



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EVALUACIÓN DE MÁQUINAS INCUBADORAS PARA HUEVOS DE GALLINA DOMESTICA (*gallus domesticus*) ELABORADAS A UN COSTO MÍNIMO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :

SONIA LÓPEZ CÓRDOVA

ASESORES: MVZ MC MARCO ANTONIO JUÁREZ ESTRADA
MVZ MC JOSÉ ANTONIO QUINTANA LÓPEZ



1853

MÉXICO, D.F.

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 familia, porque gracias a ustedes he sido muy feliz y sin su valiosa ayuda no hubiera llegado a cumplir este sueño.

A mi Madre, por aconsejarme en todo momento y haberme inculcado sus valores, formar mi carácter, pero sobre todo por el amor que me has brindado ya que siempre me has proporcionado seguridad y la certeza de que se puede seguir adelante aun cuando se presenten muchos obstáculos de por medio. ¡Te quiero desde el fondo de mi corazón!

A mi Tío, por haberme enseñado valores cívicos, hacerme una ciudadana responsable y enseñarme a querer a mi país.

A mi Hermano Javier, por cuidarme, darme consejos y tener siempre las palabras precisas cuando más las necesito.

A mi hermano Roberto, por ser mi ejemplo de superación y perseverancia ¡Eres lo Máximo!

A todos mis profesores de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnia porque de todos ellos obtuve los conocimientos y las experiencias necesarias para llegar a ser profesionista.

A todos mis amigos, ya que siempre han estado conmigo en los momentos mas difíciles y porque sé que siempre puedo contar con ustedes.

A México mi gran nación de la cual me enorgullezco porque en ella nací, crecí, recibí mi formación y a la cual deseo servir de manera ejemplar como profesionista.

I

AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso por haberme enseñado el camino de la verdad.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por ser mi segunda casa durante las etapas de bachillerato y licenciatura y porque me siento orgullosa de haberme formado y ser parte de ella.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por todos los conocimientos adquiridos en sus instalaciones y por haber recibido cátedra de excelentes profesores.

A mi Amiga Lourdes González, por alentarme a realizar este proyecto de tesis, ser una excelente amiga, aconsejarme y por todas las experiencias que hemos compartido.

A mis Asesores:

MVZ M en C. Marco Antonio Juárez Estrada, Por haber depositado este proyecto y toda tu confianza en mí, motivarme y ayudarme a realizarlo, dar lo mejor en cada momento y darme cuenta que más que un profesor eres un buen amigo. Muchas gracias, eres para mí afectivamente alguien importante.

Al MVZ M en C. José Antonio Quintana López. Por su valiosa disposición en la realización de este trabajo, compartir sus experiencias y conocimientos, así como hacer posible el financiamiento otorgado.

A los miembros de mi jurado MVZ Pedro Ochoa Galván, Carlos López Coello, Gabriela Gómez Verduzco, MVZ Marco Juárez Estrada y Cecilia Rosario Cortés, por su apoyo y pertinentes observaciones que han permitido que este trabajo sea digno de pertenecer al acervo de la Facultad.

A mi hermano Javier López, por la ayuda recibida en la búsqueda de los componentes eléctricos y por su apoyo en la realización de los dibujos y diagramas.

Al MVZ José Alejandro Hernández Flores, por el apoyo en el desarrollo experimental, así como por tus consejos y enseñanzas, pero sobre todo por tu amistad en esta difícil etapa de mi vida. Gracias amigo ¡Te quiero mucho!

A la MVZ M en C. Julieta Ramírez Torres, por ser una excelente amiga, comprenderme y porque tienes un buen corazón que siempre esta dispuesto a ayudar a los demás.

A todos mis amigos que me acompañaron durante toda la carrera: Lucia Favila, Gabriela Boneta, Lilia Zarzoza, Janice Ramírez, Claudia Rodríguez, Luz Ramírez Liliana Gaytan, Edward Pérez, Agustín Nieto, Michell Pérez, Jesús Reyes, Carlos Roldán, Abel Herrera y Sinaí Centeno, ya que de todos ustedes he aprendido algo valioso y además pase muy agradables momentos en su compañía.

A mis compañeros de trabajo, el MVZ Daniel Hernández Méndez y al EMVZ Juan José Martínez por todas las facilidades otorgadas a la realización de esta tesis.

||

A todos los miembros del Departamento de Producción Animal: Aves por su disposición a resolver todas mis dudas a lo largo de este trabajo.

A mis Compañeros y amigos del Departamento de Producción Animal: Aves, Briseida Castro, Jessica Molina, Margarita Arreguín, Elena Salazar, Ephraim Verde y Ulises Escobedo, por toda su confianza y amistad durante todo este tiempo.

“Las amistades nacen en la prosperidad y son probadas en la adversidad.”

ANONIMO.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
MATERIAL Y MÉTODOS	7
RESULTADOS.....	18
DISCUSIÓN	22
CONCLUSIONES.....	31
LITERATURA CITADA	32
CUADROS.....	36

LÓPEZ CÓRDOVA SONIA. EVALUACIÓN DE MÁQUINAS INCUBADORAS PARA HUEVOS DE GALLINA DOMÉSTICA (*Gallus domesticus*) ELABORADAS A UN COSTO MÍNIMO.

Bajo la asesoría de Marco Antonio Juárez Estrada y José Antonio Quintana López.

Para contribuir a aumentar los recursos pecuarios de los pequeños productores, mediante la utilización de los recursos animales con los que cuentan, se diseñaron, construyeron y evaluaron dos modelos de máquinas incubadoras de pequeña capacidad y costo mínimo, con contenedor de cartón (A y B) y dos máquinas con contenedor de unicel (C y D). A lo largo de todo el estudio se efectuaron diversas adaptaciones. En cada modificación efectuada a cada serie de incubadora se le asignó de forma progresiva un número arábigo. Se utilizó como control una incubadora comercial de poca capacidad designada con la letra E durante el transcurso de seis pruebas realizadas entre el mes de diciembre de 2004 y noviembre de 2005. Cabe mencionar que se advirtió mayor eficiencia en las incubadoras con contenedor de unicel que en las incubadoras con contenedor de cartón, es decir, se observaron porcentajes de incubabilidad mayores en las incubadoras C y D. Así pues, el grado más elevado de incubabilidad real se alcanzó en la cuarta prueba con la incubadora de unicel C4, la cual presentó un porcentaje del 36.84%. Por otra parte, los menores costos de los modelos de incubadoras diseñados fueron para la máquina con contenedor de cartón \$ 929.00, mientras que para la máquina con contenedor de unicel fue de \$1,689.90. Existen una gran cantidad de variables que deben controlarse con la finalidad de efectuar una prueba de incubabilidad eficiente. Se requieren de equipos sofisticados y eficientes de lectura de humedad relativa ambiental y temperatura. Las incubadoras con contenedor de unicel son más eficientes que las máquinas incubadoras con contenedor de cartón. Asimismo, se observó que el uso de termostatos de oblea con éter inyectado es mejor que el uso de termostatos con sensores de cobre. La fuente de calor con base en focos incandescentes fue mejor que el uso de resistencias eléctricas. Las incubadoras requieren de modificaciones continuas que permitan su adecuado funcionamiento.

INTRODUCCIÓN

Actualmente entre los alimentos para autoconsumo más importantes producidos por el hombre se encuentran los productos avícolas, carne y huevo.¹ Durante más de 2000 años estos insumos se produjeron a partir de animales que incubaban sus propios huevos de manera natural; sin embargo, la incubación como un proceso artificial fue descrita desde la época de los egipcios en el año 400 A. C. Ellos observaron la incubación espontánea de huevos fértiles de algunas especies de aves, los cuales se podían incubar al colocarlos en el suelo y cubrirlos con una capa de tierra o estiércol, lo cual generaba calor suficiente para eclosionar una buena cantidad de aves sin necesidad de emplear a las madres. Por otra parte, en china se desarrolló la práctica de incubación artificial en el año 246 A. C. con el establecimiento de hornos diseñados específicamente para este objetivo. Existen datos sobre la primera incubadora patentada en los Estados Unidos registrada en el año de 1872.^{1,2}

El proceso de incubación a lo largo del tiempo se ha ido modificando. Actualmente, y debido al avance de la tecnología, se ha logrado el desarrollo de la incubación artificial altamente tecnificada. La incubación ha sido empleada por los grandes productores avícolas para incrementar y asegurar la producción de pollos de buena calidad y libres de enfermedad, así como para aumentar la producción de las granjas avícolas reduciendo al mínimo los costos de producción, logrando de este modo una mayor cantidad y calidad de los productos.^{3,4,5} Sin embargo, la incubación artificial a gran escala se encuentra en México restringida solamente a muy pocas explotaciones integradas como las de Bachoco, Pilgrim's Pride, Tyson, Avícola San Antonio, Patsa, etcétera. Esto debido principalmente a que se requiere una inversión inicial elevada: construcción de instalaciones especializadas, inversión en grandes máquinas incubadoras y necedoras, cursos de capacitación al personal especializado, pago de mano de obra del personal encargado del funcionamiento y operación de las plantas, medidas de bioseguridad, constatación de la procedencia del huevo, manejo adecuado de los huevos producidos, así como todos los gastos relacionados.^{1,2,6}

Sin embargo, la producción avícola de traspatio es una de las actividades pecuarias más frecuentemente realizada por los campesinos de nuestro país, la cual constituye alrededor del 54.9%, organizada en unidades de producción rural y del 43.8%, organizada en viviendas con actividad agropecuaria, donde la principal actividad que realizan es la agricultura y las aves que casi en su mayoría son para autoconsumo, pues debido a la baja producción de huevo, no lo pueden comercializar.⁷ En el caso de los pequeños productores y los que tienen aves de traspatio, el uso de incubadoras comerciales convencionales resulta demasiado costoso, ya que, a diferencia de los grandes productores, no tienen la capacidad de solventar los gastos anteriormente mencionados. Actualmente una incubadora nacional marca IAMEX® con capacidad de 81 huevos de gallina tiene un costo total de US \$472.00, lo cual representa un costo demasiado alto para la media de los productores en pequeña escala del país. Además, estos productores cuentan con un número reducido de aves que producen pocos huevos aptos para la incubación, lo que hace poco factible para ellos el uso de incubadoras de alta capacidad.⁷

No obstante, los pequeños productores frecuentemente ofrecen, en nichos de mercado bien definidos, un producto de mejor aceptabilidad y palatabilidad, que suele ser más aceptados por cierta proporción de la población y que, debido a su escasez, tienen un mejor precio en el mercado que el producto similar producido a gran escala, como lo demuestra, por ejemplo, el aumento de la producción de huevo ecológico y su venta en el mercado mexicano.^{7,8,9}

Una buena opción para que los pequeños productores mejoren la productividad de sus animales, aumenten sus ganancias y obtengan mejores ingresos sería el empleo de incubadoras de bajo costo, menor volumen de capacidad y fácil operación, elaboradas con materiales económicos que puedan ser solventados por ellos mismos o bien que las puedan adquirir a bajo costo en esquemas de financiamiento social o programas de apoyo gubernamental.⁸

Las incubadoras de bajo costo tendrían la ventaja de proporcionar a los productores una disminución importante en el costo de inversión inicial y pago de mano de obra, ya que ellos mismos serían los que se encargarían de su funcionamiento. La máquina incubadora debe ser adaptable a las condiciones que presentan los productores, durable, fácil de limpiar, manejable y con la capacidad de poder reutilizarse con una gran cantidad de lotes de huevos fértiles. Para lograrlo es necesario que, bajo este concepto, se genere tecnología acorde con los requerimientos de nuestro país, esto con la finalidad de realizar una transferencia efectiva de tecnología al campo, realizar labores efectivas de extensionismo, capacitación y lograr que los pequeños productores se adapten a una nueva forma de trabajo.^{8,9}

Por otra parte, las incubadoras de bajo costo pueden también tener otros usos alternativos, ya que éstas puede ser utilizadas por criadores de aves de ornato y gallos de exhibición, lo cual significaría una opción para aumentar su productividad a un mínimo costo. Para lograrlo, es necesario que se construya un modelo adecuado de incubadoras que permita ser usada en diferentes lugares y que tenga un estricto control de las diferentes variables de incubación, como la temperatura, que debe ser de 37.7° C, para que se obtenga un desarrollo adecuado del embrión y que no se observen problemas como deshidratación o malas posiciones al momento de la eclosión o falta de desarrollo embrionario.^{10,11,12}

También es necesario que se obtenga una humedad relativa adecuada que se encuentre en los rangos de 55 a 60 %, ya que ésta favorece el transporte de calcio del cascarón al embrión y hace que se pierda peso adecuado en forma de vapor de agua, lo que es de gran importancia al momento del nacimiento del pollito. Por otra parte, si existe un aumento excesivo de humedad, dará origen a pollitos con abdomen abultado al momento del nacimiento con consistencia blanda y pegajosa; si la humedad es demasiado baja, dará origen a un menor número de

nacimientos debido a que se presentan pollitos que pican el cascarón, pero que no eclosionan porque están muy débiles o se quedan pegados al mismo.^{10,13}

La ventilación es de gran importancia, pues permite la respiración del embrión al mantener un rango constante de 21 a 22 % de oxígeno dentro de las incubadoras, así mismo, se debe procurar un adecuado intercambio gaseoso de CO₂ con oxígeno, pues si esto no se realiza de forma adecuada se dará origen a pollitos débiles con predisposición a síndrome ascítico.^{13,14,15}

Es necesario también realizar un volteo adecuado de los huevos durante la incubación en los primeros 15 días para una correcta formación y desarrollo del embrión, el cual debe estar colocado en un ángulo de 45°, ya que en caso contrario los embriones pueden desarrollar anomalías físicas y un intercambio gaseoso defectuoso de la membrana corioalantoidea.^{16,17}

La calidad del pollito depende también del desarrollo embrionario en su última etapa después del momento de transferencia, por lo que se deben controlar de forma adecuada todas las variables de incubación mencionadas anteriormente a lo largo de las 504 horas de incubación requeridas; si hay problemas con la temperatura y humedad relativa pueden dar origen a pollitos de segunda calidad.^{1,2,13}

Tomando en cuenta estos antecedentes se hace necesario que las máquinas incubadoras, además de ser elaboradas a un costo mínimo, cuenten con las condiciones necesarias para asegurar una adecuada producción de pollitos de primera calidad.

HIPÓTESIS

- La utilización de dos máquinas de incubación fabricadas al mínimo costo no afectará los parámetros de incubación de huevos de gallina doméstica (*Gallus domesticus*).

OBJETIVOS

-Diseñar y fabricar una máquina incubadora con contenedor principal de cartón, ventilador de presión positiva, termostato automático, focos incandescentes de 40 watts y volteo manual de huevo.

-Diseñar y elaborar una máquina incubadora con contenedor de unicel, ventilador de presión positiva, termostato automático, resistencia eléctrica y volteo de huevo manual.

-Comparar los parámetros de incubación entre las máquinas incubadoras elaboradas a un costo mínimo de producción con una máquina incubadora comercial.

- Evaluar los parámetros de incubación de huevos de gallina doméstica (*Gallus domesticus*) a una altura de 2,300 m.s.n.m. con las diferentes máquinas incubadoras fabricadas a un mínimo costo.

- Evaluar la eficiencia económica de los dos modelos de máquinas incubadoras que presenten mejores parámetros.

MATERIAL Y MÉTODOS

Lugar de Experimentación

Este estudio fue realizado en las unidades de aislamiento del Departamento de Producción Animal: Aves de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, en Ciudad Universitaria, México, D.F.

Máquinas Incubadoras

Se diseñaron dos modelos básicos de máquinas incubadoras. A lo largo del desarrollo de seis pruebas se efectuaron modificaciones progresivas a cada una de las máquinas diseñadas de acuerdo con las diferentes respuestas obtenidas y en relación con la eficiencia de cada variable explicativa. Las máquinas incubadoras se elaboraron con base en una selección de materiales de bajo costo obtenidos en el mercado mexicano.

El primer modelo se diseñó con la característica principal de que el contenedor era de cartón. El segundo modelo fue construido con base en un contenedor de unicel. Se registró el funcionamiento de cada uno de los modelos elaborados en el presente estudio, con la finalidad de obtener el modelo de máquina incubadora de mayor eficiencia al menor costo.

A partir del del funcionamiento del primer modelo construido, se determinó el tipo de modificación requerida para la construcción de los siguientes modelos en etapas de incubación subsecuentes. De la misma manera, con base en el análisis de pérdida de humedad e incubabilidad, se fueron efectuando mejoras continuas a cada uno de los modelos.

Procedimiento de mejora continúa

Las modificaciones a los dos modelos de incubadoras se probaron progresivamente a lo largo de seis pruebas experimentales. Con base en el análisis efectuado al finalizar cada prueba, se realizaron seis variables de diseño y reemplazo de materiales de construcción.

Las seis variables de acción fueron:

- 1.- Material de origen del contenedor (sello y aislamiento adecuado del exterior).
- 2.- Sistema de ventilación en cada máquina (número, posición y dirección del flujo de aire de los ventiladores).
- 3.- Fuente generadora de calor (eficiencia en la generación de calor e irradiación de focos de cristal o resistencia eléctrica).
- 4.- Sistema regulador de temperatura (termostato de oblea de latón con éter inyectado o bien sistema analógico con sensor de tira de cobre)
- 5.- Sistema de movimiento (manual y automático comercial)
- 6.- Sistema de humidificación (charola con lámina de agua en el piso o contenedor de acero inoxidable con función de precalentamiento en la admisión de aire superior; figuras 1 y 2).

Las máquinas incubadoras con contenedor de cartón se designaron como máquinas serie "A" y serie "B". Las máquinas incubadoras elaboradas con contenedor de unigel se nombraron como máquinas serie "C" y serie "D".

El diseño general de las máquinas incubadoras con contenedor de cartón A y B, así como de las incubadoras con contenedor de unigel C y D, se puede observar en las figuras de la 1 a la 7 en el anexo del presente escrito (ver comentarios en las figuras).

Conforme se armaron modelos subsecuentes, a partir de usar como base de diseño las primeras incubadoras probadas, se les asignó progresivamente la letra de identificación primaria junto con un número arábigo, iniciando a partir de la original con el número 1, 2, 3, etcétera. A partir de la segunda prueba, se utilizó como máquina testigo la máquina incubadora más barata en el mercado mexicano con sistema de volteo automático registrada en E.U.A, * la cual, para efectos de este estudio se denominó con la letra “E”.

Los modelos de incubación se integraron con los siguientes sistemas:

Sistema de Ventilación

Para garantizar una adecuada oxigenación en cada una de las incubadoras se emplearon uno o dos ventiladores de 12 voltios y 20 amperes con un diámetro total de 7 cm compuestos de 4 aspas de 3 cm de diámetro cada una y 1000 r.p.m. El número y posición de los ventiladores fue variable de acuerdo con cada modelo de incubadora y con cada una de las pruebas efectuadas.

Conservación de temperatura en las incubadoras

Para conservar la temperatura interna de cada incubadora, se probaron dos tipos de contenedores. Las incubadoras “A” y “B” usaron contenedores elaborados con 2 láminas de cartón corrugado de doble cara para formar una pared tipo “sandwich Z” y el interior se relleno con periódico. En cambio, las incubadoras “C” y “D” se fabricaron a partir de contenedores comerciales de uniceL †.

Sistema generador de calor

Para el caso de las Incubadoras “A” y “B” se emplearon 2 focos incandescentes de 40 watts a 120 voltios ‡. La ubicación de los mismos fue variable en cada prueba. Para las Incubadoras “C” y “D”, por otro lado, se

*Hova Bator™ GQF Manufacturing Company Inc. Savannah, Ga. U.S.A.

†CAJAS DE UNICEL, Sintéticos de México S.A., de C.V.

‡GE Lighting México S.A., de C.V.

emplearon inicialmente focos Incandescentes de 40 watts a 120 voltios; sin embargo, en el caso de la incubadora “C”, adicionalmente se probaron diferentes resistencias eléctricas de 120 voltios con diferente resistencia en watts y con diferente amperaje.

La incubadora “E” genera calor por medio de una resistencia eléctrica monofásica de 25 x25 centímetros de longitud con capacidad de 45 watts a 120 voltios de tipo acero tubular sellado.

Regulación de temperatura

Con la finalidad de mantener la temperatura interna dentro de un rango de oscilación máxima $\pm 1^\circ$ C., cada máquina de incubación contó con dos diferentes tipos de termostatos. Para el caso de las incubadoras “A” y “B” se emplearon inicialmente termostatos para horno tipo “Pasteur” los cuales funcionan con base en sensores de cobre; posteriormente estos aparatos fueron sustituidos por termostatos de oblea de latón sellado con contenido de éter inyectado. Este tipo de termostato se utilizó durante todo el transcurso de las pruebas en las máquinas incubadoras serie “C” y serie “D”.

Medición de Temperatura

Con el fin de observar el funcionamiento de los termostatos en cada una de las máquinas y comprobar que estos se encontraban funcionando en los rangos preestablecidos, se efectuaron registros diarios de temperatura con termómetros de columna mercurial. [▣]

Sistema de volteo de huevos fértiles

En las máquinas con contenedor de cartón se adaptó un sistema de volteo manual elaborado con madera estructural. Para las máquinas incubadoras con contenedor de unicel se adaptó un sistema de movimiento manual elaborado con fierro dulce estructural. El número de volteos por máquina y por prueba fue de 3 a

[▣]Broken thermometers U.K. ®

7 volteos cada 24 horas. La Incubadora “E” contó con un sistema automático de volteo que permitía el movimiento de huevo en un ángulo lateral al plano horizontal de 45° cada hora durante las 24 horas del día. En las dos últimas pruebas, cuando se utilizaron las máquinas de unicele diseñadas en el presente estudio, se emplearon con ellas dos sistemas comerciales de volteo automático de 42 plazas.^Δ.

Sistema generador de humedad

De acuerdo a la época del año y una vez observado el funcionamiento de las primeras máquinas incubadoras, la cantidad de agua en cada incubadora se determinó con base en valores preestablecidos de pérdida de peso por huevo, asimismo, se determinó el lugar de ubicación del espejo de agua más adecuado dentro del interior de los contenedores.

Circuito eléctrico y de seguridad

Para garantizar la seguridad de los usuarios de las máquinas se implementó un diagrama de circuitos de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SCFI-1993 -aparatos electrónicos de uso doméstico alimentados por diferentes fuentes de energía eléctrica y requisitos de seguridad y métodos de prueba para la aprobación de tipo-; y con la NOM-003-SFCI-2000 -construcción y especificación de las medidas de seguridad en la construcción de aparatos eléctricos.

De acuerdo con las dos Normas Oficiales Mexicanas, se emplearon medidas básicas de seguridad, como fueron la especificación mínima para el grosor y resistencia eléctrica de los cables, el tipo y uso de interruptores, sellos de seguridad, focos tipo LED indicadores de función, etcétera. Con la finalidad de que hubiera el menor riesgo de descarga eléctrica, se utilizó un sistema porta fusible de 3 amperios que, además de proteger adecuadamente a los usuarios de las

^Δ Hova Bator™ GQF Manufacturing Company Inc. Savannah, Ga. U.S.A.

máquinas, ayuda a proteger y mantener íntegro todo el equipo eléctrico y de circuito de cada una de las máquinas incubadoras.

Todas las partes eléctricas de las máquinas incubadoras se fijaron en una base de lámina de acrílico la cual se unió a cada una de las tapas superiores de los respectivos contenedores de las máquinas incubadoras (fig. 1 a 7). Después del armado y la prueba del circuito eléctrico, cada parte de las máquinas incubadoras fue sellada con silicón para evitar fugas de calor.

El diagrama de funcionamiento de circuito eléctrico de los dos modelos diseñados en el presente estudio se ejemplifica en la figura 8.

Huevos fértiles

En los tres primeros experimentos se incubaron huevos fértiles procedentes del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, (CEIEPAv) ubicada en Salvador Díaz Mirón S/N Zapotitlán, México D.F. Estos huevos fueron ovopositados por aves híbridas Leghorn, las cuales fueron cruzadas con gallos procedentes del mismo lote de gallinas de segundo ciclo de postura de edad avanzada. En la cuarta y quinta prueba, se utilizaron huevos fértiles procedentes de gallinas libres de patógenos específicos. ^{††} En la sexta prueba se incubaron huevos fértiles procedentes de la segunda selección proveniente de gallinas reproductoras pesadas estirpe Ross 308 x Ross 308, obtenidos de una granja avícola comercial. ^{‡‡}

Porcentaje de pérdida de peso de cada huevo incubado.

Cada uno de los huevos fue identificado y pesado de forma individual. El porcentaje de pérdida de peso se obtuvo de estimar la diferencia entre el peso de cada huevo a los dieciocho días de incubación con relación al peso inicial

^{††} ALPES® tipo II, Aves Libres de Patógenos Específicos, IDISA. Tehuacán, Pue.

^{‡‡} El Peñón S.A. de C.V. Jonacatepec, Morelos.

considerando éste como el 100%. Una vez obtenidos los promedios de pérdida de peso se obtuvo el porcentaje promedio de cada lote de huevo colocado en las diferentes incubadoras.

Embriodiagnóstico

Al término de cada experimento y con la finalidad de determinar la mortalidad embrionaria por etapas, se realizó un embriodiagnóstico a partir de los huevos no eclosionados. Éste fue dividido en cuatro etapas las cuales, a su vez, se dividieron de la siguiente forma:

Etapa I, del día 1 al 6 de incubación

Etapa II, del día 7 al 11 de incubación

Etapa III, del día 12 al 17 y

Etapa IV, del día 18 al 21 de Incubación.¹

Registros

Para obtener un mejor control de las variables de temperatura, humedad relativa y número de volteos por día, se tomaron registros diarios en el momento en que se realizaba el volteo.

Desarrollo experimental

Experimento I

Esta prueba dio inicio el día 22 de noviembre de 2004 y finalizó el día 13 de diciembre de 2004. Se incubaron un total de 97 huevos fértiles. Cuarenta en la incubadora "A1", 40 en la incubadora "B1" y 17 huevos fértiles restantes se utilizaron como grupo control y se incubaron en una máquina incubadora comercial. [¶] Se realizaron 3 movimientos por día.

[¶]Brinsea™ London, England

Primera prueba				
Variable Incubadora	Generador de Calor	Regulación de Temperatura	Ventilación	Humedad
"A1"	2 Focos de 40 watts en la parte superior	Termostato para horno con sensor de cobre	1 Ventilador de 120 voltios en la parte superior	2 Charolas de plástico de 500 ml cada una colocadas en la parte inferior de la incubadora
"B1"	2 Focos de 40 watts en la parte superior	Termostato para horno con sensor de cobre	1 Ventilador de 120 voltios colocado en la parte superior.	2 Charolas de plástico de 500 ml cada una colocadas en la parte inferior de la incubadora
"Brinsea®"	Resistencia eléctrica	Sistema electrónico	1 Ventilador interno de 127 voltios.	Sistema automático de humidificación con papel filtro.

Experimento II

Esta prueba dio inicio el día 31 de enero de 2005 y finalizó el día 21 de febrero de 2005. Se probaron nuevamente las incubadoras "A1" y "B1" En esta prueba se realizaron cinco movimientos por día.

Segunda prueba				
Variable Incubadora	Generador de calor	Regulación de temperatura	Ventilación	Humedad
"A1"	2 Focos de 40 watts en la parte superior	Termostato para horno con sensor de cobre	1 Ventilador de 120 voltios colocado en la parte superior.	2 Charolas de plástico de 500 ml cada una colocadas en la parte inferior de la incubadora
"B1"	2 Focos de 40 watts en la parte superior	Termostato para horno con sensor de cobre	1 Ventilado de 120 voltios colocado en la parte superior.	2 Charolas de plástico de 500 ml cada una colocadas en la parte inferior de la incubadora
"C1"	Resistencia de 1000 watts	Termostato de oblea con éter.	1 ventilador de 120 voltios colocado en la parte superior.	1 Charola de acero inoxidable sin agua en la parte superior. Agua en la parte inferior.
"E" Hova Bator™	Resistencia eléctrica	Termostato de oblea con éter	1 Ventilador interno de 127 voltios.	Agua en la parte inferior de la misma.

Experimento III

Esta prueba dio inicio el día 3 de mayo de 2005 y finalizó el día 25 de mayo de 2005. En esta prueba se usaron las máquinas incubadoras. “A2”, “B2”, “C2” y “E” y se realizaron cinco movimientos por día.

Tercer prueba				
Variable Incubadora	Generador de calor.	Regulación de temperatura	Ventilación	Humedad
“A2”	2 Focos de 40 watts en la parte superior	Termostato de oblea con éter	1 Ventilador de 120 voltios en la parte superior	2 Charolas de acero inoxidable de 500 ml cada una colocadas en la parte inferior de la incubadora
“B2”	2 focos de 40 watts En la parte superior	Termostato de oblea con éter.	1 Ventilador de 120 voltios ubicado en la parte superior.	2 Charolas de acero inoxidable con capacidad de 500 ml colocadas en la parte inferior de la incubadora
“C2”	2 focos de 40 watts en la parte superior bajo la charola de atemperamiento.	Termostato de oblea con éter.	2 ventiladores de 120 voltios	1 Charola de atemperamiento con agua en la parte superior. Subdivisiones en la parte inferior.
“E” Hova Bator™	Resistencia eléctrica	Termostato de oblea con éter	1 Ventilador interno de 127 voltios.	Agua en la parte inferior de la misma.

Experimento IV

Esta prueba inició el día 6 de junio y finalizó el día 27 de junio de 2005. Se probaron cuatro modelos de incubadoras que fueron las máquinas “A3”, “B3”, “C2” y “D1”. Se realizaron seis movimientos por día.

Cuarta Prueba				
Variable Incubadora	Generador de calor.	Regulación de Temperatura	Ventilación	Humedad
"A3"	2 focos de 40 watts en la parte inferior de la incubadora	Termostato para horno con sensor de cobre	1 Ventilador de 120 voltios en la parte frontal inferior	2 charolas de acero inoxidable de 500 ml cada una colocadas en la parte inferior de la incubadora
"B3"	2 focos de 40 watts en la parte inferior de la incubadora	Termostato de oblea con éter.	1 Ventilador de 120 voltios ubicado en la parte frontal inferior.	2 charolas de acero inoxidable con capacidad de 500 ml cada una colocadas en la parte inferior de la incubadora
"C3"	2 Focos de 40 watts en la parte superior de la incubadora bajo la charola de atemperamiento.	Termostato de oblea con éter.	2 ventiladores de 120 voltios colocados en la parte superior.	1 charola de atemperamiento, sólo con agua en la parte superior
"D1"	2 Focos de 40 watts en la parte superior de la incubadora, bajo la charola de atemperamiento	Termostato de oblea con éter.	2 ventiladores de 120 voltios colocados en la parte superior.	1 charola de atemperamiento con agua en la parte superior y agua en la parte inferior de la incubadora
"E"	Resistencia eléctrica sellada	Termostato de oblea con éter	1 Ventilador interno de 127 voltios.	Agua en la parte inferior de la incubadora

Experimento V

Esta prueba inició el día 18 de agosto de 2005 y finalizó el día 3 de septiembre de 2005. Se emplearon la Incubadora "C4" con 63 huevos, incubadora "D1" con 63 huevos incubables y la incubadora control "E" Hova Bator® con 45 huevos incubables.

Se realizaron siete movimientos por día.

Quinta Prueba				
Variable Incubadora	Generador de calor.	Regulación de temperatura	Ventilación	Humedad
C4"	Resistencia eléctrica de 60 watts.	Termostato de oblea con éter.	2 Ventiladores de 120 voltios ubicados en la parte superior.	1 charola de atemperamiento con agua en la parte superior y agua en la parte baja de la incubadora.
"D1"	2 focos de 40 watts En la parte superior bajo charola de atemperamiento.	Termostato de oblea con éter.	2 ventiladores de 120 voltios ubicados en la parte superior.	1 charola de atemperamiento con agua en la parte superior y agua en la parte baja de la incubadora.
"E" Hova Bator™	Resistencia eléctrica	Termostato de oblea con éter	1 Ventilador interno de 127 voltios.	Agua en la parte inferior de la misma.

Experimento VI

Esta prueba inició el día 1 de noviembre de 2005, se evaluaron únicamente las máquinas incubadoras “C4” y “D2” Se utilizó un sistema de movimiento automático comercial que realizó 24 movimientos por día.

Sexta Prueba.				
Variable Incubadora	Generador de calor.	Regulación de Temperatura	Ventilación	Humedad
“C5”	resistencia eléctrica de 60 watts.	Termostato de oblea con éter.	2 Ventiladores de 120 voltios ubicados en la parte superior.	1 charola de atemperamiento con agua en la parte superior. Y agua en la parte baja de la incubadora.
“D2”	2 focos de 40 watts en la parte superior bajo charola de atemperamiento.	Termostato de oblea con éter.	2 ventiladores de 120 voltios ubicados en la parte superior.	1 charola de atemperamiento con agua en la parte superior y agua en la parte baja de la incubadora.

RESULTADOS

Experimento I

En el desarrollo de esta prueba se observaron fallas en el diseño de las incubadoras “A1” y “B1”. La posición del huevo fértil en las bandejas quedó cerca de la fuente de calor, lo cual provocó una pérdida de peso excesiva y baja humedad relativa ambiental por falta de evaporación del agua contenida en los recipientes inferiores. Asimismo, se presentó una falla en el termostato con sensor de cobre de la incubadora “A1” en el día 11 de incubación, lo cual determinó una mayor probabilidad de fallas en el origen de los mismos por lo que impidió una regulación adecuada de la temperatura. En el embriodiagnóstico se observó alta mortalidad en la etapa I de incubación, no hubo nacimientos y se pudo observar deshidratación excesiva de los embriones en ambas máquinas, así como huevos aparentemente contaminados y la presencia de un huevo bomba en la incubadora control (cuadros 1 y 2).

Experimento II

Se obtuvo un aumento de la humedad relativa en el interior de los contenedores, sin embargo, aún hubo fallas en el control de temperatura con el termostato con sensor de cobre. La incubadora “C1” no pudo ser probada porque presentó fallas en el sistema generador de calor, debido a que la resistencia de 1000 watts generó temperaturas excesivas que no pudieron ser reguladas. En la incubadora “A2” se manifestó una falla del circuito eléctrico el día 6 de incubación, ya que por fallas de voltaje se fundió un fusible, el cual fue cambiado dos horas después. En todas las incubadoras se presentó nuevamente alta mortalidad embrionaria en etapa I y se observó una pérdida excesiva de peso en los embriones. Además, se registró un bajo porcentaje de incubabilidad real de 6.25% para la máquina “A1”, 10% para la incubadora “B2” y de 10 % para la incubadora control “E” (cuadros 3 y 4).

Experimento III

El cambio de la fuente de calor de la incubadora C de una resistencia eléctrica de 1000 watts por focos incandescentes de 40 watts en la incubadora C2 mejoró ligeramente los parámetros de incubación. Únicamente se registraron nacimientos en esta incubadora. Asimismo, se observaron fallas en los ventiladores de la incubadora B2. No se obtuvo una temperatura adecuada en las máquinas "A2" y "B2", a pesar de que éstas contaban ya con termostato de oblea con éter. Durante toda la incubación, en la máquina control "E" se observó una alta humedad relativa y una alta mortalidad embrionaria en todas las etapas, debido, de forma indirecta, a la disminución de la pérdida de peso. En las otras máquinas se siguió presentando alta mortalidad embrionaria en la etapa I, y sólo se registraron nacimientos en la incubadora "C2" (cuadros 5 y 6).

Experimento IV

En esta prueba los resultados en las incubadoras con contenedor de cartón no mejoraron. Aún cuando se realizaron las modificaciones de la posición de las fuentes de calor y de ventilación de las dos máquinas, no se presentaron nacimientos en ninguna de ellas. Por otra parte, en los resultados de las incubadoras "C3", "D1" y "E", comparados con los obtenidos en la prueba anterior, se observaron mejoras notables en los parámetros de incubación. De la misma manera, se advirtió un aumento del porcentaje de incubabilidad real y se obtuvo un mayor número de pollitos nacidos. De esta manera, el porcentaje de incubabilidad real para la incubadora "C3" fue de 31.71%, para la incubadora "D1" de 36.84%, y para la incubadora "E" fue de 51.51%. La humedad relativa y la temperatura interna de cada incubadora se establecieron cercanas a los rangos ideales. Se obtuvo el número de nacimientos más alto, que fue de 13 pollitos para la incubadora "C3" y de 14 pollitos en la incubadora "D1". A pesar de que se realizaron modificaciones en el posicionamiento de la fuente de calor, con la finalidad de mejorar la circulación de aire y mejorar la homogeneidad de temperatura en el interior de las máquinas, la mortalidad embrionaria se presentó en la etapa I en las máquinas "A3" y "B3", mientras que en las máquinas "C3" y

“D1” ésta se presentó en su mayoría durante la etapa IV, después de la adecuación de la máquina incubadora a nacedora (cuadros 7 y 8).

Experimento V

En esta prueba se presentó un menor número de nacimientos con respecto a la prueba anterior. Se observó una alta mortalidad embrionaria en la etapa I en las incubadoras “C4” y “E”, mientras que en la incubadora “D1” se observó una alta mortalidad embrionaria en la etapa IV, ya que en esta última se observaron varios embriones a termino que no nacieron. Se registraron nacimientos en las tres incubadoras y el porcentaje de incubabilidad real para la incubadora “D1” fue de 31.48% y para la incubadora control fue de 30.77%. En la incubadora “C4” no se obtuvo ningún nacimiento. Además, fue detectada la presencia de algunos huevos contaminados, así como una humedad relativa excesiva en el interior de la incubadora “C4” (cuadros 9 y 10).

Experimento VI

En esta prueba se registraron nacimientos en las incubadoras “C5” y “D2”. En ambas máquinas la mortalidad embrionaria en su mayoría fue en la etapa IV. Hubo una humedad relativa adecuada, pero no se vio reflejada en el porcentaje de incubabilidad real, pues éste fue más bajo con respecto a lo observado en la cuarta prueba, ya que para la incubadora “C5” fue de 17.14 %, mientras que para la incubadora “D2” fue de 15.62%. No se observó en las incubadoras ninguna mejoría aparente que estuviera relacionada con el uso de sistemas de volteo automático. La mayoría de los embriones, al momento de realizar el embriodiagnóstico, presentaron buen aspecto y no hubo presencia de embriones contaminados, pero sí hubo presencia de embriones que presentaron mala posición. En los cuadros 11 y 12 se pueden observar los diferentes parámetros de incubación así como los encontrados en el embriodiagnóstico.

Costo total de las Máquinas incubadoras.

El costo de los dos modelos de máquinas incubadoras mas eficientes durante todo el estudio, incluyendo todos los materiales empleados en la construcción de las mismas, es el siguiente: máquina Incubadora con contenedor de cartón "B2" con un costo de \$ 929.00 pesos, máquina incubadora con contenedor de unigel "C4" con un costo de \$1,569.90 pesos. Los costos comparativos de los dos modelos más eficientes de máquinas incubadoras con contenedores de cartón y unigel, así como de sus componentes se muestran en el cuadro 13.

DISCUSIÓN

A pesar de que el proceso de incubación es aparentemente sencillo y simple, existe una gran cantidad de factores que lo torna complicado, ya que requiere de la aplicación de diversas disciplinas.

La calidad del huevo utilizado en el presente estudio mostró una repercusión diferente en cada una de las seis pruebas realizadas y se convirtió en un factor de error muy importante para tomarse en consideración.

Las variabilidad en los resultados de las tres primeras pruebas, en las cuales la calidad aparente del huevo pudo haber tenido una influencia negativa con relación al número de pollitos nacidos, se debió posiblemente a la calidad del huevo utilizado, ya que Lapao *et al.* (1999) observaron que el huevo proveniente de gallinas reproductoras de edad avanzada genera embriones de mala calidad, atribuido principalmente a defectos en el cascarón y en general a la disminución en la calidad de sus componentes, lo que trae como consecuencia una disminución del porcentaje de incubabilidad real y de la calidad de los pollitos nacidos.^{18,19,20,21} Esta situación coincide con lo observado en el presente estudio, ya en las tres primeras pruebas se observaron defectos de calidad aparente del cascarón, principalmente en la integridad del mismo, aunque esta característica solo fue evaluada de forma cualitativa. Adicionalmente, los lotes de huevo fértil contenían una gran cantidad de huevos contaminados al momento de realizar el embriodiagnóstico. Esta condición representó una desventaja para la incubación óptima, ya que, de acuerdo a lo mencionado por Jones *et al.* (2004), al incubar este tipo de huevo, se incrementa en gran porcentaje el riesgo de mortalidad embrionaria. En el presente estudio se observaron problemas evidentes de contaminación. Durante el embriodiagnóstico efectuado en las tres primeras pruebas, se observó una presencia de embriones con mal aspecto, turbidez y mal olor. Incluso en la incubadora testigo se detectó la presencia de un huevo bomba en la primera prueba, factor que contribuye a explicar en parte que no se presentara ningún nacimiento en ésta.^{22,23,24}

Al momento de cambiar el tipo de huevo fértil, durante la cuarta y quinta prueba, a huevos fértiles provenientes de aves libres de patógenos específicos, evidentemente se observó un aumento en los porcentajes de incubabilidad real, número de embriones a término y obtención de pollitos de mejor calidad, aun cuando no se obtuvieran porcentajes de incubabilidad real adecuados incluso en la máquina testigo.

En la quinta prueba, se pudo observar nuevamente una disminución en los parámetros de incubación, principalmente en la máquina "C4", lo cual probablemente se relacionó nuevamente con la disminución en la calidad del huevo incubado, ya que al emplear huevo proveniente de reproductoras pesadas y de una segunda selección, se observaron desventajas similares a las presentadas en las tres primeras pruebas; sin embargo, a pesar de la calidad del huevo proveniente del C.E.I.E.P.A.V., parecida a la que presentó en las tres primeras pruebas, el porcentaje de incubabilidad no fue tan bajo como en las primeras pruebas. Incluso en la máquina "D1" (31.48%), la incubabilidad fue un poco mayor a la máquina testigo (30.77%), por lo cual aquí el factor de calidad del huevo incubado como composición del error total de la prueba sobre el comportamiento y rendimiento de las máquinas incubadoras de diseño disminuye sustancialmente. De forma general, en esta prueba se presentaron un mayor número de embriones a término.

Lo importante a considerar es que los resultados obtenidos en las diferentes pruebas se relacionan directamente con el funcionamiento e interacción de las diferentes variables de acción en cada una de las máquinas probadas. Aun cuando se calibraron para que funcionaran dentro de los rangos adecuados de temperatura, humedad relativa y volteo, incluyendo la máquina control, no se pueden descartar los factores asociados al funcionamiento intrínseco de las mismas, relativos principalmente a diseño de los componentes, circulación y

distribución de aire, ventilación, temperatura, volteo y una continua regulación de todos estos factores a lo largo de todo el proceso de incubación.

Deben ser consideradas las fallas técnicas que se presentaron en los distintos modelos en cada prueba, tal como sucedió en la máquina "A1", la cual, durante la primera de prueba, tuvo fallas en la regulación de temperatura a partir del día 5 de incubación, o como el problema que ocurrió en la segunda prueba con el circuito eléctrico de la incubadora "A2", que, aunque registró alta mortalidad embrionaria en la etapa I, pudo haber estado ocasionada por fallas de las máquinas. Debido a que en la segunda prueba, a pesar de lo mencionado anteriormente, se obtuvieron algunos nacimientos, en la tercer prueba se siguió utilizando este mismo tipo de huevo fértil con la finalidad de seguir probando técnicamente las incubadoras, incluso antes de tomar la decisión de cambiar el origen del huevo.

Durante la evaluación de las máquinas incubadoras se presentaron diversos problemas relacionados con temperatura excesiva, la cual también se encuentra ligada a una mortalidad embrionaria durante la primer etapa. Investigadores como French *et al.* (1997), mencionan que este tipo de mortalidad embrionaria se encuentra vinculada a cambios bruscos de temperatura principalmente durante el inicio de la incubación. Aunque Peebles *et al.* (2001) mencionan que este fenómeno también puede deberse a factores de tipo nutricional de las aves reproductoras. En el presente estudio, en todos los experimentos, siempre se presentó al menos una incubadora en la cual la mayoría de mortalidad embrionaria temprana se encontraba en la fase I de incubación.^{10,24}

En el caso de las dos primeras pruebas, durante las cuales se empleó el termostato con sensor de cobre, se pudo evidenciar su ineficacia en el control de la temperatura, lo cual fue confirmado al verificar el análisis de la serie de lecturas de pruebas de variación de la temperatura interna, registradas a lo largo del periodo de incubación, Con este tipo de termostato, frecuentemente se

presentaron oscilaciones de temperatura que superaban el grado centígrado alrededor del parámetro ideal establecido actualmente para la incubación de huevos de gallina doméstica (37.7 grados).^{1,25} Consecuentemente se observaron embriones con retraso en su formación y desarrollo, como se pudo constatar en las pruebas III y VI. Por otra parte, al efectuar el embriodiagnóstico, se encontraron embriones con desarrollo acelerado y cierre prematuro de la cavidad torácica y la cavidad abdominal, tal como sucedió en la segunda y tercer prueba. Esta situación concuerda con lo descrito por Christensen *et al.* (2003) quienes mencionan que un exceso de temperatura acorta los plazos de formación y desarrollo de las membranas embrionarias.^{26,27} Este hecho se pudo observar durante el transcurso de estas tres primeras pruebas. De allí la confusión de continuar utilizando el huevo proveniente del C.E.I.E.P.A.V Esto se explica porque, durante el transcurso de la primera prueba, la fuente de calor se encontraba muy cerca del sistema de movimiento que contenía a los huevos incubados, lo cual ocasionó posiblemente la alta mortalidad durante la etapa I de desarrollo embrionario, un alto número de embriones deshidratados y un porcentaje de incubabilidad mucho menor a lo recomendado.^{27,28,29,30}

En el presente estudio las incubadoras “C” y “D” mostraron un mejor funcionamiento cuando se utilizaron focos incandescentes de 40 watts, que cuando se usaron resistencias eléctricas de tipo acero tubular sellado. Se observó que aún cuando con éstas últimas se obtuvieron rangos de temperatura aparentemente adecuados, posiblemente el calor generado no fue suficiente y constante, debido principalmente a cuatro aspectos: la resistencia en watts inadecuada (alta o baja), la longitud física de la misma resistencia, su ubicación dentro de la máquina y también la cercanía del sensor de temperatura. La ineficiencia de esta fuente de calor se pudo corroborar debido a que, durante la evaluación de las resistencias eléctricas, se observó que se llegaba a generar un aumento excesivo de la humedad relativa al interior de las máquinas, tal como ocurrió en la quinta y sexta prueba en las máquinas serie “C4” y serie “C5”; los promedios de temperatura se mantuvieron en rangos ideales, pero los porcentaje

de pérdida de peso fueron menores a los recomendados (10.84% y 11.69% respectivamente); Por el contrario, los resultados fueron distintos cuando se emplearon los focos incandescentes, ya que, debido al tamaño de su resistencia eléctrica y la superficie de vidrio calentada, que tiene una relación directa con el grado de dispersión y radiación de calor generada, mostraron ser más eficientes en su regulación con el termostato; sin embargo, al usar este tipo de fuente de calor la humedad relativa fue aparentemente más baja, tal como se observó con la pérdida de peso del huevo incubado en la máquina "D1" (13.27% y 14.71%) durante la quinta y sexta prueba respectivamente. Debe efectuarse mayor investigación al respecto considerando la medición puntual de la humedad relativa en el interior de cada máquina, situación que no pudo efectuarse en el presente estudio debido a la carencia física de higrómetros de medición confiables.

El sistema de regulación de temperatura (termostatos) empleado en cada máquina fue determinante para obtener rangos adecuados de temperatura durante toda la prueba, pues el uso de termostatos con sensores de cobre en las incubadoras "A" y "B" durante la primera y segunda prueba, mostró fallas constantes a lo largo del estudio. Además, este tipo de termostatos económicos requerían calibración constante. La calidad de los materiales con los que están fabricados no son los óptimos para su empleo en este tipo de aparatos, por lo cual se decidió no utilizar este tipo de termostatos en las incubadoras "C" y "D". El uso de los termostatos de oblea con éter en las máquinas de unicel permitió un mejor control de la temperatura, su uso es más sencillo, no requieren de calibración constante y su principal beneficio fue que contribuyeron a disminuir la mortalidad en la primera etapa de incubación, por lo que se obtuvo un porcentaje de incubabilidad real ligeramente mayor al obtenido en las tres primeras pruebas con las máquinas "A" y "B". En las dos últimas pruebas no se presentaron problemas relacionados aparentemente con la disminución o exceso de temperatura.

La humedad relativa, directamente relacionada con el porcentaje de pérdida de peso del embrión, y la temperatura ambiental dentro de la incubadora

determinaron el número de nacimientos en los distintos modelos de incubadoras construidas. En el caso de las incubadoras A y B, debido al material del contenedor con el que fueron diseñadas, no mostraron un adecuado funcionamiento. Un principio básico de una buena máquina incubadora es que posea un material aislante que impida el escape del calor generado o bien que las corrientes de aire frío que la rodean contribuyan a enfriar el interior de la misma. En el primer estudio, aún cuando se consideró el uso de doble pared y forro de cartón en medio, cubierto en el interior con material refractante (papel estaño), no se logró de manera óptima la condición arriba mencionada, debido a que el sistema no fue capaz de conservar el calor de forma adecuada, lo que ocasionó disminución de la humedad relativa y posiblemente sobrepasó los estándares mínimos recomendados por investigadores como Bruzual *et al.* (2000) y Tona *et al.* (2003). En todos los embriodiagnósticos efectuados de las incubadoras A y B se observaron embriones deshidratados. Incluso a pesar de que en la segunda prueba se obtuvieron nacimientos, los pollitos nacidos presentaron plumas pegadas y deshidratación. Este problema no pudo ser resuelto en ninguna prueba efectuada con los contenedores de cartón, aun cuando se cambió la distribución interna de los componentes y los termostatos con sensor de cobre fueron sustituidos por termostatos de oblea con éter. Debido a esta circunstancia, se optó por prescindir de la evaluación de las incubadoras serie A y serie B a partir de la quinta prueba.^{13,15}

En el caso de las incubadoras con contenedor de unicel "C" y "D" se logró una mejor conservación de la temperatura, debido a la decisión de instalar en la parte superior la tarja de acero inoxidable que sirvió como cámara de preatemperamiento de aire. De hecho, funcionó adecuadamente, ya que la mezcla de aire fresco que se admitía al interior de la tarja por medio de los dos ventiladores mantuvo de forma constante una temperatura de 36°C, además, esta tarja de precalentamiento adosada a la parte inferior del acrílico de la tapa de la incubadora permitió colocar un espejo de agua, lo cual aumentó la vaporización y, por ende, el porcentaje de humedad relativa en el interior de la máquina

incubadora. Este desarrollo tecnológico evita el abrir la máquina incubadora para hacer el relleno con agua destilada, dado que esta operación se hace de manera muy sencilla a través de una pequeña apertura del acrílico superior.

El mejor manejo de temperatura y humedad relativa en esta incubadora se pudo verificar por el tipo de pollitos nacidos en estas máquinas, pues éstos no presentaron ningún problema de apariencia física relacionada con la falta de humedad durante la incubación ni al momento de la eclosión. Aun cuando se obtuvieron resultados prometedores en estas dos máquinas, explicados en parte por este sistema de precalentamiento de aire, aún falta que se realicen modificaciones sustanciales con la finalidad de incrementar los nacimientos, ya que, aunque favorables, nunca superaron a los obtenidos en la máquina testigo.

Cuando se presenta una humedad relativa elevada, de acuerdo con las observaciones descritas por Christensen *et al.* (2003), se produce un aumento de mortalidad embrionaria y el nacimiento de pollitos de mala calidad,²⁶ En el presente trabajo se pudo observar una influencia negativa debido al exceso de humedad relativa, que se notó como ausencia aparente de nacimientos en la incubadora testigo, durante la segunda y tercer prueba, debido a un llenado excesivo de agua en los compartimientos inferiores, por lo que pudo ser un factor determinante para el fracaso en las pruebas mencionadas. Posteriormente este factor se corrigió de manera favorable.^{26,27}

Es importante mencionar que aún es necesario mejorar los parámetros de incubación en las máquinas C y D, sobre todo después de la transferencia embrionaria, pues a pesar de que en la sexta prueba, en la incubadora “C4”, disminuyó el porcentaje de mortalidad embrionaria en etapa I (22.22%), el porcentaje de mortalidad embrionaria en la etapa IV aumentó a 55.55%. Estos resultados coinciden con los trabajos descritos por Berry (2003) quien indica que una mortalidad en esa etapa se debe principalmente a problemas relacionados con la máquina nacedora. Durante la quinta y sexta prueba, se detectaron en el embriodiagnóstico embriones bien desarrollados, algunos con picaje interno y

otros que picaron el cascarón, pero que, al parecer por falta de humedad adecuada, no nacieron, lo que coincide con lo descrito por Peebles *et al.* (2001), quienes mencionan que este tipo de mortalidad es ocasionada por exceso de humedad relativa o bien por una disminución del aporte de oxígeno a los embriones en la última etapa del proceso de incubación.^{29,30,31}

Un factor determinante en la falta de nacimientos y que debe tomarse en cuenta es el número de volteos por día, ya que de acuerdo con las observaciones realizadas por Mc Quoid *et al.* (1995), el número de volteos mínimo requerido es de 24 veces al día, en oposición a lo descrito por Elibol *et al.* (2000), quienes mencionan que con 8 volteos por día se logra obtener un buen porcentaje de incubabilidad de hasta el 70%. Por otro lado, Berry (2003) ha observado que el volteo es imprescindible hasta el día 15 de desarrollo embrionario, ya que después de ese día no afecta de forma notable los resultados de incubación.^{1,17}

En el caso del presente estudio no se observó una relación aparente entre un número mayor de volteos por día con un aumento del porcentaje de incubabilidad real en todas las pruebas. Por ejemplo, en la cuarta prueba se realizaron solo 6 movimientos diarios. Por otra parte, en la sexta prueba se introdujeron dos sistemas de movimiento automatizados con capacidad de un movimiento de volteo por hora, sin que se observara un impacto favorable en el porcentaje de incubabilidad real, pues a pesar de que se contaba con dicho sistema de volteo, el porcentaje de incubabilidad real fue de 17.14% para la incubadora "C4" y de 15.62% para la incubadora D2, lo cual puede ser un indicativo de que en este estudio la mortalidad embrionaria no estuvo relacionada con el número de movimientos de volteo por día en las incubadoras, sino que se debió a otro tipo de factores.^{2,16,17,29}

Si bien es cierto que durante el desarrollo de las diferentes pruebas realizadas en el presente estudio hubo una tendencia a disminuir la mortalidad embrionaria durante la primera etapa, debido principalmente a las modificaciones

de las máquinas y por lo tanto a las condiciones de incubación, es necesario que se realicen modificaciones sustanciales; por ejemplo, lograr un mejor control y manejo de los huevos fértiles desde su desinfección y atemperamiento hasta el momento de realizar la transferencia embrionaria.

Se sugiere que, además de mejorar la temperatura interna de las máquinas con contenedor de unicel, se debe disminuir la altura del contenedor y consecuentemente modificar el sistema de movimiento que se empleó, con la finalidad de que los embriones se encuentren en un área menor y de este modo las condiciones de temperatura, humedad y ventilación se puedan controlar de forma adecuada. El uso de la charola de precalentamiento perdió efecto debido a la altura del contenedor, el cual se diseñó de esta manera porque esa es la altura de fábrica a la cual se adaptó el sistema de movimiento, que consistió en mover toda la charola y no únicamente una fila de huevos como lo hace el sistema de movimiento automático empleado en la sexta prueba (Hova-Bator). Esta altura produce grandes oscilaciones de temperatura a lo alto del interior del contenedor, por lo que el siguiente paso es determinar la altura óptima de la tapa de este mismo contenedor para que la temperatura, la humedad y el oxígeno permanezcan estables y constantes. Una vez logrado esto se podría vislumbrar el camino a seguir para tener una incubación exitosa con las máquinas incubadoras de bajo costo diseñadas y probadas en el DPA: Aves de la FMVZ de la UNAM.

Aun cuando el costo de los modelos de máquinas incubadoras armadas en el presente estudio fue inferior al de la máquina testigo, el precio de las mismas puede disminuir todavía más si al optimizar un modelo, todos sus componentes se pueden adquirir por mayoreo. Este principio se puede aplicar de forma práctica una vez que se hayan logrado superar los problemas expuestos en párrafos anteriores de forma tal que, en un futuro, estas máquinas pueden llegar a funcionar adecuadamente y de esta forma cumplir con el propósito para el que fueron construidas, por lo que es necesario continuar con más estudios al respecto.

CONCLUSIONES

- Las incubadoras con contenedor de unicel fueron más eficientes que las incubadoras con contenedor de cartón.
- La máquina comercial “Hova-Bator®”, aunque es más eficiente que cualquiera de los modelos probados en el presente estudio, resulta aún mucho más cara que el modelo más eficiente de unicel construido y probado en este estudio.
- El uso de focos incandescentes como fuente generadora de calor, y termostatos de oblea con éter inyectado como sistema de regulación de temperatura hacen más eficientes a las incubadoras con contenedor de unicel.
- Los parámetros de incubación de huevos de gallina doméstica (*Gallus domesticus*) a una altura de 2,300 m.s.n.m., aun empleando la máquina comercial “Hova-Bator®”, son bajos.
- Económicamente es posible bajar los costos de producción del modelo de unicel más eficientemente probado por compra de volumen.
- El diseño y construcción de modelos de máquinas incubadoras de bajo costo requiere de múltiples ensayos y pruebas antes de lograr contar con un modelo de máquina que permita una adecuada adaptabilidad a condiciones de campo.

LITERATURA CITADA

- 1.- McQuoid D. El manejo de una planta de incubación en un cascarón. Temas de actualidad para la industria avícola. Boletín Jamesway. 1995.
- 2.- Berry JG. Artificial incubation. Extension facts from Oklahoma. Cooperative Extension Service. Division of Agricultural Sciences and Natural Resources. 2003; f-800. 1-F8100.2.
- 3.- Juárez MA, Cervantes SR, Quintana JA, Prado OF, Ávila GE. Evaluación de una cutícula artificial sobre la pérdida de humedad e incubabilidad en huevos de aves Leghorn de segundo ciclo. Memorias de la XXVII Convención anual ANECA; 2002 mayo 1-4: Puerto Vallarta (Jalisco) México. México (D.F) Asociación Nacional de Especialistas en ciencias avícolas, AC, 2002: 284-287.
- 4.- Juárez MA, Gutiérrez SLY, Esquivel PJ, Ávila GE. Análisis del costo de producción de huevo fértil en una explotación de avestruces reproductoras del Distrito Federal. Memorias de la XXV Convención anual ANECA; 2000 mayo 3-6; Cancún (Quintana Roo) México (DF): Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas, AC, 2000: 134-137.
- 5.- Peebles ED, Lumu LI, Sherman M, Pansky T, Whitmarsh S, Latour MA, Gerard DP. Embryo and yolk compositional relationships in broiler hatching eggs during incubation. Poultry Sci 1999;78:1435-1442.
- 6.- Prado OF, Medrano CA, Juárez MA. Efecto de diferentes pesos de huevo incubable sobre los principales parámetros productivos de pollo de engorda en el trópico seco del centro-occidente mexicano. Memorias de la XXVI Convención anual ANECA; 2001 abril 25-28; Acapulco Guerrero. México DF. Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas, AC, 2001: 260-263.
- 7.- Cano BM, López DC, Juárez MA. Situación y oportunidad de la producción de huevo orgánico en un sistema rural de la sierra norte de Puebla. Memorias de la XXVII convención anual ANECA; 2002 mayo 1-4; Puerto Vallarta (Jalisco) México. México D.F. Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas, AC, 2002: 244-246.

- 8.- Centeno BS, López DC, Juárez MA. Avicultura familiar y autosuficiencia alimentaria. Memorias del Primer Congreso Internacional y VI Reunión Nacional en Socioeconomía Pecuaria "Ganadería, Sustentabilidad y Desarrollo rural" Universidad Autónoma de Chapingo. 2005.
- 9.- Cano BM, López DC, Juárez MA. Situación y oportunidades de la producción de huevo en sistemas campesinos del norte de Puebla. Tesis de licenciatura, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. 2002.
- 10 .- French NA. Modeling incubation temperature: the effects of incubator design, embryonic development, and egg size. *Poultry Sci* 1997; 76:124-133.
- 11.- Fasnko GM, Robinson FE, Whelan AI, Kremeniuk KM, Walker JA. Prestorage incubation of long-term stored breeder eggs: 1. Effects on hatchability. *Poultry Sci* 2001;80:1406-1411.
- 12.- Scott TA, Silversides FG. The effect of storage on strain of hen on egg quality. *Poult Sci* 2000;79:1725-1729.
- 13 .- Bruzual JJ, Peak SD, Brake J, Peebles ED. Effects of relative humidity during the last five days of incubation and brooding temperature on performance of broiler chicks from young breeders. *Poultry Sci* 2000;79:1385-1391.
- 14.- Christensen VL, Wineland MJ, Fasnko GM, Donaldson WE. Egg storage alters weight of supply and demand organs of broiler chicken embryos. *Poultry Sci* 2000;81:1378-1743.
- 15.- Tona K, Malheiros RD, Bamelis C, Careghi VMV, Onagbesan O, Decuypere E, Bruggeman V. Effects of storage time on incubating eggs gas pressure, thyroid hormones and corticosterone levels in embryos and on their hatching parameters. *Poultry Sci* 2003;82:840-845.
- 16.- Elibol O, Peak SD, Brake J. Effect of age, length of egg storage and frequency of turning during storage on hatchability of broiler hatching eggs. *Poultry Sci* 2002;81:945-950.
- 17.- Elibol O. Brake J. Effects of frequency of turning for three to eleven days of incubation on hatchability of broiler hatching eggs. *Poultry Sci* 2000;82:357-359.

- 18.- Lapao C, Gama LT, Chaveiro SM. Effects of broilers breeder age and length of egg storage on albumen characteristics and hatchability. *Poultry Sci* 1999;78:226-227.
- 19.- Kuurman WW, Bayley BA, Koops WJ, Grossman M. A model for failure of a chicken embryo to survive an incubation. *Poultry Sci* 2003; 82:214-222.
- 20.- Tona K, Bamelis F, De Ketelaere B, Bruggeman V, Moraes VMB, Buyse J, Onagbesan O, Decuypere E. Effects of egg storage time on spread of hatch, chick quality and chick juvenile growth. *Poultry Sci* 2003;82:736-741.
- 21.- Suarez ME, Wilson HR, Mather FB, Wilcox CJ, Mc Person BN. Effect of strain age of the broiler breeder female on incubation time and chick weight. *Poultry Sci* 1997;76:1029-1036.
- 22.- Jones DR, Curtis PA, Anderson KE, Jones FT. Microbial contamination in insaculated shell eggs II. Effects of layer strain and egg storage. *Poult Sci* 2004;83:95-100.
- 23.- Rosario CC, Téllez IG, López CC, Villaseca FJM, Anderson RC, Eslava CC. Bacterial isolation rate from fertile eggs, hatching eggs, and neonatal broilers with yolk sac infection. *Rev Latin Microbiol* 2004;46:12-16.
- 24.- Peebles ED, Burnaham MR, Gardner CW, Brake J, Bruzual J, Gerard PD. Effects of incubation humidity and hen age on embryo composition in broiler hatching eggs from young breeders. *Poultry Sci* 2001;80:1299-1304.
- 25.- Fasenko GM, Christensen VL, Wineland MJ, Petite N. Examining the effects of prestorage incubation of turkey breeder eggs on embryonic development and hatchability of eggs stored for four or fourteen days. *Poultry Sci* 2001;82:132-138.
- 26.- Christensen VL, Grimes JL, Wineland MJ, Davis GS. Accelerating embryonic growth during incubation following prolonged egg storage 1. Embryonic livability. *Poultry Sci* 2003; 82:1863-1868.
- 27.- Yalcin S, Sieggel B. Exposure to cold or heat during incubation on developmental stability of broiler embryos. *Poultry Sci* 2003;82:1388-1392.
- 28.- Christensen VL, Grimes JL, Donaldson WE, Lerner S. Paternal influences on turkey embryonic growth in the absence of cuticle in egg weight and eggshell conductance. *Poultry Sci* 2000;79:1810-1816.

- 29.- Christensen VL, Grimes JL, Wineland MJ, Davis GS. Accelerating embryonic growth during incubation following prolonged egg storage “.Embryonic growth and metabolism“. Poultry Sci 2003;82:1869-1878.
- 30.- Bakst MR, Hols L. Impact of egg storage on carbonic anhydrase activity during early embryogenesis in the turkey. Poultry Sci 2002;82:1196-1197.
- 31.- Elibol O, Turkoglu M. Effects of single and multi-stage incubation system on hatching performance of broiler breeder eggs. Turk Animal Sci 2001;25:335-339.

Cuadro 1. Porcentaje de incubabilidad en huevos de gallinas reproductoras ligeras de una granja experimental incubados en máquinas incubadoras con contenedor de cartón.

Primera prueba	Incubadora A1	Incubadora B1	Incubadora Brinsea™
Número total de huevos incubados	40	40	27
Número total de huevos fértiles y % de fertilidad:	38 (95%)	38 (95%)	22 (81.48%)
Porcentaje de incubabilidad real	0	0	0
Número total de pollitos nacidos:	0	0	0
Número de embriones muertos en etapa I*	35 (92.10%)	35 (89.74%)	18 (81.81%)
Número de embriones muertos en etapa II*	1 (2.63%)	0 (0%)	2 (9.09%)
Número de embriones muertos en etapa III*	1 (2.63%)	1 (2.5%)	2 (9.09%)
Número de embriones muertos en etapa IV*	1 (2.63%)	2 (5.12%)	0 (0%)

*Número total de embriones y porcentaje parcial entre paréntesis

Cuadro 2. Pérdida de peso en huevo incubado en incubadoras con contenedor de cartón y promedio de temperatura durante el proceso.

Primera prueba	Incubadora A1	Incubadora B1	Incubadora Brinsea™
Peso promedio inicial del huevo	62.79±2.94*	64.51±2.99	68.10± 5.52
Peso promedio final del huevo	49.08±4.30	51.63±4.78	56.95± 3.97
Porcentaje final de pérdida de peso:	21.89%	21.06%	16.05 %
Promedio de temperatura Días 1-18	36.46° C	37.61° C	Sin Datos
Promedio de temperatura Días 19-21	37.24° C	37.38° C	Sin Datos

*Los valores presentados representan las pérdidas de peso promedio para cada lote de huevo, así como los registros de temperatura de las máquinas en sus fases de incubadora y nacedora.

Cuadro 3. Porcentaje de incubabilidad en huevos provenientes de gallinas reproductoras ligeras de una granja experimental en incubadoras con contenedor de cartón y charolas de evaporamiento de acero inoxidable.

Segunda Prueba	Incubadora A1	Incubadora B1	Incubadora E
Número total de huevos incubados	42	42	35
Número total de huevos fértiles:	32	30	30
Porcentaje de Fertilidad	76.19%	71.43%	81.71%
Porcentaje de incubabilidad real	6.25%	10.0%	10.0%
Número total de pollitos nacidos:	2	3	3
Embriones muertos en etapa I*	27 (90%)	22 (78.57%)	14 (51.85%)
Embriones muertos en etapa II*	1 (3.33%)	1(3.57%)	10 (37.03%)
Embriones muertos en etapa III*	0 (0%)	2 (7.14%)	3 (11.11%)
Embriones muertos en etapa IV*	2 (6.66%)	3 (10.71%)	0 (0%)

*Número total de embriones y porcentaje parcial entre paréntesis

Cuadro 4. Pérdida de peso en huevo incubado en incubadoras con contenedor de cartón, incubadora control y su promedio de temperatura durante el proceso

Segunda prueba	Incubadora A1	Incubadora B1	Incubadora E
Peso promedio Inicial del huevo.	64.80±3.78*	64.64±2.76*	67.60±5.32*
Peso promedio Final del Huevo.	51.85±3.75*	53.01±53.01*	62.01±5.06*
Porcentaje final de pérdida de peso:	19.49%	17.97%	8.3%
Promedio de temperatura días1-18	36.93 ° C	37.23 ° C	37.66 ° C
Promedio de temperatura días19-21	36.33 ° C	36.17 ° C	36.62 ° C

* Los valores presentados representan las pérdidas de peso promedio para cada lote de huevo, así como los registros de temperatura de las máquinas en su fase de incubadora y nacedora.

Cuadro 5. Porcentajes de incubabilidad de huevos fértiles provenientes de aves reproductoras ligeras de una granja experimental incubados en incubadoras con contenedor de cartón con termostatos de oblea e incubadora con contenedor de uniceL.

Tercera prueba	Incubadora A2	Incubadora B2	Incubadora C2	Incubadora E
Número total de huevos incubados	42	42	42	35
Número total de huevos fértiles:	32	36	39	34
Porcentaje de Fertilidad:	76.19 %	85.71 %	92.86 %	97.14 %
Porcentaje de incubabilidad real	0	0	7.69 %	0
Número total de pollitos nacidos:	0	0	3	0
Embriones muertos en etapa I*	20 (62.5%)	25 (69.44%)	12 (33.33%)	22 (64.70%)
Embriones muertos en etapa II*	12 (37.5%)	9 (25%)	6 (16.66%)	1 (2.9%)
Embriones muertos en etapa III*	0 (0%)	2 (5.55%)	1 (2.7%)	1 (2.9%)
Embriones muertos en etapa IV*	0 (0%)	0 (0%)	17 (44.22%)	10 (29.41%)

* Número total de embriones y porcentaje parcial entre paréntesis

Cuadro 6. Pérdida de peso en huevo incubado en incubadoras con contenedor de cartón, con contenedor de uniceL y promedios de temperatura durante el proceso.

Tercera prueba	Incubadora A2	Incubadora B2	Incubadora C2	Incubadora E
Peso promedio Inicial del huevo.	63.87±3.72*	64.02±3.81*	64.11±6.21*	64.11±3.73*
Peso promedio Final del Huevo.	51.40±4.64*	50.52±3.67*	59.71±6.46*	50.90±3.70*
Porcentaje final de pérdida de peso:	19.64%	20.97%	12.75%	6.87%
Promedio de temperatura días 1-18	37.62 ° C	37.51 ° C	37.73 ° C	37.40 ° C
Promedio de temperatura Días 19-21	Apagada	36.87 ° C	36.78 ° C	36.96 ° C

* Los valores presentados representan las pérdidas de peso promedio para cada lote de huevo, así como los registros de temperatura de las máquinas en su fase de incubadora y nacedora.

Cuadro 7. Porcentajes de incubabilidad en huevos de gallinas reproductoras ligeras libres de patógenos específicos incubados en incubadoras con contenedor de cartón con sensor de cobre, termostato de oblea y dos incubadoras de unicel con agua y sin ella en charola inferior de evaporación.

Cuarta prueba	Incubadora A3	Incubadora B3	Incubadora C3	Incubadora D1	Incubadora E
Número total de huevos incubados	30	30	42	42	35
Número total de huevos fértiles:	24	24	41	38	33
Porcentaje de fertilidad:	80 %	80 %	97.62 %	90.48 %	94.29 %
Porcentaje de incubabilidad real.	0	0	31.71 %	36.84 %	51.51 %
Número total de pollitos nacidos:	0	0	13	14	17
Embriones muertos en Etapa I*	9 (37.5%)	14 (58.33%)	4 (14.28%)	6 (25%)	5 (33.33%)
Embriones muertos en Etapa II*	6 (25%)	7 (29.16%)	2 (7.28%)	2 (8.33%)	2 (13.33%)
Embriones muertos en Etapa III*	9 (37.5%)	3 (12.5%)	5 (17.85%)	4 (16.66%)	0 (0%)
Embriones muertos en Etapa IV*	0 (0%)	0 (0%)	17 (60.71%)	12 (50%)	8 (53.33%)

* Número total de embriones y porcentaje parcial entre paréntesis

Cuadro 8. Pérdida de peso en huevo incubado en incubadoras con contenedor de cartón e incubadoras de unicel con promedios de temperatura durante el proceso.

Cuarta prueba	Incubadora A3	Incubadora B3	Incubadora C3	Incubadora D1	Incubadora E
Peso promedio inicial del huevo.	56.56±1.34*	56.69±1.03**	56.19±1.41*	56.52±1.23*	56.62±1.32*
Peso promedio final del Huevo.	42.89±2.34*	43.36±2.83*	46.24±1.93*	48.38±2.17*	50.13±1.80*
Porcentaje final de pérdida de peso:	24.17%	23.52%	17.72%	14.40%	11.48%
Promedio de temperatura días 1-18	37.20 ° C	37.15 ° C	37.34 ° C	37.34 ° C	37.57 ° C
Promedio de temperatura días 19-21	Apagada	36.6 ° C	36.58 ° C	36.4 ° C	36.98 ° C

*Los valores presentados representan las pérdidas promedios de peso para cada lote de huevo, así como los registros de temperatura de las máquinas en su fase de incubadora y nacedora.

Cuadro 9. Porcentajes de incubabilidad en huevos provenientes de gallinas reproductoras ligeras libres de patógenos específicos incubados en incubadoras de unicel calentadas con focos incandescentes o resistencia eléctrica sellada.

Quinta Prueba	Incubadora C4	Incubadora D1	Incubadora E
Número total de huevos incubados	60	60	42
Número total de huevos fértiles:	57	54	39
Porcentaje de fertilidad:	95 %	90 %	92.86 %
Porcentaje de incubabilidad real	0	31.48 %	30.77 %
Número total de pollitos nacidos:	0	17	12
Embriones muertos en etapa I*	24 (42.10%)	6 (16.21%)	21 (72.41%)
Embriones muertos en etapa II*	18 (31.57%)	2 (5.4%)	6 (20.68%)
Número de embriones muertos en etapa III*	6 (10.52 %)	5 (13.51%)	0 (0%)
Embriones muertos en etapa IV*	10 (17.54%)	24 (64.86)	2 (6.89%)

* Número total de embriones y porcentaje parcial entre paréntesis

Cuadro 10. Pérdida de peso en huevo incubado en incubadoras con contenedor de unicel con focos incandescentes o resistencia eléctrica sellada, con su promedio de temperatura durante el proceso.

Quinta prueba	Incubadora C4	Incubadora D1	Incubadora E
Peso promedio inicial del huevo.	57.79±2.09*	57.37 ± 1.69*	58.05 ±1.37*
Peso promedio final del Huevo.	51.49±1.64*	49.75 ± 1.91*	51.86 ± 1.40*
Porcentaje final de pérdida de peso:	10.84 %	13.27%	10.67 %
Promedio de temperatura días 1-18	37.25° C	37.27° C	37.63 ° C
Promedio de temperatura días 19-21	37.17 ° C	36.50° C	37.5 ° C

*Los valores expuestos representan las pérdidas promedio de peso para el lote de huevo, así como los registros de temperatura de las máquinas en su fase de incubadora y nacedora.

Cuadro 11. Porcentajes de incubabilidad en huevos de segunda calidad de gallinas reproductoras pesadas provenientes de una granja comercial, incubados en incubadoras de unícel calentadas con resistencia eléctrica sellada o focos incandescentes con sistema de movimiento automático.

Sexta prueba	Incubadora C5	Incubadora D2
Número total de huevos incubados	36	36
Número total de huevos fértiles:	35	32
Porcentaje de fertilidad:	97.22%	88.89%
Porcentaje de incubabilidad real	17.14%	15.62%
Número total de pollitos nacidos:	6	5
Embriones muertos en etapa I*	6 (22.22%)	9 (33.33%)
Embriones muertos en etapa II*	0 (0%)	5 (18.51%)
Embriones muertos en etapa III*	6 (22.22%)	6 (22.22%)
Embriones muertos en etapa IV*	15 (55.55%)	7 (25.95%)

* Número total de embriones y porcentaje parcial entre paréntesis

Cuadro 12. Pérdida de peso en huevo incubado en incubadoras con contenedor de unícel con resistencia eléctrica sellada o focos incandescentes y promedio de temperatura durante el proceso.

Sexta prueba	Incubadora C5	Incubadora D1
Peso promedio inicial del huevo.	67.24±3.19*	66.10±4.39*
Peso promedio final del Huevo.	53.39±3.52*	56.41±7.44*
Porcentaje final de pérdida de peso:	11.69 %	14.71 %
Promedio de temperatura días 1-18	37.07° C	37 .0° C
Promedio de temperatura días 19-21	36.87° C	36.49 ° C

*Los valores presentados representan las pérdidas promedios de peso para el lote de huevo, así como los registros de temperatura de las máquinas en su fase de incubadora y nacedora.

Cuadro 13. Costos en pesos mexicanos del material utilizado en la construcción de las incubadoras B2 con contenedor de cartón y de la incubadora D1 con contenedor de unicel.

Material Empleado	Costo Incubadora "B2"	Costo Incubadora "D1"
2 cajas de cartón.	\$35	-
1 Caja de unicel.		\$120
1 Lámina de Acrílico 20 x 30 cm.	\$35	\$35
2 Focos incandescentes de 40 watts.	\$16	\$16
1 Termostato para horno con sensor de cobre.	\$140	-
1 Switch para termostato de oblea.	-	\$75
1 Termostato de oblea con éter.	-	\$600
1 Metro de malla metálica soldada.	\$25	\$25
1 Foco neón encapsulado de 117 voltios.	\$8	\$8
10 Terminales de latón desnudas.	\$5	\$5
3 Metros de cable calibre número 12.	\$24	\$24
1 Porta fusible tipo europeo de 3 amperes.	\$5	\$5
1 Fusible tipo europeo de 3 amperes.	\$3	\$3
1 Switch balancín redondo negro.	\$6	\$6
2 Termómetro de mercurio.	\$124	\$124
Moldes de acero inoxidable.	\$180	\$95
1 Clavija.	\$8	\$8
2 Socket de porcelana.	\$24	\$24
Ventiladores de 120 voltios.	\$50	\$100
1 Sistema de movimiento de madera.	\$75	-
1 Sistema de movimiento de fierro	-	\$300
Tapa de madera.	\$75	-
Clavos.	\$10	\$10
Tornillos.		\$20
Periódico.	\$12	-
Cinta selladora.		\$60
Remates de cerámica.	-	\$6.9
Pegamento.	\$8	-
Papel aluminio.	\$16	-
Túbo falcón.	\$20	\$20
Silicón en tubo.	\$25	-
Costo total por incubadora	\$ 929.00 pesos.	\$ 1,689.9 pesos.

ANEXO

Figura 1. Vista general de las incubadoras A y B con contenedor de cartón que se evaluaron en las pruebas 1 y 2, mostrando ancho y alto de contenedor y altura de la salida de aire a en el contenedor de cartón.

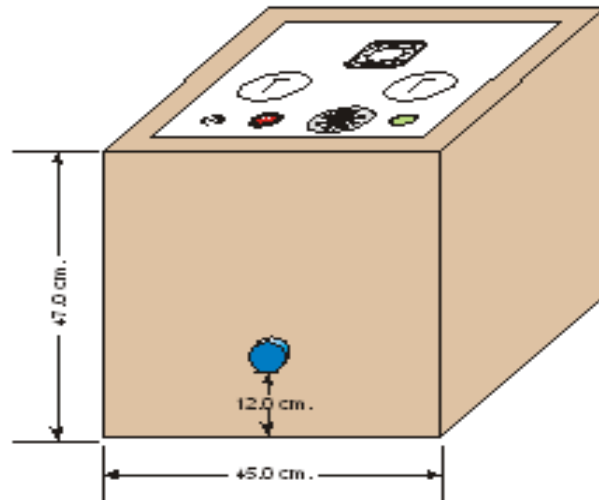


Figura 2. Vista de la tapa superior de las incubadoras con contenedor de cartón A y B Mostrando las medidas de la tapa y el posicionamiento de sus diferentes estructuras, (V) Ventilador (F) Foco de 40 watts, de izquierda a derecha se encuentran las siguientes estructuras: porta fusible, switch balancín redondo, termostato con sensor de cobre, foco neón encapsulado.

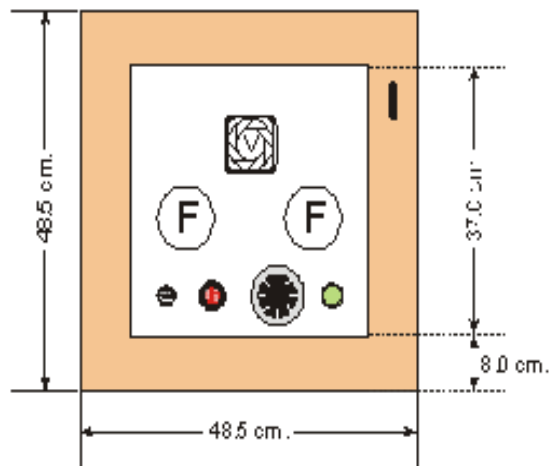


Figura 3. Vista general de las incubadoras A y B con contenedor de cartón modificadas y evaluadas en la prueba 3, mostrando ancho y alto de contenedor, cambio de posición y de altura de los focos de 40 watts de la tapa de acrílico a la parte baja del contenedor. Así como la altura del ventilador y cambio de posición de la tapa a la pared frontal de la máquina.

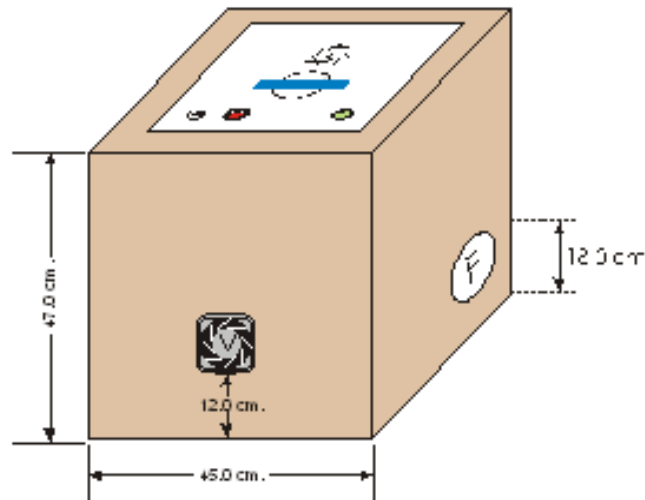


Figura 4. Vista de la tapa superior de las incubadoras con contenedor de cartón A y B probadas en la tercera prueba mostrando las medidas de la tapa y el cambio del posicionamiento de sus diferentes estructuras, (V) Orificios de ventilación de salida de aire, de izquierda a derecha y de arriba a abajo se encuentran las siguientes estructuras: termostato de oblea con éter, porta fusible, switch balancín redondo, foco neón encapsulado. Mostrando las modificaciones realizadas en la cuarta prueba.

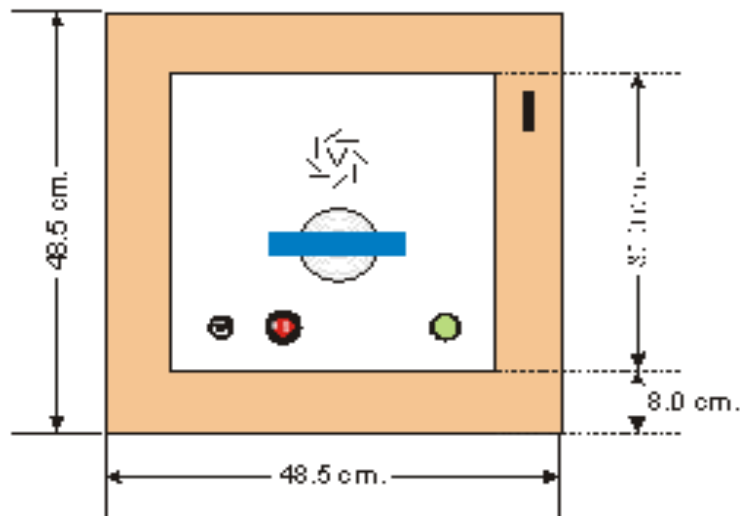


Figura 5. Vista general de las incubadoras C y D con contenedor de unicel, mostrando las medidas del contenedor largo, ancho y alto, así como la altura de la salida de aire del nivel del piso de la misma

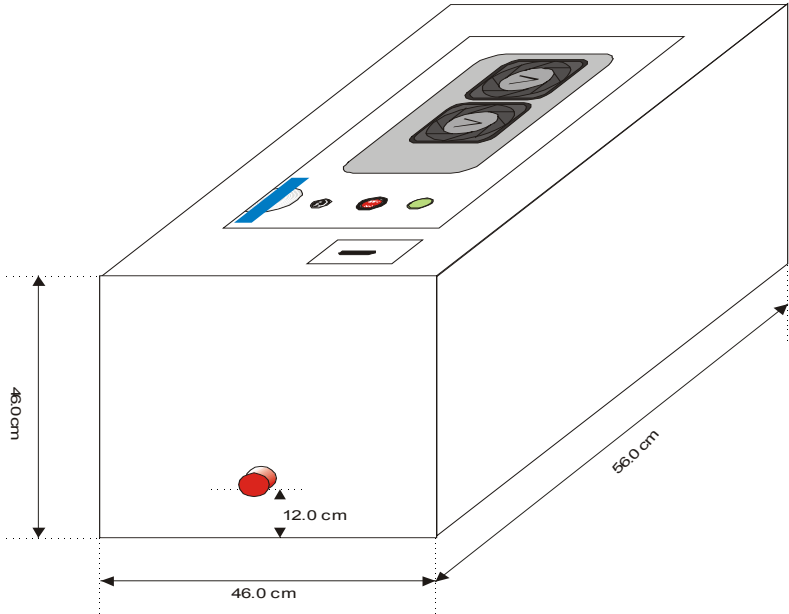


Figura 6. Vista superior de las incubadoras con contenedor de unicel C y D haciendo referencia a las medidas externas del contenedor, así como a la medida de la charola de pretemperamiento de aire.

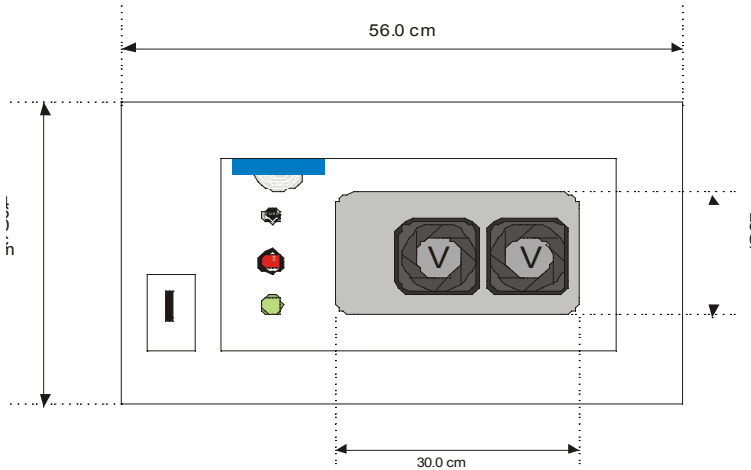


Figura 7. Vista superior de las incubadoras con contenedor de unicel C y D Haciendo referencia a sus medidas externas de tamaño de la lámina de acrílico. De arriba abajo y de izquierda a derecha se encuentran las siguientes estructuras:

Termostato de oblea, porta fusible, switch balancín redondo, foco neón encapsulado, bandeja de acero inoxidable de preattemperamiento de 30 cm y dos ventiladores.

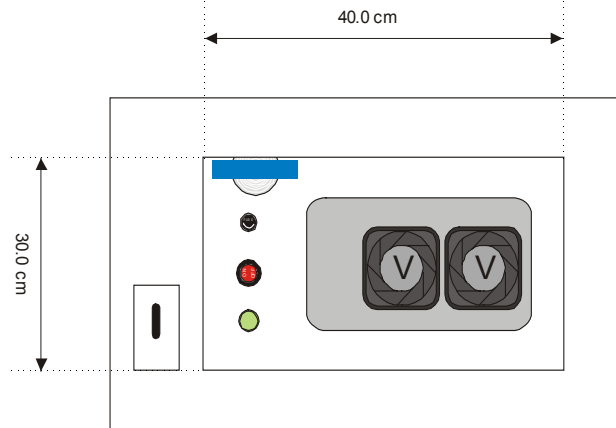


Figura 8. Diagrama eléctrico de corriente alterna de 127 voltios usado en todos los modelos de máquinas incubadoras probadas en todo el estudio.

De izquierda a derecha se observan la clavija, conectados en línea: fusible de 3 amperes, Interruptor por switch balancín redondo, (T) Termostato (de oblea o de cobre). Conectados en línea y neutro se observan: ventiladores de 127 voltios, (T) Termostato de oblea o de cobre Foco neón encapsulado y 2 focos de 40 watts o resistencias eléctricas.

Diagrama eléctrico de la incubadora.

