

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**  
**FACULTADES DE AGRONOMÍA Y CIENCIAS VETERINARIAS**  
**COMISIONES DE ESTUDIO PARA GRADUADOS**  
**POSTGRADO EN PRODUCCION ANIMAL**



**EFFECTOS DEL CAMBIO DE HORA DE ALIMENTACION Y ADICION DE  
ENZIMAS SOBRE VARIABLES PRODUCTIVAS, FISIOLÓGICAS Y CALIDAD  
DE HUEVO EN GALLINAS BAJO CONDICIONES CALUROSAS**

**Est. Grad. Ing. Ana M. Rivero C.**

**Tutor: Prof. Vasco De Basilio**

**MARACAY, JUNIO DE 2015**

**EFFECTOS DEL CAMBIO DE HORA DE ALIMENTACION Y ADICION DE  
ENZIMAS SOBRE VARIABLES PRODUCTIVAS, FISIOLOGICAS Y CALIDAD  
DE HUEVO EN GALLINAS BAJO CONDICIONES CALUROSAS**

**Ing. Agr. ANA MARGARITA RIVERO CONTRERAS**

Trabajo de grado sometido a la consideración de las Comisiones de Estudio para Graduados de las  
Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias como requisito parcial para optar al grado de:

*Magíster Scientiarum en Producción Animal*

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FAACULTADES DE AGRONOMIA Y CIENCIAS VETERINARIAS  
COMISIONES DE ESTUDIO PARA GRADUADOS  
POSTGRADO EN PRODUCCION ANIMAL**

**Maracay, Junio de 2015.**

## **Verdicto**

## **DEDICATORIA**

Se la dedico a Dios como fuente del conocimiento, por ser dueño y creador de todo lo que  
nosotros nos ocupamos en descubrir.

A mi Madre Alida Contreras Díaz, Padre Juan Carlos Rivero Ballesteros y Esposo John  
Wilson Orribo Ochoa, por acompañarme y apoyarme en esta actividad.

A mi país Venezuela, que necesita mucha investigación y dedicación.

## AGRADECIMIENTO

Al profesor y amigo Vasco De Basilio, por su constante ayuda, apoyo y paciencia.

Agradezco a la Universidad Central de Venezuela y mi querida facultad de Agronomía.

A la empresa Alltech de Venezuela, S.A. por financiar los insumos para llevar a cabo la experimentación, al profesor MSc. Humberto Araque y a MSc. Carles Rincón, sus representantes.

A mis asesores, profesores Álvaro Ojeda y Charly Farfán que han ayudado a mejorar la calidad de este trabajo.

A los profesores involucrados con algunos de los procedimientos durante el experimento, profesores Mario Rossini por la toma y análisis de muestras sanguíneas, Tony Chacón por la toma de las variables de Frecuencia y Gasto cardiaco e Yngrid Oliveros por la toma de las variables ambientales.

A los jurados por su colaboración en el enriquecimiento de este trabajo.

A mis compañeros de trabajo experimental Marian, Marcos, Amanda y Marilyn, que estuvimos días, noches y feriados expuestos a los avatares del experimento.

A los amigos trabajadores del laboratorio sección de aves de la facultad de Agronomía, por su apoyo.

A todos muchas gracias!! Que Dios les recompense.

# EFFECTOS DEL CAMBIO DE HORA DE ALIMENTACION Y ADICION DE ENZIMAS SOBRE VARIABLES PRODUCTIVAS, FISIOLÓGICAS Y CALIDAD DE HUEVO EN GALLINAS BAJO CONDICIONES CALUROSAS

## RESUMEN

Se realizó un estudio para probar el uso del cambio de hora de alimentación y la adición de enzimas sobre el peso vivo (PV), consumo de alimento (CoA), producción de huevos (PH), Conversión alimenticia (CA), calidad de huevo (CH), temperatura corporal (TC), frecuencia y gasto cardíaco (FC y GC), calcio y fósforo sanguíneo en ponedoras Isa Brown. El diseño fue completamente aleatorizado con arreglo factorial 2x2 dos momentos de alimentación (8:00 h y 16:00 h) y adición de enzimas, obteniendo **T1**: testigo (alimentación 8:00h), **T2**: T1+ enzimas exógenas, **T3**: Restringido (Suministro de alimento comercial de 16:00 a 10:00 h) y **T4**: T3 + enzimas exógenas. Duró de la semana 22 a la 34 de vida de los animales, en tres fases de cuatro semanas. Se obtuvieron temperaturas ambientales (TA) promedios  $25 \pm 4$  °C y humedad relativa de  $86 \pm 14\%$  dentro del galpón. Los tratamientos T3 y T4 presentaron menor PV ( $P<0,05$ ) que T1 y T2 con alrededor de 105g de diferencia, en CH, T3 y T4 presentaron mayor peso con 2g en promedio superior que T1 y T2 ( $P<0,05$ ), T4 obtuvo mayor peso de cascara (PC) ( $p<0,05$ ), grosor de cascara, T2 obtuvo el menor grosor ( $P<0,05$ ). T3 y T4 presentaron menor TC ( $P=0,05$ ) que T1 y T2. La concentración de calcio fue superior en T4 ( $P<0,05$ ), y fósforo sanguíneo T2 fue superior ( $P<0,05$ ). Para CoA, PH, CA, algunas variables de calidad de huevo (índice de forma, índice de yema, altura de yema, color de yema y unidades haugh), FC y GC, no hubo diferencias estadísticas ( $P>0,05$ ). Concluyendo que no hubo mayores efectos sobre variables productivas con el cambio de hora de alimentación, pero la restricción alimentaria presentó beneficios en cuanto a peso vivo y el uso de enzimas exógenas mejoró el aprovechamiento de calcio y fósforo sanguíneo expresados en el mayor peso y grosor de cáscara.

Palabras claves: ponedoras, estrés calórico, restricción alimentaria, complejo enzimático.

**EFFECTS OF THE CAMBIO OF HOUR OF FOOD AND ADDITION OF  
ENZYMES ON PRODUCTIVE, PHYSIOLOGICAL AND QUALITY OF EGG IN HENS  
UNDER WARM CONDITIONS**

**ABSTRAC**

A study was realized to prove (try) the use of the change of hour of supply (food) and the addition of enzymes on the alive (vivacious) weight (PV), food consumption (CoA), production of eggs (PH), food Conversion (CA), quality of egg (CH), corporal temperature (TC), frequency and cardiac expense (FC and GC), calcium and phosphorate blood in hens Isa Brown. The design was completely randomized by arrangement factorial 2x2 two moments of supply (food) (8:00 h and 16:00 h) and addition of enzymes *on top*, obtaining T1: witness (supply(food) 8:00h), T2: T1 + enzymes exogenous top on, T3: Restricted (Supply from commercial food of 16:00 to 10:00 h) and T4: T3 + enzymes exogenous top on. It lasted of the week 22 to 34 of life of the animals, in three phases of four weeks. There were realized analyses of variance (ANOVA). There were realized analyses of variance (ANOVA), with a randomized design and an arrangement factorial and Stat View was proceeded to realize test (proof) of averages (Fisher) by the statistical program. There obtained environmental temperatures average (TA)  $25\pm 4$  °C and relative dampness of  $86\pm 14$  % inside the shed. The treatments T3 and T4 presented minor PV ( $P<0,05$ ) that T1y T2 with about 105g of difference, in CH, T3 and T4 presented major weight with 2g in top average that T1 and T2 ( $P0,05$ , T4 obtained major weight of (PC) rind ( $p<0,05$ ), thickness of rind, T2 obtained the minor thickness ( $P<0,05$ ). T3 and T4 presented minor TC ( $P=0,05$ ) that T1 and T2. The concentration of calcium was top in T4 ( $P0,05$ ), and blood phosphorus T2 was a Superior ( $P0,05$ ). For Spade, PH, CA, some variables of quality of egg (index).

Key words: hens, caloric stress, food restriction, enzymes.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
PORTADA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ABSTRACT	iv
I. INTRODUCCION	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
1. Estrés calórico en aves	2
2. Fisiología de la formación del huevo	3
3. Efectos fisiológicos del estrés calórico	3
4. Efectos del estrés calórico sobre la producción	4
5. Alternativas para combatir el estrés calórico	4
6. Generalidades e las enzimas	6
7. Objetivo General	7
8. Objetivos específicos	7
III. MATERIALES Y MÉTODOS	8
1. Ubicación	8
2. Descripción de los tratamientos y Diseño experimental	8
3. Instalaciones y equipos	8
4. Animales y manejo	9

5. Manejo alimenticio	10
5.1 Alimentación pre experimental	10
5.2 Alimentación en la fase experimental	10
5.3 Análisis bromatológico del alimento	12
6. Variables evaluadas	12
6.1 Variables ambientales	12
6.2 Variables productivas	13
6.3 Variables fisiológicas	15
7. Análisis estadístico de los resultados	15
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>17</b>
1. Variables ambientales	16
2. Consumo de alimento	21
3. Peso vivo	23
4. Producción de huevos	24
5. Conversión de alimento	25
6. Calidad de huevo	26
7. Temperatura corporal	33
8. Frecuencia y gasto cardiaco	33
9. Variables sanguíneas	34
10. Discusión general	35

V. CONCLUSIONES	38
VI. RECOMENDACIONES	38
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	39
VIII. ANEXOS	40

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Pág</b>
<b>1</b>	Porcentaje de inclusión de materias primas para el alimento de postura	11
<b>2</b>	Análisis calculado de nutrientes	11
<b>3</b>	Análisis bromatológico del alimento	12
<b>4</b>	Temperatura ambiental (°C) y humedad relativa (%) exterior promedios por fases de muestreo (1:2-28d, 2:29-56d, 3:57-84d)	17
<b>5</b>	Temperatura ambiental (°C) y humedad relativa (%) promedios por fases de muestreo (1:2-28d, 2:29-56d, 3:57-84d) dentro del galpón	19
<b>6</b>	Consumo de alimento (g/ave) por tratamiento durante las tres fases experimentales	22
<b>7</b>	Peso vivo (g) promedio por tratamiento durante cada una de las mediciones del experimento	23
<b>8</b>	Producción de huevos (unidades/UE) por tratamiento separados por fase experimental y producción total (%) para todas las fases productivas	25
<b>9</b>	Conversión de alimento (g/huevo) para cada fase experimental y la conversión total para cada tratamiento	26
<b>10</b>	Variables de calidad de huevo promedio de todas las evaluaciones	30
<b>11</b>	Número de huevos centrados y con presencia de manchas internas	31
<b>12</b>	Resumen de consumo, producción de huevos (g/ave), producción de huevos (unidades/ave) y conversión de alimento (g/huevo) por fase experimental	37
<b>13</b>	Resumen consumo, producción de huevos y conversión alimenticia para toda la fase experimental (1- 84d)	38

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Pág</b>
<b>1</b>	Temperatura ambiental (TA) exterior promedio por hora medida durante todo el ensayo	18
<b>2</b>	Humedad relativa (HR) exterior promedio para un día	18
<b>3</b>	Temperatura ambiental (TA) dentro del galpón promedio para cada hora durante el día	20
<b>4</b>	Humedad relativa (HR) dentro del galpón promedio para cada hora durante el día	20
<b>5</b>	Peso del huevo (g) por momento de alimentación y presencia de enzimas en promedio para todas las fases experimentales	27
<b>6</b>	Peso del huevo por fase experimental para cada tratamiento	28
<b>7</b>	<b>A.</b> Peso en gramos de la cáscara separado por momento de alimentación y presencia del complejo enzimático. <b>B.</b> Peso de la cáscara en gramos por fases experimentales	29
<b>8</b>	<b>A.</b> Grosor de cáscara (pulg) separado por momento de alimentación y presencia del complejo enzimático. <b>B.</b> Grosor de cáscara en gramos por fases experimentales	29
<b>9</b>	Análisis multivariado para componentes principales de calidad de huevo de los tratamientos 1,2 y 3 en la fase 1( <b>A</b> ), fase 2 ( <b>B</b> ) y fase 3 ( <b>C</b> )	31
<b>10</b>	Temperatura corporal TC (°C) separada por tratamientos y día de medición en cada fase	33
<b>11</b>	Frecuencia (Lat/min) y gasto cardiaco (ml/mint) para todas las mediciones durante la experimentación	34

## I. INTRODUCCIÓN

La producción de aves ha sido la primera en importancia para el aporte de proteínas a los venezolanos, señalándose que el 61% de la proteína de origen animal consumida en el país es de origen avícola (Avisa, 2012). Asimismo, la producción de huevos constituye un importante aporte nutricional a la población venezolana, ya que contiene una proporción equilibrada de hidratos de carbono, grasas, proteínas, minerales y vitaminas (Ortega, 2007).

Por otra parte en países tropicales y subtropicales, el estrés calórico constituye una de las principales fuentes de disminución de productividad en los sistemas de producción de aves (Donkoh, 1989), ya que el consecuente aumento de temperatura y de la humedad relativa del ambiente, así como instalaciones poco ajustadas a esta realidad, impiden un adecuado desenvolvimiento en confort de los animales. El estrés por calor, influye sobre el comportamiento productivo y reproductivo de las gallinas ponedoras, disminuyendo el consumo de alimentos, la producción y calidad del huevo, ocasionando la alteración de las hormonas responsables de la ovulación, reduciendo la capacidad de respuesta de las células de la granulosa a la hormona luteinizante (Corona, 2013).

En tal sentido, en estudios con pollos de engorde con restricción de alimento en el periodo de 09:00 a 16:00 h, se reduce significativamente la temperatura corporal entre 0,3 y 0,4 °C, durante 35 a 42 días de vida, y es una de las metodologías usada para disminuir los efectos generados por el estrés calórico (De Basilio, 2010). En la producción de gallinas ponedoras la alimentación es restringida ya que está basada en una ración diaria y balanceada con el propósito de suplir los requerimientos diarios de mantenimiento y producción, y evitar el incremento de peso corporal. Este suministro de alimento es ordinariamente en horas matutinas, generándose un aumento de calor corporal debido a las reacciones propias del metabolismo digestivo en las horas del mediodía que son las más calurosas del día. Por tal motivo, Nilipour (2003) asegura que la única manera de que las gallinas puedan mantener un elevado ritmo de producción durante periodos de elevada temperatura ambiental es a través de facilitar la disipación del calor corporal, al mismo tiempo que siguen recibiendo su requerimiento nutricional diario. Para esto sugiere tres alternativas de alimentación, a saber: ayuno temporal, alimentación a media noche y uso de alimento en partículas pequeñas.

Al evitar la producción de calor por digestión en horas calurosas, cambiando el momento de alimentación para la tarde; se podría comprometer la formación del huevo, que generalmente es puesto en horas de la mañana, por lo que adicionar una enzima al alimento pudiera disminuir el tiempo de digestión y permitir la disponibilidad de los nutrientes más rápidamente para la formación del huevo, y evitar que este cambio de horario afecte el tiempo de formación, la producción, y a la vez mejoren las condiciones del ave para resistir calor.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 1. El estrés Calórico en aves

Las granjas avícolas comerciales en Venezuela se ubican principalmente en zonas con temperaturas ambientales promedio de 30° C, localizándose mayoritariamente en los estados Aragua, Carabobo y Zulia (De Basilio, 2002). Las aves empleadas en estos sistemas poseen un potencial genético superior, lo que las hace más sensibles a un manejo inadecuado, a instalaciones pobres y a las variaciones del medio ambiente.

En condiciones medio ambientales con temperaturas alrededor de 24° C, las aves mantienen su equilibrio con el medio, sin embargo al variar la temperatura, las aves tendrán que compensar dichas variaciones por arriba o por debajo de su zona de confort térmico. El estrés por calor inicia cuando la temperatura ambiente supera los 26.7°C, y se hace muy notable por encima de 29.4°C (Díaz, 2011). A medida que la temperatura corporal del ave aumenta, tienden a disminuir el consumo del alimento, crecimiento, eficiencia de conversión, viabilidad, calidad de la cáscara del huevo y del pollito (Nilipour, 2003; Quiles, 2004; López, 2010).

El ave posee mecanismos para disipar el calor, entre los cuales destacan según Nilipour, (2001); Díaz, (2011) y Holik, (2009):

- **Convección:** Disipar calor al aire libre alrededor del ave, con estrategias como abrir sus alas para aumentar la superficie corporal expuesta al medio ambiente. Esta alternativa es muy difícil para las gallinas que están ubicadas en jaulas con poco espacio para moverse.
- **Radiación:** Perder calor de la piel con el contacto del aire y la ventilación adecuada. Esta ruta será exitosa si las jaulas tienen ventilación bien calculada.

- **Conducción:** Disipar calor con otros objetos como cama o piso. Este método de perder calor es casi imposible cuando las gallinas están en jaulas, ya que carecen de suficiente contacto con superficies de buena conducción de calor.
- **Evaporación:** Al “jadear” las aves de cría emiten vapor de agua mediante la respiración, lo que les permite disminuir su temperatura a través del intercambio de calor a través del tracto respiratorio. Se estima que un gramo de agua pueden disipar por esta vía de 500 a 600 calorías.

El estrés calórico es una de las afecciones más importantes que inciden en la producción avícola en nuestro país, y se clasifica como estrés calórico crónico y agudo. El estrés calórico crónico consiste en aumento moderado de la temperatura ambiental entre 26 y 30°C, por periodos cortos, mientras el agudo consiste en una temperatura ambiental superior a 36°C, o periodos prolongados de estrés crónico (De Basilio, 2002).

## **2. Fisiología de la formación del huevo**

La ovulación tiene lugar 5 a 10 minutos posterior a la última ovoposición otros autores aseguran que entre 15 y 75 minutos (Mehner, 1969 y Hoffman y Volker, 1968), el folículo se rompe en el estigma, debido a la descarga de hormona luteinizante (LH). Seguidamente al llegar el folículo al infundíbulo comienza la incorporación del albumen y de la membrana proceso que dura alrededor de 5 horas, donde el huevo casi formado entra al útero y comienza la hidratación del albumen proceso que dura aproximadamente 6 h, posteriormente comienza la deposición de calcio, que está dividida en dos fases principales, la primera tiene una duración de 5 h y comienzan a formarse los cristales de calcio y la segunda fase comienza alrededor de 10 h posterior a la ovulación y abarca 12 h más, durante este tiempo se deposita el 90% del calcio en la cascara a un ritmo de 180-200 mg de calcio por hora. La pigmentación ocurre en el último proceso de deposición de calcio mediante el depósito de ovoporfirinas y al inicio de la formación de la cutícula, esta última ocurre dos horas después de la pigmentación.

La calidad de la cascara depende de la cantidad de calcio remanente de la molleja presente en el tracto digestivo durante su formación, primero usa el calcio contenido en el tracto que disuelve con abundante secreción de ácido clorhídrico y cuando este es insuficiente se usan las reservas óseas, usando el calcio y excretando el fósforo por vía renal (Manual Isa Brown, 2010)

### **3. Efectos fisiológicos del estrés calórico**

El estrés calórico provoca jadeo y alcalosis respiratoria. La frecuencia respiratoria elevada disminuye el contenido de CO<sub>2</sub> en sangre, elevando el pH sanguíneo, y a la vez se incrementa la pérdida de agua corporal. El riñón elimina bicarbonato para restaurar el pH con una producción de lactato más alta durante el jadeo (Duran, 2011; García, 2006). A medida que ocurre el cambio en el pH de los fluidos corporales, el consumo de alimento se va deprimiendo causando un efecto adverso en el crecimiento, la producción y el desempeño general del ave. Durante las horas calurosas, la pérdida de calor por evaporación se convierte en el método principal por el cual las aves regulan su temperatura corporal, a menos que se ventile adecuadamente, y se tomen otras medidas para reducir el estrés por calor (Díaz, 2011).

Durante el stress térmico la glándula parótida incrementa su tamaño y bajan las reservas medulares del hueso. Este es el mismo proceso que se produce cuando hay una deficiencia en calcio. Al haber concentraciones bajas de calcio y bicarbonato se limita el intercambio iónico en el útero, asimismo la actividad de la anhidrasa carbónica y el flujo sanguíneo están disminuidas, lo que contribuye a reducir la deposición de minerales en la cáscara (García, 2006; Díaz, 2011).

### **4. Efectos del estrés calórico sobre la producción**

Durante la postura, el efecto negativo de las altas temperaturas se refleja principalmente en la baja productividad (López, 2010). Por cada 0,5°C de incremento calórico sobre temperaturas de 25-30°C disminuye 1,5% el consumo de alimento y por encima de 32°C, la disminución por cada 0,5°C, es de 4,6% (Elliot, 2010). En lo relativo al peso del huevo este disminuye aproximadamente en 0.4% por cada 1° C entre 23 y 27 °C. Por encima de 27 ° C la disminución es de aproximadamente 0.8% por cada grado centígrado (López, 2010).

Cuando incrementa la temperatura desde 30 a 38°C, la calidad de la cáscara del huevo disminuye incrementando el porcentaje de huevos rotos. Cerca de 38°C, las aves sólo pueden deshacerse del calor corporal por el jadeo severo que produce alcalosis respiratoria (Holik, 2009). Esta respuesta fisiológica es caracterizada por un aumento de pH de sangre, con una disminución de la concentración de CO<sub>2</sub>, lo cual trastorna el equilibrio ácido-base y produce una disminución

del calcio en sangre y el bicarbonato que es necesario para la producción de cáscaras de huevo fuertes. Aumentando el número de huevos rotos en granjas, trayendo como consecuencia cuantiosas pérdidas económicas.

## **5. Alternativas para combatir el estrés calórico**

En la actualidad existen diversas alternativas para disminuir los riesgos provenientes de los efectos adversos del clima tropical, caracterizado por poseer altas temperaturas ambientales y humedades relativas. Estas alternativas han sido estudiadas en diversos países tropicales y templados, que se ven afectados también pero en la estación de verano. Estas van desde el manejo de las instalaciones donde se busca construir galpones mejor adaptados a las condiciones ambientales, con ambiente controlado y materiales que permitan mantener ventilación adecuada, pasando por el manejo alimentario suministrándole alimento en horas frescas del día, y disminuyendo ingredientes que promuevan el incremento calórico por su digestión (Nilipour, 2001; Quiles y Hevia, 2004; Ortega, 2007).

Holik, (2009) y Elliot (2010), proponen las siguientes alternativas:

Mantener una baja densidad de aves por metro cuadrado, con una relación inversamente proporcional entre densidad y temperatura ambiental, mantener baja la temperatura del agua, ofrecer el alimento específicamente en dos oportunidades al día, en la mañana ofrecerles alrededor de un tercio de la ración diaria y dos tercios al final de la tarde, e incluir aceites vegetales en el alimento, método usado para sustituir las pérdidas de energía por la disminución del consumo de alimento, ya que incrementa el consumo diario, y la inclusión de minerales en el agua de bebida o alimento, para mantener la temperatura corporal.

Existen programas de alimentación donde las gallinas pueden mantener su ritmo de producción alto, en tiempos de elevado estrés térmico ambiental (Díaz, 2011). Estos programas facilitan la disipación del calor del cuerpo, al mismo tiempo que las aves siguen recibiendo su requerimiento nutricional diario durante las horas más frescas del día. En este sentido tenemos:

➤ **Ayuno temporal:** Es aconsejable que las gallinas no tengan alimento en los intestinos y no coman durante las horas más calurosas del día. Esto significa que los comederos deben estar vacíos 1 a 2 h antes del periodo de elevada temperatura, y 1 h después. En algunos lugares donde hay

varios de éstos periodos en el día, las aves no tienen acceso al alimento de 6 a 8 h. Con este método, las aves pueden comer toda la tarde, la noche y la madrugada cumpliendo con 16 a 17 horas de luz.

- Alimentar a media noche: puede ayudar a mantener la producción a cualquier edad de las gallinas, sin interferir con su madurez sexual. Este sistema también mejora la calidad del huevo y el color de la cáscara.
  
- Suplementación con electrolitos y vitaminas: Como las gallinas incrementan la excreción al aumentar la ingesta de agua, pierden vitaminas, especialmente las solubles. Es aconsejable subir 10% más la oferta de vitaminas en el alimento y agregarlas en el agua de bebida (Díaz, 2010). En una investigación realizada por Ajakaiye *et al.*, (2010), se sugiere que las vitaminas antioxidantes aliviaron el efecto negativo del estrés calórico en gallinas ponedoras ya que intensificaron el suplemento y/o la estabilidad de los electrolitos de plasma.
  
- La adición de grasa en la dieta no solo está asociada con el incremento calórico, sino también con una mejora en la palatabilidad del alimento, además de ayudar a la reducción del estrés calórico del ave. Otros efectos positivos asociados al uso de grasas son el mejoramiento de la eficiencia alimentaria, al incremento del peso de huevo, así como la mejor absorción de vitaminas (A y D). Gran parte de los aminoácidos dietarios se usan directamente en la producción del huevo, por lo tanto, los requerimientos de aminoácidos durante la producción deben ser cubiertos y adaptados con precisión al consumo real del ave (López, 2010).

## **6. Generalidades de las enzimas**

Las enzimas son catalizadores biológicos constituidos por proteínas y otras sustancias semejantes a las vitaminas y minerales, que hacen posible las diferentes reacciones químicas de los procesos metabólicos de la digestión y el metabolismo animal (Quintero, 1995). Las enzimas presentes en los alimentos balanceados para animales pueden derivar de diversas fuentes, principalmente de la fermentación bacteriana y micótica (Torero, 2005).

La suplementación con complejos enzimáticos de fermentación en estado sólido permite incrementar los niveles de uso y revaloriza el valor nutritivo de aquellos alimentos ricos en polisacáridos no amiláceos y metabolitos secundarios (Desgranges *et al.*, 1991).

El uso de enzimas digestivas exógenas en la ración se justifica cuando la capacidad de digestión del animal es limitada, como es el caso de los animales jóvenes, enfermos o bajo estrés; en altos niveles de producción donde se necesita mejorar el uso del alimento y el rendimiento animal, y cuando existe una deficiencia de una enzima específica para la digestión de un nutriente (Quintero, 1995).

El papel catalítico de las enzimas depende de diversos factores, como la concentración del sustrato y de la enzima y el medio ambiente en que habrá de ocurrir la reacción. La temperatura, el pH, el contenido de humedad y la presencia de coenzimas e inhibidores son algunos de los factores más importantes a considerar (Classen, 2010) Por lo que el uso de enzimas para la reducción de los niveles de nutrientes es común debido a la viabilidad económica de las formulaciones, con la expectativa de mantener el rendimiento de la dieta, y la reducción del costo por unidad de ganancia, y por lo tanto el costo final (Goncalves, 2011).

Algunos investigadores han considerado interesante el campo de investigación en el rubro de ponedoras, sustentadas por investigaciones, especialmente basadas en trigo y cebada (Mojica, 1997), estas demuestran significativas ventajas al usar xilanasas y betaglucanasas, mejorando el valor de estos granos. En el mismo sentido, trabajos realizados con pollos de engorde (Jiménez, 2009; Núñez, 2011), en donde han adicionado un complejo enzimático de fermentación en estado sólido (FES) con el objeto de romper la estructura molecular de los polisacáridos no amiláceos (PNA) que contienen las materias primas utilizadas en Venezuela

En otros estudios se realizaron pruebas en gallinas Hy Line, probando el efecto de la enzima multcarbhidrasa sobre la producción de huevos, dando como resultados incremento desde 78 a 80,9 % ( $P < 0.01$ ) y una disminución en la conversión alimenticia desde 2.15 a 2.03 ( $P < 0.01$ ). (Jia *et al.*, 2005) Se han probado enzimas en dietas de ponedoras con base en maíz (Pérez, 1999), que amplían su uso y abren espacios muy importantes, al tratarse del ingrediente de mayor utilización en la avicultura.

Sobre la base de la información presentada y las pruebas científicas disponibles, la producción de huevos de consumo es de vital importancia en nuestro país, y como tal se debe hacer hincapié en las dificultades causadas por el estrés calórico. En Venezuela no se conocen experiencias en cambio de horario de alimentación y uso de enzimas exógenas en gallinas

ponedoras como alternativa de manejo alimentario para disminuir los problemas anteriormente referidos, por tal motivo se han planteado los siguientes objetivos:

### **7. Objetivo general**

Evaluar el efecto del cambio de hora de alimentación y la adición de enzimas en el alimento sobre variables productivas, fisiológicas y calidad del huevo en gallinas ponedoras comerciales en condiciones calurosas.

### **8. Objetivos específicos**

1. Constatar algunas condiciones climáticas (precipitación, humedad relativa) presentes durante el tiempo de experimentación
2. Medir el efecto de los tratamientos sobre variables productivas; peso vivo, consumo de alimento producción de huevos y conversión de alimento.
3. Evaluar la calidad del huevo interna y externa de las gallinas bajo tratamiento.
4. Determinar los efectos de los tratamientos sobre variables fisiológicas; nivel de hiperventilación, temperatura corporal, frecuencia cardiaca, gasto cardiaco, calcio y fosforo sanguíneo.

## **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **1. Ubicación**

El experimento se realizó en las instalaciones de la Sección-Laboratorio de Aves de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, ubicada en Maracay, estado Aragua, a 10° 17' 5" N y 64° 13' 28" O, 480 m.s.n.m, temperatura media de 25 °C y una humedad relativa de 75% (INIA, 2010). Se llevó a cabo entre los meses mayo y julio del año 2013, meses donde inicia el periodo lluvioso.

### **2. Descripción de los tratamientos y Diseño del Experimento**

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con un arreglo factorial 2x2, lo cual constituyen dos momentos de alimentación (alimentación tradicional en la mañana 8:00 h y alimentación en la tarde 16:00 h) y con o sin adición a la ración de un complejo enzimático (CE) adicionado (sin reformulación), resultando en:

**T1:** Testigo (alimento comercial suministrado a las 8:00 h de la mañana)

**T2:** T1 + CE

**T3:** Restringido (suministro de alimento comercial de 16:00 a 10:00 h)

**T4:** T3 + CE

Se contó con 12 unidades experimentales por tratamiento, cada una constituida por dos gallinas.

### **3. Instalaciones y equipos**

Se contó con un galpón tipo californiano de 100 m<sup>2</sup>, (4 m de ancho x 25 de largo), con hilera de jaulas convencionales a cada lado del galpón a 1.2 m del suelo, cada jaula poseía dimensiones de 45 cm de profundidad por 30 cm de ancho y 40 cm de altura. En cada una se dispuso un comedero individual con capacidad de 500 gr y un bebedero tipo copita de color amarillo con dos (2) gallinas cada una. El galpón consta de un tanque aéreo de cemento de 1000 l de capacidad, lo que permitió un suministro constante de agua. En el inicio de la fase preliminar el agua fue clorada con una pastilla de acuerdo a las indicaciones del producto.

Las variables ambientales fueron cuantificadas cada quince (15) minutos la temperatura interna del galpón en grados centígrados y la humedad relativa en porcentaje; igualmente se registró en estación meteorológica en la sección de aves la temperatura ambiental en grados Celsius, humedad relativa en porcentaje, precipitación en mm. No fue suministrado ningún tipo de iluminación adicional a la natural.

### **4. Animales y manejo**

Se utilizaron 96 pollonas de la línea Isa Brown, con 20 semanas de edad, peso vivo entre 1305 - 1590 g, con lo cual se logró que todas las unidades experimentales obtuvieran una distribución normal de los pesos, para un periodo de adaptación a las instalaciones de dos semanas. No hubo estimulación lumínica debido a problemas con el servicio eléctrico. El estudio se dividió en tres fases de toma de muestras, basándonos en estudios anteriores que estiman una correcta evaluación de variables con ponedoras de 28 días que permiten apreciar diferencias en cuanto a ciclos de postura aplicándoles algún nivel de manejo, y dos periodos basándose en las TA y HR del día.

Fase 1: 1 - 28 días de la experiencia (22-26 semana de vida)

Fase 2: 29 – 56 días de la experiencia (27-30 semana de vida)

Fase 3: 57 – 84 días de la experiencia (31-34 semana de vida)

Y dentro del día se establecieron periodos, para identificar las horas de mayor calor del día:

Periodo fresco (PF) de 16:00 h- 10:00 h

Periodo caluroso (PC) de. 10:00 h- 16:00 h.

Se realizaron pruebas preliminares que permitieron establecer la adecuada metodología para la toma de muestras durante el ensayo, ya que algunos métodos de medición no están bien definidos para gallinas ponedoras en trabajos anteriores. En estas pruebas preliminares encontramos.

## **5. Manejo alimenticio**

### 5.1 Alimentación pre experimental

Durante la etapa de adaptación se le suministró alimento prepostura en harina, preparado en la planta de alimentos ubicada en el Laboratorio Sección de Aves de la Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela, basándose en las necesidades nutricionales para gallinas ponedoras en prepostura de la línea comercial usado. Suministrando el alimento en horas de la mañana.

La ración durante esta fase fue de 90 gr por día, basando la cantidad de ración al manual alimenticio de la línea comercial, así mismo se estableció para el correcto control de la ración el uso de bolsas plásticas de 500 g de capacidad, pesando los gramos de alimento correspondientes al día y a la jaula.

### 5.2. Alimentación en la fase experimental

El alimento se formuló de acuerdo a las necesidades nutricionales indicadas en el manual de manejo de Isa Brown, (2010) y se suministró 105 g/día para la fase de inicio de postura. En el Cuadro 1 y 2, se observa el porcentaje de inclusión de las materias primas usadas y el análisis calculado de nutrientes.

**Cuadro 1.** Porcentaje de inclusión de materias primas para el alimento de postura

<b>Ingredientes</b>	<b>Porcentaje de inclusión en la dieta</b>
Harina de maíz Amarillo molido	53,171
Harina de torta de Soya 46%	28,842
Calcio 38% Grueso	4,5
Carbonato de calcio 38% fino	4,411
Salvado de trigo	3,883
Aceite de soya	2,397
Fosfato monocalcico	1,437
Premezcla de vitaminas postura**	0,500
Sal común	0,370
DL_Metionina 99%	0,185
Absorbente de micotoxinas*	0,100
Pigmento 30 G/K	0,100
Cloruro de sodio	0,060
Bicarbonato de sodio	0,045
Total	100,00
Enzima exógena ( 150g/ton SSF)	0,015°°

\*Absorbente de micotoxinas: producto para contrarrestar efecto de micotoxinas del alimento. \*\*Premezcla de vitaminas y minerales contiene: vit. A (3.060 UI), Vit. D3(900 UI), Vit. E (7.560 UI), Vitamina K (7.29 UI), Ac. Ni. (10.000 mg), pantotemato de Calcio (3600 mg), riboflavina (2.158 mg), vitamina B12 (5.04 mg), ac. Fólico (288 mg), tiamina (612 mg), piridoxina (1008 mg). °°Solo T2 y T4.

**Cuadro 2.** Análisis calculado de nutrientes

<b>Nutrientes</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Fabricación</b>
EM Aves	MC/KG	2.750	2.750
Proteína T	%	18.521	18.521
Fibra	%	10.321	10.321
Fosforo	%	0.669	0.669
Calcio	%	3.900	3.900
Grasa	%	4.739	4.739

### 5.3 Análisis bromatológico del alimento

Las determinaciones fueron realizadas a través de métodos normalizados aprobados por la AOAC (2000). Los valores expresados en base seca a 105°C. (Cuadro 3)

**Cuadro 3.** Análisis bromatológico del alimento

<b>Matera seca</b>	<b>Hum.</b>	<b>Ceniza</b>	<b>Proteína cruda</b>	<b>Fibra cruda</b>	<b>Extracto etéreo</b>
89,60	10,40	12,09	15,36	3,21	0,99

Para controlar adecuadamente la distribución de alimento por unidades experimentales (UE), se pesó el alimento por día, de esta forma se garantizó el suministro exacto de la ración diaria. Para los tratamientos 1 y 2, el suministro de alimento se realizó una vez al día a las 8:00 h y el residuo se recogió y pesó a las 8:00 h del día siguiente, descartándolo posteriormente.

Se adicionó a la dieta (Cuadro 1) para los tratamientos 2 y 4, un CE generado a partir de fermentación en estado sólido (SSF), a razón de 150 g/ ton de alimento. La composición del complejo enzimático reportada por el fabricante es:  $\alpha$ -amilasa (min 30 FAU/g),  $\beta$ -glucanasa (min 200 BGU/g), celulasa (min 40 CMCU/g), pectinasa (min 4000 AJDU/g), fitasa (min 300 PU/g), proteasa (Min 700 HUT/g) y xilanasas (min 100XU/g).

Se restringió el alimento a los tratamientos 3 y 4 durante las horas más calurosas del día, retirándoles el residuo de alimento a las 10:00 h, se procedía a pesar ese contenido de alimento del día anterior, y a partir de ese momento las unidades experimentales quedaban sin ningún tipo de alimentación, con continua distribución de agua. A las 16:00 h se distribuía la ración diaria (210 g/UE), basándonos en la recomendación del manual (105 g/ave). Los tratamientos testigos (T1 y T2) poseían 12 h de oferta continua de alimento y los tratamientos restringidos poseían seis horas continuas de oferta de alimento, tomando en cuenta que no existió estimulación lumínica que les permitiera ampliar dicho tiempo.

## 6. Variables evaluadas durante la fase experimental

**6.1. Variables ambientales:** la temperatura ambiental (TA), humedad relativa (HR) y precipitación fueron medidas mediante una estación meteorológica ubicada en el exterior del galpón, y otra estación en el interior del galpón con un equipo marca Testo modelo 175-H2, ambas estaciones conectadas a un sensor automático, que obtenían mediciones cada quince minutos de temperatura y humedad relativa.

### 6.2. Variables productivas

- **Peso vivo (PV):** Las gallinas se pesaron individualmente al inicio y final de cada fase de medición (cada 28 días) y se tomó el peso vivo de una gallina por unidad experimental la cual se identificó mediante la coloración de la cresta para pesarla quincenalmente como estimación de variación de peso. Los pesos se realizaron en la mañana entre 8:00- 9:00 h, con una balanza electrónica marca AND modelo FW-31K con capacidad de 31 kg y apreciación de 0,01 kg.
- **Consumo de alimento:** se cuantificó por diferencia entre alimento ofrecido (recomendado por el manual Isa Brown) y el residuo, que fue retirado a las 10:00 h para T3 y T4 y las 8:00 h para T1 y T2 de todos los días, mediante una bolsa identificada individualmente por unidad experimental y pesada inmediatamente después de su recolección mediante el uso de una balanza marca KERN modelo EMB 2200-0, con capacidad de 2200 g y apreciación de 1g.
- **Producción de huevos:** se registró diariamente en una planilla con la identificación de cada unidad experimental de cada tratamiento, haciendo dos recolectas de huevos, a las 9:00 h y a las 16:30 h.
- **Conversión de alimento:** se estimó por fase, tomando en cuenta el alimento ofrecido y el número de huevos obtenidos en cada fase experimental.
- **Calidad de huevo:** se recolectó los huevos producidos los últimos tres días de cada fase, identificando con lápiz de grafito en la cáscara del huevo, el día de recolección, el tratamiento, número de repetición y la hora de recolección. El último día de cada fase de estudio, se

realizaron las pruebas de calidad; seleccionando tres (3) huevos por replica, escogiendo un huevo por día de recolección. En total se analizaron 144 huevos por cada fase de experimentación. Las pruebas consistieron en calidad externa e interna (Coult y Wilson, 1990), como:

- **Peso del huevo:** se pesó el huevo entero, con una balanza KERN modelo EMB2200-0, con capacidad de 2200 g y precisión de 1 g.
- **Altura de yema:** se midió con un micrómetro de vernier de trípode marca Ames con una apreciación de 1mm, se procedió a colocar el trípode sobre el huevo y con cuidado de no romper la yema se bajó el tornillo del micrómetro hasta hacer contacto levemente con la yema, se procedió a leer y anotar la medida.
- **Altura de clara densa:** se midió de igual forma que el ítem anterior, con la diferencia de evaluar la parte más espesa de la clara del huevo, en un punto medio próximo a la yema.
- **Color de la yema:** se usó el abanico colorímetro de Roche, el cual clasifica la coloración asignándole un valor en la escala comprendida entre 1 hasta el 15, siendo el mayor valor la coloración más intensa.
- **Unidades Haugh:** se determinó mediante una fórmula (Mehner, 1969), siendo la calidad de huevo mayor cuando el valor esté más próximo a 100.

$$UH = 100 \times \text{Log} (H + 7,57 - 1,7 \times W^{0,37})$$

Dónde: H= altura de la clara densa (mm) W= Peso del huevo (g)

- **Peso de la cáscara:** se realizó un día después de las otras variables, una vez que la parte líquida del huevo se secura sobre la superficie interna de la cáscara, se procedió a pesar la cáscara completa en una balanza marca KERN modelo EMB 2200-0, con capacidad de 2200 g y apreciación de 1 g.
- **Grosor de cáscara:** se realizó junto a peso de cáscara mediante el uso de un medidor del espesor de la cáscara de huevo marca Ames de sensibilidad: 0,001pulgadas. Se tomó en tres lugares de la cáscara y se realizó un promedio, tal como lo especifica la metodología del instrumento.

- **Centrado de yema:** por simple observación se evaluó la ubicación de la yema con respecto a los demás partes del huevo, considerando que las yemas equidistantes a los extremos de la clara densa era considerada como centrada.
- **Presencia de manchas:** por observación se cuantificó los huevos que presentaban coloraciones atípicas, como presencia de sangre y presencia de carne.

### 6.3. Variables fisiológicas

- **Temperatura corporal:** se midió cada 15 días a un animal identificado de las primeras cinco unidades experimentales de cada tratamiento. El instrumento usado fue un termómetro marca Testo® 110 con precisión de 0,5°C y una amplitud de medición de hasta 60°C, y el método usado en esta determinación fue la colocación del termómetro sobre la piel debajo del ala derecha, siendo esta temperatura aproximadamente 1°C menor que la temperatura rectal.
- **Frecuencia cardíaca (FC) y gasto cardíaco (GC):** se realizó cada 15 días con el apoyo del MV. Tony Chacón, usando un ultrasonido (eco cardiógrafo) Logic Book XP GE con transductor micro-convex de 4 a 10 MHz. Se colocó el transductor a una distancia de 1 a 2 cm a la línea media ventral, por delante de la articulación de la rodilla, del lado izquierdo del animal. Se requirió dos ciclos cardiacos para calcular la frecuencia. Para la realización de esta medida se requiere un desplume del ave en la región ventral (Belisario, 2010). El gasto cardíaco se presenta en función de la frecuencia cardíaca y de los volúmenes sistólico y diastólico, para cuyo cálculo se empleó la fórmula siguiente:

$$GC = FC \text{ (latidos/minuto)} * VE \text{ (ml)}$$

$$VE = EDV - ESV$$

Dónde:

FC: frecuencia cardíaca expresada en latidos por minuto

VE: volumen de eyección de sangre expresado en ml

EDV: Volumen diastólico final

ESV: volumen sistólico final

- **Variables sanguíneas:** se realizaron las tomas de la vena metatarciana, seis muestras antes de iniciar la alimentación por tratamientos y de las primero cinco unidades experimentales de cada tratamiento, al finalizar el ensayo, se usó jeringas estériles y se usó como anticoagulante ácido etilendiamino tetra acético (EDTA), trasladándose al laboratorio de patología clínica de la Facultad de Ciencias Veterinarias en la Universidad Central de Venezuela. Con lo cual se estableció los valores de calcio mediante una reacción con Cresolftaleina complezona para formar un complejo colorimétrico que fue medido fotométricamente a  $575 \pm 5\text{nm}$ , por el método CPC Complexometrico. Para la determinación del fosforo se usó un método colorimétricamente a través de su reacción con los iones molibdato formando un complejo fosfomolibdato que posteriormente es reducido para formar un complejo azul de molibdeno. La intensidad del color azul formado es directamente proporcional a la concentración de fosforo en la muestra.

## 7. Análisis estadístico de los resultados

Los datos se analizaron mediante el programa estadístico Stat View, previa aplicación de estadística básica descriptiva para obtener las medias y las desviaciones estándar de los datos. Se realizaron análisis de varianza (ANAVAR), con un diseño aleatorizado y un con arreglo factorial y se procedió a realizar prueba de medias específicamente la prueba de Fisher. A los fines de verificar el desempeño de los datos en cuanto a la estadística, se realizaron análisis de ANAVAR en medidas repetidas y análisis multivariados, para producción de huevos y en vista que los resultados eran similares se reportaron solo los valores de ANAVAR en los cuadros de resultados. Además, se realizó pruebas multivariadas de comparación para las variables de calidad de huevos con el programa estadístico PAST 4.0.

El modelo estadístico a usar es el siguiente

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Observación perteneciente al i-ésimo momento de alimentación y j-ésimo presencia de la enzima

$\mu$  = media general.

$\alpha_1$  = Efecto del i-ésimo tipo de alimentación

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo de la adición de la enzima

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción de primer orden del momento de alimentación por la presencia del CE

$\epsilon_{ij}$ = error experimental del i-ésimo nivel, j-ésimo nivel.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

##### 1. Variables ambientales

###### 1.1 Ambiente externo al galpón

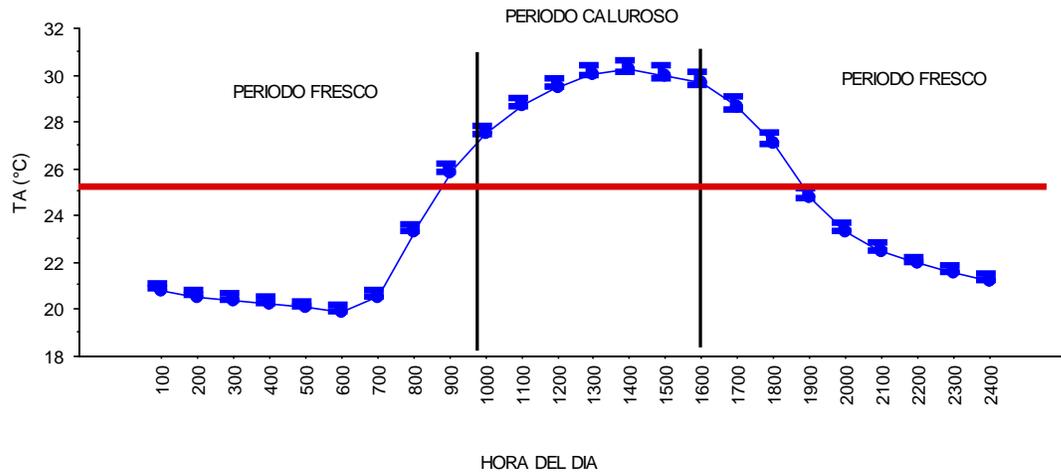
Hubo diferencias leves en cuanto a TA y HR en el exterior del galpón, donde, la fase 1 se caracterizó por tener TA promedios de  $24,8 \pm 4^\circ\text{C}$  y HR de  $76,4 \pm 20\%$ ; la fase 2 con promedios de TA de  $24,6 \pm 4^\circ\text{C}$  y HR de  $76 \pm 20\%$ ; siendo la fase 3 con menor TA, presentando promedio  $24,1 \pm 4^\circ\text{C}$  y HR de  $79 \pm 20\%$ . (Cuadro 3)

**Cuadro 4.** Temperatura ambiental ( $^\circ\text{C}$ ) y humedad relativa (%) exterior promedios por fases de muestreo (1: 2-28días; 2: 29-56días y 3: 57-84días)

Periodo		Temperatura ambiental	Humedad relativa
	Promedio	$24,8 \pm 3$	$76,4 \pm 20$
1	Maximo	32,6	99
	Minimo	18,8	34
	Promedio	$24,6 \pm 4$	$76 \pm 20$
2	Maximo	32,4	99
	Minimo	17,4	26
	Promedio	$24,1 \pm 4$	$79 \pm 20$
3	Maximo	32,8	99
	Minimo	17,9	29

Las variables ambientales tienen importancia de acuerdo a su efecto negativo vinculado con la productividad de las gallinas ponedoras en nuestro país. El promedio de las temperaturas durante el día de todas las medidas fuera del galpón (Figura 1) están por encima de la zona de neutralidad térmica del ave, que para gallinas ponedoras está entre  $12$  y  $24^\circ\text{C}$  de acuerdo a Quiles y Hevia, (2004). Para el ensayo se establecieron dos períodos durante el día, donde el período fresco (PF) se

caracteriza con temperaturas mínimas de 19,9°C y máxima de 28,6 °C y período caluroso (PC) con temperaturas mínima de 27,5°C y máxima de 30,2°C. Durante el PF, solo algunas horas de la mañana (6:00 y 7:00 h) estuvieron dentro de la neutralidad térmica, mientras que en el PC solo en días particulares la temperatura descendió hasta la termoneutralidad.



**Figura 1.** Temperatura ambiental (TA) exterior promedio por hora medida durante todo el ensayo

Se destaca en el PF una humedad relativa (HR) muy alta alrededor del 100% principalmente en horas de la mañana y noche posiblemente debido al periodo lluvioso donde se realizó la experiencia (mayo, junio y julio) con mínimas de 35 % en días excepcionales, y en el PC con HR alrededor del 50% con mínimas de 26% y máxima de 98% en días particulares (Figura 2). Es posible identificar que hay fluctuaciones grandes en el transcurso del día, en ambos casos afectando el microambiente dentro del galpón y a su vez el estado de confort de los animales.



**Figura 2.** Humedad relativa (HR) exterior promedio para un día

En relación a la precipitación, siendo la fase 3 con mayor cantidad de agua precipitado con un promedio de  $0,25 \pm 2$  mm, comparándolo con las fases 1 y 2 con un promedio de precipitación de  $0,1 \pm 0,84$  y  $0,1 \pm 0,82$  mm respectivamente. Infiriendo que la mayor precipitación de esta fase afectó el incremento de humedad relativa. En tanto se destaca que existe poca variación para los datos climáticos por periodo lo que hace justificable el promedio de los datos por hora.

## 1.2 Ambiente interno del galpón

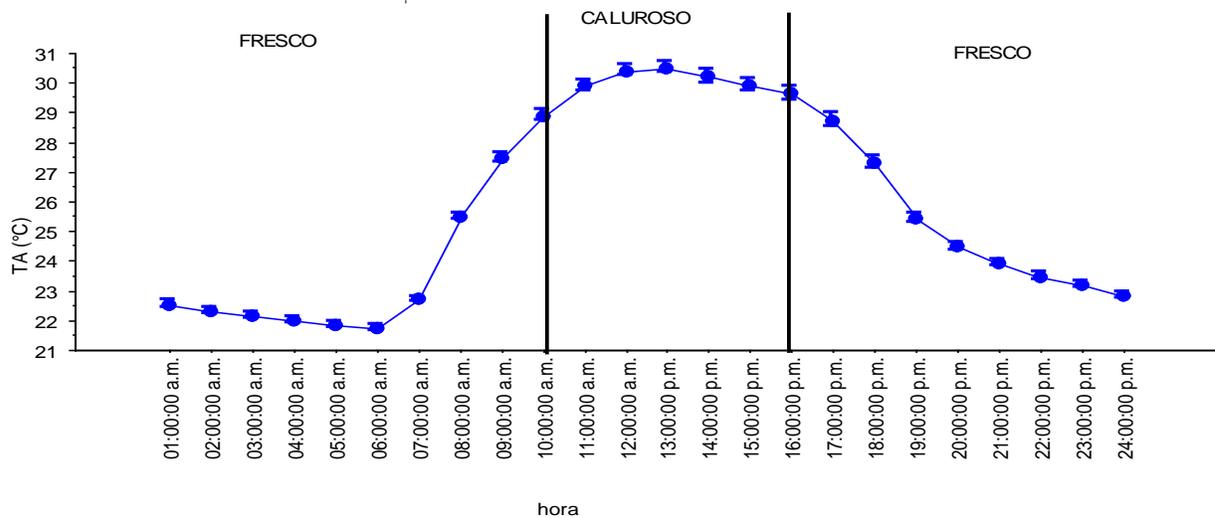
La TA dentro del galpón posee alrededor de  $2^\circ$  C superior a la TA externa, siendo así por el microambiente creado naturalmente por la presencia de los animales; para cada fase experimental existieron algunas variaciones, donde la fase 1 presentó la mayor HR y mayor TA; la fase 3 obtuvo la menor TA y una HR, como se observa en el Cuadro 5.

**Cuadro 5.** Temperatura ambiental ( $^\circ$ C) y humedad relativa (%) promedios por fases de muestreo (1: 2-28días; 2: 29-56días y 3: 57-84días) dentro del galpon.

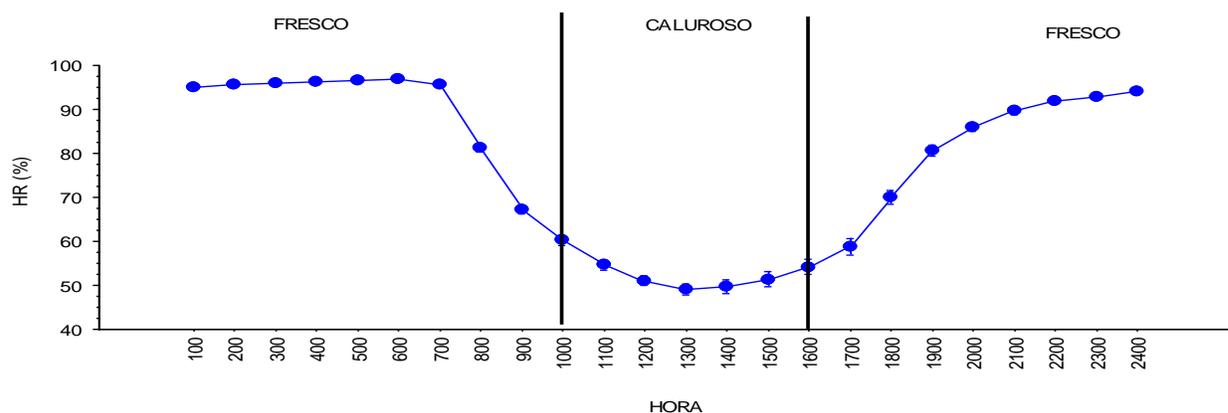
Periodo		Temperatura ambiental	Humedad relativa
	Promedio	$26 \pm 3$	$89,6 \pm 12$
1	Maximo	33,5	100
	Minimo	20,4	52
	Promedio	$25,8 \pm 3$	$86,3 \pm 14$
2	Maximo	32,6	100
	Minimo	19,5	52
	Promedio	$25,2 \pm 3$	$88,8 \pm 14$
3	Maximo	32,7	100
	Minimo	20	45

Las condiciones ambientales internas del galpón (microambiente) se modifican de acuerdo a las variaciones climáticas, además de algunas eventualidades internas como botes de agua, excretas húmedas; estas son las que afectan directamente la respuesta animal por tal razón en la

Figura 3 y 4, se observan las TA y HR en PF (16:00 h-10:00H) y PC (10:00 h-16:00h), donde el PF con TA mínima de  $19,5 \pm 1^\circ\text{C}$  y máxima de  $31,3 \pm 2^\circ\text{C}$ , no siendo así para las HR que llegan a alcanzar el 99,9%; durante PC la TA mínima fue de  $22,6 \pm 2^\circ\text{C}$  y máxima  $33,5 \pm 2^\circ\text{C}$ , teniendo humedad relativa de  $45 \pm 10\%$ , alejándose notablemente de las variables climáticas para el confort animal.



**Figura 3.** Temperatura ambiental (TA) dentro del galpón promedio para cada hora durante el día



**Figura 4.** Humedad relativa (HR) dentro del galpón promedio para cada hora durante el día

Aunque es notable que las condiciones climáticas están fuera de las condiciones óptimas de confort para gallinas ponedoras durante algunos momentos del día, con alrededor de 2°C por encima de la temperatura ideal, no hubo presencia de síntomas de estrés calórico agudo, existiendo solo algunos momentos de hiperventilación.

## **2. Consumo de alimento**

El consumo de alimento, no obtuvo diferencias estadísticas entre tratamientos para las tres fases experimentales (2-84 días), Cuadro 6, consumiendo para el total de 84 días experimentales T1: 8384 ± 233 g, T2: 8442 ± 203g, T3:8416 ± 170 g, T4:8291 ± 270 g, que equivalen a T1= 102,24 g/ave/día, T2=102,95 g/ ave/día; T3= 102,63 g/ ave/día y T4= 101,10 g/ave/día. Resultados similares obtuvieron Cufadar *et al.*, (2009) y Narasimba *et al.*, (2013) donde no observaron diferencias en el consumo de alimento para gallinas con dietas a base de maíz y soya y diferente inclusión de enzimas pero si en cuanto a la cantidad de alimento consumido por ave/día; donde el promedio fue 107,6 ± 2 g.

Las aves de los tratamientos restringidos fueron expuestas al alimento durante 18 h al día, iniciando en horas de la tarde la fase de alimentación, a diferencia de los tratamientos testigos que tenían una exposición de 24 horas iniciando la fase de alimentación en horas de la mañana (sin iluminación artificial), lo que sugiere que los animales de los tratamientos restringidos se adaptaron a la menor exposición del alimento y lograron consumir la cantidad de alimento para cubrir los requerimientos para la producción de huevos.

En el manual de manejo general de la línea comercial asegura que la ovulación ocurre 5 a 10 minutos después de la última ovoposición y que la formación de la cáscara ocurre 5 h después de la ovulación teniendo una extensión de 17 h aproximadamente dentro del útero. Etapa en la cual es estrictamente necesario tener disponibles los componentes cálcicos de la dieta para evitar el uso de las reservas corporales del hueso y obtener mejor calidad de cáscara, obteniéndose principalmente en los tratamientos restringidos por poseer accesibles dichos nutrientes en horas de la tarde-noche, debido a la duración de los procesos digestivos.

**Cuadro 6.** Consumo de alimento (g/ave) por tratamiento durante las tres fases experimentales.

Consumo de alimento*				
Tratamientos <sup>1</sup>	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Total (1-84 d)
T1	2635	2861 <sup>a</sup>	2887	8384
T2	2680	2875 <sup>a</sup>	2886	8442
T3	2643	2875 <sup>a</sup>	2897	8416
T4	2608	2793 <sup>b</sup>	2888	8291
DS	138	48	39	219
Factor <sup>2</sup>	Probabilidad			
MA	NS	NS	NS	NS
PE	NS	NS	NS	NS
T*E	NS	0,02	NS	NS

Valores expresados como la media. DS: desviación estándar

<sup>1</sup>Tratamientos: Testigo (T1), Testigo+ CE (T2), Restringido (T3) y Restringido+ CE (T4)

<sup>a,b</sup> letras distintas en una misma columna diferencias estadísticas. NS: No significativo

<sup>2</sup>Momento de alimentación (MA), Presencia de enzimas (PE) y su interacción (T\*E)

Por otra parte la tendencia numérica de la baja en consumo en el T4 se debe a que para la fase experimental 2, hubo diferencias estadísticas ( $P=0,02$ ) para los tratamientos testigos y restringido sin CE exponiéndose que los animales que consumieron menos alimento fueron los del T4 con un consumo de  $2793 \pm 123$ g equivalentes a  $99,75$ g/ave/día para la segunda fase de experimentación y el consumo de los demás fue T1:  $2797 \pm 105$ g, T2: $2801 \pm 79$ g, T3: $2823 \pm 190$ g. Todos los tratamientos consumieron menos de  $103$  g/ave/día, dejando como residuo en promedio alrededor de  $2$ g de alimento. Lo que puede exponer que los animales de todos los tratamientos pudieron haber presentado menor consumo de alimento por presencia de estrés calórico, como lo reportado por Kilic y Simsek, (2013) donde compararon características productivas en cuanto a porcentaje de postura y calidad de huevo en gallinas ponedoras bajo condiciones adversas de temperatura y humedad relativas y demostraron que existen importantes diferencias en cuanto a consumo de alimento en condiciones ambientales adversas obteniendo  $17$  g/ave/día de diferencia entre condiciones ambientales que oscilaban entre  $33$  °C de TA y  $58\%$  de HR y TA de  $28$ °C y  $33\%$  de HR Igualmente Deng *et al.*, (2012) aseguran que doce días bajo condiciones de estrés pueden causar una disminución de  $28,58$  g alimento/ave.

Las aves de los tratamientos restringidos (T3 y T4) presentaron un mayor aprovechamiento en cuanto al consumo, ya que estas aves consumieron similares cantidades de alimento a las aves no restringidas (T1 y T2) con menor tiempo disponible para su consumo, ya que tenían la limitante de horas luz. Es decir estos animales solo tenían la luz natural del final de la tarde y las horas luz de la mañana hasta las 10:00 h cuando se les retiraba el alimento, a diferencia de las aves de los tratamientos testigo que poseían desde las 8:00 h hasta la culminación del día.

### **3. Peso vivo**

Se presentan diferencias estadísticas solo para el inicio de la fase 2 en la interacción momento de alimentación y presencia de enzimas. Para la medición de PV al final de la fase 3, hay diferencia altamente significativa ( $P=0,0001$ ) de acuerdo al tipo de tratamiento, es decir, que los tratamientos restringidos (T3 y T4), poseen en promedio 105 g de peso corporal más que los animales sin restricción (T1 y T2). (Cuadro 7). No siendo similar a los resultados de Gálik y Horniaková, (2010) donde el peso de las gallinas en promedio fue de 1857g para las mismas condiciones fisiológicas, aunque, todos los tratamientos poseían un PV dentro de los rangos recomendados por el Manual Isa Brown (2010), el cual indica que el 5% de postura las gallinas deben tener entre 1250 – 1300 g consecuentemente haber un incremento de al menos 300 g hasta el pico de postura. Exceptuando la última medición donde hubo una disminución de peso por los tratamientos 1 y 2.

**Cuadro 7.** Peso vivo (g) promedio por tratamiento durante cada una de las mediciones del experimento

Peso vivo*					
Tratamientos <sup>1</sup>	Pre-exp	Fase 1	Fase 2	Fase 3	PV final
T1	1551,8	1598,7	1736,8	1740,2	1656,6
T2	1560,6	1598,7	1725,7	1753,3	1663,7
T3	1589,5	1616,2	1697,2	1730,2	1755,9
T4	1588,8	1623,7	1768,4	1758,8	1776,5
DS	57	65	63	69	62
Factor <sup>2</sup>	Probabilidad				
MA	NS	NS	NS	NS	0,0001
PE	NS	NS	NS	NS	NS
TxE	NS	NS	0,03	NS	NS

\*Valores expresados como la media. DS: desviación estándar. NS: No significativo

<sup>1</sup>Tratamientos: Testigo (T1), Testigo+ CE (T2), Restringido(T3) y Restringido+ CE (T4)

<sup>2</sup>Momento de alimentación (MA), Presencia de enzimas (PE) y su interacción (T\*E)

#### 4. Producción de huevos

En cuanto a la producción obtuvo un aumento progresivo en el inicio de la primera fase experimental, ya que las gallinas estaban iniciando el periodo de postura, al separar la producción por horas de recolección de huevos se consiguió que en horas de la mañana se recolectaron el 80% de la postura y en la tarde solo el 20 % para todas las fases experimentales sin diferencias estadísticas entre tratamientos. Se esperaba que con el cambio de hora de alimentación la hora de puesta se modificara, dicha variación no se observó durante el experimento.

La producción de huevos en porcentaje promedio de toda la fase experimental (1-84 días) para cada tratamiento no presentó diferencias estadísticas ( $P > 0,05$ ) en (Cuadro 8), sin embargo el testigo con enzima (T2) obtuvo un promedio de postura de  $88 \pm 7,4$  %, seguido por el tratamiento restringido sin CE (T3) con  $86,2 \pm 6,4$  % de postura. Se observó que en la fase experimental 1, hubo diferencias estadísticas ( $P = 0,04$ ) para momento de alimentación y presencia de CE, no existiendo diferencias en las posteriores fases de medición. De acuerdo a la tabla de producción de Isa Brown, (2010) el porcentaje de postura debe estar alrededor de 84a 95% para las semanas de la 22 a 34 de

vida, refiriendo que la postura de las gallinas experimentales estuvo dentro del porcentaje establecido como adecuado por el manual de la línea comercial.

Por otra parte, kilic y Simsek, (2013) demostraron que a mayor TA y HR existe una disminución del consumo de alimento y de la producción de huevos, llegando a ser para ese caso de hasta 24 % menos postura en la condición más extrema con rangos productivos que van desde 68% a 95% de postura al día, para la peor y mejor condición ambiental respectivamente, con un promedio de producción de  $84,3 \pm 6$  % en condiciones ambientales similares.

No se presentó diferencias estadísticas ( $P>0,05$ ) en los tratamientos con CE, resultados similares encontraron Narasimba *et al.*, (2013) donde no obtuvieron diferencias estadísticas para producción de huevos en alimento con CE, la desviación estándar permite que diferencias de hasta 7,9% no sean significativas, lo que demuestra que los efectos individuales son muy importantes.

**Cuadro 8.** Producción de huevos (unidades/UE) por tratamiento separados por fase experimental y producción total (%) para todas las fases productivas

Producción de huevos*				
Tratamientos <sup>1</sup>	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Producción total
T1	34,5	50,6	51,4	81,3
T2	41,6	53,5	52,7	88
T3	42	52,4	50,5	86,2
T4	36,2	52,8	52	83,9
DS	10	2	3	8
Factor <sup>2</sup>	Probabilidad			
MA	NS	NS	NS	NS
PE	NS	NS	NS	NS
T*E	0,047	NS	NS	NS

\*Valores expresados como la media. DS: desviación estándar

<sup>1</sup>Tratamientos: testigo (T1), testigo+ CE (T2), Restringido (T3) y Restringido+ CE (T4)

<sup>2</sup>Momento de alimentación (MA), Presencia de enzimas (PE) y su interacción (T\*E)

## 5. Conversión de alimento

Para la conversión de alimento no se obtuvo diferencias estadísticas para ninguna de las fases experimentales, ni para el total de días de la experimentación como se observa en el Cuadro 9. Resultados similares obtuvieron Cufadar *et al.*, (2009), Kilic y Simsek (2013) y Narasimba *et al.*, (2013) donde no presentaron diferencias estadísticas para esta variable con el uso de enzimas en la alimentación.

**Cuadro 9.** Conversión de alimento (g/huevo) para cada fase experimental y la conversión total para cada tratamiento

Conversión de Alimento*				
Tratamiento	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Total
T1	167,7	112,1	110,7	122,8
T2	137,9	104,6	107,8	112
T3	130,8	107,8	113,7	114,9
T4	161,8	106,7	110,4	118,3
DS	56	8	8	15
Factor	Probabilidad			
MA	NS	NS	NS	NS
PE	NS	NS	NS	NS
T*E	NS	NS	NS	NS

\*Valores expresados como la media. DS: desviación estándar. NS: No significativo

<sup>1</sup>Tratamientos: testigo (T1), testigo+ CE (T2), Restringido (T3) y Restringido+ CE (T4)

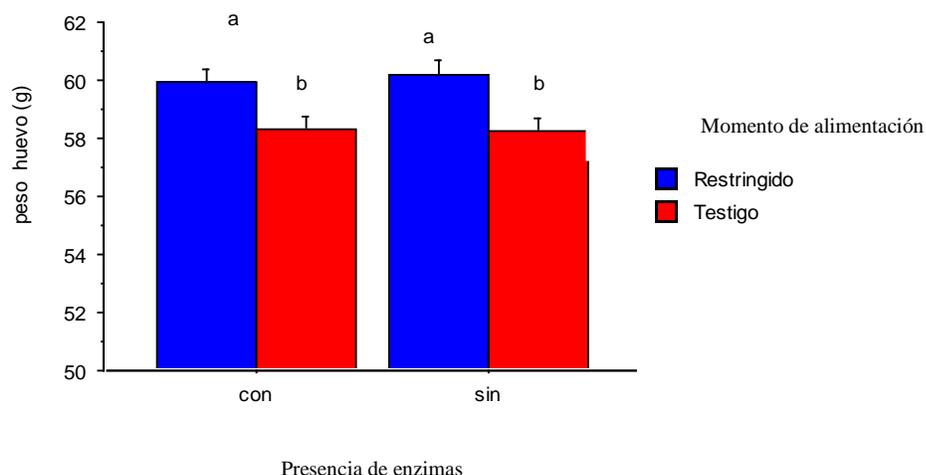
<sup>2</sup>Momento de alimentación (MA), Presencia de enzimas (PE) y su interacción (T\*E)

La conversión alimento expresada en g ali/g de huevo arroja en promedio para toda la experimentación que T1 (T)= 1,77, T2 (T+E)=1,72, T3 (R)=1,64, T4 (R+E)=1,63, siendo estos valores menores que los expuestos por el manual de manejo de la línea comercial que presenta una conversión de 1,91 hasta 2,18 para la semana 22 a la 34 de vida.

## 6. Calidad de huevo

### 6.1 Peso del huevo

Existió diferencias estadísticas ( $P=0,002$ ) para el factor momento de alimentación (Figura 5). Los huevos con mayor peso fueron de los tratamientos restringidos con promedio de peso de  $60,8 \pm 6$  g y  $60,26 \pm 5$  g con y sin CE (T4 y T3), comparándolos con los testigos que presentaron promedio de pesos de  $58,3 \pm 3$  y  $58,2 \pm 3$  g con y sin CE (T2 y T1), respectivamente; demostrando que la restricción de alimento afectó positivamente (2 g en promedio) el peso de los huevos. La tabla de resultados productivos del manual de Isa Brown, (2010); asegura el peso de los huevos entre la semana 22 y 34 de vida son 54,5 g y 62,7 g, respectivamente; por lo cual los huevos de todos los tratamientos están dentro de los rangos de peso ideales para la línea comercial.



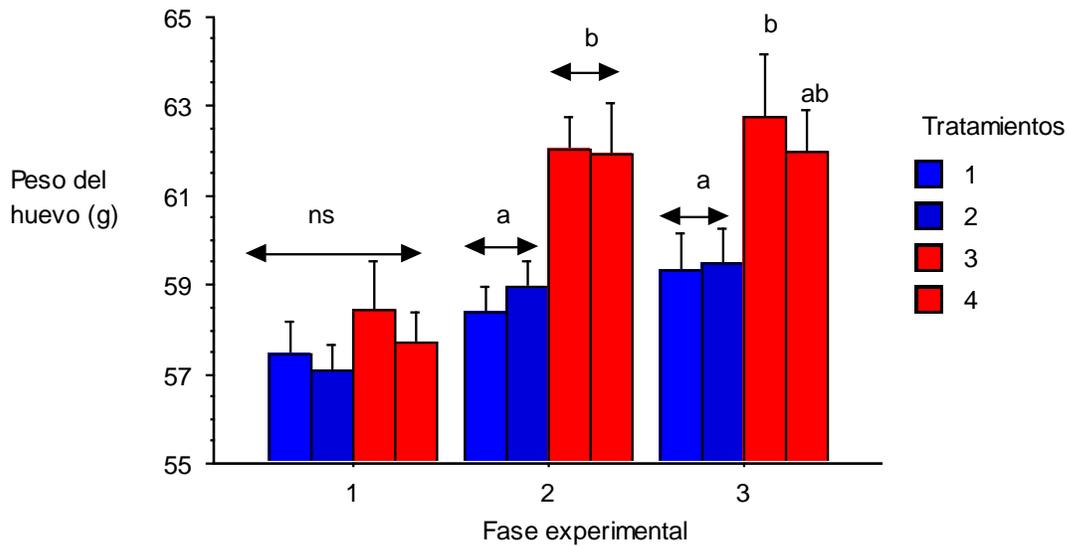
Letras distintas: diferencias estadísticas entre tratamiento

**Figura 5.** Peso del huevo (g) por momento de alimentación y presencia de enzimas en promedio para todas las fases experimentales

Separando por fases experimentales es notable diferencias estadísticas ( $P<0,05$ ) para la segunda y tercera fase, notándose que los tratamientos restringidos obtuvieron mayor peso del huevo, variable de gran importancia para la calidad del huevo, en la fase 2 los tratamientos testigos alcanzaron un peso promedio de  $58,3 \pm 3$  g y  $58,9 \pm 3$  g para T1 y T2 respectivamente, y los tratamientos restringidos  $62 \pm 4$  g y  $61,9 \pm 6$  g para T3 y T4 con una diferencia significativa ( $P=0,0007$ ). Para la fase 3 hubo una diferencia significativa de ( $P=0,03$ ) siendo los pesos de los

huevos para cada tratamiento de T1= 59,3 ± 3g, T2=59,4 ± 3g, T3=62,7 ± 6g y T4=62 ± 4g. (Figura 6)

Estudios anteriores obtuvieron pesos de huevos similares y no encontraron diferencias estadísticas en cuanto a la adición de CE en el alimento, tal es el caso de Narasimba *et al.*, (2013), Jalal y Scheideler (2001) y por el contrario Kilic y Simsek (2013) encontraron menor peso del huevo en condiciones similares al experimento encontrando como valor máximo de peso del huevo 55,32 ± 0,06 g / huevo.



Letras distintas: diferencias estadísticas entre tratamientos

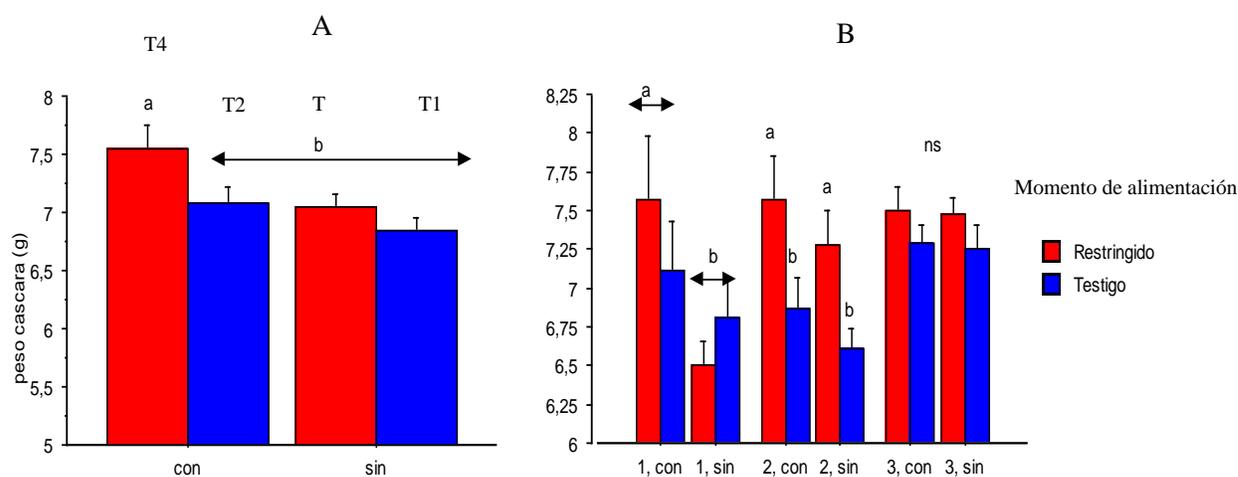
**Figura 6.** Peso del huevo por fase experimental para cada tratamiento

## 6.2 Peso y grosor de cáscara

En relación al peso de la cáscara se obtuvo diferencias estadísticas (P=0,0049) de acuerdo al momento de alimentación (Figura 7-A), el promedio fue de 7,55 ± 1g para el tratamiento restringido con CE (T4), diferenciándose de los demás tratamientos que presentaron promedios de 7,07 ± 1; 7, 7,04 ± 1 g; 6,84 ± 1 g para T3,T2 y T1 respectivamente, siendo estos pesos mayores que los descritos por el manual Isa Brown (2010) donde aseguran que el peso ideal de la cáscara para gallinas con 30 semanas de edad es 6,25 g y para gallinas de hasta 60 semanas de edad es 6,51g.

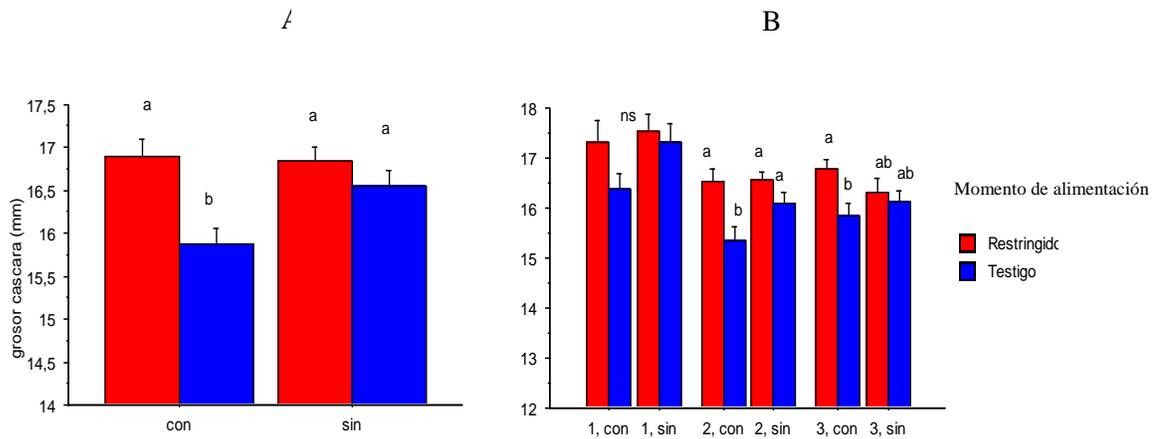
Separándolo por fase experimental, se observa que para la fase 1 hay diferencias estadísticas en cuanto a presencia de enzimas (P=0,021) siendo mayor el peso de T4 con 7,57±2g,

en la fase 2 hay diferencias estadísticas ( $P=0,001$ ) para momento de alimentación donde los restringidos obtuvieron mayor peso con  $T4= 7,56 \pm 1$  g;  $T3=7,27 \pm 1$ g y  $T2= 6,87 \pm 1$ ,  $T1=6,61 \pm 0,7$ g, no existiendo diferencias estadísticas en la fase 3.(Figura 7-B). Por el contrario Narasimba *et al.*, (2013) no encontraron diferencias estadísticas para las variables grosor y peso de cáscara en tratamientos con y sin inclusión de CE. Resultados similares fueron reportados por Jalal y Scheidele, (2001) donde no obtuvieron diferencias estadísticas para estas variables con suplementación de dos niveles de fitasas para una dieta basada en maíz y soya.



**Figura 7-A.** Peso en gramos de la cáscara separado por momento de alimentación y presencia del complejo enzimático. **B.** Peso de la cáscara en gramos por fases experimentales.

Para el grosor de cáscara se obtuvieron diferencias estadísticas ( $P=0,0002$ ) para el tipo de tratamiento, siendo el T2 el que varió del resto de los tratamientos con menor grosor  $T2= 0,37 \pm 0,25$ mm, para los demás tratamientos el promedio fue  $0,40 \pm 0,25$ mm;  $0,40 \pm 0,25$ mm y  $0,40 \pm 0,25$ mm para T4, T3 y T1, respectivamente.(Figura 8-A). Cuando se separa por fase experimental, se nota que para las fases 2 y 3, existen diferencias estadísticas ( $P<0,05$ ) para el tipo de tratamiento, donde el T2 posee el menor grosor de cáscara con  $0,03$  mm por debajo de los demás tratamientos (Figura 8-B). En la fase 1 no hubo diferencias estadísticas.



**Figura 8-A.** Grosor de cáscara (pulg) separado por momento de alimentación y presencia del complejo enzimático. **B.** Grosor de cáscara en gramos por fases experimentales

De acuerdo a (Blanco y Quintana, 2011; Manual Isa Brown, 2010), un adecuado espesor de cáscara debe ser de 0,35 y 0,40 mm, lo que demuestra que los tratamientos obtuvieron buen espesor de cáscara, incluso llegando a superar los valores recomendados. Además no se evidenció el efecto del estrés calórico caracterizado por Holik,(2009) que cuando incrementa la temperatura desde 30 a 38°C, la calidad de la cáscara del huevo disminuye incrementando el porcentaje de huevos rotos. Las variables de calidad de huevo que no presentaron diferencias estadísticas en ninguna de las tres fases de experimentación se pueden apreciar en el Cuadro 10.

**Cuadro 10.** Variables de calidad de huevo promedio de todas las evaluaciones

Tratamientos <sup>1</sup>	Índice de forma	Índice de yema	Altura de yema (mm)	Color de yema	Unidades Haugh
T1	78,8	96,2	16,8	4,18	79,8
T2	78,7	95,4	16,6	4,16	78,7
T3	78,8	96,6	18,9	4,51	80,7
T4	78,7	95,6	17,1	4,36	81,2
DS	3	4	1	1	12
Factor <sup>2</sup>	Probabilidad				
MA	NS	NS	NS	NS	NS
PE	NS	NS	NS	NS	NS
T*E	NS	NS	NS	NS	NS

Valores expresados como la media  $\pm$  desviación estándar. NS: No significativo

<sup>1</sup>Tratamientos: testigo (T1), testigo+CE (T2), Restringido(T3) y Restringido+CE T4)

<sup>2</sup>Momento de alimentación (MA), Presencia de enzimas (PE) y su interacción (T\*E)

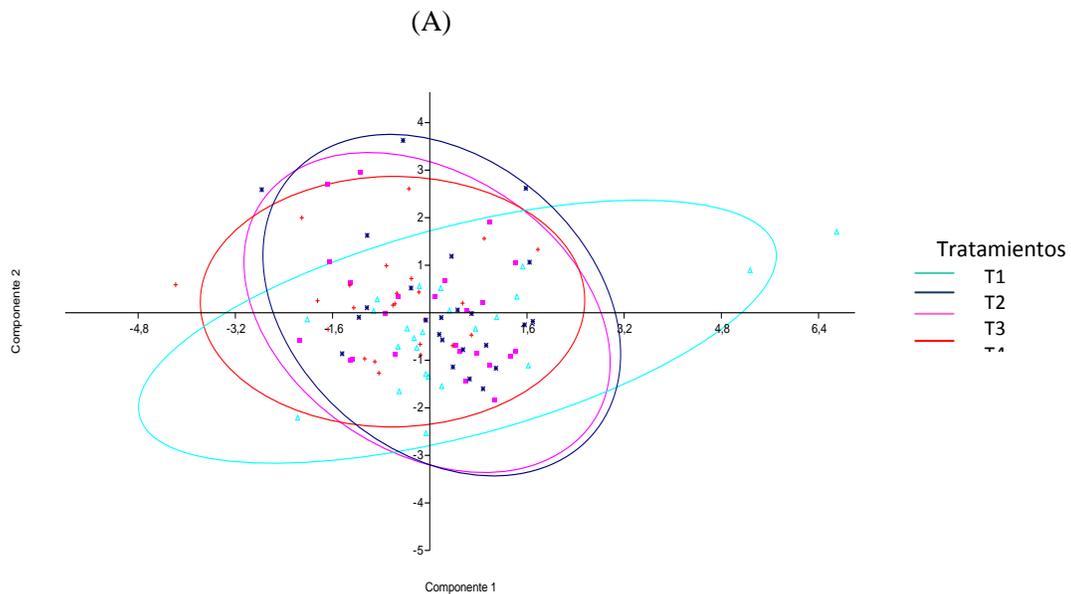
Las variables nominales en cuanto a la calidad de huevo como el centrado de la yema y la presencia de manchas internas, arrojó que el tratamiento restringido con enzima (T4) presentó menor presencia de manchas y menor centrado de yemas y el tratamiento testigo sin CE (T1) presentó mayor presencia de manchas y mayor centrado de yemas. (Cuadro 11)

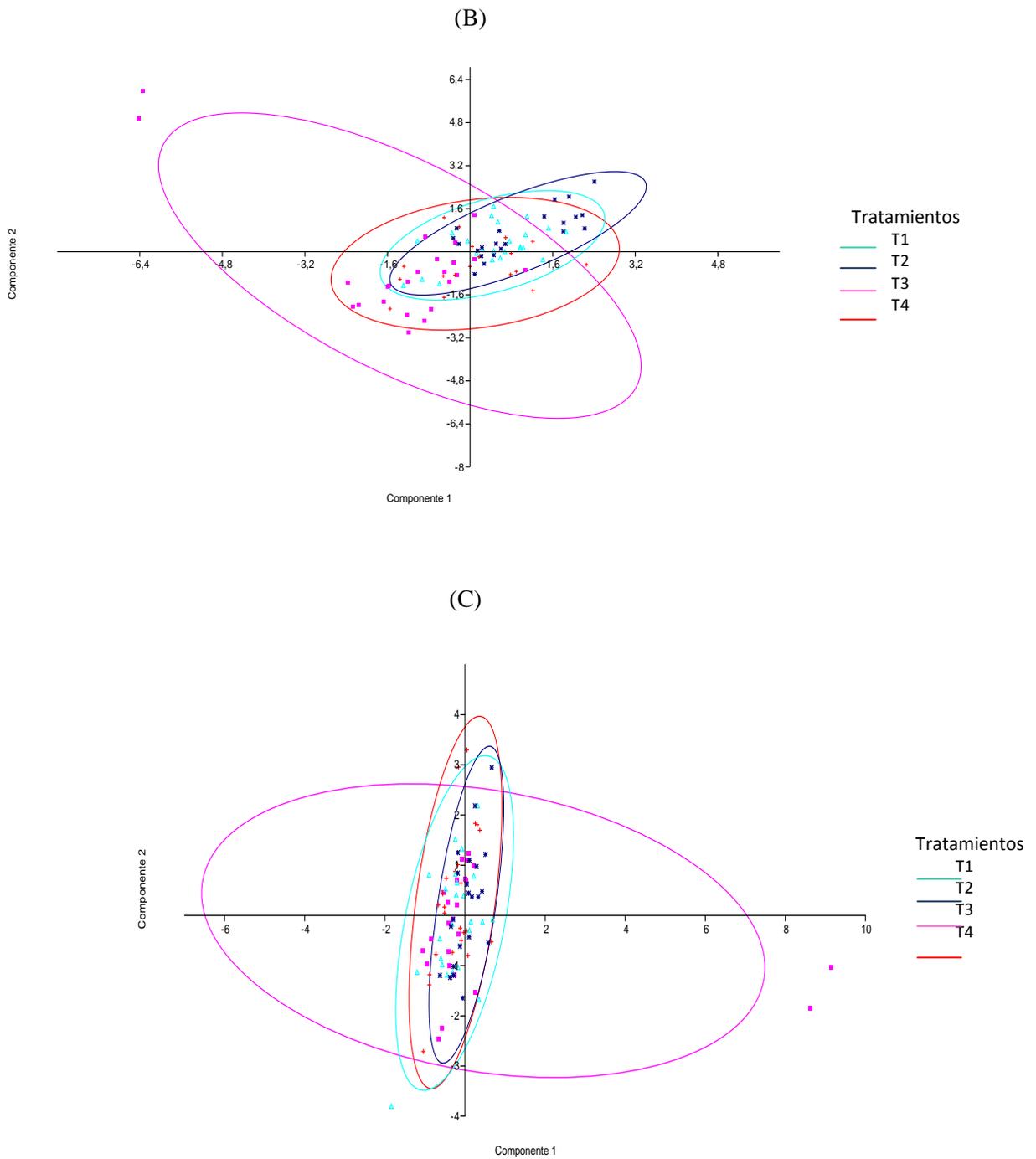
**Cuadro 11.** Número de huevos centrados y con presencia de manchas internas

Tratamiento-Variable	Centrado de yema	Presencia de manchas
T1	95	96
T2	90	91
T3	92	93
T4	84	84
Total de huevos detectados	361	364
Total de huevos evaluados	432	432

### 6.3 Análisis multivariado para calidad de huevo

Se realizó un análisis multivariado a partir de una matriz de correlación, donde se evidenció que los componentes principales para las variables de calidad de huevo en cada periodo y todos los tratamientos arrojó como resultado que los individuos se comportan igual en el análisis exploratorio de los datos, para reseñar esta información se presentan las Figuras 13, 14 y 15 donde se observa la gráfica exploratoria multivariada con una agrupación de los componentes principales de todos los tratamientos para los tres periodos experimentales con algunos datos atípicos, lo que demuestra que no es aplicable análisis de mayor complejidad para estas variables.

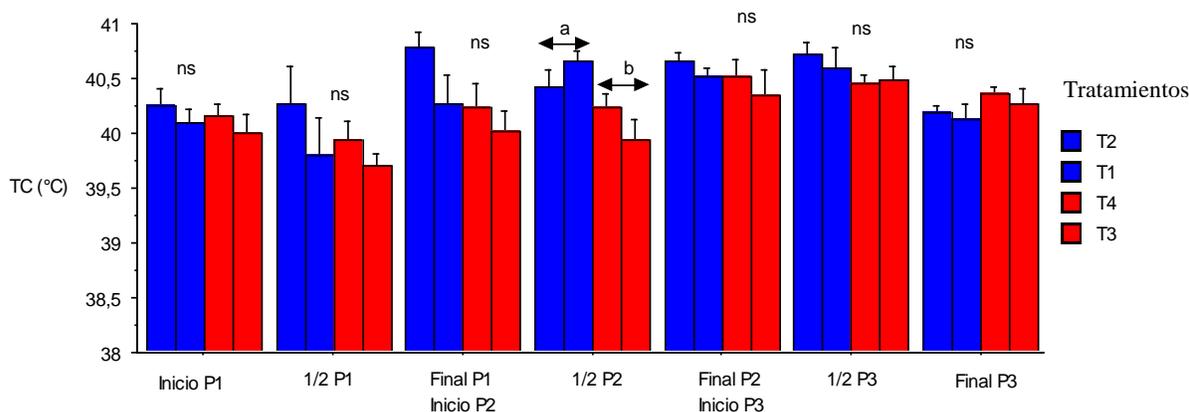




**Figura 9.** Analisis multivariado para componentes principales de calidad de huevo de los tratamientos 1,2,3 y 4 en la fase 1 (A), fase 2 (B) y fase 3 (C)

## 7. Temperatura corporal (TC)

Al evaluar la TC, los tratamientos 1 y 2 presentaron mayor temperatura corporal (0,5 °C en promedio) con valores promedios generales de T1:  $40,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ , T2:  $40,45 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$  que los tratamientos restringidos que presentaron T3:  $39,9 \pm 0,4$ , T4:  $40,2 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ , siendo significativa esta diferencia solo para la mitad del segundo periodo ( $P=0,05$ ), lo que concuerda con resultados presentados por Kilic y Simsek, (2013) que obtuvieron temperaturas rectales de  $41,0 \pm 0,15$  y  $41,81 \pm 0,23^{\circ}\text{C}$  para temperaturas ambientales de 25 y  $29^{\circ}\text{C}$  respectivamente, y por De Basilio, (2010) donde explica que la restricción de alimento en el periodo de 09:00 a 16:00 h, reduce la temperatura corporal en pollos de engorde entre 0,3 y  $0,4^{\circ}\text{C}$ . (Figura 10).

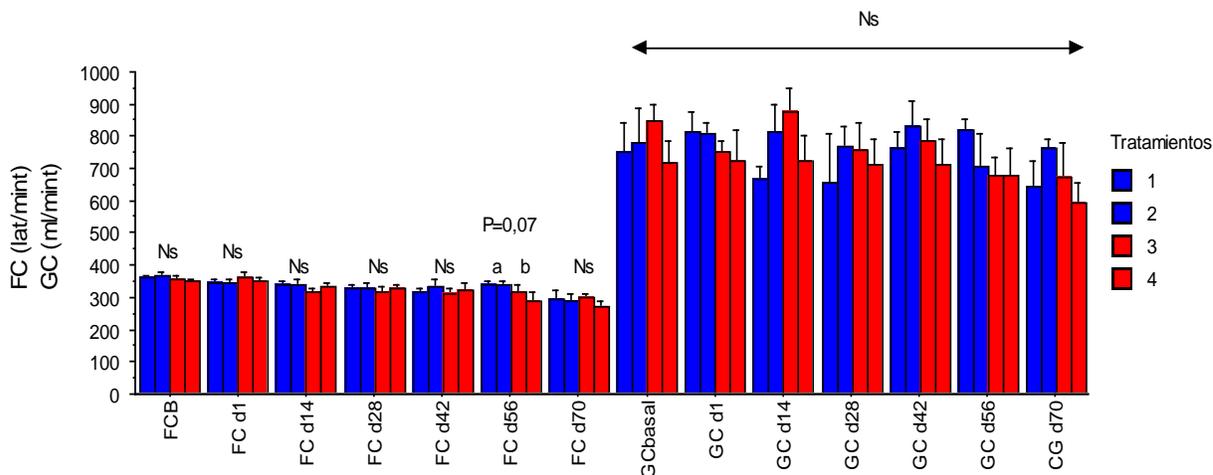


**Figura 10.** Temperatura corporal TC (°C) separada por tratamientos y día de medición en cada fase

## 8. Frecuencia y gasto cardiaco

En la Figura 11, se puede observar que no hubo diferencias estadísticas entre factores, exceptuando el día 56 de medición, donde, hubo para frecuencia cardiaca diferente sin llegar a la significancia ( $P = 0,07$ ) en cuanto al momento de alimentación (restringido o testigo) sin ninguna influencia de la presencia del CE con valores para la primera medición de T1:  $362,6 \pm 7$ , T2:  $366,6 \pm 23$ , T3:  $353,6 \pm 30$  y T4:  $349,4 \pm 15$  (lat/mint), disminuyendo sucesivamente en cada medición hasta alcanzar T1:  $295,6 \pm 61$ , T2:  $289,8 \pm 41$ , T3:  $297,6 \pm 28$  y T4:  $270,6 \pm 41$  (lat/mint) en la última medición. En cuanto al gasto cardiaco no existieron diferencias estadísticas en ninguna de las mediciones y se observó una disminución de acuerdo al aumento de edad teniendo como resultado

para la primera medición T1:814 ± 133 (ml/mint),T2: 808 ± 80(ml/mint),T3: 752±66 (ml/mint), T4:720 ± 222(ml/mint); y para la última T1:642 ± 181 (ml/mint),T2: 762 ± 62 (ml/mint),T3: 672 ± 243 (ml/mint), T4:594 ± 137(ml/mint).



**Figura 11.** Frecuencia (lat/min) y gasto cardiaco (ml/min) para todas las mediciones durante la experimentación

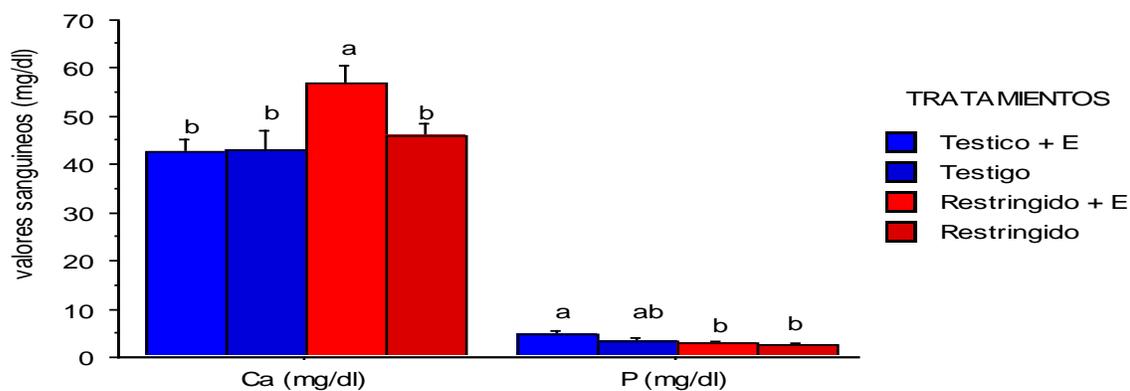
Valores similares al presente estudio se han reportado anteriormente en pollos de engorde (Belisario, 2010; Estévez, 2010) donde la frecuencia cardiaca y el gasto cardiaco disminuyó de acuerdo al incremento de edad, y obtuvieron frecuencias y gasto cardiaco alrededor de los 360±14 (lat/min) y 733±85 (ml/min), respectivamente, valores que pueden comparar con gallinas ponedoras ya que son aves adultas jóvenes.

## 9. Variables sanguíneas

Para la variable calcio sanguíneo, las evidencias estadísticas demostraron que existe diferencias estadísticas con respecto al momento de alimentación (P=0,019), (Figura 12) donde el restringido con CE (T4), obtuvo un promedio superior a los demás tratamientos con 56,86 ± 8 mg/dl en comparación con los otros que obtuvieron en promedio de 46,02 ± 5,1; 42,6 ± 5,8 y 42,9 ± 9,5 para restringido sin CE, testigo con CE y testigo sin CE, respectivamente. En estudios anteriores se reporta que la concentración sanguínea de calcio para gallinas de la misma etapa fisiológica fue de 29,97 mg/dl (Ajakaiye *et al.*, 2010), y se infiere que las gallinas presentaron una mayor concentración sanguínea de calcio.

Similar ocurre con el fósforo sanguíneo, donde existen diferencias estadísticas (P= 0,032) en cuanto al tipo de tratamiento, específicamente el testigo con CE que obtuvo promedio de 4,68 ±

1,78 mg/dl; y los demás tratamientos con promedios menores, tratamiento testigo sin CE  $3,36 \pm 1,2$ ; restringido sin CE  $2,52 \pm 0,61$  y restringido con CE  $2,88 \pm 1,1$  mg/dl. Anteriormente se ha reportado 12,01 mg/dl en gallinas de la misma etapa fisiológica, lo que permite comparar que las gallinas experimentales poseen mayor concentración de calcio y menor concentración de fósforo sanguíneo, (Ajakaiye *et al.*, 2010).



**Figura 12.** Calcio y fósforo promedio en sangre para toda la experimentación

## 10. Discusión General

Las condiciones climáticas presentes durante la experimentación fue de un ambiente tropical caracterizado por temperaturas ambientales y húmeda relativa considerablemente altas para las condiciones de confort de los animales, sin embargo, los animales bajo experimentación no presentaron síntomas profundos de estrés calórico expresado principalmente por una reducida hiperventilación y muy poco efecto sobre el consumo de alimento, los animales alcanzaron porcentajes de postura buenos en ausencia de estimulación lumínica y las variables productivas no fueron afectadas negativamente por efecto de la restricción de alimento y la adición del CE. (Cuadro 12).

Los tratamientos restringidos (T3 y T4) se destacaron en peso del huevo, presentaron mayor peso vivo con 105 g promedio más que los animales sin restricción (T1 y T2) y obtuvieron menor temperatura corporal en una de las fases evaluadas, lo que indica que puede existir un mejor aprovechamiento de los nutrientes del alimento en las horas más frescas del día y además se disminuye los efectos adversos de las temperaturas más altas del día por la no coincidencia con calor proveniente de la digestión de los alimentos. Destacando que los animales adaptaron su

consumo de alimentos logrando consumir y cubrir los requerimientos para el mantenimiento corporal y la producción de huevo aún con la menor exposición a este, con seis horas menos que el de los tratamientos testigos. No se evidenció la velocidad o intensidad del consumo del alimento, ya que ellos tenían el alimento durante la noche y algunas horas en la mañana. El tiempo disponible para el consumo era 6 horas para T3 y T4 y 12 h para T1 y T2 lo cual evidencia que las aves con menor tiempo de contacto con alimento lograron el mismo consumo.

Se puede destacar que el 80% de la postura se recogió en la mañana lo que quiere decir que gran parte de la formación de la cáscara ocurrió en horas de la noche y madrugada, siendo esta las horas cuando el ave obtenía la disponibilidad de los nutrientes de la dieta por poseer una alimentación principalmente en horas de la tarde lo que puede inferir el mayor y mejor característica de cáscara en las aves de los tratamientos con CE.

Los tratamientos con CE presentaron mayor concentración de calcio y fosforo sanguíneo, posiblemente debido a esto fueron los que presentaron mayor peso y grosor de cáscara exponiendo así que la enzima digestiva permitió incrementar la disponibilidad de estas fuentes de minerales para la formación de la cáscara, siendo uno de los renglones productivos más afectados cuando existe estrés calórico.

Es interesante seguir probando en gallinas ponedoras la restricción de alimento en horas calurosas del día como medida de contrarrestar los efectos adversos de las condiciones climáticas de los países tropicales, ya que representa una herramienta de manejo efectiva y relativamente fácil, así como el uso de enzimas que mejoren el aprovechamiento del alimento.

**Cuadro 12.** Resumen consumo de alimento (g/ave), producción de huevos (unidades/ave) y conversión de alimento (g/huevo) por fase experimental

	Consumo de alimento (g/ave)			Producción de huevos			Conversión de Alimento		
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 1	Fase 2	Fase 3
<b>T1</b>	2635	2861	2887	17,2	25,3	25,7	167,7	112,1	110,7
<b>T2</b>	2680	2875	2886	20,8	26,7	26,3	137,9	104,6	107,8
<b>T3</b>	26 43	2875	2897	21,0	26,2	25,2	130,8	107,8	113,7
<b>T4</b>	2608	2793	2888	18,13	26,4	26,0	161,8	106,7	110,4
<b>DS</b>	138	48	39	5	1	1	58	8	8
Factor	Probabilidad								
MA	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
PE	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TxE	NS	0,02	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Valores expresados como la media. DS: desviación estándar. NS: No significativo

<sup>1</sup>Tratamientos: testigo (T1), testigo+ CE (T2), Restringido(T3) y Restringido+ CE (T4)

<sup>2</sup>Momento de alimentación (MA), Presencia de enzimas (PE) y su interacción (T\*E)

En general todos los tratamientos produjeron entre 81-88 % de postura durante toda la fase experimental sin iluminación artificial, existiendo diferencias no estadísticas ( $P>0,05$ ) para los tres periodos para la interacción presencia de enzimas con tipo de tratamiento. La conversión alimenticia fue mejor para los tratamientos T2 y T3, obteniendo cada una 1,24 y 1,41kg alim/docena de huevos, en comparación con T1=1,49 y T4=1,42 kg alimento/ docena de huevos. (Cuadro 13) estos valores para todos los tratamientos son menores que los reportados por Acosta et al., (2002) donde obtuvieron un consumo por huevo de 220 g.

El aumento en peso de los huevos así como el mejor peso vivo nuevamente indica sin que se haya producido aumentos en consumo que hay mejor disponibilidad de nutrientes cuando se obliga el ave a comer alimento solo en periodos más frescos.

Aunque no se presentó hiperventilación y que probablemente es necesario hacer esta evaluación en condiciones de mayor intensidad de calor crónico y agudo. El cambio de hora de alimentación no alteró la producción es decir que en condiciones distintas puede mejorar.

**Cuadro 13.** Resumen consumo, producción de huevos y conversión alimenticia para toda la fase experimental (1-84 días)

Tratamientos	Consumo (g/ave)	Producción de huevos (%) 2-84 d	Conversión de alimentos CA (g alim/ huevo) 2-84d	CA (kg alimento/docena de huevos)
	Día 2-84			
T1	8384	81,3	122,8	1,49
T2	8442	88	112,0	1,24
T3	8416	86,2	114,9	1,41
T4	8291	83,9	118,3	1,42
DS	219	8	14	-

Valores expresados como la media. DS: desviación estándar. NS: No significativo

Tratamientos: testigo (T1), testigo+ CE (T2), Restringido(T3) y Restringido+ CE (T4)

## V. CONCLUSIONES

1. No hubo efectos sobre variables productivas (producción de huevos, consumo, conversión, calidad de huevo), ni variables fisiológicas (efectos cardiacos, de temperatura corporal) cuando se cambió la hora de alimentación.
2. La restricción de alimento presentó beneficios en cuanto a peso vivo y el uso del CE mejoró el aprovechamiento de calcio y fósforo sanguíneo expresados en el mayor peso y grosor de cáscara.
3. El efecto beneficioso de la restricción de alimento no fue mostrado ya que los animales bajo estudio no presentaron evidencias de estrés calórico lo suficientemente importantes.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda repetir la experiencia bajo condiciones ambientales controladas a fin de garantizar que los animales bajo experimentación se expongan a estrés calórico crónico y agudo.

2. Se recomienda continuar profundizando en la restricción de alimento y uso de enzimas digestivas en gallinas ponedoras a fin de arribar a resultados más concluyentes.
3. Debe considerarse extender por mayor tiempo la restricción de alimento, para observar a largo plazo la respuesta animal.
4. Debe evaluarse la factibilidad del cambio de hora de alimentación en condiciones comerciales, así como realizar evaluaciones económicas del uso de la restricción.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta I., Márquez A., Angulo I. 2002. Respuestas de gallinas ponedoras a diferentes densidades en jaulas y niveles de energía dietética. Universidad del Táchira. Disponible en: [hMAp://www.alpa.org.ve/PDF/Arch%2010-1/100101.pdf](http://www.alpa.org.ve/PDF/Arch%2010-1/100101.pdf) (Consultado: 11 de noviembre de 2013)
- Ajakaiye J., Perez A., Cuesta M., García J., Mollineda A. 2010. El estrés calórico en algunos electrolitos de plasma de gallinas ponedoras durante el verano en clima caliente-húmedo y suplementadas con vitaminas C y D. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 0034-7485
- Asociación Venezolana de la Industria de Salud Animal (AVISA). 2012. Disponible en: <http://avisa.org.ve/2013/02/aumento-21-la-produccion-de-pollo-en-2012/>. (Consultado 23 de Septiembre de 2013)
- Belisario N., 2010. Evaluación del gasto cardíaco y su relación con parámetros productivos en pollos de engorde sometidos a estrés térmico. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 28 p
- Blanco L.; Quintana J. 2011. La cáscara de los huevos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnica, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Disponible en línea: <http://www.todoelcampo.com.uy/espanol/lacascaradeloshuevos15?nid=898> (Consultado: 15 de Julio de 2013)
- Classen H. 2010. Uso de enzimas exógenas en la alimentación de las aves. Department of Animal and Poultry Science University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan, Canada. Disponible en línea: <http://amena.mx/wp-content/uploads/2010/11/USOAVES.pdf> .(Consultado: 22 de febrero de 2012)

- Corona J. 2013. Efecto del estrés calórico sobre la fisiología y calidad del huevo en gallinas ponedoras. Revista electrónica de Veterinaria - ISSN 1695-7504. Disponible en línea: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070713/071308.pdf> (Consultado: 14 de mayo de 2013)
- Coults, J., Wilson G. 1990. Manual práctico del huevo. Editorial Roche vitaminas, SA. pp 2-4
- Cufadar, Y., Yldz, A. O., Olgum, O and Bahtiyarca, Y. 2009. Effect of inorganic zinc and phytase supplementation in maize-soybean based diets on the performance and egg quality traits of laying hens. *Journal of Animal Production.*, 50: 16-21.
- De Basilio V. 2002. Estrés calórico en aves. Instituto de Producción Animal.Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Sitio Argentino de Producción Animal. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_avicola/60-stress-calorico.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_avicola/60-stress-calorico.pdf) (Consultado: 11 de noviembre de 2011)
- Deng, W.; Dong, X.F.; Tong, J.M.; Zhang, Q. 2012. The probiotic *Bacillus licheniformis* ameliorates heat stress-induced impairment of egg production, gut morphology, and intestinal mucosal immunity in laying hens. *Poult. Sci.* 91: 575–582.
- Desgranges C., Georges M., Vergoignan C.; Duran A. 1991.Biomass estimation in solid state fermentation.*Appl. MicrobiolBiotechnol.* 35: 206-209.
- Díaz G. 2011. Estrés calórico en aves. *Zootecnista Esp.* Universidad Nacional de Colombia Biomix S.A. Departamento Técnico. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/22891450/Estres-Calorico-en-Aves-Memorias>(Consultado: 18 de noviembre de 2011)
- Donkoh A. 1989. Ambient temperature: a factor affecting performance and physiological response of broiler chickens. *Intl. J. Biomet.* 33:259
- Duran R. 2011. Medidas de alimentación para combatir el Estrés Térmico en pollos de engorde. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-avicultura/nutricion/articulos/medidas-alimentacion-combatir-estres-t3957/141-p0.htm>(Consultado:7 de marzo de 2012)
- Elliot M. 2010. El stress calórico en ponedoras comerciales. Dekalb Poultry Research Illinois . Disponible en: [http://www.produccion.com.ar/96mar\\_11.htm](http://www.produccion.com.ar/96mar_11.htm)(Consultado:18 de noviembre de 2011)

- Esteves O., 2010. Efecto del suministro de maíz (*Zea maíz*) en las horas más calurosas del día sobre el comportamiento productivo y algunas variables cardíacas en pollos suplementados con electrolitos en el agua. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 27 p
- Gálik B., Horniaková e. 2010. The effect of enzymatic additives on the productivity of laying hens isa brown. Slovak Republic. Journal Central European of Agriculture. Volume 11:381-386
- García A. 2006. Stress térmico y alimentación en gallinas ponedoras. Encuentro técnico avicultura puesta. Disponible en línea: [http://www.wpsa-aeca.es/aeca\\_imgs\\_docs/wpsa1149777238a.pdf](http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/wpsa1149777238a.pdf)(Consultado: 3 de marzo de 2012)
- Gonçalves J.2011. Desenhos experimentais e recentes pesquisas com enzimas e suas combinações. XXII Congreso Latinoamericano de Avicultura. Buenos Aires: Argentina.
- Holik V. 2009. Management of laying hens to minimize heat stress. Lohmann information. Tanzania. Disponible en línea: [http://www.lohmann-information.com/content/1\\_i\\_44\\_artikel3.pdf](http://www.lohmann-information.com/content/1_i_44_artikel3.pdf). (Consultado: 10 de noviembre de 2011)
- INIA. 2010. Unidad Agroclimatológica. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Reporte de estación climatológica. Maracay-Venezuela.
- ISA BROWN. 2010. Guía de manejo general de ponedoras comerciales. Disponible en línea: <http://www.isapoultry.com/es/products/isa/isabrown/~media/Files/ISA/Different%20languages/Spanish/Products/CS/ISA/Guia%20de%20Manejo%20General%20de%20ponedoras%20comerciales%20ISA%20Brown.ashx> (Consultado: 3 de marzo de 2012)
- Jalal, M., Scheideler S. 2001. Effect of supplementation of two different sources of phytase on egg production parameters in laying hens and nutrient digestibility. Poultry Science. 80: 1463-1471.
- Jia W. Slominski B., Guenter W., Humphreys A., Jones O. 2005. The effect of Enzyme Supplementation on Egg Production Parameters and Omega-3 Fatty Acid Deposition in Laying Hens Fed Flaxseed and Canola Seed. Oxford Journals life Science. Poultry Science. 87:10
- Jiménez, M. 2009. Efecto de la adición de enzimas en dietas para pollos a base de sorgo sobre parámetros productivos. Pasantía de Investigación. Facultad de agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 25 p

- López G. 2010. Manejo de la alimentación de ponedoras en clima caliente y su relación con el crecimiento, la producción y calidad del cascarón. Disponible en línea: <http://www.engormix.com/MA-avicultura/nutricion/articulos/manejo-alimentacion-ponedoras-clima-t3151/141-p0.htm> (Consultado: 13 de marzo de 2012)
- López N. 2010. Relación entre temperatura y otras condiciones ambientales y sus consecuencias sobre variables productivas en pollos de engorde distribuidos por sexo y condición corporal. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay. 24p
- Kilic I., Simsek E., 2013. The effects of heat stress on egg production and quality of laying hens. *Journal of animal and veterinary advances*. Turkey, 12:42-47.
- Mazon E. 2008. Efecto de un complejo enzimático y restricción de energía y proteína en dietas con base en maíz y torta de soya en la producción de ponedoras semipesadas. Disponible en línea: <http://www.engormix.com/MA-avicultura/nutricion/articulos/efecto-complejo-enzimatico-restriccion-t2200/141-p0.htm> (Consultado: 7 de marzo de 2012)
- Mehner, A. 1969. La gallina. Editorial Acribia. España. Pp 227
- Hoffman G., Völker H. 1968. Anatomía y Fisiología de las Aves Domésticas. Editorial Acribia. España. Pp 189
- Narasimha J., Nagalakshmi D., Viroji S., y Ramana Y. 2013. Additive Effect of NSP Enzymes and Phytase on Performance, Egg Quality, Nutrient Retention and Gut Health of Laying Hens Fed Corn-Soybean Meal Based Low Energy Diets. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*. Volume 6:2319-2372. pp 22-28
- Mojica, M. C. 1997. Efecto de las enzimas exógenas sobre el valor nutritivo de las dietas para aves. *Memorias del XV Congreso Latinoamericano de Avicultura*. México. Pp 230
- Nilipour A. 2001. Manejo en crianza y postura comerciales en estrés calóricos. Disponible en línea: [http://www.grupoidisa.com.mx/imsa/ISA\\_Babcock/memoria02a.htm](http://www.grupoidisa.com.mx/imsa/ISA_Babcock/memoria02a.htm) (Consultado: 18 de noviembre de 2011)
- Nilipour A. 2003. Manejo en crianza y postura comerciales en estrés calóricos. Disponible en línea: <http://es.scribd.com/doc/11530305/Estres-Calorico> (Consultado: 11 de noviembre de 2011).

Núñez, M. 2011. Efecto de dos complejos enzimáticos sobre la respuesta productiva, viscosidad y morfometría intestinal en pollos de engorde alimentados con soya de diferente calidad. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 22 p.

Ortega R. 2007. El huevo en la alimentación. Importancia nutricional y sanitaria. Departamento de Nutrición. Facultad de Farmacia. Universidad. Disponible en: [www.institutohuevo.com/images/archivos/el\\_huevo\\_en\\_la\\_alimentacion.\\_rosa\\_ortega08\\_13135645.pdf](http://www.institutohuevo.com/images/archivos/el_huevo_en_la_alimentacion._rosa_ortega08_13135645.pdf) (Consultado: 13 de marzo de 2012).

Quiles M., Hevia L. 2004. Termorregulación en las gallinas. Depto. de Producción Animal, Fac. de Veterinaria, Univ. de Murcia. Disponible en línea: <http://www.aves.pe2.us/2009/02/termorregulacion-en-las-gallinas.html> (Consultado: 1 de febrero de 2012)

Quintero A. 1995. Uso de las enzimas en la nutrición de cerdos. Revista científica LUZ- FCV. 5: 125-129.

Torero, A. 2005. Las enzimas exógenas: Insumos básicos para la fabricación del alimento balanceado para animales. Disponible en línea: [http://www.engormix.com/las\\_enzimas\\_exogenas\\_insumos\\_s\\_articulos\\_525\\_BAL.htm](http://www.engormix.com/las_enzimas_exogenas_insumos_s_articulos_525_BAL.htm) (Consultado: 14 de Enero 2012)

## VIII. ANEXOS



Foto 1: Vista interna del



Foto 2. Comedero usado por unidad experimental



Foto 3: Termohigrometro Testo® 175

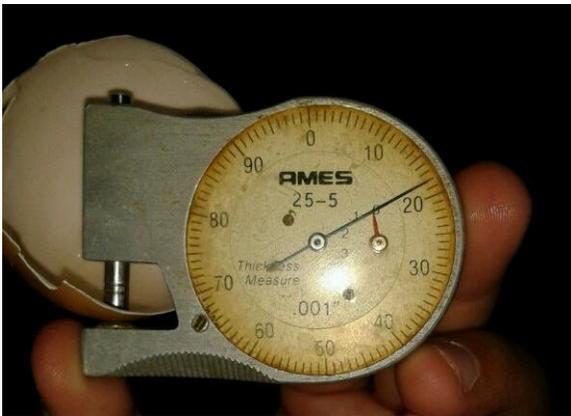


Foto 4: Medidor de espesor de



Foto 5: Medición de temperatura corporal