

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE HUEVO FRESCO DE
CODORNIZ (*COTURNIX COTURNIX JAPONICA*) ALMACENADO
BAJO TRES DIFERENTES CONDICIONES DE TEMPERATURA Y
HUMEDAD

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

LETICIA CRUZ LÓPEZ

Asesores:

MVZ MC Marco Antonio Juárez Estrada

MVZ MRH Irasema Aguayo Reyes

México, D.F.

2011



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A mi padre por todo el apoyo y la comprensión que me a brindado, gracias por siempre confiar en mi. Que dios te bendiga y te acompañe en tu camino.

A mi madre que es mi ángel y donde quiera que se encuentre yo sé que esta muy feliz por ver un logro mas en mi vida.

A mis hermanos que los quiero mucho, gracias por darme su apoyo y confianza.

A todos mis amigos que me han ayudado, enseñado, apoyado que en esta vida a parte de ser humanos somos seres de un universo infinito que siempre estamos dispuestos a aprender nuevas cosas.

Mis profesores, en especial a mi maestro que sin su ayuda esto no sería posible, le agradezco todo el apoyo que me ha brindado, no solo como profesor sino como un gran amigo.

Gracias a dios por terminar una meta más en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Se le agradece a la D.G.A.P.A.- U.N.A.M. por el apoyo otorgado a través del proyecto PAPIIT IN 220909-3.

También al Lic. Francisco Humberto Bustamante Domínguez por su disponibilidad y las facilidades otorgadas para la adquisición del huevo utilizado en el presente estudio.

Al Departamento de Producción Animal: aves, que me ha dado la oportunidad de aprender muchas cosas, además de realizar el proyecto en sus instalaciones, a todos los profesores que lo integran muchas gracias.

Finalmente agradezco de todo corazón a todas las personas que me ayudaron, me apoyaron y me dieron su comprensión con el presente trabajo, muchas gracias.

CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
HIPÓTESIS	9
OBJETIVO GENERAL	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
MATERIAL Y MÉTODOS	11
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	16
RESULTADOS	18
DISCUSIÓN	30
REFERENCIAS	64
CUADROS	70

RESUMEN

CRUZ LÓPEZ LETICIA. Evaluación de la calidad de huevo fresco de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) almacenado bajo tres diferentes condiciones de temperatura y humedad (bajo la dirección de: MVZ MC Marco Antonio Juárez Estrada y MVZ MRH Irasema Aguayo Reyes)

Se evaluaron las características de calidad interna del huevo fresco de codorniz almacenado bajo tres diferentes condiciones de temperatura (T) y humedad relativa (HR), 3-6°C, 70-80% (refrigeración); 14-14°C, 79-67% (cuarto frío) y 20-23°C, 53-37% (ambiente) respectivamente, durante verano e invierno. El almacenaje total fue de 28 días con intervalos de evaluación cada 4 días a partir de la ovoposición. Conforme el periodo de almacenaje se incrementa, la calidad del huevo determinada con unidades Haugh disminuye, en verano el grupo refrigerado inicia con 94.7 y finaliza la evaluación con 89.3, mientras que el grupo ambiental va de 91.2 a 81.9; el grupo de cuarto frío mostró valores intermedios, en invierno el grupo refrigerado es estable, inicia en 96.1 y finaliza con 96.2, en tanto que el ambiental disminuye de 95.9 a 92.1; en verano las Unidades Internas de Calidad (IQU) del grupo refrigerado van de 69 a 58.8, mientras que el grupo ambiental inicia con 64.3 y finaliza con 44.1, en invierno el grupo refrigerado inicia con 66.3 y finaliza con 67.5, el ambiental arranca con 64.60 y finaliza con 60.2. El almacenaje ambiental produce mayor deterioro de la calidad interna. Los cambios fisicoquímicos ocurridos durante el almacenaje vinculados a la ruptura de los enlaces glucosídicos de la ovomucina, ingreso de agua a la yema, aumento de la tasa de evaporación del interior del huevo e incremento del pH albuminario son responsables de la pérdida de peso y de la caída general de valores de calidad interna del huevo como fue aumento del diámetro de la yema, el cual durante el verano, el grupo refrigerado paso del primer día de 24.5 a 25.3 mm 28 días después, mientras que el grupo ambiental fue de 24.6 a 29.4 mm; en invierno el refrigerado no mostró cambios y el ambiental que arrancó con 24.2 mm, 28 días después llegó hasta 27 mm; la altura de la albúmina densa en el grupo refrigerado en verano descendió de 4.91 a 4.59 mm, mientras que el grupo ambiental bajo de 4.96 a 3.27 mm, en invierno el grupo refrigerado fue de 6 a 5.9 mm y el ambiental de 5.9 a 5 mm; la altura total de la yema en verano fue de 11.1 a 11.9 mm en el grupo refrigerado y el ambiental cayo de 10.5 a 7.2 mm, en invierno el grupo refrigerado descendió de 12.5 a 12.4 mm y el ambiental de 12.1 a 8.5 mm conduciendo a una caída general del índice de yema. La pérdida de peso se relaciona con la T y HR; además del tiempo de almacenamiento, durante el verano el grupo refrigerado perdió 1.74% de peso, mientras que el ambiental 8.47%; en invierno el refrigerado descendió 3.1%, mientras que el ambiental perdió 7.3%. Para que los huevos se conserven frescos al menos durante 28 días, en verano es preferible refrigerarlos (4°C), mientras que en invierno al menos deben estar bajo condiciones de cuarto frío (13°C). Los huevos no deben permanecer a temperatura ambiente (23°C) más de 4 días después de su ovoposición.

Palabras clave: REFRIGERACIÓN, CALIDAD, ALBÚMINA, CASCARÓN, IQU.

Key words: FREEZER, QUALITY, WHITE, SHELL, IQU.

INTRODUCCIÓN

La coturnicultura es una rama de la avicultura que actualmente contribuye a la diversificación de las actividades de producción pecuaria en México (Portillo 2005).¹ La codorniz (género *Coturnix*) es un ave salvaje originaria de Europa África y Asia, subclase Neoghathae del orden Galliformes, familia Phasianidae subfamilia Perdicinae (UniProt Taxonomy 2010).²

Las especies más extendidas de este género son la Codorniz europea (*Coturnix coturnix coturnix*) y la codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*), ésta última es un ave doméstica caracterizada por su gran precocidad, es la más adecuada para la producción intensiva debido a sus cualidades como ponedora y al amplio potencial de crecimiento que muestra (Panda y Singh, 1990; Vargas *et al*, 2009).^{3,4}

Una característica importante es su dimorfismo sexual, ya que el sexo del ave se puede diferenciar por el color del plumaje desde los quince días de edad, al igual que por el peso de la hembra, el cual al momento de la madurez sexual puede ser de 7 a 10% superior al del macho (Portillo 2005; Juarez *et al*, 2009).^{1,5}

La coturnicultura como actividad productiva alternativa en México genera carne y huevo, productos demandados en algunos segmentos específicos de mercado, en México la codorniz japonesa es la especie más utilizada, sin embargo, la información fidedigna relativa a aspectos productivos específicos dentro de los cuales consideramos a las características intrínsecas que norman la calidad del huevo fresco de esta especie es escasa (Portillo 2005; Juarez *et al*, 2009).^{1,5}

La ovoposición en la codorniz europea (*C. coturnix coturnix*) es mucho menor comparada con la codorniz japonesa (*C. coturnix japonica*), ya que esta última es

una ponedora por excelencia, una hembra ovoposita actualmente alrededor de 300 huevos al año, aunque se ha reportado que existen ejemplares que pueden llegar a ovopositar hasta 500 huevos en un solo periodo de producción. (Kul y Seker, 2004; Melo *et al*, 2008; Pérez 2004).⁶⁻⁸

El huevo de codorniz de forma proporcional con relación al peso total vivo de la hembra es de aproximadamente 7 al 8% (Panda *et al*, 1990),³ lo que indica su excepcional capacidad de conversión alimenticia en comparación con la gallina (especie en la cual el huevo solo representa del 3 al 4% con respecto al peso corporal total de la hembra) cuando determinamos la eficiencia en la conversión alimenticia tomando en consideración el concepto de biomasa (Pérez 2004).⁸ Por lo cual la codorniz japonesa ovoposita de dos a tres veces más que la gallina productora de huevo en relación a su peso vivo bajo este concepto de biomasa, además alcanza su madurez sexual a una edad mucho más temprana (40-45 días), aunque esto depende mucho del programa de iluminación y manejo que recibe durante su crianza y producción (Portillo 2005).¹

El pico de postura se alcanza hacia las 8-9 semanas y en algunas granjas de codorniz es común que para ese momento la producción llegue al 100%, algo que actualmente no ocurre incluso aún con las líneas de gallina doméstica de alta producción existentes en México (Kul y Seker, 2004; Bovans White, 2009-10).^{6,9}

La codorniz es considerada una especie productiva de fácil manejo, es ampliamente utilizada para estudios experimentales ya que su fisiología es muy similar a la gallina doméstica.¹ Debido a su amplio potencial para la producción de huevo, precocidad sexual y fácil manejo, se perfila como una alternativa valiosa en la búsqueda de fuentes de alimentación proteica de excelente valor biológico

(Vargas *et al*, 2009; Juárez *et al*, 2009).^{4,10} El huevo de codorniz presenta una forma ovoide ligeramente irregular con un diámetro transversal mucho menor al longitudinal, de acuerdo con algunos autores el índice de forma de huevo determina en gran medida el grado de resistencia a la rotura que presenta el cascarón de cada huevo en particular (Vargas *et al*, 2009; Pérez 2004 Yannakopoulos y Tserveni-Gousi, 1986; Portillo *et al*, 2005).^{4,8,11,12} Se ha observado que el peso promedio puede variar aunque normalmente va de 9 a 13 gramos (Kul y Seker, 2004; Portillo *et al*, 2005).^{6,12} Algunos factores relacionados con el peso del huevo son principalmente el contenido mineral del cascarón, el cual explica en gran parte el grosor del mismo, además de otros factores como son el patrón genético de la codorniz, su edad, tipo de alimentación, grado de hidratación la temperatura ambiental y humedad relativa del sitio de postura (Portillo 2005; Pérez 2004; Yannakopoulos y Tserveni-Gousi, 1986; Ozcelik 2002; Lázaro *et al*, 2005).^{1,8,11,13,14}

Es importante tomar en consideración que el cascarón conforma una estructura que aunque aparentemente es sencilla, en realidad su constitución es muy compleja, el cascarón se encuentra limitado externamente por una cutícula, su cuerpo principal es una construcción arquitectónica en forma de palizada que por la parte interna se vincula a través de una estructura mamilar con dos membranas testáceas, la interna y la externa (Hunton 1995);¹⁵ si bien el grosor del cascarón en el huevo de codorniz es importante, a diferencia del huevo de gallina se ha indicado que el grado de resistencia total a la rotura de este huevo de codorniz se encuentra determinado en mayor proporción por la integridad de estas dos membranas (Oliveira *et al*, 2007).¹⁶ La cutícula presenta una barrera biológica que

impide la contaminación del huevo. La cámara de aire es un espacio que se forma progresivamente entre las dos membranas testáceas conforme el huevo se enfría después de su ovoposición. El huevo fresco carece de cámara de aire, lo cual se ha utilizado frecuentemente como una medida de calidad al tomar en consideración el aumento progresivo en el tamaño de ésta a lo largo del tiempo después de su ovoposición, sin embargo, aunque esta medición es útil en huevo de gallina, donde el cascarón es unicolor y regularmente de tonalidad clara y translúcida, en el huevo de codorniz esta práctica de calidad es complicada debido a la coloración bicolor del cascarón, presentado una porción del cascarón un patrón moteado con manchas muy oscuras que impiden una adecuada visualización de la cámara de aire (Kul y Seker, 2004; Melo *et al* 2008).^{6,7}

El huevo de codorniz contiene un mayor porcentaje de proteína (13.23%) en comparación con el huevo de gallina (12.03%). Su contenido total muestra una gran proporción de ácidos grasos Omega (3) de manera natural. Se ha comprobado que el huevo de codorniz tiene un nivel de digestibilidad muy alto (98%), tiene menos grasa (10.83%) en comparación con el huevo de gallina (12.03%). Porcentualmente posee mayor cantidad de calcio, hierro, sodio, potasio, magnesio y vitamina A que el huevo de gallina (Closa *et al*, 1999; Minvielle y Oguz, 2002).^{17,18}

Sin embargo, por cada 100 gramos el valor calórico es menor (158 Kcal) en comparación a 100 gramos de huevo de gallina (183 Kcal), mostrando una reducción de hasta un 15% menos en el aporte calórico, lo cual automáticamente lo clasifica como un alimento *Light*. Muestra una concentración de 12% menos lípidos. El colesterol total en el huevo de codorniz, aunque significativamente no es

menor al de gallina, es similar y no mayor al contenido de colesterol por unidad de cada huevo de gallina, mostrando algunos autores que en ambas especies avícolas la proporción entre colesterol, lipoproteínas de alta y de baja densidad puede variar de acuerdo al patrón genético de la hembra, edad y tipo de alimentación que recibe (Hammad *et al*, 1998; Wang y Pan, 2003).¹⁹⁻²⁰

El nivel de consumo de huevo y de carne de codorniz en México es realmente bajo. El consumo *per capita* nacional aún no es estimable ya que el huevo y la carne de codorniz son productos poco conocidos en el mercado (Juárez *et al*, 2009).¹⁰ Actualmente se está trabajando en sensibilizar a la población para incrementar el consumo de estos productos a través de cursos y campañas publicitarias que hagan del conocimiento público sus beneficios, sin embargo, para realizar esto se requiere una alta inversión de capital, del cual disponen pocos productores nacionales, a su vez no efectúan campañas efectivas de mercadotecnia en esta área, adicionalmente no existe ninguna asociación civil, privada o del gobierno en el área avícola que incorpore a los principales involucrados y que por lo tanto se encargue de efectuar estos cursos y campañas de publicidad (Melo *et al*, 2008; Juárez *et al*, 2009).^{7,10}

El huevo de codorniz después de haber sido ovopositado requiere de ciertas condiciones de conservación, ya que la principal característica solicitada por el público además del tamaño y la limpieza es la frescura, esto con la finalidad de conservar una óptima digestibilidad y asimilación de nutrientes como una parte fundamental en la alimentación del consumidor que los solicita (Portillo 2005).¹ La calidad del huevo es influenciada por una serie de factores como son los

nutricionales, la edad de las hembras, los aspectos genéticos y los ambientales (Portillo *et al*, 2005).¹²

Los problemas relativos a la calidad del huevo de codorniz pueden representar un riesgo para la salud y pueden afectar la confianza de los consumidores, ya que si el cascarón no logra excluir por completo algunas enterobacterias coliformes y no coliformes éstas pueden invadir el interior del huevo, lo cual ocasiona su contaminación y un grave deterioro en la seguridad alimenticia de este producto (Panda y Singh, 1990; NMX-079-SCFI 2004).^{3,21} En la industria de la gallina productora de huevo en México las pérdidas por defectos en la calidad del huevo son aproximadamente del 2.5% del total de la producción (en codornices aún no se encuentra cuantificado el valor de ésta pérdida, aunque se cree que puede ser mayor debido al tipo de cadena de comercialización que existe en esta área y a las características del cascarón mencionadas ya anteriormente), estos errores de manejo en el huevo apto para consumo humano repercuten principalmente sobre el cascarón, mismo que usualmente presenta algún tipo de daño antes de llegar al consumidor final, lo cual dificulta su venta (NMX-079-SCFI 2004, Bovans White 2009-10; Portillo *et al*, 2005).^{9,12,21}

La cría de codornices japonesas en México constituye aún un mercado en constante expansión, donde al igual que en la comercialización del huevo de gallina también ocurren pérdidas por la mala calidad del cascarón (Bovans White 2009-10).⁹ Por lo tanto, el mejoramiento de la calidad interna y externa del huevo, puede resultar en una mejora significativa para los productores mexicanos, ya que se favorece un aumento en su comercialización en el aún incipiente mercado de consumo de huevo de codorniz en México. Es necesario verificar técnicamente las

principales variables de la calidad de huevo fresco de codorniz, con la finalidad de determinar el impacto que pudieran tener las diferentes condiciones climáticas existentes en México, que pueden afectar la calidad del huevo de codorniz durante su recolección, almacenamiento y comercialización.

HIPOTESIS

- La calidad de huevo de codorniz se ve afectada de diferente forma cuando se almacena bajo tres diferentes condiciones de temperatura y humedad.

OBJETIVO GENERAL

- Determinar el grado de frescura del huevo de codorniz para plato bajo tres diferentes condiciones de almacenamiento en dos épocas del año (verano e invierno).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el grado de frescura del huevo de codorniz a través de sus características internas (altura de albúmina densa, color de yema e índice de yema) y externas (grosor de cascarón, peso e índice de forma de huevo).
- Valorar la calidad de huevo de codorniz almacenado bajo tres diferentes temperaturas (refrigeración, cuarto frío y medio ambiente en verano e invierno).
- Evaluar y comparar el grado de frescura del huevo obtenido en una granja comercial de codornices de postura en dos épocas del año (verano-invierno) bajo los mismos tres sistemas de almacenamiento.
- Establecer los criterios a seguir para determinar el grado de frescura de huevo de codorniz a nivel de granja, distribuidor y punto de venta considerando sus diferentes condiciones físicas de almacenaje.
- Establecer las características físicas y especificaciones que debe cumplir el huevo fresco de codorniz que se produce y comercializa dentro del territorio nacional con el fin de asegurar a los consumidores un producto inocuo y de alta calidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Animales de experimentación.- El plantel de reproducción consiste en un pie de cría de codorniz japonesa variedad Faraona que aprovecha la capacidad reproductiva de la línea materna; se cruzan selectivamente con una línea paterna variedad Jumbo mix; este grupo heterótico se cruza recurrentemente cada 3 a 4 generaciones con la línea base (codorniz japonesa), lo cual permite mejorar el desempeño de los descendientes aprovechando el vigor híbrido (Portillo, 2005).¹

Infraestructura.- Las casetas son de piso de cemento y techo de lámina metálica, las casetas están provistas en el interior con jaulas colocadas en batería, cada caseta es de ventilación natural lateral con tela de alambre en los costados. Las codornices de postura se encuentran alojadas en jaulas de 90 cm de largo x 45 cm de ancho y 21 cm de alto, cada jaula cuenta con 1 bebedero de copa y un comedero de tolva –canal, con 16 aves por jaula, 253 cm²/ave (Juárez et al, 2009).¹⁰

Huevos frescos de codorniz.- El huevo se adquirió de una granja comercial de codornices la cual se encuentra ubicada en el Municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero (Juárez et al, 2009).¹⁰ Ésta se encuentra a una altitud de 540 m.s.n.m., posee un clima cálido húmedo con lluvias todo el año (Cfa), su temperatura media anual es de 27.6°C con una precipitación pluvial anual de 1,415 mm.

Alimento.- Las codornices de postura se nutren con dos tipos de alimento comercial, uno de iniciación del día 1 al 15 de edad con 28% de proteína cruda, 2.5% de grasa, 5% de fibra cruda, 12% de humedad, 10% de cenizas, 1.35% de calcio, 0.70% de fósforo y 42.50% ELNP/DIF; después del día 15 se dio *ad libitum*

un segundo alimento comercial para postura el cual contiene 21% de proteína cruda, 2% de grasa, 5% de fibra cruda, 12% de humedad, 15% de cenizas, 3.4% de calcio, 0.60% de fósforo y 41.30% de ELNP/DIF. Durante la fase de postura se les suplementa en forma de cafetería una fuente adicional de calcio granulado que se encuentra en forma de calcita mineral (carbonato de calcio, CaCO_3) provista a través de marmolina (Chan y Moran, 1985).²²

Sitio de evaluación.- La evaluación sobre la calidad del huevo fresco se realizó en las instalaciones del Departamento de Producción Animal: Aves de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, la cual está ubicada en la Ciudad de México a una altitud de 2,243 m.s.n.m., el clima se clasifica como templado-subhúmedo con lluvias en verano (Cwa), con temperatura media anual de 18.5°C, con máximas de 21°C en los meses de junio, julio y agosto, y mínimas de 15°C en diciembre, enero, febrero; la precipitación pluvial anual es de 788 mm (INEGI, 2009).²³

Diseño experimental.- La frescura del huevo se evaluó en dos épocas del año, la más caliente en verano y la más fría en diciembre, se recolectaron aleatoriamente en cada ocasión 600 huevos provenientes de hembras que tenían 16 semanas de edad con un peso promedio de 220 ± 3.5 gramos (Lázaro *et al*, 2005).¹⁴ El primer grupo fue el refrigerado, éste consistió en huevos de codorniz almacenados durante la época de verano bajo condiciones de refrigeración de 3-6°C y 80% de Humedad Relativa, durante el invierno las condiciones de almacenamiento fueron de 3-6°C y 70% de Humedad Relativa; el segundo grupo fue el de cuarto frío, durante verano se almacenó a una temperatura promedio de 14.2°C (+/- 3°C) y una Humedad Relativa de 78.8%, en invierno el almacenaje de este grupo la

temperatura promedio fue de 14°C y 66.6% de Humedad Relativa. El tercer grupo fue el ambiental, durante el verano se almacenó a una temperatura de 23.4°C (+/- 3°C) y una humedad relativa de 53.6% en la evaluación realizada en invierno las condiciones fueron de 19.9°C promedio y una humedad relativa de 36.7%.

La lectura testigo de calidad, fue la evaluación efectuada en el primer muestreo denominado como día 1. Se asignaron aleatoriamente 200 huevos de codorniz al grupo A (refrigeración), 200 al grupo B (cuarto frío) y 200 huevos al grupo C (ambiental). El tiempo total de almacenaje fue de 28 días, en cada muestreo se utilizaron 25 huevos por grupo. El muestreo inició el primer día de recolección y posteriormente se efectuaron 7 muestreos, cada uno con un intervalo de 4 días a partir del momento inicial de la recolección: 1, 4, 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días post-ovopostura. En cada huevo de codorniz se evaluaron los siguientes atributos:

Características internas

Altura de albúmina densa: Se cortó el cascarón de cada huevo alrededor del ecuador para depositar y permitir que se extendiera la clara y la yema sobre una superficie plana y lisa, posteriormente se midió la altura de la albúmina densa en su parte más elevada (la más cercana a la yema), con un calibrador tipo Vernier Truper® (Portillo 2005).¹

Unidades Haugh: Con los datos del peso y la altura de la albúmina densa, se obtuvieron las unidades Haugh (NMX-079-SCFI 2004),²¹ por medio de la fórmula simplificada:

$$U.H. = 100 \log_{10}[A+7.57-1.7 P^{0.37}]$$

Unidades IQU: Con los mismos datos de peso y altura de la albúmina densa, las unidades internas de calidad (IQU) se calcularon de acuerdo a la ecuación derivada y simplificada por Kondaiah *et al* (1983)²⁴ de la siguiente manera:

$$\text{IQU} = 100 \log (A + 4,18 - 0,8989 * P^{0,6674})$$

Altura de yema y albúmina: Con el huevo ya extendido sobre una superficie plana se midió la altura de la yema con un calibrador tipo Vernier Truper® tomando como referencia exactamente el centro de la yema (Portillo *et al*, 2005; NMX-079-SCFI 2004).^{12,21}

Ancho de yema: Se midió con un calibrador tipo Vernier Truper® el diámetro de la yema (Kul y Seker, 2004; Portillo *et al*, 2005).^{6,12}

Índice de yema: Con los datos de ancho y altura de la yema-albúmina en milímetros se obtuvo el índice de yema de acuerdo a lo indicado por Kul y Seker (2004).⁶

Color de la yema: El color de yema se midió a través de la escala ordinal de color amarillo a naranja en rangos de 1 a 15 del abanico de calificación de color de yema (*Yolk Colour Fan Roche*®) (Nagarajan *et al*, 1991).²⁵

Ph de albúmina: Se tomaron 5 ml de albúmina de cada tratamiento, en cada muestra se midió el pH con un potenciómetro (Conductronic ph 20®).

Características externas.

Grosor del cascarón: La medición del grosor del cascarón se realizó con un micrómetro digital Mitutoyo modelo 395-741-30 (Mitutoyo Corporation® Japan). El grosor se midió en la región del polo agudo, polo obtuso y ecuador de cada uno de los huevos de codorniz, el valor final se obtuvo de promediar aritméticamente las tres determinaciones efectuadas en los tres diferentes puntos de medición

anteriormente ya indicados (Yannakopoulos y Tserveni-Gousi, 1986; Ozcelik 2002).^{11,13}

Peso: El pesaje se efectuó de forma individual con una balanza electrónica OHAUS Pro 2000® con rangos de ± 0.1 g.

Pérdida porcentual de peso: Se determinó cuánto perdía en gramos cada una de las muestras de los diferentes grupos de tratamiento de almacenaje en cada una de las fechas de evaluación; con base a considerar el peso inicial muestral de cada tratamiento como el 100% del peso total de cada una de las muestras, el valor en gramos de peso perdido en cada tratamiento en cada fecha de evaluación se multiplicó por 100 y se dividió entre el peso correspondiente inicial promedio de cada tratamiento respectivo, el resultado fue la pérdida porcentual de peso para cada una de las fechas de evaluación.

Índice de forma de huevo: Se midió el ancho del huevo a nivel del ecuador, el largo del huevo se obtuvo a lo largo del eje axial tomando como límites el polo agudo y el polo obtuso, la medición se efectuó por medio de un Calibrador tipo Vernier Truper®; el índice de huevo se obtuvo de acuerdo a lo indicado por Kul y Seker (2004).⁶

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables explicativas fueron las condiciones de almacenamiento del huevo y el periodo posterior a la ovoposición indicado por las diferentes fechas de evaluación, mientras que las variables de respuesta fueron la altura de la albúmina densa, unidades Haugh, IQU, altura de yema y albúmina, ancho de la yema, color de la yema, pH de la albúmina, grosor del cascarón, peso del huevo, pérdida porcentual de peso e índice de forma de huevo. La pérdida porcentual gradual de peso posterior a la ovoposición, de forma previa a su análisis estadístico, se transformó a través de la obtención del arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción con relación a la unidad, considerando como 100% al peso inicial del huevo de codorniz al momento de su ovoposición. Las variables se analizaron a través de la descomposición cuadrática de la varianza por medio de un modelo general lineal de un solo factor (GLM), cuando existió una diferencia estadística significativa entre alguna de las medias, la diferencia entre medias de grupo se determinó por medio de la técnica de comparación múltiple de medias de Tukey ($P < 0.05$) a una significancia para alfa con relación a la unidad igual o menor al 5% (Gill, 1978).²⁶

En el caso del análisis de unidades Haugh e IQU, se consideraron dos tipos de análisis, el primero fue un comparativo entre grupos en cada una de las fechas de evaluación el cual se definió como análisis transversal, al mismo tiempo los mismos datos se consideraron para verificar el segundo análisis, el cual se efectuó dentro de cada grupo de evaluación a lo largo del estudio, es decir se compararon los resultados entre cada una de las fechas de evaluación, este análisis fue

definido como de tipo longitudinal; las diferencias entre grupos en el análisis transversal se evidenciaron a través de literales mayúsculas superíndice en los promedios correspondientes y las diferencias entre fechas dentro de cada uno de los grupos en el análisis longitudinal se expresaron por medio de literales minúsculas superíndice seguidas de las literales mayúsculas superíndice correspondientes al análisis transversal.

RESULTADOS

Altura de la albúmina densa

Durante la evaluación de verano la altura de la albúmina densa en el grupo refrigerado al día 4 fue de 5.57 mm, mayor ($P<0.05$) al grupo almacenado a temperatura ambiente con el cual mostró una diferencia en altura de 47 mm, el grupo del cuarto frío no mostró diferencia con ninguno de los otros dos métodos de almacenamiento, la evaluación al día 8 mostró un comportamiento similar al de cuatro días antes. Al día 12 se observó una diferencia significativa ($P<0.05$) entre grupos, la albúmina densa en el grupo refrigerado fue de 5.13 mm mayor a los 4.81 mm del grupo de cuarto frío, con una diferencia de 32 mm entre ambos, mientras que la diferencia ($P<0.05$) de este último grupo con el ambiental fue de hasta 38 mm. El día 16 el grupo de refrigeración mantuvo una altitud de la albúmina mayor al resto de los otros dos grupos, el grupo ambiental mostró el menor valor (3.86 mm), difirió con relación a los dos grupos almacenados a menor temperatura; al día 20 estos grupos no fueron diferentes entre sí, pero fueron mayores ($P<0.05$) al grupo ambiental. Al día 24 de almacenaje el grupo refrigerado mostro una altura de 4.52 mm, diferentes a los otros dos grupos, que no fueron diferentes entre sí. El último día de almacenaje (día 28) se observó que el grupo refrigerado tuvo una altura de 4.59 mm diferente ($P<0.05$) a los 3.27 mm del grupo ambiental que fue la menor altura registrada en todo el periodo, la diferencia entre estos dos grupos fue de 1.32 mm. Al final no hubo diferencia entre los dos grupos enfriados a diferente temperatura (Cuadro 1).

La medición de altura de albúmina densa realizada en el muestreo de invierno, mostró el mismo comportamiento que el efectuado en verano. En términos

generales se observó una mayor altura de la albúmina densa en invierno que la registrada en verano. Las dos únicas fechas con variación fueron las dos últimas, al día 24 de la evaluación de invierno se tiene un comportamiento similar al de la última fecha de la evaluación de verano (28 días), mientras que al día 28 de invierno el grupo refrigerado finalizó con una altura de albúmina de 5.92 mm, diferente ($P<0.05$) a los 5.56 mm del grupo de cuarto frío y diferente ($P<0.05$) también a los 4.98 mm del grupo ambiental, a diferencia de la evaluación de verano, en invierno el valor máximo de altura del grupo refrigerado difirió con el menor valor observado en el grupo ambiental en únicamente 0.94 mm; 0.38 mm menos que la diferencia observada en ese último día de evaluación de verano entre el grupo refrigerado y el ambiental (Cuadro 1).

Unidades Haugh

Al determinar durante la época del verano el grado de frescura con unidades Haugh, se observó que desde el día cuatro de almacenamiento ya existía una diferencia significativa ($P<0.05$) en unidades Haugh entre el grupo de refrigeración y el ambiental, el grupo de cuarto frío no fue diferente con relación a ninguno de los dos. Este comportamiento se mantuvo al día 8, mientras que al día 12 de almacenamiento los dos grupos con refrigeración fueron mayores y diferentes al ambiental ($P<0.05$). Al día 16, todos los grupos difirieron entre sí, teniendo la mayor calificación en unidades Haugh el grupo refrigerado y la menor el ambiental. Al día 20 los grupos refrigerados fueron más altos y diferentes al ambiental ($P<0.05$). Al día 24, únicamente el grupo refrigerado fue diferente ($P<0.05$) a los otros dos grupos, los cuales no fueron diferentes entre sí; al día 28 todos los

grupos fueron diferentes entre sí, el grupo ambiental mostró el valor más bajo en unidades Haugh con una diferencia de al menos 7.3 unidades con relación al grupo refrigerado, el cual fue el más alto con 89.31 unidades Haugh (Cuadro 2).

Al efectuar la evaluación en unidades Haugh durante el invierno, la diferencia ($P < 0.05$) mayor para el grupo refrigerado y menor para el ambiental, se detectó hasta el día 8 de almacenamiento, el grupo de cuarto frío no fue diferente a los dos grupos. Al día 12 los grupos refrigerados obtuvieron valores más altos y diferentes ($P < 0.05$) con relación al grupo ambiental. Al día 16 todos los grupos fueron diferentes entre sí, situación análoga a la evaluación efectuada en el verano. Al día 20 de almacenamiento, los dos grupos refrigerados fueron mayores al ambiental ($P < 0.05$). Al día 24 todos los grupos volvieron a ser diferentes entre sí ($P < 0.05$), situación que se mantuvo idéntica hasta el día 28 de almacenamiento donde la diferencia en unidades Haugh entre el grupo refrigerado y el ambiental fue de tan solo 4.2 unidades Haugh (Cuadro 2).

Internal Quality Units (IQU)

Al medir la calidad con IQU durante el verano, se observó que hay diferencia ($P < 0.05$) entre el grupo refrigerado y el ambiental desde el día 4 de almacenamiento, el grupo de cuarto frío no fue diferente al resto de los grupos; esta misma situación se mantuvo hasta el día 8 y 12. Al día 16 de almacenamiento el grupo refrigerado fue diferente ($P < 0.05$) al resto de los otros dos grupos. Al día 20 de almacenamiento los dos grupos refrigerados fueron mayores ($P < 0.05$) al ambiental. Al día 24, el grupo refrigerado volvió a ser mayor ($P < 0.05$) que los otros dos grupos. Al día 28, los dos grupos refrigerados fueron mayores ($P < 0.05$) al

ambiental, la diferencia en unidades entre el grupo ambiental y el refrigerado fue de hasta 15 IQU. (Cuadro 3).

Durante la evaluación de invierno, la diferencia ($P < 0.05$) entre los dos grupos refrigerados y ambiental se observó hasta el día 12 de almacenamiento, comportamiento estadístico que se mantuvo hasta el día 20; fue hasta el día 24 de almacenamiento donde todos los grupos fueron diferentes entre sí ($P < 0.05$). Al día 28, los dos grupos refrigerados volvieron a ser mayores ($P < 0.05$) con relación al ambiental, la diferencia en unidades entre el grupo refrigerado y el ambiental fue de al menos 7.5 IQU. (Cuadro 3).

El promedio general de unidades Haugh durante la evaluación realizada en invierno en los tres sistemas de almacenamiento, aunque diferentes entre sí, fueron mayores y con menor coeficiente de variación que en la evaluación efectuada durante el verano (Cuadro 4). Aunque las IQU presentaron un mayor coeficiente de variación con relación a las unidades Haugh, estas muestran un comportamiento análogo a las unidades Haugh, con la única excepción de que los grupos que recibieron un tratamiento de conservación con frío durante el invierno no fueron diferentes entre sí, difiriendo únicamente con relación al grupo de huevos que se mantuvo a temperatura ambiente (Cuadro 4).

Altura de yema y albúmina

En el muestreo de altura de albúmina y yema juntas realizado en verano, se observó una diferencia significativa ($P < 0.05$) a partir del día 4, el sistema de almacenaje ambiental muestra una menor altura de yema (10.17 mm) con

respecto a los otros dos sistemas de almacenaje en frío que tienen valores muy similares. Al día 8 el grupo de refrigeración mostró la mayor altura de yema y albúmina juntas (11.60 mm) diferente ($P < 0.05$) al almacenaje efectuado en cuarto frío (11.15 mm), el cual difirió ($P < 0.05$) a su vez con el grupo ambiental que solo tuvo una altura de 10.01 mm. Al día 12 se observó un comportamiento similar al del día 4, donde los dos grupos enfriados fueron diferentes ($P < 0.05$) al ambiental el cual mostró el valor de altura de yema más bajo hasta ese día de la evaluación; sin embargo, a partir del día 16 se volvió a observar una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tres grupos de almacenaje, este patrón diferencial fue el mismo hasta el final de la evaluación, donde el grupo con refrigeración mostró una mayor altura de yema y albúmina, la cual a lo largo del estudio mostró un comportamiento muy estable con relación a las primeras observaciones del muestreo, mientras que el grupo ambiental mostró un evidente deterioro a lo largo del estudio, registrándose una diferencia en altura de yema de hasta 4.62 mm con relación al grupo refrigerado; si bien el grupo de cuarto frío mostró una menor distancia (1.3 mm) con respecto al grupo refrigerado, el grupo de cuarto frío fue diferente ($P < 0.05$) con relación al refrigerado y al grupo ambiental (Cuadro 5).

En la evaluación de invierno fue hasta el día 8 donde el grupo de refrigeración y cuarto frío que mostraron valores similares difirieron ($P < 0.05$) con relación al grupo ambiental, este patrón diferencial se mantuvo hasta el día 20. Para el día 24 se observó diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tres grupos de almacenaje, el grupo ambiental mostró un valor de 8.88 mm menor y diferente a los 12.36 mm del grupo refrigerado y a los 11.40 mm del grupo de cuarto frío, los cuales a su vez fueron diferentes ($P < 0.05$) entre sí. Para el día 28, los dos grupos almacenados a

menor temperatura no fueron diferentes entre sí, sin embargo, si hubo variación ($P < 0.05$) con relación al grupo ambiental, el cual aunque mostró un valor tan bajo como en la evaluación de verano, presento una diferencia de hasta 3.84 mm con respecto al grupo de refrigeración (Cuadro 5).

Ancho de yema

Al evaluar el ancho de yema del huevo de codorniz en verano, a partir del día 4 se observó que el grupo de refrigeración muestra un menor diámetro de la yema (24.4 mm) estadísticamente diferente ($P < 0.05$) con respecto a los otros dos grupos, los cuales muestran un promedio conjunto cercano a los 26 mm. Al día 8 el grupo de refrigeración muestra un valor similar al registrado cuatro días antes en el grupo de cuarto frío, sin embargo, en esta fecha difiere ($P < 0.05$) con respecto a los otros dos grupos los cuales muestran una yema más extendida diferente ($P < 0.05$) entre los dos. Al día 12 de evaluación el ancho de yema es mucho mayor (26.92 mm) en el grupo ambiental, diferente ($P < 0.05$) con respecto al grupo refrigerado que muestra un ancho de yema menor (24.91 mm); el grupo del cuarto frío no muestra diferencia con relación a cualquiera de los otros dos grupos. Al día 16 y 20, el grupo ambiental mostró una mayor área ocupada por la yema, diferente ($P < 0.05$) con respecto a los grupos refrigerado y de cuarto frío, los cuales no difieren entre sí. En los dos últimos días de evaluación (24 y 28) se observó que el grupo refrigerado muestra un menor valor en el ancho de yema (24.9 y 25.3 mm respectivamente) a diferencia del grupo almacenado en cuarto frío y ambiental; al día 28 en el grupo ambiental se registro el mayor ancho de yema de todo el estudio con un diámetro de 29.4 mm, mostrando una diferencia

de 2.48 mm con relación al grupo de cuarto frío y de 4.12 mm respecto al grupo refrigerado (Cuadro 6).

En invierno el comportamiento en la evaluación del diámetro de la yema fue diferente al registrado en verano, a partir del día 4 solo el grupo ambiental es diferente ($P < 0.05$) a los otros dos grupos de evaluación. Al día 8 se observa algo inusual, el grupo de cuarto frío muestra el menor diámetro de yema, diferente ($P < 0.05$) al grupo ambiental y al refrigerado, los cuales no son diferentes entre sí. Del día 12 al 20 de evaluación se observa un patrón similar al registrado al día 4, donde los dos grupos de frío muestran menor diámetro de la yema y son diferentes ($P < 0.05$) con relación al grupo ambiental. Al día 24 se observó que el grupo de refrigeración muestra un menor ancho de la yema y es diferente ($P < 0.05$) con respecto al grupo de cuarto frío y ambiental, los cuales difieren entre sí. Al final de la evaluación el ancho de la yema en el grupo ambiental es mucho mayor a los grupos que recibieron refrigeración, mostrando un rango diferencial de 2.99 mm entre el ancho de la yema del grupo ambiental y el refrigerado, lo cual fue casi la mitad de la diferencia observada entre estos mismos grupos en la misma fecha de evaluación efectuada durante el verano anterior (Cuadro 6).

Índice de yema

A partir del día 4, los grupos difirieron entre sí ($P < 0.05$), el comportamiento estadístico fue similar hasta el último día del periodo de evaluación (día 28). A lo largo de la evaluación el grupo refrigerado mostró el mayor valor, el de cuarto frío un valor medio y el valor del índice de yema en el grupo de almacenaje ambiental fue el menor (Cuadro 7).

En la evaluación de invierno se observó un comportamiento diferente, en los días 1 y 4 no se registró ninguna diferencia entre los tres sistemas de almacenamiento. Al día 8, el patrón de variabilidad fue errático, ya que el grupo de cuarto frío mostró el mayor valor del índice, diferente ($P < 0.05$) al grupo refrigerado y al ambiental, estos dos últimos grupos fueron diferentes entre sí. Del día 12 al 20 los sistemas de almacenamiento en refrigeración y de cuarto frío no mostraron una diferencia significativa, sin embargo, si difirieron ($P < 0.05$) con respecto al sistema de almacenaje ambiental en el cual el índice de yema fue el menor. Hasta el día 24 se observó un patrón de comportamiento similar al registrado en verano, donde los tres sistemas de almacenamiento difieren entre sí, el sistema de refrigeración obtuvo el mayor índice de yema (53.9) comparado con el sistema de almacenaje ambiental (33.18), el de cuarto frío mostró un valor medio de 46.7. Al día 28 el sistema de almacenaje de cuarto frío que recibió 15-16°C, mostró un índice de yema estadísticamente similar al del sistema de almacenaje en refrigeración, el grupo ambiental fue el menor y diferente ($P < 0.05$) a los otros dos grupos (Cuadro 7).

Color de yema

El color de la yema en forma general no mostró variabilidad entre los tres grupos de almacenamiento, solo al día 4 y 16 de verano se observaron diferencias, al día cuatro el grupo ambiental mostró 5.76 que fue el menor valor de calificación diferente ($P < 0.05$) con respecto al grupo de cuarto frío, sin embargo, al día 16 este grupo mostró el valor más bajo de los tres (4.85), el grupo refrigerado no fue diferente a los otros dos sistemas de almacenamiento en cualquiera de las fechas

de evaluación. Los siguientes días de evaluación los tres grupos muestran un valor uniforme en el color de la yema, sin diferencia estadística (Cuadro 8).

En la evaluación de invierno, al día 1 se observó que el grupo de cuarto frío presentó el mayor valor de amarillo (8.07) diferente ($P < 0.05$) al del grupo ambiental y sin diferir con el valor observado en el grupo refrigerado, grupo que a su vez no fue diferente al grupo ambiental. Al día 4 el grupo ambiental es más alto y diferente ($P < 0.05$) al grupo de cuarto frío, el refrigerado no difirió con relación a los otros dos grupos. Al día 8 el grupo ambiental fue mayor ($P < 0.05$) al refrigerado. El día 12 el grupo de cuarto frío fue el más amarillo, diferente ($P < 0.05$) a los otros dos grupos. De acuerdo con el abanico de Roche® en el día 16 y 20 en los tres grupos se observa el mismo color, al día 24 la menor coloración fue en el grupo de cuarto frío diferente ($P < 0.05$) al resto de los grupos, al final de la evaluación se observó que solo el grupo ambiental es mayor en color amarillo ($P < 0.05$) con relación a los otros dos grupos de almacenaje (Cuadro 8).

Grosor de cascarón

Esta característica fue evaluada tanto en verano como en invierno, los tres diferentes sistemas de almacenaje no mostraron una diferencia estadísticamente significativa, las mediciones de forma general mostraron un rango en el grosor de cascarón de 0.17 a 0.19 mm (Cuadro 9).

Peso del huevo

En el muestreo efectuado durante el verano, el pesaje del huevo en el grupo almacenado a temperatura y humedad ambiental presentó el menor peso hasta el día 12 de evaluación ($P < 0.05$) a diferencia de los grupos que recibieron un tratamiento de conservación a menor temperatura de la ambiental, tendencia que persistió en el día 16 del almacenaje. Al día 20 el peso entre cada grupo fue diferente ($P < 0.05$), el grupo refrigerado mostró un peso promedio de 13 g en comparación a los 11.2 g del grupo ambiente, con una diferencia porcentual de hasta 14%. Al día 24 y 28 se observó una tendencia similar a la del día 16, donde los grupos que recibieron un tratamiento de almacenaje con frío mostraron mayor peso, diferente ($P < 0.05$) al grupo almacenado a temperatura y humedad ambiental (Cuadro 10). Posteriormente, en los primeros 24 días de la evaluación de invierno, se observó que el peso del huevo no mostró diferencia significativa entre los tres sistemas de almacenamiento. Solo el último día del estudio (día 28) el grupo refrigerado finalizó con un peso promedio de 12.4 g, mayor ($P < 0.05$) a los 11.6 g del grupo ambiente, el grupo de cuarto frío no difirió con relación al resto de los grupos (Cuadro 10).

Pérdida porcentual de peso

En verano se observó una diferencia estadísticamente significativa a partir del día 4 y hasta el último día de la evaluación, la pérdida de peso fue mayor ($P < 0.05$) en el grupo ambiente con relación al resto de los grupos almacenados en frío; en el grupo ambiente hay una pérdida de peso final de 8.47%, mientras que en el grupo de cuarto frío esta fue de solo 1.74% y en el grupo refrigerado únicamente de

1.31%, el ambiental fue el grupo con la mayor pérdida de peso. Entre el grupo de refrigeración y el grupo de cuarto frío no existió diferencia significativa (Cuadro 11). En invierno se observó el mismo comportamiento que en verano, sin embargo la diferencia del grupo ambiental con relación a los otros dos grupos almacenados en frío, a diferencia de verano en invierno inicio al día 8 de almacenaje. La pérdida porcentual de peso al final de la evaluación en el grupo ambiental fue de 7.27% ligeramente menor que la evaluada en verano, mientras que en el grupo de refrigeración y de cuarto frío, la pérdida de peso fue mayor comparada con la evaluación realizada en verano, en invierno finalizaron con un valor porcentual de 3.06% para el primer grupo (refrigeración) y 2.62% para el segundo grupo (cuarto frío), aunque hay que destacar que al igual que en verano no existió diferencia estadística entre estos dos grupos (Cuadro 11).

Índice de forma de huevo

Tanto en verano como en invierno, los valores obtenidos en los tres sistemas de almacenamiento nunca fueron diferentes entre sí; relacionando ancho-altura del huevo de codorniz, se obtuvo un índice de forma de huevo promedio de 78 (Cuadro 12)

pH de albúmina

El pH de la albúmina al día uno de evaluación fue mayor en el tratamiento de refrigeración y ambiente que en el de cuarto frío. Al día 4 el grupo ambiental mostró un valor de 9.18, mayor ($P < 0.05$) al resto de los grupos que recibieron un tratamiento a base de refrigeración, en la evaluación del día 8 se observó una

situación análoga a la registrada cuatro días antes. La evaluación del día 12 donde el grupo ambiental muestra un valor de pH de 9.08, se observó un comportamiento diferencial con relación a los otros dos grupos refrigerados, situación similar a la observada al día 4. La evaluación del día 16 fue similar a la de cuatro días antes (día 12). Al día 20 de evaluación el grupo refrigerado muestra un pH de solo 8.89, significativamente menor al 8.94 del grupo de cuarto frío y diferente ($P < 0.05$) al 9.11 del grupo ambiental, estos dos últimos grupos difirieron a su vez entre sí. Al día 24 el grupo refrigerado continúa mostrando un pH menor que el resto de los grupos, el pH del grupo de cuarto frío (9.09) fue el mayor, diferente ($P < 0.05$) al resto de los otros dos grupos. Al día 28 de la evaluación el grupo refrigerado presento el menor valor de pH, diferente ($P < 0.05$) al grupo de cuarto frío y ambiental, el cual presentó el mayor valor de pH (9.13) en esta fecha de evaluación, estos dos últimos grupos difirieron entre sí. La evaluación del día 32 de almacenaje fue similar a la de cuatro días antes, con la particularidad de que el grupo ambiental muestra el mayor valor presentado durante toda la evaluación (pH 9.14), los grupos que recibieron un tratamiento de conservación a menor temperatura de la ambiental, muestran un comportamiento degradativo del potencial de hidrogeniones con relación a las fechas de evaluación anteriores, sus valores se relacionan de acuerdo al menor grado de temperatura recibida a lo largo del estudio, lo cual muestra que entre más frías hayan sido las condiciones de almacenamiento a lo largo de la evaluación, estos huevos presentan un valor de pH menor (Cuadro 13).

DISCUSIÓN

La altura de la albúmina densa por sí misma proporciona una idea precisa del comportamiento de la calidad interna del huevo, independientemente de la época de evaluación (verano o invierno), en ambas épocas del año hasta el día 12 de evaluación fue cuando se observó el mismo comportamiento sobre la disminución progresiva de la calidad del huevo almacenado bajo los tres sistemas de almacenamiento evaluados, es en esta fecha en la cual existe una marcada diferencia entre los tres grupos de almacenaje, de allí este diferencial permanece hasta el día 24 de evaluación, fecha en la cual el grupo de cuarto frío muestra una tendencia de comportamiento similar al grupo refrigerado. Una mayor temperatura ambiental en verano influye sobre el almacenaje del grupo de cuarto frío, aún cuando el grado de aislamiento proporcionado por el contenedor utilizado es el indicado, sin embargo, es posible que los huevos muestren una mayor temperatura que la observada durante el invierno, época donde la temperatura ambiental fue menor, por lo cual de acuerdo con estas observaciones se puede determinar que la temperatura ambiental tiene un efecto directo sobre el comportamiento de la calidad interna del huevo, sobre todo si el almacenamiento se efectúa a una mayor temperatura de la lograda con refrigeración. De acuerdo a Sung-Mo y Chong-Hae (2005)²⁷ el efecto del frío sobre la integridad de la albúmina densa es proporcional, es decir a partir de los 12°C entre más frío se suministre durante el almacenaje siempre y cuando no se alcance el punto de congelación, la albúmina conservará mejor sus propiedades fisicoquímicas y por lo tanto mostrará una mejor calidad interna caracterizada por una mayor altura de la albúmina densa

y una disminución progresiva en la pérdida de peso en forma de vapor de agua del contenido interno del huevo.

González *et al* (2009)²⁸ al almacenar el huevo de codorniz a bajas temperaturas encontró que la altura de la albúmina se conserva por más tiempo a 4°C con relación a otro grupo almacenado a 32°C, este efecto González *et al* (2009)²⁷ lo atribuyen principalmente a la temperatura y tiempo de almacenaje.

El tratamiento con la menor temperatura utilizada en el presente estudio contribuye proporcionalmente a conservar una mayor altura de la albúmina densa, se atribuye principalmente a los componentes internos de la albúmina, en particular a la ovomucina; de acuerdo a Toussant y Latshaw (1999)²⁹ la albúmina densa es el componente del huevo responsable de la firmeza, aunque algunos otros autores como Panda y Singh (1990)³ mencionan que existe una relación en la diferencia de firmeza de la albúmina observada entre diferentes huevos en un mismo tiempo de evaluación bajo las mismas condiciones de almacenaje y que posiblemente esta determinada por la proporción particular del contenido de ovomucina de cada huevo, ya que se ha observado que los huevos que poseen mayor grosor de la albúmina cuando el huevo se deposita sobre una superficie plana son precisamente los que contienen proporcionalmente mayor cantidad de ovomucina.

La ovomucina es una de las proteínas más importantes de la albúmina densa, ésta contribuye a explicar el grado de viscosidad o gelatinicidad que posee la misma, es una de las proteínas que a lo largo del almacenamiento del huevo y debido a su degradación por una relación directa con la temperatura que rodea al huevo contribuye a que la calificación de la calidad interna disminuya (Toussant y

Latshaw, 1999).²⁹ La altura de la albúmina densa disminuye conforme aumenta el tiempo de almacenaje del huevo, ésta disminución se acelera si la temperatura es mayor a 12°C (Sung-Mo y Chong-Hae, 2005;González *et al*, 2009).²⁷⁻²⁸

En el presente estudio se observó que al evaluar la calidad interna del huevo de codorniz a través de la relación existente entre el peso y la altura de la albúmina densa, determinados a través de unidades Haugh e IQU en tres diferentes sistemas de almacenamiento, en la comparación transversal (mediciones simultáneas) efectuada, es decir los tres grupos en una sola fecha de evaluación, la declinación de calidad indicada con un menor valor de las unidades Haugh o IQU, fue más evidente al utilizar las unidades Haugh, aunque si bien, en verano los dos tipos de evaluación mostraron un comportamiento similar, detectando una disminución en la calidad interna del huevo desde el día cuatro post-ovoposición, fue hasta el día 16 de almacenamiento que la medición con unidades Haugh mostró diferencia estadística entre los tres tipos de almacenaje, al mostrar una caída abrupta de la calidad principalmente en el grupo de almacenamiento ambiental, lo cual coincide con la caída de actividad de la mayor parte de proteínas de la albúmina, dentro de las cuales la ovotransferrina que es una de las proteínas más importantes muestra sus bajos niveles de acción; en aves domésticas (huevo de gallina) esta caída de esta proteína en particular coincide exactamente con el periodo requerido en la naturaleza para la incubación del embrión (21 días), aún cuando esta incubación se realiza a una temperatura mayor (37.7°C) a la temperatura de almacenaje del grupo ambiental ensayado en el presente estudio, lo cual nos indica que en codornices existe este mismo tipo de

relación, donde con base a los resultados observados al día 16, es factible determinar que el periodo óptimo de conservación de la ovotrasferrina y ovomucina que de acuerdo a Yamamoto *et al* (1997)³⁰ son dos de las más importantes proteínas de la albúmina, coincidiría con el periodo de incubación.

El periodo de incubación en codornices es aproximadamente de 17 días, por lo cual con base a este conocimiento podemos discernir que el periodo óptimo de frescura del huevo de codorniz almacenado por arriba de la temperatura de refrigeración y hasta los 12 °C de acuerdo a lo indicado por Sung-Mo y Chong-Hae en 2005²⁷ es de 17 días.

En la evaluación con unidades Haugh, fue hasta el día 28 cuando volvió a observarse la diferencia entre los grupos mostrada previamente al día 16 de evaluación, lo cual indica que a través del empleo de unidades Haugh es posible determinar adecuadamente el declive progresivo de la calidad interna entre los tres diferentes sistemas de almacenamiento, la cual fue mayor en el grupo ambiental. La diferencia observada en los rangos obtenidos entre unidades Haugh e IQU puede contribuir a estructurar una escala de calificación similar a la utilizada en la norma de evaluación de calidad de huevo fresco de gallina NMX-FF-079-SCFI-2004²¹, en la que se determina un rango de hasta 11 unidades Haugh entre el grupo de mayor calificación (México extra) y el de calidad regular (México 2).

Con base a la información generada en el presente estudio debe darse mayor peso al tipo de diferencia que queremos detectar, la cual puede estar sujeta a los requisitos del mercado, porque en determinado momento podríamos querer evaluar calidad interna total en huevos recién ovopositados y en otro caso

podríamos calificar la calidad del huevo con base al periodo transcurrido desde la ovoposición hasta el instante de su adquisición por el consumidor final.

Si el presente estudio incluyera solamente este análisis transversal, las unidades Haugh serían las indicadas a utilizar cuando se califican diferencias entre sistemas de almacenamiento que consideren al menos dentro de uno de ellos la refrigeración como método de conservación, sin embargo, esta aseveración entra en contraste directo con lo que algunos autores como Imai *et al* (1986)³¹ han determinado.

Imai *et al* (1986)³⁰ indicaron que las IQU representan una mejor medida en el declive de la calidad interna de los huevos de codorniz a lo largo de su periodo de almacenamiento en comparación a la lectura con unidades Haugh, sin embargo, hay que considerar que ellos evaluaron un solo tipo de almacenamiento a temperatura ambiente y no consideraron el efecto de la temperatura y humedad relativa en sistemas de almacenamiento con frío como los empleados en el presente estudio. Al analizar los resultados de forma longitudinal a lo largo de los 28 días de evaluación, al tomar en cuenta únicamente la variación en calidad dentro de un solo grupo de almacenamiento, se pudo verificar que en la época de verano es cuando hubo una mayor perspectiva de aplicación de las IQU sobre la determinación del declive en la calidad interna del huevo fresco de codorniz, lo que esta de acuerdo con lo planteado por Imai *et al* (1986)³¹ en al menos los grupos que emplearon frío como método de conservación. Con base en los resultados, las IQU son adecuadas para la evaluación en los otros dos sistemas de almacenaje (refrigeración), sobretodo en verano, donde a pesar de que el comportamiento analizado con IQU en el declive de la calidad es similar hasta el

final de la primera semana de almacenamiento, es al día 12 cuando se comienza a manifestar una diferencia tangible, aunque ésta es evidente hasta el día 20, donde la declinación de la calidad interna evaluada de forma longitudinal es altamente significativa no sólo en el grupo ambiental si no también en el grupo refrigerado, donde se observó una caída abrupta de la calidad interna a lo largo de todo el periodo de evaluación, aún, cuando al efectuar el análisis de forma transversal con las mismas unidades IQU, el grupo refrigerado sigue siendo el de mayor calidad con relación al resto de los otros dos grupos.

En el análisis de invierno, aunque se observa un comportamiento similar al de verano, el grupo ambiental presenta diferencia estadística desde una de las fechas tempranas de la evaluación, lo cual posiblemente puede explicarse por el grado de dispersión de las observaciones con relación a la media muestral (debida a un valor mayor de la desviación estándar) que se obtiene cuando se emplean IQU, a diferencia de cuando el análisis de calidad se efectúa utilizando las unidades Haugh; la desviación estándar en el caso de las unidades IQU, aritmética y estadísticamente es mayor para cada evaluación efectuada, lo cual puede contribuir a determinar una mejor exactitud para la calificación de la calidad cuando se emplean IQU que cuando se utilizan unidades Haugh.

Existe un factor ligado a una temperatura media entre la ambiental y la de refrigeración (12° y 13° C) que de alguna forma altera los componentes internos del huevo de codorniz y esto hace que se obtenga un mayor número de lecturas con una amplia dispersión, mostrando el grupo ambiental un comportamiento durante el invierno similar al mostrado por el grupo de cuarto frío durante el verano, lo cual se observa en los resultados obtenidos donde estos dos grupos

muestran un promedio y coeficiente de variación similar. Es factible determinar que un análisis con unidades Haugh muestra mayor probabilidad de evidenciar diferencias entre tratamientos de conservación bajo los rangos diferenciales de temperatura propuestos en el presente estudio que cuando se emplean IQU.

Aún cuando la escala de evaluación al emplear unidades Haugh es más alta en calificaciones dentro de una escala como la planteada en la NMX-FF-079-SCFI-2004 (rango del presente estudio: 82-96= 14 Unidades Haugh), mayores a las obtenida con IQU (rango del presente estudio: 44-66= 22 IQU), existe un claro contraste a la escala utilizada en la NMX-FF-079-SCFI-2004,²¹ donde desde el valor mínimo de la calificación superior (México extra= >70 unidades Haugh), hasta la calificación menor de la clasificación México 2 (<31 unidades Haugh) muestra un rango amplio de calificación (hasta 39 unidades Haugh) donde adicionalmente el rango entre la calificación superior (México extra) y la que le sigue de menor calidad (México 1) es de al menos 10 unidades Haugh. Es importante considerar el grado de dispersión de las lecturas que se obtienen con cada una de las dos escalas, con la finalidad de proponer una escala adecuada dentro de una Norma de Calidad de huevo fresco de codorniz, una propuesta es considerar el grado de dispersión a partir de la máxima calificación de calidad considerando la desviación estándar y el coeficiente de variación como una medida adecuada para la creación de esta escala de calidad del huevo fresco de tipo nominal con estructura matemática de tipo ordinal (por ejemplo, desde la más alta calificación a la menor: calidad dorada, premium, estándar y fuera de clasificación).

Portillo (2005)¹ indica que la ovomucina varía proporcionalmente en su contenido de acuerdo a la edad de las codornices de postura, por lo cual es factible que dependiendo de la cantidad de ovomucina contenida en el huevo ovopositado por cada codorniz, la altura de la albúmina densa se altere negativamente, de tal forma que puede explicar de cierta manera la variabilidad que se observó en el presente estudio cuando se efectuó el análisis de la calidad en los huevos que tuvieron un almacenaje con temperaturas más frías. Toussant y Latshaw (1999)²⁹ determinaron que la cantidad total de ovomucina es menor en huevos con baja calificación de unidades Haugh que en aquellos que tuvieron una calificación más alta, aún, cuando la ovomucina no presenta algún tipo de alteración en su composición en cualesquiera de los dos grupos, lo cual indica que la edad de las codornices es el factor más importante sobre la cantidad presente de ovomucina en el huevo, sin embargo, de acuerdo a los resultados del presente estudio independientemente a la edad de las aves, si los huevos no se almacenan en refrigeración, la ovomucina sufre degradación y por lo tanto disminuye la altura de la albúmina densa.

Se ha determinado además que conforme la edad de las codornices se incrementa, el peso del huevo lo hace también, sin embargo, proporcionalmente la yema es la que más aumenta de peso y volumen, en detrimento de la proporción de la albúmina total, por lo cual es factible que la edad de las codornices pudiera influir sobre el índice de yema, que en el presente estudio ofrece un índice de predicción muy aceptable en el proceso de deterioro de la calidad interna del huevo a lo largo del periodo de almacenaje evaluado.

Toussant y Latshaw (1999)²⁹ determinaron que los huevos provenientes de una de varias líneas genéticas evaluadas mostraron una alta calificación en unidades Haugh, ellos sugirieron que esta calificación se debía a una diferencia en la cantidad y composición de la ovomucina, esto con relación a los huevos de otra línea genética en la cual los huevos mostraron menor calificación de unidades Haugh; Toussant y Latshaw (1999)²⁹ lo atribuyen a la proporción y la glicosilación de la subunidad- β de la ovomucina es más alta en los huevos de hembras que recibieron una mayor calificación de calidad con unidades Haugh y por lo tanto es un factor que tiene gran importancia en explicar las diferencias de calidad entre líneas genéticas; es factible que las diferencias detectadas en unidades Haugh e IQU determinadas en el presente estudio, a su vez más altas que las publicadas por otros investigadores, se expliquen principalmente por el grado de variabilidad genética existente entre las líneas de codornices que han empleado otros investigadores (González 1995; Toussant y Latshaw, 1999)^{28,29} y la utilizada en el presente estudio.

Independientemente del sistema de calificación utilizado para evaluar la calidad interna del huevo fresco de codorniz, la caída de calidad de la misma fue más evidente durante verano que durante invierno, lo cual se explica principalmente por las diferencias en temperaturas observadas, las cuales fueron menores durante invierno; González (1995)²⁸ indicó que la menor calificación en IQU se obtiene cuando las temperaturas son más altas, lo cual se agudiza si los huevos provienen de ponedoras muy viejas, González (1995)²⁸ indica que esta condición ambiental afectó más a los huevos ovopositados por aves de 25 semanas de edad que cuando estas tenían menor edad; las aves del presente estudio contaban con

16 semanas al momento del muestreo, por lo cual es una edad estándar de extrapolación. Un factor adicional que puede explicar las diferencias entre muestreos en diferentes épocas del año es la edad de las aves ponedoras, ya que González (1995),²⁸ determinó que la máxima calificación en IQU se obtiene en aves de 8 semanas de edad (69.7 IQU), en comparación a la calificación registrada en aves de 39 semanas de vida, las cuales mostraron un promedio de 57.9 IQU, indicando que a pesar del bajo peso del huevo al principio de la ovoposición (9.71 g) la máxima calificación en IQU se logra en los estadios tempranos de la misma. El promedio en IQU obtenido por González (1995)²⁸ en aves de 17 semanas fue de 64.15, inferior al que se obtuvo en los huevos provenientes de las aves de 16 semanas de edad utilizadas en el presente estudio, donde el promedio en verano fue de 66.44 IQU y en invierno de 65.55 IQU, esta diferencia quizá este explicada por el factor de interacción genotipo-ambiente cuestión ya estudiada por Portillo (2005),¹ es conveniente aclarar que las codornices utilizadas en el presente estudio han tenido un proceso de adaptación climática y selección genética continua desde 1975. Nazligül *et al* (2001)³² determinó un promedio general en unidades Haugh de 88.93, sin embargo, a la semana 16 de edad obtuvieron un valor de 91.88, que junto con el valor obtenido a la semana 18 (91.54) fueron los valores más altos de su evaluación, esta situación se contrapone a lo investigado por González (1995)²⁸ quién indico que es al principio de la ovopostura cuando se obtienen valores mayores de calidad interna, aunque posiblemente esta diferencia se deba a que este investigador utilizó IQU para medir la calidad a diferencia de las unidades Haugh empleadas por Nazligül *et al* (2001)³², sin embargo, las mediciones de Nazligül *et al* (2001)³² fueron

menores a las unidades Haugh promedio medidas en el presente estudio en las aves de 16 semanas de edad al primer día de la evaluación de verano (92.77 unidades Haugh) y a las 93.85 unidades Haugh registradas en la evaluación de invierno; esta diferencia pudo deberse principalmente a la estructura genética de la parvada que se muestreo en el presente estudio (Codorniz japonesa con *Jumbo Brown*), a la interacción de este genotipo específico con el ambiente, situación comentada ya anteriormente, o bien a condiciones de salud, edad de la parvada, diferente contenido de los nutrientes en la dieta y a posibles diferencias en el cuidado y manejo de las condiciones de crianza y producción de las codornices utilizadas en el presente estudio.

Es posible que la similitud en unidades Haugh observada por Altan *et al* (1998)³³ sea debida a la semejanza en el tipo de selección genética realizada por ellos con el tipo de selección de las codornices evaluadas en el presente estudio. En este aspecto se requiere efectuar un estudio en México que además de la selección genética (Portillo 2005)¹ considere adicionalmente el efecto de la edad de las codornices de postura sobre la calidad interna del huevo, tomando en cuenta el tipo de selección, el cual se pudiera enfocar a diferencia del objetivo planteado por Altan *et al* (1998)³³ en ganancia de peso a la cuarta semana o bien en todo caso enfocarse hacia la mejora en la eficiencia alimenticia de las codornices de postura. Si bien, Kul y Seker (2004)⁶ determinaron un valor de tan solo 85.73 unidades Haugh promedio en codornices de 20 semanas de edad, a través de diversos grados en sus análisis de correlación obtenidos a partir de mediciones internas y externas de la calidad, determinaron que una mejora en el índice de albúmina, peso de la albúmina y proporción de albúmina en adición a la altura de la misma,

parámetros ya planteados inicialmente por Ozcelik (2002),¹³ dan una idea más exacta de la calidad en la albúmina densa, avalando a su vez que estos parámetros en conjunto tienen una fuerte correlación con la altura de la albúmina la cual se utiliza primordialmente para el cálculo de las unidades Haugh e IQU, considerando este tipo de mediciones como un excelente criterio para la determinación de la calidad interna, ya que en la medida que los índices de albúmina se incrementan, las unidades Haugh e IQU lo hacen también.

Con base a los resultados del presente estudio, es posible inferir que las IQU podrían servir muy bien para determinar adecuadamente el declive en la calidad de los huevos frescos mantenidos a diferentes temperaturas, de manera mucho más eficiente a como lo hacen las unidades Haugh a lo largo de un periodo de almacenamiento cómo el evaluado en el presente estudio (28 días), mientras que por otra parte, las unidades Haugh dan una buena visión de las diferencias existentes entre los tres distintos sistemas de evaluación estudiados en el presente trabajo en un punto cualesquiera de un periodo de evaluación similar al del presente estudio (28 días).

El análisis de coeficiente de variación (CV) da una lectura muy apropiada del grado de dispersión que se tiene con cada uno de los dos sistemas de calificación de calidad, donde aunque el CV observado en los promedios de calidad obtenidos con las unidades Haugh es menor en comparación a los observados cuando se utilizó IQU para el análisis de la calidad, es factible que el empleo de IQU sea más apropiado para alcanzar un alto grado de confiabilidad en el análisis de posibles diferencias entre tratamientos de conservación como los utilizados en el presente estudio.

La altura compuesta de la yema y albúmina densa muestra un comportamiento diferente a la medición de la altura de la albúmina densa. En verano la medida compuesta muestra un comportamiento similar al observado con las unidades Haugh o IQU, mientras que en invierno la diferencia entre sistemas de almacenamiento se observa al día 8 de evaluación, esta medida compuesta muestra un comportamiento excelente para la medición de la calidad con relación a la temperatura, ya que en verano da lecturas fidedignas y exactas que permiten diferenciar apropiadamente el efecto de las temperaturas entre los diferentes grupos de conservación, observando una excelente congruencia con relación al tiempo de almacenaje, en invierno se observa un claro efecto en los grupos que reciben un tratamiento de conservación de frío, esto en comparación al grupo ambiental, el cual muestra un deterioro de la altura compuesta con relación al resto de los otros dos grupos, la medición de la yema junto con la albúmina densa, constituye progresivamente una medida de mayor sensibilidad de la calidad interna que la sola medición de la albúmina densa, cuando no se posee el dato de peso por unidad de huevo para correlacionarlo y obtener unidades Haugh o IQU. La medición de la altura total de la yema y albúmina, junto con la altura de la albúmina *in situ*, constituyen una excelente herramienta para la evaluación de la calidad interna del huevo de codorniz. Sin embargo, en contraposición a las observaciones efectuadas en el presente estudio, Kul y Seker (2004)⁶ determinaron una mayor correlación entre la altura de la albúmina densa y la altura compuesta de yema-albúmina (0.30) que entre la altura de esta última y las unidades Haugh (0.23); esto posiblemente se debió a que en el presente estudio se efectúa una evaluación longitudinal a lo largo del tiempo (28 días)

determinando la acción que muestra un sistema de conservación con frío sobre la calidad del huevo de codorniz, mientras que Kul y Seker (2004),⁶ solo determinaron este grado de relación entre variables en una sola ocasión, con huevo recién ovopositado por hembras de 20 semanas de edad. De acuerdo a Nazligül *et al* (2001),³² la variabilidad en la calidad del huevo de codorniz a lo largo de todo su ciclo de producción es una constante que debe tomarse en cuenta cuando se desea extrapolar la información generada a partir de una sola observación en el tiempo, ya que las características de calidad varían conforme el ave tiene mayor edad y avanza en su proceso de producción, adicionalmente deberán considerarse las condiciones de almacenamiento como las utilizadas en el presente estudio.

Se menciona que el ancho de yema es afectado por varios factores, como son el método de conservación, la temperatura y el tiempo. Los componentes que integran la yema como las lipoproteínas, la lecitina y el colesterol, se dañan directamente por el método de conservación del huevo. Conforme transcurre el tiempo la altura se va reduciendo como se pudo constatar al evaluar la altura de la yema-albúmina combinada. En la evaluación de verano e invierno el ancho de la yema se incrementa aceleradamente en el grupo ambiental desde el día 4 post-ovoposición, aunque en verano se muestra un efecto evidente del frío sobre la conservación, denostada por un menor diámetro en los grupos refrigerados, a pesar del frío ambiental en invierno se observa un incremento agudo del diámetro de yema en el grupo ambiental, lo cual se atribuye principalmente a la temperatura de conservación, por ejemplo, González *et al* (2009)²⁸ determinó que el huevo conservado a 4°C conserva por mayor tiempo su integridad en comparación a un

grupo almacenado a 32°C, esta integridad de la yema en el presente estudio se observa como un menor desplazamiento horizontal de la yema en los grupos que recibieron un tratamiento con frío, aunque este desplazamiento es menor en el grupo refrigerado en comparación al grupo de cuarto frío y mucho menor en comparación al grupo ambiental, lo que viene a corroborar los hallazgos anteriores relacionados con las otras características de calidad interna del huevo, relativos a una mejor conservación de los componentes internos a través de un tratamiento térmico de refrigeración.

El grupo de almacenaje con frío, conserva una yema de menor diámetro con respecto a los demás grupos, este comportamiento se pudo observar en ambas épocas del año, donde en verano solo tuvo un desplazamiento menor a 0.76 mm y en invierno ninguna. El grupo más afectado en el ancho de yema es el grupo ambiental, donde el desplazamiento de la yema es más severo durante todo el periodo de evaluación, ya que en verano fue de hasta 4.75 mm y en invierno de 2.96 mm. De acuerdo a los resultados del presente estudio el ancho de yema es una medida de la calidad interna muy sensible, en términos generales durante la época de verano se observan mayores valores en el diámetro de la yema, incluso en los grupos refrigerados a diferente temperatura, que cuando estos grupos se midieron durante invierno, donde el grupo con menor temperatura muestra casi un comportamiento inalterable del ancho de la yema a lo largo de los 28 días de evaluación, mientras que el grupo ambiental muestra una yema más amplia a lo largo del periodo de evaluación, aunque esta, fue menor en invierno por efecto del ambiente, el cual al ser más frío, en general contribuye a conservar de mejor manera las características internas del huevo.

Kul y Seker (2004)⁶ mencionan que el diámetro de la yema (25.70 mm) muestra una correlación negativa significativa (-0.30) con relación a la altura de la misma, lo cual en el presente estudio la ponderación para esta correlación fenotípica se encuentra vinculada principalmente con las características de conservación térmica del huevo, además determinaron un grado de significancia positiva en la correlación del ancho de la yema (0.55) con el peso de la misma, donde a mayor peso, mayor ancho de la yema, que aunque en el presente estudio no se determinó, si se puede inferir un efecto sustancial del peso de la yema sobre el ancho de la misma. Los resultados de Kul y Seker (2004)⁶ relativos al grado de correlación entre ancho de la yema e índice de la misma fueron estadísticamente significativos, con una correlación negativa (-0.63), que aún cuando en el presente estudio no se verificó este grado de correlación, si se observa un efecto de los métodos de conservación sobre el comportamiento de este índice y su tendencia de correlación negativa con relación al ancho de la yema.

El índice de yema es una medida muy predecible de la calidad dentro de los tres diferentes sistemas de almacenamiento evaluados, ya que en verano los valores de índice entre los tres grupos variaron estadísticamente inmediatamente en la primer lectura post-ovoposición (día 4), mientras que en invierno debido al frío ambiental se observó un comportamiento más conservador, el cual en general fue mayor en los dos grupos refrigerados con relación al grupo ambiental; en invierno el índice de yema es mayor en el grupo ambiental con relación a las lecturas observadas en el mismo grupo durante la época de calor, lo cual se atribuye a las bajas temperaturas ambientales del invierno.

El mayor grado de correlación positiva estadísticamente significativa del índice de yema acuerdo a Kul y Seker (2004)⁶ es con la altura de la yema (0.93) y en segundo lugar con las unidades Haugh y la altura de la albúmina (0.23), adicionalmente estos mismos autores determinaron una correlación negativa significativa de -0.63 con relación al ancho de la yema; lo cual indica que el índice de yema evaluado en el presente estudio mantiene estas medidas correlativas independientemente del sistema de almacenamiento, aunque seguramente estas correlaciones son muchas más pronunciadas a lo largo del tiempo en el sistema de almacenamiento ambiental, ya que Kul y Seker (2004),⁶ efectuaron sus mediciones correlativas a partir de una sola muestra acumulada los tres primeros días post-ovoposición, mientras que en el presente estudio estas mediciones se efectuaron a lo largo de un mes, de allí los diferentes objetivos de investigación y análisis de la información, por lo cual en el futuro sería interesante valorar el efecto que tiene el método de conservación y almacenamiento del huevo fresco de codorniz sobre los grados de correlación fenotípica de los diversos parámetros del huevo fresco de codorniz.

De acuerdo con González *et al* (2009),²⁸ el principal cambio en el índice de yema esta relacionado por la pérdida de viscosidad que muestra la albúmina, la cual se relaciona parcialmente al considerar la altura de la yema, aunque también es factible que algunos de los cambios descritos para la desconjugación de enlaces de la ovomucina pudieran ocurrir en las proteínas de la yema, las cuales al desnaturalizarse pudieran provocar una menor altura combinada de yema-albúmina, ya que al mismo tiempo que la yema pierde consistencia esta se desplaza horizontalmente sobre una mayor superficie, lo cual de acuerdo con el

grado de correlación existente indicado ya por Kul y Seker (2004),⁶ contribuye a explicar una pérdida de calidad del huevo ligada a un mayor periodo de tiempo y mayor temperatura. El estado de integridad en las variables utilizadas para el cálculo del índice de yema se encuentra estrechamente relacionado con lo observado por Toussant y Latshaw (1999),²⁹ donde los cambios en estas variables se encuentra ligadas a las alteraciones observadas sobre la integridad de la ovomucina, ya que también la degradación progresiva de esta proteína permite que la yema se desplace sobre una mayor superficie cuando esta es depositada sobre una superficie plana, mientras que dentro del huevo la yema puede mostrar un contacto estrecho con las membranas aluminífera y testácea, lo cual después de un amplio periodo de almacenamiento puede provocar una fácil ruptura de la membrana vitelina, lo cual explica la fácil ruptura de la yema que se ha observado y vinculado con los huevos que ya no son tan frescos.

El color de yema no muestra un patrón coherente de diferencias entre los grupos, de forma general se observan valores que oscilan entre 6 y 7 registrados con el abanico de Roche®, lo cual corresponde a un amarillo consistente; no hay evidencias de que los sistemas de almacenamiento produzcan un efecto variable sobre el color de la yema a lo largo del tiempo de almacenaje en cada una de las dos épocas del año evaluadas. Las diferencias son imprecisas y ligadas a la escala ordinal utilizada para el registro del color, debe considerarse que aunque el presente estudio se realizó en huevos tomados aleatoriamente, la medición realizada fue efectuada subjetivamente. Es factible suponer que debido a la falta de un patrón de comportamiento en la caída o ascenso de la intensidad de

coloración, el color de la yema no se relaciona con ninguna de las otras características de calidad interna o externa evaluadas en el presente estudio.

Por otra parte, Nagarajan *et al* (1991)²⁵ al evaluar diferentes densidades en codornices de postura determino que las aves mantenidas en la menor densidad (240 cm²/ave) tuvieron valores superiores de índice de yema y color de yema (4.66), sin embargo este valor fue inferior al registrado en el actual estudio, lo cual posiblemente se debe al genotipo particular empleado aquí a diferencia del utilizado por Nagarajan *et al* (1991),²⁵ ya que la diferencia entre esta densidad y la utilizada en el presente estudio fue de solo 18 cm², por lo cual esto está más ligado a la estirpe del ave o su alimentación que a la densidad empleada; un indicativo de la mejora genética evidente entre las aves empleadas por este investigador (codornices de doble propósito estirpe Nandanam de la India), y las evaluadas en el presente estudio (doble propósito línea Mexicana) es posiblemente la mejora en el peso del huevo, ya que mientras Nagarajan *et al* (1991)²⁵ determino un máximo peso de 9.92 g, aquí el peso promedio fue mayor a 12 g. Al evaluar el comportamiento del color de la yema con relación a la edad de las aves Nagarajan *et al* (1991)²⁵ describieron que en aves adultas el color mostró fluctuaciones de forma irregular, similares a las observadas en el presente estudio. Otro factor que explique esta diferencia fue la composición de la ración utilizada en cada caso. El color observado en el presente estudio es atribuido principalmente a los pigmentos contenidos en las materias primas, ya que la ración de una ponedora en codornices a diferencias de las gallinas domésticas no incluye la adición de pigmentos como aditivos, en este caso es probable que el uso de maíz amarillo (Luteína y Zeaxantina) en la ración explique la coloración adquirida en la

yema. Es factible que el color esta afectado por el grado de salud de las aves de forma como se hace la extrapolación del estatus de salud con el grado de pigmentación en pollo de engorda en México, una probable caída de la coloración podría indicar un deterioro de la calidad interna del huevo atribuida a un proceso mórbido.

El grosor del cascarón no mostró alguna variación entre grupos de almacenamiento durante las evaluaciones efectuadas en cada una de las dos épocas de evaluación, sin embargo, el promedio del grosor evaluado en verano de 0.186 ± 0.015 mm fue diferente al grosor promedio de 0.179 ± 0.016 mm registrado en los cascarones evaluados en invierno, lo cual indica que a pesar de solicitar que en ambas evaluaciones se obtuvieran los huevos de codornices de la misma edad (16 semanas), es probable que en invierno las aves hayan tenido una mayor edad de las 16 semanas registradas en verano. Aún cuando Nagarajan et al (1991)²⁵ determino que la mayor parte de estándares de calidad interna varían con la edad de las aves, ellos no registraron ningún tipo de diferencia en el grosor del cascarón de codornices evaluadas para diferentes densidades de jaula (150, 180, 210 y 240 cm²/ave) de las 6 a las 26 semanas de vida. El grosor del cascarón registrado en el presente estudio es mucho menor a los registrados por otros autores, por ejemplo, Nazligül et al (2001)³² registro un valor de 0.210 ± 0.003 mm en codornices de 16 semanas de edad, el mayor grosor (0.225 ± 0.003 mm) lo registro en aves de 12 semanas de edad, mientras que el menor valor lo registro en aves de 24 semanas de edad. Aunque existen algunos otros autores como Nagarajan et al (1991)²⁵ que reporta valores de 0.158 a 0.164 mm, inferiores a los el presente estudio, lo cual posiblemente esté vinculado al genotipo utilizado, o

bien de acuerdo a Portillo (2005)¹ a la interacción genotipo-ambiente particular de cada sitio de la investigación. Se debe considerar que de acuerdo a la metodología realizada en el presente estudio, cada observación considero el promedio de tres puntos del cascarón (ecuador, polo obtuso y polo agudo), además de eliminar cuidadosamente las membranas testáceas para efectuar la lectura registrando únicamente el promedio general por huevo, otra consideración fue que la lectura se realizó únicamente sobre las zonas claras del huevo, ya que se ha observado que las zonas con pigmento de origen lipogénico dan un mayor grosor al cascarón y por lo tanto pueden alterar las lecturas. Por lo cual debido a que la mayor parte de estudios no mencionan exactamente su metodología, es factible que ellos no consideren la precaución de evitar estas dos fuentes de error. De acuerdo a lo mencionado por Portillo (2005),¹ acerca de que el factor que influencia en mayor grado el grosor del cascarón es el genotipo y la edad de las aves, es posible que la diferencia entre genotipos evaluados en otros estudios y el utilizado en el presente estudio expliquen de cierta manera las diferencias observadas, como segundo factor de influencia sobre el grosor del cascarón Portillo (2005)¹ indica el tipo de dieta que las codornices reciben, lo cual es posible, ya que aunque en el sitio de la producción del huevo se efectúa un método de suplementación alimentaria de tipo cafetería como el recomendado por Chan y Moran (1985),²² es factible que debido al estrés calórico crónico bajo el cual se encuentran las aves de donde proviene el huevo, este sistema de suplementación de Ca⁺⁺ no sea suficiente, por lo cual es factible que a pesar de que no existe un alto porcentaje de huevo roto, el grosor del cascarón es más

delgado que el de los huevos de codornices alojadas en sitios donde la temperatura de confort es más fácil de alcanzar.

Es posible que el grosor del cascarón se vea afectado por la temperatura de la granja, sin embargo, el grosor del cascarón del huevo analizado en invierno fue mucho más delgado que el analizado en verano, lo cual indica un factor de afectación del grosor vinculado mayormente a la edad de las aves que a la temperatura, ya que esta diferencia entre el grosor de los cascarones medidos en verano con los medidos en invierno, fue negativa esta última época del año donde se esperaría contar con un mayor grosor del cascarón asumiendo que las aves están menos sujetas a estrés calórico en esta época del año que seis meses antes; es conveniente comentar que la temperatura de verano con relación a la del invierno en el sitio donde se ubica la granja muestra poca oscilación, adicionalmente, se observó que las aves en ambas épocas muestran estrés calórico durante la mañana y parte de la tarde con temperaturas que oscilan entre 31°C y 34°C.

Algunos autores mencionan que al avanzar la edad de las aves ponedoras, aumenta la fragilidad del cascarón, así como la disminución de las reservas de calcio en el tejido óseo de las gallinas de edad avanzada, de igual manera se incrementa el número y diámetro de los poros. Una forma de evitar un deterioro grave del grosor del cascarón y aumento en el diámetro de los poros es a través de la suplementación de Ca^{++} a las aves en forma de cafetería, esto de acuerdo a lo propuesto por Chan y Moran (1985)²² manejo que actualmente se efectúa en la granja de codornices donde el Ca^{++} proporcionado en forma de cafetería es por medio de marmolina. La medición del grosor no debe considerarse como un

indicador clave o único de la calidad externa del huevo, ya que aunque se tenga una integridad completa del mismo *per se* no contribuye a evitar la rotura del huevo en las maniobras de recolección, almacenaje y comercialización, en futuras pruebas deberá tomarse en consideración otro tipo de pruebas como son el índice de rotura medido por medio de un aparato especializado o bien la medición de la gravedad específica del huevo recién ovopositado.

El peso del huevo de codorniz es una de las variables de calidad interna más importantes junto con la altura de la albúmina densa contribuye a categorizar la calidad interna a través de la generación cualitativa de las unidades Haugh e IQU. En las evaluaciones efectuadas en verano e invierno, el peso del huevo disminuye a lo largo del tiempo. En verano hay una variación desde el día doce, la cual es completamente marcada (diferencia entre cada uno de los tratamientos) hasta el día veinte de evaluación, mientras que en invierno es hasta el día veintiocho cuando se observa una diferencia entre el grupo refrigerado y el ambiental. Es claro que existe un efecto de la temperatura sobre la pérdida de peso, la cual fue mayor en verano y menor en invierno, la medición del peso *per se* aunque es una medida que cuando se correlaciona con otras es útil, registrándola individualmente es menos sensible para la determinación de la calidad del huevo, por lo cual su uso más importante es para la correlación con la altura de la albúmina densa a través de la fórmula propuesta por Haugh o Kondaiah (IQU),²⁴ las cuales son mucho más sensibles y confiables. Aunque el análisis de la pérdida de peso porcentual es más sensible que considerar únicamente la medición del peso, aún así, es menos determinante, ya que mientras en verano se observa una diferencia entre los grupos refrigerados y el ambiental desde el día cuatro de evaluación, a lo

largo de la evaluación no vuelve a existir una diferencia entre los tres sistemas de almacenamiento y estadísticamente se mantiene constante de la misma manera que la observada al día cuatro. En invierno se da un comportamiento similar pero desde el día ocho, lo cual indica que existe un efecto del frío ambiental sobre esta pérdida de peso temprano entre las muestras de los tres diferentes sistemas de almacenamiento, sin embargo, la relación que guarda respecto al comportamiento estadístico diferencial del peso del huevo a lo largo del estudio en las dos épocas del año es poco relevante y realmente no es extrapolativa. Posiblemente la diferencia observada entre peso y la pérdida de peso está relacionada directamente con las escalas de medición utilizadas, ya que mientras una determina el efecto del proceso de humedad registrando la variación en gramos, la pérdida de peso en forma de vapor de agua se registró en porcentaje, por lo cual la diferencia de los tratamientos de almacenamiento se registrará en la misma escala (gramos), es factible que no se observará la diferencia entre estas dos variables (peso y pérdida de peso).

La evaporación del contenido del huevo de codorniz se da en función lineal del tiempo de almacenamiento y se traduce en una pérdida de peso, una consecuencia de este evento es el aumento de la cámara de aire. En la medida en que la humedad relativa es proporcionalmente menor en el grupo ambiental que en los grupos refrigerados, la presión parcial de vapor de agua del huevo tiende a aumentar acelerando la pérdida de agua del huevo del interior hacia el exterior del mismo, esta pérdida es a través de los poros del cascarón por los cuales el vapor de agua se difunde más rápido, esta agua proviene principalmente de la albúmina acuosa, la albúmina cubre una mayor superficie y está en íntimo contacto con las

membranas lo cual facilita un aumento en esta tasa de evaporación, el menor contenido en el volumen interior provoca un desprendimiento de la albuminífera a partir de la testácea a nivel del polo ancho del huevo, lo cual da paso a la formación de la cámara de aire. Mientras los huevos de los grupos almacenados a una menor temperatura la pérdida de peso se presenta durante un periodo más largo, ya que el frío y la alta humedad relativa conservan de mejor manera la integridad de la albúmina acompañada de una menor tasa de evaporación, por lo tanto si baja la temperatura se retarda la difusión del agua del interior del huevo al exterior disminuyendo la pérdida de peso durante el almacenamiento (González *et al*, 2009).²⁸

El grosor del cascarón fue diferente entre los huevos analizados en verano con relación a los de invierno, sin embargo, el peso inicial no registro diferencia alguna entre las dos épocas del año, lo que indica que existe un factor adicional que contribuye a esta diferencia en el grosor y que explica la diferencia en pérdida de peso entre los huevos analizados en verano e invierno de los grupos refrigerados se encuentra ligado con el grosor del cascarón que con el peso del huevo. Es posible que el grosor del cascarón sea la causa de que los grupos refrigerado y de cuarto frío perdieran mayor porcentaje de vapor de agua en invierno, o bien es posible que esta situación se ligue a condiciones de frío menos estrictas en los grupos almacenados en refrigeración y cuarto frío durante el invierno, o bien al porcentaje de humedad relativa, aunque esto último es poco evidente ya que en invierno con menos temperaturas ambientales la humedad relativa tiende a aumentar, sin embargo, se debe considerar que en verano fue época de lluvias y en invierno no, lo cual al final contribuye a explicar esta diferencia de pérdida de

peso de los grupos que recibieron un tratamiento a base de frío, explicada quizá por la cantidad de partículas de agua en el ambiente, sin embargo, debe considerarse que el grupo ambiental perdió menos peso en invierno (7.27%) que en verano (8.47%), es evidente que el efecto de la temperatura ambiental con relación a la humedad relativa ambiental y el grosor del cascarón atribuido a ligeras diferencias de edad en las codornices sean la clave para explicar las diferencias observadas.

Si bien Akpa *et al* (2008)³⁴ indican que el largo del huevo, índice de forma y el índice de huevo muestran una repetitividad estadística de tipo lineal con relación a la edad de las codornices de postura, el grosor y el peso del huevo con relación a la edad de las mismas aves muestran más bien una repetitividad estadística de tipo curvilíneo, adicionalmente Akpa *et al* (2008)³⁴ determinaron la máxima repetitividad a las 28 semanas de edad, a la cual recomiendan efectuar comparaciones del tipo del presente estudio; es posible que una diferencia entre las edades de las codornices y entre la variación genética de las mismas sea la causa para explicar parcialmente la diferencia observada entre el grosor del cascarón y el peso del huevo registrado en el presente estudio, ya que a la semana 16 de edad de acuerdo a Akpa *et al* (2008)³⁴ el peso del huevo muestra aproximadamente un 0.80 de repetitividad, mientras que para el grosor del cascarón la repetibilidad es de solo 0.65.

Algunos factores que influyen en el peso del huevo están ligadas principalmente a diferencias entre líneas genéticas, edad, alimentación y prácticas de manejo. Panda y Singh (1990)³ reportan un peso promedio del huevo de 10.05 g, Sahin *et al* (2002)³⁵ de 10.5 g, Berto *et al* (2007)³⁶ de 10.71 g, Abaza *et al* (2009)³⁷ de

10.90 g, Kul y Seker (2004)⁶ de 11.28 g y Uyanik *et al* (2008)³⁸ de 11.76 g, valores inferiores al reportado en el presente estudio (12.71 -13.17 g). Mientras que Yalcin *et al* (2008)³⁹ reportó un peso de 11.66 g, un año después Yalcin *et al* (2009)⁴⁰ determinaron un peso del huevo promedio de 12.5 g y cuando agregaron 4% de granos secos de destilería a la ración de estas mismas aves, el peso aumento significativamente hasta 13.0 g, peso similar al determinado en el presente estudio; Nagarajan *et al* (1991),²⁵ determino que el espacio de piso proporcionado a cada hembra no tiene un efecto sobre el peso, únicamente sobre el color de la yema y el índice de esta, los cuales fueron superiores en aves mantenidas en la densidad más baja (240 cm²/codorniz). El efecto genético es evidente, ya que existe una variación en el peso de los huevos ovopositados entre las estirpes genéticas de codornices utilizadas por cada uno de estos investigadores, lo cual indica que el peso del huevo aumenta conforme la selección genética avanza a lo largo del tiempo, además del efecto observado por Yalcin *et al* (2009)⁴⁰ relativo al uso de aditivos en la alimentación con la finalidad de obtener un aumento en el peso del huevo. Al determinar en México las diferencias de interacción genotipo-ambiente entre dos diferentes estirpes de codornices, Portillo (2005)¹ determinó durante el verano en una de ellas un peso de 13.23 g, mientras que el peso de esta misma estirpe en invierno fue de hasta 13.87 g, mayores al peso registrado en el presente estudio donde en verano el peso promedio fue de 13.0 g y en invierno de 13.17 g. Lo cual indica un efecto de la selección genética realizada por Portillo (2005)¹ para codornices de postura en comparación a la estirpe empleada en el presente estudio que es de doble propósito, sin embargo, debe considerarse que a pesar de que la estirpe empleada en el presente estudio es de doble

propósito no se encuentra tan lejos de los indicadores zootécnicos de las codornices seleccionadas por Portillo (2005).¹

La edad de las aves está relacionada directamente con el peso del huevo, en aves domésticas conforme se incrementa la edad el peso del huevo paulatinamente aumenta (*Bovans White*, 2009-2010),⁹ situación similar que ha sido descrita en codornices por Yannakopoulos y Tserveni-Gousi (1986)¹¹ quienes al evaluar una línea genética de codornices ponedoras registraron un aumento progresivo de peso conforme las aves aumentaban en su edad, aunque este tipo de aumento observado también por González (1995)⁴¹ no es tan evidente o marcado como el observado en otras especies (*Bovans White*, 2009-2010).⁹

Apka *et al* (2008)³⁴ determino un efecto de tipo cúbico del peso conforme la edad del ave se incrementa, lo cual indica que el incremento del peso del huevo con relación a la edad no es de tipo lineal o de tipo cuadrático, más bien es curvilíneo, con un pico del máximo peso observado alrededor de la semana 28 de edad, observación similar a la reportada por Minvielle *et al* (2000)⁴² quienes al evaluar cuatro diferentes líneas genéticas de codornices determinaron que el peso promedio a los 2 meses de producción fue inferior al determinado a las 28 semanas de edad pero superior al registrado 13 meses después de romper postura.

Kul y Seker (2004)⁶ al determinar los coeficientes de correlación de las características externas e internas del huevo de codorniz, determinaron que el peso del huevo muestra una correlación positiva (0.55) con el diámetro de la yema, mientras que con el peso de la albúmina fue de 0.53, lo cual indica de acuerdo a los resultados observados en el presente estudio que las variables más

afectadas durante el almacenamiento con alta temperatura como la del grupo ambiental fueron precisamente las dos variables utilizadas para el cálculo de las unidades Haugh e IQU: el peso del huevo y la altura de la albúmina densa; el efecto de la temperatura en la pérdida de peso en el huevo se atribuye principalmente a la afectación del peso de la albúmina, esta disminuye progresivamente, en consecuencia causa un menor peso del huevo y por lo tanto un menor contenido de la albúmina. Un punto interesante dentro de la evaluación de la calidad interna sería integrar a un índice correlativo el ancho de yema, esto debido a la mayor correlación que muestra con el peso total del huevo, ya que por ejemplo, la altura de la albúmina se utiliza junto con el peso del huevo para la obtención de las unidades de calidad interna, sin embargo, de acuerdo a Kul y Seker (2004)⁶ la correlación fenotípica entre peso del huevo y la altura de la albúmina densa es de tan solo 0.20.

El índice de forma de huevo analizado en el presente estudio no se ve afectado por la época del año o por el sistema de almacenamiento evaluado. Kul y Seker (2004)⁶ reportan que el índice de forma se ha utilizado como un criterio para determinar el grosor del cascarón, aunque otros investigadores han propuesto que el índice de forma no es un buen estimador predictivo para el grosor del cascarón o la proporción del cascarón con relación al resto de los componentes del huevo. Por otra parte, Yannakopoulos y Tserveni-Gousi (1986)¹¹ mencionan que el índice de forma podría utilizarse más bien como criterio para determinar o predecir la suavidad o falta de integridad o fortaleza del cascarón. Un valor de índice de forma de huevo que se acerque progresivamente al 100 es un indicativo de que el huevo tiende a ser más redondo u ovoide, mientras que cuando los valores se alejan de

este valor indican que la forma del huevo tiende a ser más ovalada o elíptica, forma predominante en el presente estudio, ya que el promedio fue de 78. González *et al* (2009)²⁸ determinó que solo 12.86% de los huevos analizados en su estudio presentaban un índice de 77 (índice observado aquí en la mayor parte de los huevos analizados durante verano) y más del 78.6% tenían un índice mayor a 81, por lo cual estos autores comentan que el huevo de codorniz presenta una forma más esférica, sin embargo, con relación a los hallazgos del presente estudio se observa que existen claras diferencias entre líneas genéticas de codornices, ya que aunque ambas estirpes evaluadas son mexicanas la mayor parte de los huevos analizados en el presente estudio presentan un índice de forma menor que el registrado por González *et al* (2009).²⁸ Al analizar la producción de gallinas ponedoras *White Leghorn*, Cubillos *et al* (1980)⁴³ determinaron que el peso del huevo y el índice de forma de huevo se encuentran influenciados por la época del año y la edad de las aves, en primavera obtuvieron menores pesos y una forma de huevo más elíptica que la que observaron en invierno, la cual fue más ovoide; aunque en el presente estudio no hubo ningún tipo de efecto de los tres sistemas de almacenamiento sobre el índice de forma al comparar los huevos de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) en las dos épocas del año, en verano se obtuvo un promedio de 77.9 (elíptico) menor y diferente al 78.40 (ovoide) observado en los huevos analizados durante el invierno, situación similar a la observada por Cubillos *et al* (1980)⁴³ en huevo de gallina. Aunque la diferencia del presente estudio fue mínima, quizá debida a las pocas variaciones ambientales entre estas dos épocas del año registradas en el sitio de ovoposición, el efecto pudo haber sido reforzado por las diferencias de edad comentadas ya anteriormente.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la medición de pH efectuada en invierno, las muestras almacenadas en el grupo ambiental muestran un mayor valor de pH en comparación a los otros dos grupos de almacenamiento que recibieron un tratamiento con frío, aún cuando esta medición se efectuó en la etapa más fría del año; es evidente que el cambio de pH registrado en el grupo ambiental da una lectura suficientemente sensible para determinar las diferencias estadísticas en pH observadas en los tres grupos bajo los márgenes diferenciales de temperatura registrados en la evaluación efectuada durante el invierno desde los 4 días post-ovoposición, una fecha más temprana que la registrada por González *et al* (2009)²⁸ quienes mencionan que el huevo fresco recién ovopositado muestra un pH de 7.9, 5 días post-ovoposición el pH comienza a incrementar a 9.2, el cual a partir del día 10 se mantiene de forma constante en el grupo refrigerado, mientras que los grupos ambientales de 23°C muestra un pH de 9.4 y el de 32°C un pH de 9.6, el cual después de ser alcanzado por el grupo de 23°C, el día 30 se mantiene estable hasta el final de su evaluación al día 60 post-ovulación, situación análoga a la observada en el presente estudio donde se registraron menores valores con relación al trabajo de González *et al* (2009)²⁸ de 0.21 para el grupo refrigerado y 0.46 con relación a los ambientales, en el presente estudio se observó una diferencia estadística entre los grupos refrigerados y el ambiental conservando esta diferencia hasta el día 32 fecha final de la evaluación. Sung-Mo y Chong-Hae (2005)²⁷ no determinaron un valor mayor a 6.5 de pH después de 6 semanas de almacenar a temperatura ambiente y refrigerada huevos de codorniz lavados, sin lavar y con cutícula artificial sellada, únicamente los grupos almacenados a temperatura ambiente (23°C) mostraron un

pH máximo de 6.75 sin embargo, esto se observó hasta la semana 10 de evaluación fecha cuando finalizaron su evaluación.

De acuerdo a Sung-Mo y Chong-Hae (2005)²⁷ las condiciones de almacenamiento evaluadas no mostraron un efecto significativo directo sobre el pH de la albúmina, sin embargo, en el presente estudio si lo hacen desde una fecha muy temprana; la metodología utilizada para medir el pH sea el origen de la discrepancia observada entre estos dos diferentes estudios. González *et al* (2009)²⁸ al igual que en el presente estudio determinó que el pH de la albúmina aumenta, mientras que la altura de la albúmina densa disminuye, observación indicada antes ya por Scott y Silverside (2000)⁴⁴ quienes determinaron que el pH es una lectura fidedigna que indica el grado de frescura del huevo con base al periodo que transcurre entre la ovoposición y el día de la lectura de pH, ya que la medición del grado de frescura del huevo por medio de la medición de la altura de la albúmina no es altamente confiable y está sujeta a errores, ya que la altura de la albúmina densa se encuentra influenciada por el genotipo del ave y la edad de la misma al momento de tomar la muestra (existen además enfermedades que alteran esta característica), mientras que el pH de la albúmina no lo está; es importante sin embargo, hacer hincapié que la altura de la albúmina densa sirve para determinar algunos factores que están presentes al momento de la ovoposición además de cambios ocurridos durante el almacenaje, sin embargo, el pH solo determina el efecto del almacenaje a lo largo del tiempo. Silversides y Scott (2001)⁴⁵ determinaron que el coeficiente de regresión de la altura de la albúmina densa sobre el peso del huevo fue entre -0.058 y 0.102, mostrando que una constante de regresión de 0.05 mm de la altura de la albúmina por cada gramo de huevo

implicado en el cálculo de las unidades Haugh se encuentra errado, por lo cual falta aún por determinar que tan cierto es esto en el caso del huevo de codorniz considerando en este caso el cálculo de las IQU. En el presente estudio se encontró que el tiempo y las condiciones de almacenamiento afectaron directamente al pH en los tres grupos de almacenamiento evaluados, el pH observado en el grupo de temperatura ambiente se incremento paulatinamente conforme avanzó el periodo de almacenaje, de la misma manera que las unidades Haugh e IQUI decrecieron, el grupo de cuarto frío tuvo un valor intermedio entre el valor mayor del grupo ambiente y el menor del grupo refrigerado, aunque desde el día 20 de evaluación se observa una diferencia marcada entre los tres grupos, la medición de pH no se mantuvo constante bajo este mismo tipo de patrón, por lo cual, aunque el pH es una medida fidedigna que mide el grado de frescura del huevo, al menos con la metodología empleada en el presente estudio no se puede considerar como una metodología altamente específica para determinar el grado de frescura de manera uniforme entre los tres diferentes tipos de almacenamientos evaluados, ya que solo fue hasta el día 28 post-ovoposición cuando se vuelve a observar la misma tendencia estadística observada al día 20, es necesario profundizar más en estandarizar una metodología de medición que sea estadísticamente confiable. Es evidente que una menor temperatura impide una menor evaporación, en consecuencia hay menor pérdida de H₂O y por lo tanto hay menor generación de CO₂, lo cual se refleja con una disminución en el aumento de pH de la albúmina; temperaturas menores a la media ambiental en México en cualesquiera de las dos épocas evaluadas son mejores para conservar durante un mayor periodo de tiempo la frescura del huevo, las unidades Haugh e

IQU además de la medición de pH son una medida excelente para determinar el grado de frescura, aunque en este último caso falta efectuar más investigación que correlaciones ambas variables, pH e IQU. Una baja temperatura y alta humedad relativa durante el almacenamiento del huevo fresco de codorniz después de la ovoposición, contribuyen a conservar óptimamente las propiedades intrínsecas del huevo durante un mayor periodo de tiempo que únicamente almacenar el huevo a temperatura ambiente, aún en época de invierno.

REFERENCIAS

- 1.- **PORTILLO LJJ.** Evaluación de la interacción genotipo-nivel de proteína en Codorniz japonesa reproductora (*Coturnix coturnix japonica*) en trópico seco [Tesis doctoral]. Tecomán (Colima): Universidad de Colima. 2005.
2. - **UNIPROT TAXONOMY** [database on the internet] Uniprot Consortium, EMBL-EBI, PIR, SIB. 2002-2010 [citado 5 de enero del 2010] Species *Coturnix japonica* (Japanese quail): [1 pag.]. Disponible de: <http://www.uniprot.org/taxonomy/9090>.
- 3.- **PANDA B, SINGH RP.** Developments in processing quail meat and eggs. *World's Poult Sci J* 1990;46:219-234.
- 4.- **VARGAS D, GALÍNDEZ R, DE BASILIO V, MARTÍNEZ G.** Edad al primer huevo en codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) bajo condiciones experimentales. *Revista Científica*. 2009;2:181-186.
- 5.- **JUÁREZ EMA, CALVO HMJ, ALTAMIRANO HR.** Caracterización de las piezas comerciales y rendimiento de la canal de codorniz en México. XXXIV Convención Anual ANECA. 12 al 15 de agosto de 2009. Acapulco de Juárez (Guerrero) México. México (DF) ANECA, AC. Memorias en CD, 1-12 pp.
- 6.- **KUL S, SEKER I.** Phenotypic correlations between some external and internal egg quality traits in the Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *International J of Poult Sci* 2004;3:400-405.
- 7.- **MELO TV, FERREIRA RA, OLIVERA VC, CARNEIRO JB, MOURA AM, SILVA CS, et al.** Calidad del huevo de codornices utilizando harina de algas marinas y fosfato monoamónico. *Arch de Zoot* 2008;57:313-319.

- 8.- PEREZ HR.** Caracterización fisicoquímica y funcional de la clara deshidratada de huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) [Tesis]. Huajuapán de León (Oaxaca): Universidad Tecnológica de la Mixteca: 2004.
- 9.- BOVANS WHITE.** Management Guide. Institut de Sélection Animale B.V. Villa 'de Körver' 5830 AC Boxmeer, The Netherlands. 2009-10. 1-41.
- 10.- JUÁREZ EMA, DIOSDADO EL, GARCÍA RH.** Efecto de la rentabilidad de una empresa productora de codornices sobre su permanencia en el mercado avícola alternativo. XXXIV Convención Anual ANECA. 12 al 15 de agosto de 2009. Acapulco de Juárez (Guerrero) México. México (DF) ANECA, AC. Memorias en CD, 1-15 pp.
- 11.- YANNAKOPOULOS AL, TSERVENI-GOUSHI AS.** Quality characteristics of quail eggs. *Br Poult Sci* 1986;7:171-176.
- 12.- PORTILLO LJJ, CARMONA MM, BARAJAS CR, RÍOS RG.** Interacción genotipo-nivel de proteína en calidad de huevo incubable de codorniz japonesa reproductora. *Arch Lat de Prod An* 2005;13(4):147-160.
- 13.- OZCELIK M.** The phenotypic correlations among some external and internal quality characteristics in Japanese quail eggs. *Vet J Ankara Univ* 2002;49:67-72.
- 14.- LÁZARO R, SERRANO MP, CAPDEVILA J.** Nutrición y alimentación de avicultura complementaria: codornices [en línea] XXI Curso de Especialización FEDNA 2005 Noviembre 6-7; Departamento de Producción Animal, Universidad Politécnica de Madrid, 2005. Disponible en: http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/05CAP_XV.pdf
- 15.- HUNTON P.** Understanding the architecture of the egg shell. *Poult Sci* 1995;51:141-145.

- 16.- OLIVEIRA CAF, OGIDO R, LEDOUX DR, ROTTINGHAUS GE, CORREA B, ALVES T, et al.** The quality of eggs from Japanese Quail, *Coturnix japonica*, fed rations containing Aflatoxin B₁ and Fumonisin B₁. J Poult Sci 2007;44:29-33.
- 17.- CLOSA SJ, MARCHESICH C, CABRERA M, MORALES JC.** Composición de huevos de gallina y de codorniz. Órgano oficial de la sociedad latinoamericana de nutrición, 1999;49:181-185.
- 18.- MINVIELLE F, OGUZ Y.** Effects of genetics and breeding on egg quality of japanese quail. Poult Sci 2002;58:291-295.
- 19.- HAMMAD SM, SIEGEL HS, MARKS HL.** Total cholesterol, total triglycerides, and cholesterol distribution among lipoproteins as predictors of atherosclerosis in selected lines of Japanese quail. Biochem Physiol 1998;119A:485-492.
- 20.- WANG JJ, PAN TM.** Effect of red mold rice supplements on serum and egg yolk cholesterol levels of laying hens. J Agric Food Chem 2003;51:4824-4829.
- 21.- NORMA MEXICANA NMX-FF-079-SCFI-2004:** Productos avícolas-huevo fresco de gallina-especificaciones y métodos de prueba. Secretaría de Economía. Productos alimenticios no industrializados para uso humano. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. México (D.F.): Octubre 2004.
- 22.- CHAN CC, MORAN ET.** Egg characteristics of high performance hens at the end of lay when given cafeteria acces to energy, protein, and calcium. Poult Sci 1985;64:1696-1712 .
- 23.- INEGI.** Descriptores geográficos de la ciudad de México. Consultado el día 8 de septiembre de 2010. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx?s=geo&e=09>

- 24.- KONDAIAH N, PANDA B, SINGHAL RA.** Internal egg quality measure for quail eggs. *Indian J Anim Sci* 1983;53:1261-1264.
- 25.- NAGARAJAN S, NARAHARI D, JAYAPRASAD IA, THYAGARAJAN D.** Influence of stocking density and layer age on production traits and egg quality in japanese quail. *British Poult Sci* 1991;32:243-248.
- 26.- GILL JL.** Design and analysis of experimets in the animal and sciences. Vol. 1 Ames (Io): The Iowa State University Press, 1978.
- 27.- SUNG-MO L, CHONG-HAE H.** Changes of egg quality according to eggshell treatment and storage condition. *Korean J Vet Serv* 2005;28:225-234
- 28.- GONZÁLEZ JF, CHAMORRO FH, HERNANDEZ H.** Physicochemical changes in quail eggs (*Coturnix coturnix japonica*) after storage at different temperatures. Departamento de Producción Agrícola y Animal, UAM, 2009: 77-80
- 29.- TOUSSANT MJ, LATSHAW JD.** Ovomucin content and composition in chicken eggs with different interior quality. *J of the Sci of Food and Agric* 1999;79:1666-1670.
- 30.- YAMAMOTO T, JUNEJA LR, HATTA H, MUJO K.** Hen Eggs: Their Basic and Applied Science. CRC press LLC, 2000 N.W. Corporate Blvd. Boca Raton, Florida 33431. U.S.A. 1997.
- 31.- IMAI C, MOWLAH A, SAITO J.** Storage stability of quail (*Coturnix coturnix japonica*) eggs at room temperature. *Poult Sci* 1986;65:474-480.
- 32.- NAZLIGÜL A, TÜRKYILMAZ K, BARDAKÇIOGLU HE.** A study on some production traits and egg quality characteristics of Japanese quail. *Turk J Vet Anim Sci* 2001;25:1007-1013.

33.- ALTAN O, OGUZ I, AKBAS Y. Effects of selection for high body weight and age of hen on egg characteristics in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). Tr J of Vet and An Sci 1998; 22:467-473.

34.- AKPA GN, KAYE J, ADEYINKA IA, KABIN M. The relationships between laying age and repeatability of egg quality traits in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). Int J of Poult Sci 2008;6:555-559.

35.- SAHIN K, OZBEY O, ONDERCI M, CIKIM G, AYSONDU MH. Chromium supplementation can alleviate negative effects of heat stress on egg production, egg quality and some serum metabolites of laying Japanese quail. The J of Nutr 2002;22:1265-1268.

36.- BERTO DA, GARCIA EA, MORI C, FAITARONE ABG, PELICIA K, MOLINO AB. Performance of japanese quails fed feeds containing different corn and limestone particle sizes. 2007;9:167-171.

37.- ABAZA IM, EZZAT W, SHOEIB MS, EL-ZAIAT AA, HASSAN II. Effects of copper sulfate on productive, reproductive performance and blood constituents of laying japanese quail fed optimal and sub-optimal protein. Inter J of Poult Sci 2009;8:80-89.

38.- UYANIK F, MERYEM E, KOCAOGLU GB, ATASEVER A, YOKU B. Effect of aluminium toxication on performance, egg quality, serum chemistry and organs of Japanese quail and efficacy of phosphorus supplementation on aluminium induced alterations. J of Anim and Vet Adv 2008;7:557-563.

39.- YALCIN S, EROL H, OZSOY B, ONBASILAR I, YALCIN S. Effects of the usage of dried brewing yeast in the diets on the performance, egg traits and blood parameters in quails. Animal 2008;2:1780-1785.

- 40.- YALCIN S, OGUZ F, GUCLU B, YALCIN S.** Effects of dietary dried baker's yeast on the performance, egg traits and blood parameters in laying quails. *Trop Anim health Prod* 2009;41:5-10.
- 41.- GONZÁLEZ M.** Influence of age on physical traits of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) eggs. *Ann Zootech* 1995;44:307-312.
- 42.- MINVIELLE F, MONVOISIN JL, COSTA J, MAEDA Y.** Long-term egg production and heterosis in quail lines after within-line or reciprocal recurrent selection for high early egg production. *British Poult Sci* 2000;41:150-157.
- 43.- CUBILLOS AG, PRUSING H, HENRIQUEZ O, PAILLAHUEQUE J.** Estudio comparativo de algunos factores de calidad externa de huevos de consumo frescos y almacenados. *Archv Med Vet* 1980;12:155-162.
- 44.- SCOTT TA, SILVERSIDES FG.** The effect of storage and strain of hen on egg quality. *Poult Sci* 2000;79:1725-1729.
- 45.- SILVERSIDES FG, SCOTT TA.** Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poult Sci* 2001;80:1240-1245.

CUADROS

Cuadro 1. Altura de la albúmina densa en huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) almacenado bajo diferente temperatura y humedad evaluada durante verano e invierno del 2009.

VERANO

Altura de albúmina en milímetros*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración	4.91** ± 0.51 ^A	5.57 ± 0.55 ^A	5.21 ± 0.35 ^A	5.13 ± 0.32 ^A
Cuarto Frío	4.73 ± 0.52 ^A	5.23 ± 0.46 ^{AB}	5.10 ± 0.53 ^{AB}	4.81 ± 0.40 ^B
Ambiente	4.96 ± 0.58 ^A	5.10 ± 0.59 ^B	4.79 ± 0.53 ^B	4.43 ± 0.49 ^C
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	5.03 ± 0.32 ^A	4.71 ± 0.36 ^A	4.52 ± 0.39 ^A	4.59 ± 0.47 ^A
Cuarto Frío	4.45 ± 0.35 ^B	4.85 ± 0.43 ^A	4.07 ± 0.60 ^B	4.28 ± 0.60 ^A
Ambiente	3.86 ± 0.45 ^C	3.78 ± 0.43 ^B	3.89 ± 0.52 ^B	3.27 ± 0.45 ^B

INVIERNO

Altura de albúmina en milímetros*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración	6.01 ± 0.50 ^A	5.79 ± 0.43 ^A	5.85 ± 0.36 ^A	5.61 ± 0.36 ^A
Cuarto Frío	5.40 ± 1.15 ^A	5.78 ± 0.54 ^{AB}	5.72 ± 0.52 ^{AB}	5.62 ± 0.43 ^B
Ambiente	5.89 ± 0.54 ^A	5.66 ± 0.63 ^B	5.50 ± 0.50 ^B	4.91 ± 0.60 ^C
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	6.02 ± 0.36 ^A	5.94 ± 0.37 ^A	5.92 ± 0.55 ^A	5.92 ± 0.27 ^A
Cuarto Frío	5.60 ± 0.51 ^B	6.05 ± 0.41 ^A	5.48 ± 0.37 ^A	5.56 ± 0.39 ^B
Ambiente	4.64 ± 0.42 ^C	4.93 ± 0.56 ^B	4.99 ± 1.00 ^B	4.98 ± 0.47 ^C

* Altura de la albúmina densa: Se efectuó a los 1, 4, 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días post-ovoposición.

**Valor promedio en milímetros ± desviación estándar a partir de 25 huevos de codorniz por grupo; valores en la misma columna con diferente letra superíndice difieren significativamente entre sí (P < 0.05).

Cuadro 2. Evaluación de la calidad interna en unidades Haugh de huevos de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) almacenados bajo tres diferentes condiciones de temperatura y humedad relativa evaluada durante verano e invierno del 2009.

VERANO

Unidades Haugh*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración**	94.72** ± 2.97 ^{A, a}	94.39 ± 2.87 ^{A, a}	92.71 ± 1.86 ^{A, b}	92.00 ± 1.57 ^{A, bc}
Cuarto Frío**	92.41 ± 3.43 ^{A, a}	92.61 ± 2.20 ^{AB, a}	91.92 ± 3.0 ^{AB, ab}	90.38 ± 1.94 ^{B, b}
Ambiente**	91.20 ± 3.20 ^{A, a}	92.13 ± 2.90 ^{B, a}	90.53 ± 2.64 ^{B, ab}	88.94 ± 2.75 ^{B, b}
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	91.65 ± 1.94 ^{A, bc}	89.65 ± 2.06 ^{A, de}	89.02 ± 2.35 ^{A, e}	89.31 ± 2.77 ^{A, de}
Cuarto Frío	88.48 ± 1.85 ^{B, c}	90.96 ± 2.43 ^{A, ab}	85.94 ± 3.14 ^{B, d}	87.32 ± 2.59 ^{B, cd}
Ambiente	85.80 ± 3.06 ^{C, c}	85.70 ± 2.40 ^{B, c}	86.15 ± 2.93 ^{B, c}	81.97 ± 3.05 ^{C, d}

INVIERNO

Unidades Haugh*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración**	96.17** ± 2.82 ^{A, ab}	95.50 ± 2.13 ^{A, ab}	96.08 ± 1.88 ^{A, ab}	94.67 ± 1.93 ^{A, b}
Cuarto Frío**	94.75 ± 3.16 ^{A, ab}	95.39 ± 2.58 ^{A, ab}	95.49 ± 2.21 ^{AB, ab}	94.75 ± 2.06 ^{A, b}
Ambiente**	95.89 ± 2.27 ^{A, a}	94.61 ± 2.71 ^{A, a}	94.34 ± 2.76 ^{B, a}	91.32 ± 3.30 ^{B, bc}
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	96.63 ± 1.71 ^{A, a}	96.42 ± 1.78 ^{A, ab}	96.48 ± 2.89 ^{A, a}	96.27 ± 1.46 ^{A, ab}
Cuarto Frío	94.92 ± 2.35 ^{B, ab}	96.92 ± 1.91 ^{A, a}	94.22 ± 1.58 ^{B, b}	94.78 ± 1.87 ^{B, ab}
Ambiente	90.00 ± 2.41 ^{C, c}	91.84 ± 2.47 ^{B, bc}	91.88 ± 4.63 ^{C, bc}	92.08 ± 2.55 ^{C, b}

* Unidades Haugh: Fueron medidas a los 1, 4, 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días después de su ovoposición. El presente estudio se efectuó durante los meses de agosto y septiembre del 2009.

**Valor promedio en unidades Haugh ± desviación estándar en una misma columna con diferente literal mayúscula superíndice difieren estadísticamente (P < 0.05). Los valores en una misma fila con diferente literal minúscula superíndice difieren estadísticamente (P < 0.05). n=25.

Cuadro 3. Evaluación de la calidad interna en IQU de huevos de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) almacenados bajo tres diferentes condiciones de temperatura y humedad relativa evaluada durante verano e invierno del 2009.

VERANO

IQU*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración**	68.99** ± 6.62 ^{A, a}	68.56 ± 5.83 ^{A, a}	65.68 ± 3.95 ^{A, ab}	63.84 ± 3.33 ^{A, bc}
Cuarto Frío**	66.05 ± 8.53 ^{A, a}	65.10 ± 4.39 ^{AB, a}	63.61 ± 7.40 ^{AB, ab}	60.86 ± 3.69 ^{AB, ab}
Ambiente**	64.29 ± 7.11 ^{A, a}	64.59 ± 5.55 ^{B, a}	61.62 ± 5.14 ^{B, ab}	59.21 ± 6.02 ^{B, b}
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	63.37 ± 4.81 ^{A, bc}	58.95 ± 4.73 ^{A, d}	58.51 ± 5.95 ^{A, d}	58.80 ± 4.73 ^{A, d}
Cuarto Frío	57.08 ± 4.44 ^{B, bc}	61.23 ± 4.36 ^{A, bc}	52.38 ± 5.44 ^{B, e}	54.35 ± 5.24 ^{A, d}
Ambiente	53.05 ± 7.32 ^{B, c}	53.62 ± 5.44 ^{B, c}	54.16 ± 6.29 ^{B, c}	44.14 ± 5.44 ^{B, d}

INVIERNO

IQU*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración**	66.29** ± 7.48 ^{A, a}	65.57 ± 5.03 ^{A, a}	67.39 ± 4.68 ^{A, a}	64.05 ± 4.55 ^{A, a}
Cuarto Frío**	65.77 ± 7.44 ^{A, ab}	65.24 ± 5.49 ^{A, ab}	66.53 ± 4.07 ^{A, ab}	64.36 ± 4.39 ^{A, b}
Ambiente**	64.60 ± 4.53 ^{A, a}	63.31 ± 5.30 ^{A, ab}	63.81 ± 6.84 ^{A, ab}	57.41 ± 8.38 ^{B, c}
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	67.95 ± 3.80 ^{A, a}	67.06 ± 4.00 ^{A, a}	68.28 ± 6.91 ^{A, a}	67.47 ± 3.66 ^{A, a}
Cuarto Frío	65.42 ± 4.82 ^{A, ab}	68.89 ± 4.03 ^{A, a}	63.56 ± 3.65 ^{B, b}	65.05 ± 4.57 ^{A, ab}
Ambiente	54.92 ± 6.64 ^{B, c}	59.86 ± 4.84 ^{B, bc}	57.57 ± 7.57 ^{C, c}	60.21 ± 6.39 ^{B, bc}

* IQU: Fueron medidas a los 1, 4, 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días después de su ovoposición. El presente estudio se efectuó durante el mes de diciembre del 2009.

**Valor promedio en IQU ± desviación estándar en una misma columna con diferente literal mayúscula superíndice difieren estadísticamente ($P < 0.05$). Valores en una misma fila con diferente literal minúscula difieren estadísticamente ($P < 0.05$). n=25.

Cuadro 4. Evaluación de la calidad interna en unidades Haugh e IQU de huevos frescos de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) almacenados en tres diferentes condiciones de temperatura y humedad evaluada durante el verano e invierno del 2009.

	Verano		Invierno	
Grupo	U. Haugh*	% C.V.	U. Haugh*	% C.V.
Refrigeración**	91.26** ± 2.88 ^A	3.15	96.02 ± 2.14 ^A	2.23
Cuarto Frío**	89.49 ± 3.37 ^B	3.76	95.17 ± 2.30 ^B	2.41
Ambiente**	87.89 ± 4.29 ^C	4.88	92.58 ± 3.44 ^C	3.71

	Verano		Invierno	
Grupo	IQU*	% C.V.	IQU*	% C.V.
Refrigeración	67.95 ± 3.80 ^{A, a}	9.92	68.28 ± 6.91 ^{A, a}	7.69
Cuarto Frío	65.42 ± 4.82 ^{A, ab}	11.61	63.56 ± 3.65 ^{B, b}	7.55
Ambiente	56.77 ± 8.90 ^C	15.68	60.11 ± 7.25 ^B	12.06

* Unidades Haugh e IQU: Fueron medidas a los 1, 4, 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días después de su ovoposición. El presente estudio se efectuó durante el mes de agosto y diciembre del 2009.

** Valor promedio en unidades Haugh e IQU ± desviación estándar obtenida a partir de una muestra de 200 huevos de codorniz por grupo; los valores en una misma columna de tiempo con una diferente literal superíndice difieren estadísticamente (P < 0.05).

Cuadro 5. Altura de la yema y albúmina en huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) almacenado bajo diferente temperatura y humedad evaluada durante verano e invierno del 2009.

VERANO

Altura de la yema y albúmina en milímetros*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración	11.10** ± 1.18 ^A	11.56 ± 0.85 ^A	11.60 ± 0.50 ^A	12.26 ± 1.20 ^A
Cuarto Frío	10.67 ± 0.61 ^A	11.55 ± 0.71 ^A	11.15 ± 0.43 ^B	11.87 ± 1.25 ^A
Ambiente	10.50 ± 0.57 ^A	10.17 ± 1.12 ^B	10.01 ± 0.79 ^C	9.16 ± 0.72 ^B
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	12.22 ± 0.66 ^A	11.50 ± 0.88 ^A	11.42 ± 1.34 ^A	11.86 ± 0.77 ^A
Cuarto Frío	11.07 ± 0.86 ^B	10.84 ± 0.49 ^B	10.22 ± 1.02 ^B	10.74 ± 0.66 ^B
Ambiente	8.41 ± 0.89 ^C	7.62 ± 0.92 ^C	8.02 ± 1.07 ^C	7.24 ± 0.69 ^C

INVIERNO

Altura de la yema y albúmina en milímetros*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración	12.55** ± 0.98 ^A	12.22 ± 0.67 ^A	12.09 ± 0.61 ^A	12.14 ± 0.62 ^A
Cuarto Frío	12.25 ± 0.80 ^A	11.72 ± 0.69 ^A	12.33 ± 0.68 ^A	11.86 ± 0.81 ^A
Ambiente	12.10 ± 0.78 ^A	11.84 ± 1.89 ^A	11.10 ± 0.50 ^B	10.00 ± 0.53 ^B
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	12.57 ± 0.82 ^A	12.60 ± 0.78 ^A	12.36 ± 0.75 ^A	12.37 ± 0.70 ^A
Cuarto Frío	12.08 ± 0.73 ^A	12.33 ± 0.52 ^A	11.40 ± 0.79 ^B	11.91 ± 0.73 ^A
Ambiente	9.70 ± 0.63 ^B	8.94 ± 0.83 ^B	8.88 ± 1.24 ^C	8.53 ± 1.67 ^B

* Altura de yema y albúmina: Se efectuó a los 1, 4, 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días post-ovoposición.

**Valor promedio en milímetros ± desviación estándar a partir de 25 huevos de codorniz por grupo; valores en la misma columna con diferente letra superíndice difieren significativamente entre sí (P < 0.05).

Cuadro 6. Ancho de la yema en huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) almacenado bajo diferente temperatura y humedad evaluada durante verano e invierno del 2009.

VERANO

Ancho de la yema en milímetros*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración	24.50** ± 1.15 ^A	24.40 ± 1.27 ^B	25.26 ± 1.48 ^C	24.91 ± 1.50 ^B
Cuarto Frío	24.85 ± 1.16 ^A	25.84 ± 1.15 ^A	26.90 ± 1.33 ^B	25.91 ± 1.46 ^{AB}
Ambiente	24.63 ± 1.19 ^A	26.14 ± 1.61 ^A	29.39 ± 1.77 ^A	26.92 ± 1.91 ^A
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	25.43 ± 1.11 ^B	25.96 ± 1.36 ^B	24.92 ± 1.52 ^C	25.26 ± 1.48 ^C
Cuarto Frío	25.44 ± 1.77 ^B	25.66 ± 1.31 ^B	26.77 ± 1.68 ^B	26.90 ± 1.33 ^B
Ambiente	27.94 ± 1.83 ^A	28.38 ± 1.84 ^A	28.98 ± 1.80 ^A	29.38 ± 1.77 ^A

INVIERNO

Ancho de la yema en milímetros*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración	24.02** ± 1.70 ^A	22.74 ± 0.99 ^B	23.98 ± 1.05 ^A	24.19 ± 1.16 ^B
Cuarto Frío	23.03 ± 1.99 ^A	23.38 ± 1.19 ^B	23.13 ± 1.25 ^B	23.76 ± 1.42 ^B
Ambiente	24.21 ± 1.49 ^A	24.24 ± 1.50 ^A	24.10 ± 1.31 ^A	25.28 ± 1.67 ^A
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	23.66 ± 1.13 ^B	23.26 ± 1.00 ^B	23.00 ± 1.74 ^C	23.99 ± 1.30 ^B
Cuarto Frío	23.34 ± 1.34 ^B	23.53 ± 0.91 ^B	24.55 ± 1.61 ^B	24.20 ± 1.81 ^B
Ambiente	26.62 ± 1.82 ^A	27.90 ± 2.06 ^A	26.74 ± 1.11 ^A	26.98 ± 2.57 ^A

* Ancho de yema: Se efectuó a los 1, 4, 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días post-ovoposición.

**Valor promedio en milímetros ± desviación estándar a partir de 25 huevos de codorniz por grupo; valores en la misma columna con diferente letra superíndice difieren significativamente entre sí (P < 0.05).

Cuadro 7. Índice de la yema en huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) almacenado bajo diferente temperatura y humedad evaluada durante verano e invierno del 2009.

VERANO

Unidades del índice de yema*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración	45.32** ± 4.56 ^A	47.48 ± 4.04 ^A	46.74 ± 2.92 ^A	49.58 ± 6.79 ^A
Cuarto Frío	43.02 ± 4.22 ^A	44.71 ± 2.26 ^B	43.73 ± 2.59 ^B	44.56 ± 3.19 ^B
Ambiente	42.73 ± 3.29 ^A	39.18 ± 3.97 ^C	36.83 ± 2.87 ^C	34.23 ± 3.87 ^C
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	48.15 ± 3.51 ^A	44.83 ± 3.10 ^A	46.43 ± 6.19 ^A	47.10 ± 4.100 ^A
Cuarto Frío	43.71 ± 4.33 ^B	42.04 ± 2.93 ^B	38.31 ± 4.50 ^B	40.04 ± 3.21 ^B
Ambiente	30.24 ± 3.80 ^C	26.99 ± 3.86 ^C	27.56 ± 3.47 ^C	24.74 ± 2.97 ^C

INVIERNO

Unidades del índice de yema*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración	52.38** ± 4.02 ^A	53.80 ± 3.17 ^A	50.45 ± 2.60 ^B	50.27 ± 2.93 ^A
Cuarto Frío	53.44 ± 4.50 ^A	50.22 ± 3.50 ^A	53.47 ± 4.14 ^A	49.66 ± 2.97 ^A
Ambiente	50.07 ± 3.18 ^A	50.13 ± 3.97 ^A	46.17 ± 2.76 ^C	39.73 ± 3.30 ^B
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	53.27 ± 4.70 ^A	54.26 ± 3.70 ^A	53.90 ± 3.62 ^A	51.77 ± 4.75 ^A
Cuarto Frío	51.96 ± 4.82 ^A	52.49 ± 3.17 ^A	46.66 ± 4.83 ^B	49.45 ± 4.65 ^A
Ambiente	36.57 ± 3.13 ^B	32.27 ± 4.04 ^B	33.18 ± 4.59 ^C	31.98 ± 5.83 ^B

* Índice de yema: Se efectuó a los 1, 4, 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días post-ovoposición.

**Valor promedio en unidades ± desviación estándar a partir de 25 huevos de codorniz por grupo; valores en la misma columna con diferente letra superíndice difieren significativamente entre sí (P < 0.05).

Cuadro 8. Color de la yema en huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) almacenado bajo diferente temperatura y humedad evaluada durante verano e invierno del 2009.

VERANO

Unidades del color de la yema*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración	6.60** ± 1.35 ^A	6.44 ± 1.16 ^{AB}	6.56 ± 0.96 ^A	7.04 ± 0.84 ^A
Cuarto Frío	5.80 ± 1.14 ^A	6.95 ± 1.36 ^A	6.70 ± 1.13 ^A	7.00 ± 0.65 ^A
Ambiente	5.73 ± 1.10 ^A	5.76 ± 1.05 ^B	6.48 ± 1.64 ^A	7.00 ± 1.08 ^A
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	5.40 ± 1.00 ^{AB}	6.52 ± 1.26 ^A	7.24 ± 0.83 ^A	7.38 ± 0.74 ^A
Cuarto Frío	4.85 ± 0.74 ^B	6.45 ± 1.07 ^A	6.95 ± 1.00 ^A	7.31 ± 0.84 ^A
Ambiente	5.80 ± 1.28 ^A	6.25 ± 1.00 ^A	6.95 ± 1.47 ^A	6.95 ± 1.07 ^A

INVIERNO

Unidades del color de la yema*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración	7.33** ± 1.05 ^{AB}	6.52 ± 1.26 ^{AB}	6.00 ± 1.58 ^B	6.48 ± 1.08 ^B
Cuarto Frío	8.07 ± 0.80 ^A	6.32 ± 1.52 ^B	6.24 ± 1.09 ^{AB}	7.60 ± 0.76 ^A
Ambiente	7.00 ± 1.07 ^B	7.20 ± 0.82 ^A	6.88 ± 1.01 ^A	6.60 ± 1.12 ^B
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	6.72 ± 1.10 ^A	6.64 ± 0.76 ^A	7.12 ± 0.93 ^A	7.80 ± 0.82 ^A
Cuarto Frío	7.08 ± 1.22 ^A	7.16 ± 0.85 ^A	6.20 ± 1.68 ^B	7.00 ± 0.91 ^B
Ambiente	7.28 ± 0.98 ^A	6.64 ± 1.47 ^A	7.88 ± 0.83 ^A	6.96 ± 1.02 ^B

* Color de yema: Se efectuó a los 1, 4, 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días post-ovoposición.

**Valor promedio en Unidades ± desviación estándar a partir de 25 huevos de codorniz por grupo; valores en la misma columna con diferente letra superíndice difieren significativamente entre sí (P < 0.05).

Cuadro 9. Grosor del cascarón del huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) almacenado bajo diferente temperatura y humedad evaluada durante verano e invierno del 2009.

VERANO

Grosor del cascarón en milímetros*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración	0.186** ± 0.015 ^A	0.181 ± 0.017 ^A	0.183 ± 0.015 ^A	0.188 ± 0.012 ^A
Cuarto Frío	0.195 ± 0.014 ^A	0.180 ± 0.015 ^A	0.186 ± 0.009 ^A	0.185 ± 0.015 ^A
Ambiente	0.182 ± 0.014 ^A	0.188 ± 0.014 ^A	0.191 ± 0.010 ^A	0.190 ± 0.017 ^A
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	0.186 ± 0.017 ^A	0.186 ± 0.015 ^A	0.186 ± 0.014 ^A	0.187 ± 0.014 ^A
Cuarto Frío	0.181 ± 0.012 ^A	0.190 ± 0.016 ^A	0.192 ± 0.016 ^A	0.186 ± 0.012 ^A
Ambiente	0.188 ± 0.017 ^A	0.186 ± 0.011 ^A	0.180 ± 0.020 ^A	0.185 ± 0.014 ^A

INVIERNO

Grosor del cascarón en milímetros*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración	0.172** ± 0.017 ^A	0.168 ± 0.013 ^A	0.177 ± 0.011 ^A	0.190 ± 0.015 ^A
Cuarto Frío	0.182 ± 0.018 ^A	0.180 ± 0.013 ^A	0.176 ± 0.013 ^A	0.184 ± 0.016 ^A
Ambiente	0.180 ± 0.015 ^A	0.177 ± 0.014 ^A	0.176 ± 0.017 ^A	0.182 ± 0.012 ^A
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	0.185 ± 0.016 ^A	0.177 ± 0.015 ^A	0.182 ± 0.014 ^A	0.179 ± 0.019 ^A
Cuarto Frío	0.179 ± 0.018 ^A	0.184 ± 0.016 ^A	0.179 ± 0.013 ^A	0.180 ± 0.017 ^A
Ambiente	0.180 ± 0.016 ^A	0.178 ± 0.016 ^A	0.176 ± 0.015 ^A	0.178 ± 0.016 ^A

* Peso del huevo: Se efectuó a los 1, 4, 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días post-ovoposición.

**Valor promedio en milímetros ± desviación estándar a partir de 25 huevos de codorniz por grupo; valores en la misma columna con diferente letra superíndice difieren significativamente entre sí (P < 0.05).

Cuadro 10. Peso del huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) almacenado bajo diferente temperatura y humedad evaluada durante verano e invierno del 2009.

VERANO

Peso del huevo en gramos*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración	13.00** ± 1.12 ^A	12.54 ± 1.18 ^A	12.46 ± 0.96 ^A	12.88 ± 1.00 ^A
Cuarto Frío	13.03 ± 1.26 ^A	12.77 ± 1.19 ^A	12.72 ± 1.14 ^A	12.76 ± 0.88 ^A
Ambiente	12.71 ± 1.34 ^A	12.41 ± 0.97 ^A	12.26 ± 1.03 ^A	11.80 ± 1.26 ^B
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	12.64 ± 1.11 ^A	13.01 ± 0.89 ^A	12.37 ± 1.43 ^A	12.56 ± 1.13 ^A
Cuarto Frío	12.69 ± 1.28 ^A	12.24 ± 1.12 ^B	13.01 ± 1.33 ^A	12.72 ± 1.09 ^A
Ambiente	11.56 ± 0.84 ^B	11.20 ± 1.19 ^C	11.41 ± 1.14 ^B	11.68 ± 1.04 ^B

INVIERNO

Peso del huevo en gramos*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración	13.17** ± 1.88 ^A	12.59 ± 1.18 ^A	12.14 ± 1.09 ^A	12.52 ± 0.78 ^A
Cuarto Frío	12.49 ± 1.40 ^A	12.67 ± 1.02 ^A	12.01 ± 1.07 ^A	12.43 ± 0.99 ^A
Ambiente	12.71 ± 1.40 ^A	12.91 ± 1.22 ^A	12.14 ± 1.12 ^A	12.11 ± 1.00 ^A
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	12.53 ± 0.86 ^A	12.23 ± 0.97 ^A	11.94 ± 1.47 ^A	12.37 ± 0.96 ^A
Cuarto Frío	11.99 ± 1.00 ^A	12.26 ± 0.93 ^A	12.29 ± 1.28 ^A	12.01 ± 1.34 ^{AB}
Ambiente	11.96 ± 1.11 ^A	11.58 ± 1.23 ^A	11.68 ± 1.45 ^A	11.56 ± 1.19 ^B

* Peso del huevo: Se efectuó a los 1, 4, 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días post-ovoposición.

**Valor promedio en gramos ± desviación estándar a partir de 25 huevos de codorniz por grupo; valores en la misma columna con diferente letra superíndice difieren significativamente entre sí (P < 0.05).

Cuadro 11. Pérdida de peso en el huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) almacenado bajo diferente temperatura y humedad evaluada durante verano e invierno del 2009.

VERANO

Pérdida porcentual de peso del huevo*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración	0.00** ± 0.00 ^A	0.57 ± 0.63 ^B	0.54 ± 0.82 ^B	0.79 ± 0.75 ^B
Cuarto Frío	0.00 ± 0.00 ^A	0.24 ± 0.38 ^B	0.94 ± 1.29 ^B	0.70 ± 0.41 ^B
Ambiente	0.00 ± 0.00 ^A	1.44 ± 0.71 ^A	2.40 ± 1.27 ^A	4.26 ± 1.55 ^A
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	1.06 ± 0.88 ^B	1.30 ± 0.54 ^B	0.97 ± 0.74 ^B	1.74 ± 0.54 ^B
Cuarto Frío	1.00 ± 0.54 ^B	1.97 ± 2.35 ^B	1.57 ± 0.74 ^B	1.31 ± 0.99 ^B
Ambiente	5.38 ± 1.03 ^A	7.77 ± 4.70 ^A	8.98 ± 6.54 ^A	8.47 ± 4.09 ^A

INVIERNO

Pérdida porcentual de peso del huevo*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración	0.00** ± 0.00 ^A	0.84 ± 0.17 ^A	0.93 ± 0.49 ^B	1.28 ± 0.43 ^B
Cuarto Frío	0.00 ± 0.00 ^A	0.85 ± 0.42 ^A	1.40 ± 1.37 ^B	1.43 ± 0.80 ^B
Ambiente	0.00 ± 0.00 ^A	0.90 ± 0.28 ^A	2.15 ± 1.09 ^A	3.67 ± 1.30 ^A
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	1.52 ± 0.56 ^B	1.87 ± 0.71 ^B	2.24 ± 0.90 ^B	3.06 ± 1.20 ^B
Cuarto Frío	1.79 ± 1.34 ^B	2.08 ± 0.63 ^B	2.79 ± 1.24 ^B	2.62 ± 1.12 ^B
Ambiente	4.49 ± 0.82 ^A	6.81 ± 1.95 ^A	5.94 ± 2.14 ^A	7.27 ± 1.21 ^A

* Porcentaje de pérdida de peso: Se efectuó a los 1, 4, 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días post-ovoposición.
 **Valor promedio en porcentaje ± desviación estándar a partir de 25 huevos de codorniz por grupo; valores en la misma columna con diferente letra superíndice difieren significativamente entre sí (P < 0.05).

Cuadro 12. Índice de forma del huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) almacenado bajo diferente temperatura y humedad evaluada durante verano e invierno del 2009.

VERANO

Unidades del índice de forma del huevo*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración	75.86** ± 4.24 ^A	78.69 ± 3.94 ^A	76.37 ± 4.80 ^A	77.18 ± 2.83 ^A
Cuarto Frío	78.22 ± 3.27 ^A	78.67 ± 2.79 ^A	77.93 ± 5.92 ^A	77.79 ± 2.53 ^A
Ambiente	78.65 ± 4.48 ^A	78.42 ± 3.40 ^A	78.37 ± 2.72 ^A	79.14 ± 2.61 ^A
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	78.94 ± 3.15 ^A	77.09 ± 3.95 ^A	77.88 ± 3.51 ^A	78.01 ± 3.28 ^A
Cuarto Frío	78.20 ± 2.51 ^A	77.58 ± 3.90 ^A	77.05 ± 2.89 ^A	77.57 ± 2.68 ^A
Ambiente	78.33 ± 4.06 ^A	77.36 ± 3.40 ^A	78.70 ± 3.87 ^A	77.49 ± 2.65 ^A

INVIERNO

Unidades del índice de forma del huevo*				
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12
Refrigeración	78.00** ± 4.12 ^A	78.34 ± 3.13 ^A	77.93 ± 3.40 ^A	78.19 ± 3.07 ^A
Cuarto Frío	79.99 ± 3.32 ^A	77.32 ± 3.61 ^A	78.79 ± 3.29 ^A	77.43 ± 3.19 ^A
Ambiente	77.40 ± 4.25 ^A	78.45 ± 3.76 ^A	78.11 ± 4.09 ^A	79.14 ± 3.19 ^A
Grupo	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28
Refrigeración	79.21 ± 2.83 ^A	77.46 ± 4.20 ^A	77.46 ± 4.19 ^A	78.09 ± 2.63 ^A
Cuarto Frío	79.14 ± 1.89 ^A	79.60 ± 4.20 ^A	79.60 ± 4.20 ^A	78.52 ± 2.90 ^A
Ambiente	79.07 ± 3.01 ^A	78.22 ± 2.86 ^A	78.22 ± 2.85 ^A	78.43 ± 2.55 ^A

* Índice de forma de huevo: Se efectuó a los 1, 4, 8, 12, 16, 20, 24 y 28 días post-ovoposición.

**Valor promedio en unidades ± desviación estándar a partir de 25 huevos de codorniz por grupo; valores en la misma columna con diferente letra superíndice difieren significativamente entre sí (P < 0.05).

Cuadro 13. pH de la albúmina entera del huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) almacenado bajo diferente temperatura y humedad evaluada durante el invierno del 2009.

INVIERNO

pH de la albúmina*					
Grupo	Día 1	Día 4	Día 8	Día 12	Día 16
Refrigeración	8.87** ± 0.04 ^A	8.92 ± 0.04 ^B	8.82 ± 0.03 ^B	8.96 ± 0.01 ^B	8.97 ± 0.05 ^B
Cuarto Frío	8.65 ± 0.06 ^B	8.84 ± 0.06 ^C	8.74 ± 0.09 ^B	8.84 ± 0.04 ^C	8.96 ± 0.03 ^C
Ambiente	8.89 ± 0.14 ^A	9.18 ± 0.14 ^A	8.99 ± 0.12 ^A	9.08 ± 0.04 ^A	9.08 ± 0.05 ^A
Grupo	Día 20	Día 24	Día 28	Día 32	
Refrigeración	8.89 ± 0.04 ^C	8.94 ± 0.04 ^C	8.90 ± 0.06 ^C	8.99 ± 0.01 ^C	
Cuarto Frío	8.94 ± 0.01 ^B	9.09 ± 0.01 ^A	9.00 ± 0.04 ^B	9.08 ± 0.03 ^B	
Ambiente	9.11 ± 0.03 ^A	9.00 ± 0.02 ^B	9.13 ± 0.02 ^A	9.14 ± 0.02 ^A	

* pH de la albúmina: Se efectuó a los 1, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28 y 32 días post-ovoposición.

**Valor promedio en potencial de hidrogeniones ± desviación estándar a partir de 16 huevos de codorniz por grupo; valores en la misma columna con diferente letra superíndice difieren significativamente entre sí (P < 0.05).