto SICA, Banco Mundial. <http://www.sica. gov.ee/ agronegocics/ Biblioteca /Ing% 2Crizzo/ rnaiz/br>.
8. MURAKAMI, A. OVIEDO, E. MARTINS, E.2001. Sodium and chloride requirements of growing chickens (twenty-one to forty-two days of age) fed corn-soybean diets. Poultry. Sc.pp 80: 289 - 294.

9. NUTRIL 2002. Manual practico de manejo y crianza de aves. Edit. Nutril. Guayaquil, Ecuador.p10.
10. PATIENCE, J.F. y WOLYNETZ, M.S. (1990) J. Nutr. pp120, 579-587.
11. PUSA, J. 2000. Plan de alimentación y manejo para pollos de engorda. [http://dns.lapiedad.com.mx/nutricon/pusa\\_a.html](http://dns.lapiedad.com.mx/nutricon/pusa_a.html)
12. SAUVEUR, B., MONGIN, P. (1978) Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys. 18, 87-98.
13. SAUVEUR, B. (1988) INRA Prod. Anim. 1, 35-45.
14. WINTERFIELD, J. 1998. Influencia de un inhibidor de ureasa en dietas para broüers sobre la mortalidad por síndrome de la muerte súbita (SDS) y ascitis. [www.geocities.com/area51](http://www.geocities.com/area51).
15. <http://www.uc.cl>. 2005. Líneas genéticas de aves de carne.
16. <http://www1.etsia.upm.es/fedna/capitulos/98CAPV.pdf>.