

## TIPOS DE INCUBADORAS Y SUS COMPONENTES

Marcos Martínez, 2006

Es habitual encontrarse ante el desafío de la incubación en el último momento, a veces incluso con inesperadas puestas ya depositadas. A continuación se muestra un repaso a las alternativas más habituales y conocidas por la mayoría de criadores de tortugas. No pretende esto ser un texto sobre incubación sino más bien sobre incubadoras, aunque inevitablemente se repasen algunos aspectos básicos y generales del proceso de la incubación en sí mismo.

### 1. PARÁMETROS DE INCUBACIÓN.

3 son los parámetros principales a controlar en cualquier proyecto de incubación, los cuales deben estar totalmente regulados previamente a la introducción de los huevos.

#### 1.1. Temperatura.

Es el factor más importante a tener en cuenta y punto de partida de cualquier montaje de incubación artificial. La mayoría de especies deben ser incubadas a temperaturas que rondan los 28-31.5°C, habiendo desarrollo embrionario dentro del rango 25-34°C aproximadamente. Unas pocas horas fuera de esos parámetros pueden provocar la muerte del embrión.

El mantenimiento de temperaturas constantes debe ser el objetivo de cualquier proyecto de incubación. Existen varias excepciones a esta regla: Primero están las especies que son claramente favorecidas por un ciclo de temperaturas día/noche, como es el caso de *Malacochersus tornieri* y *Homopus signatus* (Loerh, 1997a), especies que por las condiciones climáticas, por la composición del substrato o por la poca profundidad a la que desovan, experimentan en la naturaleza marcados cambios de temperatura día/noche. Otro caso distinto son aquellas que necesitan de paradas en el desarrollo embrionario (diapausa), generalmente coincidiendo con bruscos cambios de humedad ambiental, a causa de los ciclos de lluvia-sequía, y acompañados de suaves cambios de temperatura, que algunas latitudes experimentan, como *Pyxis sp.* y *Chersina sp.* El fenómeno de la diapausa ha sido recientemente sugerido como ocasional en la especie *Testudo hermanni* (Soler Masanna & Martínez Silvestre, 2005), coincidiendo con la parada invernal. Una tercera excepción a la regla general de mantener temperaturas constantes en la incubación es la práctica, cada vez más extendida, de afinar la temperatura deseada durante el primer tercio de incubación y mantener temperaturas medias el resto del tiempo, lo cual es recomendable para las tortugas con Determinación de Sexo por Temperatura (casi todas las especies). Puesto que la mayoría de autores afirman que el sexo es determinado en algún momento durante el primer tercio de incubación, parece innecesario mantener temperaturas altas el resto del tiempo si se buscan hembras, arriesgando a obtener crías con malformaciones de placas; o demasiado bajas, si se buscan machos, alargando en exceso el desarrollo embrionario. Otros (Highfield, 1996a) opinan que el sexo se determina durante el segundo tercio y así lo aplican en sus proyectos de cría de *Testudo kleinmanni* en cautividad (Highfield, 1996b).

A menudo no se tiene en cuenta los riesgos de sobrecalentamiento, sobre todo en latitudes sureñas, por lo que conviene montar la incubadora en una estancia lo más estable y fresca posible, como por ejemplo un sótano. Si esto no fuera posible, se puede instalar una unidad enfriadora, como una Célula Peltier o aprovechar la bomba de enfriamiento si nuestro montaje lo realizamos en un frigorífico. En ambos casos necesitaríamos de un termostato de doble relé, uno para controlar el circuito de calor y el otro de frío, o en su defecto, un segundo termostato configurado para evitar picos peligrosos de temperatura.

### **1.2. Humedad.**

Es otro factor fundamental, si bien no tan crítico, ya que no se necesita de una gran precisión y permite mayor margen de error, especialmente en huevos de cáscara dura, mucho más resistentes a la falta de humedad (Köhler, 2005). Los de cáscara blanda de algunas acuáticas son más sensibles a este valor (Highfield, 1998). La mayoría de especies terrestres son incubadas con éxito dentro del rango 60-85%, mientras que las acuáticas, semi-acuáticas o de caja necesitan niveles más altos, en algunos casos cercanos al punto de saturación. Se han realizado experimentos con *Testudo graeca*, obteniéndose buenos resultados en rangos tan distintos como 30%, 50-60% y 90%, siendo los huevos infértiles los únicos en deshidratarse rápidamente (Highfield, 1996a); aunque no sea aconsejable llegar a esos extremos. Pursall (2002), refiriéndose al género *Testudo*, y Soler Massana & Martínez Silvestre (2005), para *Testudo hermanni hermanni* determinan que 15 minutos por encima del 95% de humedad relativa supondrían la muerte por ahogamiento del embrión, con menos riesgo en las primeras fases de la incubación y recomiendan no bajar nunca del 50%. Por el contrario existen casos extremos de resistencia a la humedad en especies acuáticas, como es el caso de *Dermatemys mawii*, cuyos huevos pueden resistir, en épocas de inundaciones, 30 días sumergidos literalmente en agua (Köhler, 2005).

### **1.3. Ventilación.**

A pesar de que los huevos sean semienterrados en substrato, los niveles de aireación y oxigenación son mayores de lo que se pueda creer. Las rígidas cáscaras de los huevos de tortugas terrestres no pueden contraerse ni expandirse, como hacen los de algunas especies acuáticas, pero aún así son relativamente permeables y permiten el paso de agua y gases (Merchán Fornelino y Martínez Silvestre, 1999). El mayor problema que esto presenta es la influencia que puede tener la ventilación en el mantenimiento de temperaturas estables. Para ello, la mayoría de las incubadoras comerciales están modestamente ventiladas, pero en cambio se sugiere abrirlas regularmente, si queremos evitar problemas de anoxia en el embrión. Estos problemas se pueden manifestar en la forma de nacimientos prematuros (la falta de oxígeno a favor del CO<sub>2</sub> es el desencadenante natural para el nacimiento de muchas especies) y crías muertas dentro del huevo, cuando otros factores, como el genético queden descartados (Highfield, 1996a, 1997). Abrirlas 3-6 veces por semana sería suficiente (Merchán Fornelino y Martínez Silvestre, 1999).

### **1.4. Iluminación.**

No hay datos de la influencia que la luz pueda tener en el proceso de incubación (Köhler, 2005), pero se recomienda, por precaución mantener los huevos en condiciones de penumbra u oscuridad, excepto obviamente, en los periodos de observación.

## 2. COMPONENTES DE UNA INCUBADORA.

### 2.1. Termostato.

Sin duda el elemento más importante de cualquier montaje. Los hay de muchos tipos, pero los más recomendados son los electrónicos de control proporcional (de regulación manual o digital) frente a los de tipo mecánico ON/OFF (también existen de regulación manual o digital) (Highfield, 1996a). Mientras que los clásicos aparatos basados en el sistema ON/OFF pueden producir excesivas fluctuaciones de temperatura, además del riesgo que supondría que fallaran y se quedaran fijados en una de las dos posiciones, los de control proporcional, también llamados termostatos por pulsos, funcionan aplicando pulsos cortos de corriente, de mayor o menor duración según lo necesario para alcanzar la temperatura fijada. Por desgracia, en España es difícil encontrar termostatos de este tipo a precios razonables, como los Habistat©. Por tanto, hay que recurrir a modelos digitales, como los que fabrica Osaka©, que aunque son relativamente más caros, ofrecen infinitas posibilidades: duración del ciclo de tiempo, margen de temperaturas a regular, "Set Point" dinámico (que evita picos de temperatura demasiado bajos), modo de "autotuning" (que a medida que va funcionando calcula los parámetros más adecuados para conseguir una temperatura estable), etc. Por supuesto, los termostatos a usar deben tener sonda externa para poder ser regulados y manipulados desde el exterior y tener un control ajustado a la temperatura de incubación.



*Termostato proporcional de control manual Habistat©.*



*Termostato ON/OFF digital Ako©.*



*Termostato proporcional digital Osaka©.*

Un caso especial en el que se necesitaría de bastante precisión, y en que el uso de controladores proporcionales es casi obligatorio si se desean obtener neonatos de un determinado sexo, son las especies en las que la temperatura de incubación a hembras es demasiado alta y peligrosamente cercana a temperaturas con riesgo de malformación del embrión. Uno de estos casos lo presentaría la especie Testudo hermanni, ampliamente mantenida en cautividad en toda Europa. La temperatura pivotal que resulta en un 50% de hembras y machos es de 31.5°C (Eendebak,

2002), mientras que la que garantiza hembras es  $\geq 33^{\circ}\text{C}$  (Pieau, 2002), lo cual deja un escaso margen de  $0.5^{\circ}\text{C}$  si queremos obtener hembras sin acercarnos a temperaturas arriesgadas.

## 2.2. Elemento calefactor:

Cualquier resistencia calefactora que soporte continuos encendidos y apagados o cambios de potencia eléctrica es adecuada, pero no es recomendable el uso de bombillas para este menester, ya que sus filamentos son muy sensibles y podrían dejar a la unidad sin fuente de calor con relativa facilidad. Cables eléctricos, mantas calefactores, tubos calefactores industriales, entre otros, pueden ser usados con igual eficacia (Highfield, 1996a). Conviene que el elemento calefactor sea de la potencia adecuada. Si se utiliza un termostato ON/OFF, la potencia debe ser lo más ajustada posible al tamaño de la incubadora y las temperaturas ambientes, para así evitar fuertes fluctuaciones, pero con un termostato proporcional se puede exceder en la potencia sin peligro, con la ventaja de tener más potencia para estabilizar rápidamente cuando se abre la incubadora.



*Manta eléctrica para reptiles.*



*Cable calefactor para reptiles.*



*Cables y resistencias industriales.*

### 2.3. Carcasa.

El material elegido, no debe deteriorarse en condiciones de humedad y al mismo tiempo debe ser buen aislante de temperatura, razón por la cual muchos aficionados usan dos capas, una de ellas de cualquier material plástico o sintético y otra de material aislante como madera, corcho o porexpan, entre otros. Algunas maderas tratadas, como el contrachapado marino, resultan ideales, por su robustez, resistencia a la humedad y cualidades aislantes. Otra alternativa muy conocida entre aficionados es el uso de frigoríficos o neveras, que convenientemente adaptadas, son una alternativa excelente.



*Lana de roca.*



*Corcho.*



*Porexpan.*



*Contrachapado marino.*

### 2.4. Substrato.

Se conocen casos de éxito continuado sin uso de substrato (Pursall 2002), (Soler Massana & Martínez Silvestre, 2005), es decir, colocando los huevos directamente en bandejas. Sin embargo, por la obvia forma ovalada de los huevos, parece más seguro y estable para la manipulación de la incubadora, hacer uso de algún tipo de substrato, que además proporciona efecto de colchón térmico. Muchos son los materiales generalmente usados, unos con más éxito y posibilidades que otros. Para condiciones de humedad moderada o baja se han usado con igual éxito vermiculita, perlita, porexpan granulado, corteza, tierra, o alguna mezcla de los anteriores. Si lo que se desea es un substrato muy húmedo hay varias opciones como musgo y/o turba, solos o en combinación con alguno de los anteriores. La arena no es recomendada como substrato de incubación general (Highfield, 1996<sup>a</sup>, 1997, 1998), debido a su fina textura impide el intercambio de gases (Köhler, 2005), pero mezclada o sola ha resultado ser efectiva en algunas especies como *Testudo kleinmanni* (Geffen & Mendelssohn, 1991), (Highfield, 1996b). De entre todos los materiales mencionados anteriormente el más universalmente preferido para todo tipo de condiciones es sin duda la vermiculita, sola o mezclada, un compuesto usado en jardinería para mezcla de tierras y en construcción, para

aislamientos. De naturaleza silíceo, tiene aspecto granulado y blando, formado por pequeñas láminas superpuestas. Su naturaleza como material aislante lo convierte en un sustrato ideal, ya que actúa como colchón térmico (Highfield, 1996a) y al mismo tiempo, su textura granulada permite la aireación con relativa facilidad. Se debe usar vermiculita pura, ya que la que venden para construcción suele llevar aditivos como betún, asbesto o amianto, y debe ser de grano medio o grueso para facilitar la aireación (Köhler, 2005). El uso de perlita también está bastante extendido, material que retiene más el agua que la vermiculita, pero que lo "cede" en menor proporción (Köhler, 2005).



*Vermiculita.*



*Perlita.*

Tanto o más importante que el tipo de sustratos sería la disposición de los huevos en el mismo. A más sustrato en contacto con los huevos, mayor estabilidad térmica, pero mayor dificultad en medir y controlar la humedad de incubación. Por tanto se suele recomendar que los huevos sean simplemente colocados sobre el mismo o enterrados ligeramente (1/3 de su superficie); de este modo el estado hídrico dependería casi exclusivamente del aire y aún se aprovecharía la estabilidad térmica que da el sustrato (Köhler, 2005).

En la bibliografía existente, son habituales las recomendaciones de mezclar la vermiculita con agua a una proporción de 2:1 (en peso) con agua para huevos de cáscara dura y 1:1 si éstos son de cáscara blanda (Merchán Fornelino & Martínez Silvestre, 1999), aunque sorprendentemente, es difícil encontrar datos de cómo mantener estas proporciones durante el proceso de incubación. Los pocos datos al respecto son de criadores de especies que nacen en época de lluvias y que afirman que el regar ligeramente el sustrato en la fecha de nacimiento aproximada, ayuda a desencadenar el nacimiento de las tortugas (Loehr, 1997b). Otros (Köhler, 2005) explican detalladamente los niveles de humedad a los que el sustrato de incubación debe mantenerse, aunque este tipo de mediciones resultan en la práctica, bastante complejas. Una forma sencilla de aumentar la humedad del sustrato sería vertiendo agua (precalentada a la temperatura de incubación) en las esquinas de los contenedores de los huevos, evitando siempre el contacto directo con los mismos, medida que puede ser necesaria con algunos huevos de cáscara blanda, que dependen algo más de la humedad del sustrato (Köhler, 2005) y que no presentan tanto riesgo de anoxia por saturación. Aunque, como se indica anteriormente y como norma general, si los huevos están enterrados ligeramente, no es necesario tener un control exhaustivo, ni una dependencia tan acusada sobre la humedad del sustrato, sino más bien en la del aire, más fácil de medir con un higrómetro convencional.

## 2.5. Ventilación interna.

Las mejores incubadoras son sin duda las de aire estático, es decir, sin ningún ventilador. Los modelos de ventilación forzada que se venden para aves no son recomendables para ser usados con huevos de tortuga, ya que tienden a reseca la cáscara con relativa facilidad (Highfield, 1996a). En algunos casos, como en incubadoras de gran tamaño, su uso puede ser imprescindible, pero deben ser correctamente posicionados de forma que el flujo de aire no dé directamente sobre los huevos y su potencia debe ser correctamente regulada. Incluso en grandes montajes se pueden obtener temperaturas uniformes sin necesidad de usar ventiladores si se construyen en sentido horizontal, aunque la disposición vertical de bandejas puede ser beneficiosa para incubar a distintas temperaturas en una misma unidad (Highfield, 1996a).

## 2.6. Humidificación.

La forma más fácil y universalmente conocida para mantener los rangos de humedad deseados de un modo estable es colocando bandejas de agua en las que se pueden introducir esponjas. De este modo, añadiendo o quitando superficie de evaporación se consigue determinar cual es la superficie necesaria (Pursall, 2002). Existen otros sistemas mucho más automatizados y complejos, que incorporan los modelos de gama alta de incubadoras comerciales. Estos sistemas se pueden instalar a una incubadora de fabricación propia con el uso de un controlador proporcional (como los mencionados de Osaka©,) al que se le añade una sonda de humedad y que a su vez controla el funcionamiento de un humidificador por ultrasonidos (Checa, 2004).



*Sonda de humedad Osaka©.*



*Humidificador por ultrasonidos.*

## 2.7. Masa adicional.

Continuando con lo dicho en el apartado del sustrato, cuanto más masa, mayor estabilidad en la temperatura, pero con matices. El mejor lugar donde añadir masa sería sin duda el recipiente mismo de los huevos, o en los recipientes preparados para futuras puestas, como aconsejan por ejemplo los fabricantes de la incubadora Jaeger©. El resto de la incubadora, es mejor cargarla lo mínimo posible, porque esa carga, aunque por un lado resultaría útil para mantener la temperatura durante un tiempo si fallara la corriente eléctrica o al abrirla para inspeccionar los huevos, por otro tiene un efecto muy adverso, aumentando las oscilaciones de temperatura. Con un termostato proporcional se notará mucho menos ese efecto que con un ON/OFF, pero lo cierto es que se puede evitar de manera más fácil cargando lo mínimo, fuera del recipiente de incubación. Así el termostato trabaja con mayor sensibilidad, pudiendo actuar más rápido para corregir las variaciones de temperatura sin tener que vencer tanta inercia térmica.

## 2.8. Instrumentos de medición.

Todo esfuerzo destinado en mantener los parámetros de incubación dentro de un determinado rango resulta inútil si no se dispone de los instrumentos de medición necesarios, razonablemente calibrados. Para medir la temperatura existen diversas posibilidades. Primeramente están los termómetros de alcohol o mercurio, algunos de ellos bastante precisos, especialmente los destinados para uso fotográfico, pero tienen una incómoda lectura y los modelos que marcan máximas y mínimas necesitan ser constantemente agitados para volver a tomar mediciones. La mejor opción la ofrecen los termómetros digitales de gama media, con registro de máximas y mínimas y con sondas externas, que pueden ser colocadas en las proximidades de los huevos ofreciendo una fiel aproximación a la temperatura de incubación real y pudiendo manejarlos desde el exterior de la incubadora, evitando así aperturas innecesarias. Algunos de ellos también incorporan un higrómetro, también con registro de máximas y mínimas, pero en este caso la sonda de medición de humedad está incorporada en el aparato lo cual lo priva de cierta funcionalidad.



*Termómetro de alcohol.*



*Termómetro digital  
Max/Min con sonda  
externa.*



*Termo-higrómetro digital  
Max/Min con sonda externa.*

Para medir la humedad también existen higrómetros de esfera, algunos de ellos bastante fiables, como los de pelo sintético, aunque otros dejan mucho que desear. El problema en casi todas las sondas de humedad es la saturación. Cuando la sonda ha estado expuesta a una humedad muy alta, queda saturada, y al volver a bajar la humedad ambiental, la sonda sigue marcando niveles por encima de los reales, en algunos casos estropeándolas de por vida, en modelos de baja calidad. Una tercera opción serían las estaciones meteorológicas digitales, que dotadas de sondas inalámbricas, son la solución ideal para medir la humedad "a distancia", y aunque por su robustez no sean las más adecuadas para medir la temperatura de incubación, ofrecen una segunda lectura, siempre bienvenida.



*Higrómetro de pelo sintético.*



*Sonda inalámbrica de estación meteorológica.*



*Estación meteorológica con 3 sondas inalámbricas.*

Un aspecto a destacar, y a menudo olvidado, es el de la calibración. Conviene saber a ciencia cierta si los termómetros, higrómetros y termostatos usados indican los valores correctamente. El material de la sonda condiciona su precisión y el rango útil de temperatura. Las desviaciones que algunos termómetros presentan no suelen ser lineales, es decir, no son desviaciones constantes a todas las temperaturas, por lo cual conviene que sean calibrados en valores aproximados a los de incubación. Para así hacerlo, nada mejor que un termómetro clínico, una herramienta extremadamente precisa dentro de un rango de temperatura muy concreto. De esta forma, calentando agua a 35-40°C y comparando lecturas, se pueden obtener las desviaciones aproximadas de nuestros termómetros y termostatos. Conviene matizar que la fundas que recubren las sondas de temperatura están fabricadas de materiales muy diversos, por lo que no todas gozan de la misma velocidad de lectura. Aunque para incubar puede resultar innecesario, se puede calibrar también a temperaturas mas bajas. Bastaría un recipiente en el que se depositen cubitos de hielo (de agua destilada) y cuando empiecen a derretirse pero teniendo todavía algunos cubitos, se sumerge totalmente la sonda, sin tocar con las paredes del contenedor y deberían alcanzarse los 0°C exactos. Las sondas de las estaciones meteorológicas no pueden calibrarse de este modo, evidentemente, así que sólo queda la opción de dejarlas en un lugar cerrado, a salvo de radiaciones y corrientes de aire (como por ejemplo en un armario o cajón) e ir anotando las sucesivas mediciones. Algunos termómetros y termostatos permiten ser reconfigurados, pero no la mayoría, por lo que bastaría con anotar en cada aparato la desviación aproximada de lectura, si la hubiese, y siempre tenerlo en cuenta en el futuro.



*Calibrado con termómetro clínico (Marcos Martínez).*

### 3. TIPOS DE INCUBADORAS

#### 3.1. Incubadoras "Baño María".

Es el modelo más barato y sencillo de montar. Consta de dos recipientes, uno más pequeño, donde se depositan los huevos, y otro mayor, con agua, que alberga al anterior. El elemento calefactor es un termómetro/termostato de los usados en acuafilia que indirectamente, y a través del agua, calienta el recipiente de los huevos (aunque para mayor precisión se puede regular el calentador a máxima potencia y conectarlo a un termostato externo con sonda). Algunos criadores confían plenamente en este tipo de montajes, que a lo largo de muchos años, han demostrado ser muy eficientes, aunque sin embargo, presentan diversas dificultades a tener muy en cuenta. Primero, el control de la temperatura es poco preciso, debido a que la temperatura de los huevos está influenciada por dos medios distintos, el aire y el agua, y sólo se tiene control sobre uno de ellos. Debido a esto, los cambios de temperatura externa afectan notablemente a la incubación y se precisa de sucesivas regulaciones a posteriori. Formas de combatir esto serían el uso de un termostato externo, de buen material aislante, cargar generosamente de substrato el recipiente de incubación, colocar la incubadora en una habitación con pocos cambios de temperatura (un sótano por ejemplo), etc. Aún tomando muchas precauciones el agua disminuye y deja al calentador con la misma potencia actuando sobre menos volumen constantemente. El segundo problema que presentan es el control de la humedad. A igual temperatura de agua (realmente el único parámetro sobre el que se tiene control) se produce más saturación en el aire si las temperaturas son bajas y menos si son altas, por lo que hay que ventilar la incubadora más o menos según el día, para tener controlada la humedad ambiente, con la subsiguiente influencia negativa, que en el control de la temperatura que estos cambios de ventilación supondrían. En resumen, este tipo de montajes pueden ocasionar muchos dolores de cabeza y constantes modificaciones, pero una vez dominados, pueden ser bastante eficientes en último término. De todos modos, no son para nada recomendadas para incubar a temperaturas constantes y precisas, si lo que se desea es obtener crías de un determinado sexo.



*Incubadora "Baño-María". Las barras metálicas fijan al recipiente interno contra el fondo y sirven de soporte para la tapa de metacrilato. La tapa inclinada impide que las frías gotas de agua acumuladas caigan sobre los huevos (Raimundo Villanueva).*

### **3.2 Incubadoras de aire estático.**

También de montaje muy sencillo y alta precisión si son equipadas con un termostato proporcional; lo cual puede ser relativamente difícil, ya que los termostatos proporcionales de control manual (ruleta) son incomprensiblemente caros en el mercado español (Habistat©, por ejemplo) y los digitales requieren cierto tiempo para aprender a ser manejados y tampoco son excesivamente económicos. Frente a las incubadoras presentadas en el siguiente punto (Jaeger© y Hovabator©), tienen la ventaja de que el tiempo invertido en montarlas y en aprender a manejar el termostato se rentabiliza en la mayor capacidad de la que se les puede dotar y en su mejor precio. Son bastante sencillas de ensamblar, basta con colocar el elemento calefactor en el fondo, ya que el aire caliente tiende a subir, permitiendo obtener temperaturas muy estables y uniformemente repartidas. Unos centímetros por encima una rejilla albergaría a los recipientes de los huevos, apropiadamente protegidos para que los neonatos no puedan salir, dejando algo de espacio entre ellos para que el aire circule. La sonda del termostato debería ser colocada a la misma altura de los huevos, pero sin estar en contacto con ningún cuerpo, de modo que pueda trabajar con la mayor sensibilidad a los cambios de temperatura del aire, mientras que la sonda del termómetro, como en cualquier otra incubadora, se dejaría ligeramente semienterrada en el substrato, junto a los huevos, y de esta forma ofreciendo un reflejo fiel de la temperatura real de incubación (Highfield, 1996a). Se puede adaptar para incubar huevos de cáscara blanda, que necesitan más humedad, simplemente colocando una tapa individual en los correspondientes recipientes de los huevos (Highfield, 1996a), de esta forma, en la misma unidad, se pueden incubar huevos a distintos niveles de humedad. En ese recipiente particular, habría que prestar especial atención a la ventilación, aunque por su propia naturaleza, los huevos de cáscara blanda sean menos sensibles a la falta de oxígeno en el aire. Estas incubadoras pueden ser extremadamente precisas ( $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ) y sin duda son el montaje de mejor relación calidad/precio; con el inconveniente asumido de su construcción manual.



*(Página anterior) Vista exterior de una incubadora "en seco". El material elegido es enchapado marino. La unidad de control de temperatura es un termostato proporcional digital Osaka©, la temperatura se mide con un termómetro digital con sonda externa y registro de máximas y mínimas y la humedad con la sonda inalámbrica de una estación metereológica Oregon Scientific©.*



*Vista interior de la misma incubadora. La primera rejilla contiene los recipientes de los huevos, la segunda aloja a las cubetas de agua, aunque hay espacio para más recipientes de incubación. Aunque no se aprecie en la imagen, la sonda del termostato esta suspendida en el aire, sin tocar ningún objeto mientras que las sondas de los termómetros se colocan sobre la vermiculita. No es exactamente de aire estático, ya que tiene un ventilador de muy baja potencia, orientado para que no dirija el aire a los recipientes de incubación. El mismo se activa sólo cuando el elemento calefactor funciona.*

### 3.2. Incubadoras comerciales de aire estático (Jaeger© y Hovabator©).

Varios son los modelos profesionales disponibles en el mercado europeo y norteamericano, con unidades de control y medición extremadamente precisas y automatizadas, pero con precios desorbitados en la mayoría de los casos. Hay por el contrario, dos modelos de gama media (Jaeger© y Hovabator©), con control de temperatura proporcional, que han irrumpido en el mercado español con mucha fuerza, y que ofrecen prestaciones, precisión y funcionalidad, más que satisfactorias a precios razonables. A pesar de su frágil aspecto a primera vista, su carcasa de porexpan endurecido es muy firme, duradera, resistente a la humedad y tiene excelentes propiedades aislantes. El aspecto rudimentario de sus termostatos (controlados con una "ruedecita") resultan ser unidades proporcionales de gran precisión (atención especial a este punto, puesto que existen modelos de Hovabator© de aspecto idéntico, con termostatos ON/OFF). En ambos casos el elemento calefactor es una resistencia tipo cable, que se sitúa en la parte de arriba. Tienen tapa superior transparente, lo cual facilita la inspección sin necesidad de ser abiertas. Es fácil mantener la humedad en ambas, especialmente en la Hovabator©, en la que simplemente añadiendo agua a las canaletas del fondo del recipiente se mantiene en los niveles deseados. En la Jaeger© hay que remojar la esponja que se encuentra debajo de los recipientes de los huevos, para lo cual hay dos alternativas, vertiendo agua directamente sobre la misma de forma copiosa (ya que el agua traspasa la esponja y se filtra por agujeros de ventilación del fondo) o sacándola cada cierto tiempo para remojarla, sistema más duradero pero que implica manipular los recipientes de los huevos. En pocas palabras, son la opción más fácil y segura, considerando su precisión, su moderado precio, y la sencillez de su ensamblaje (aunque Hovabator© eche de menos un libro de instrucciones de montaje en el idioma de Cervantes). Su único inconveniente podría ser el tamaño, aunque probablemente, y si comercialmente les interesa a sus fabricantes, aparecerán en el mercado modelos, similares en calidad/precio de mayor capacidad.



*Jaeger© desmontada (Francisco Sánchez).*



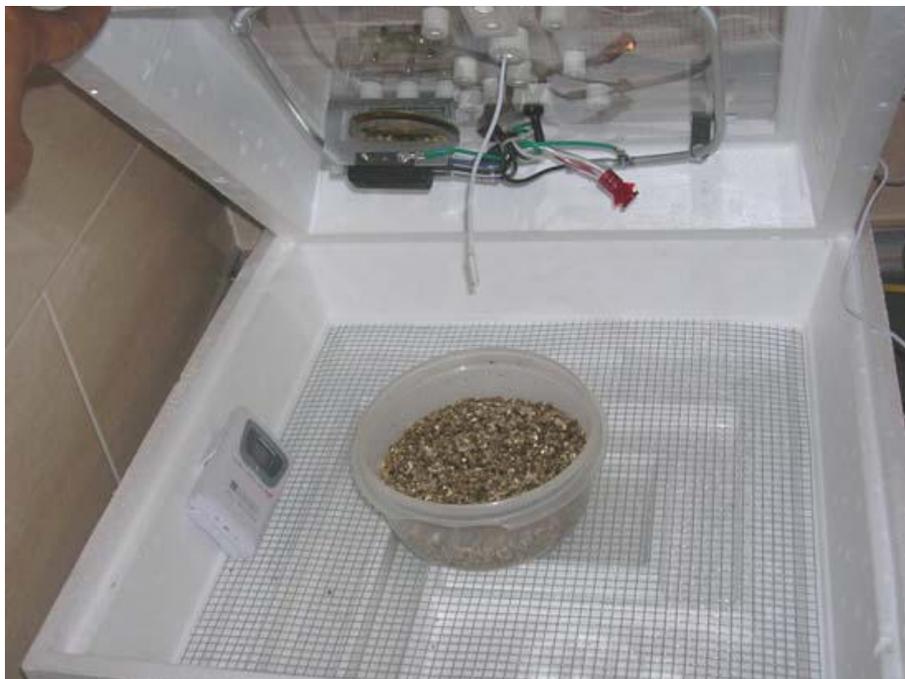
*Vista frontal (Francisco Sánchez).*



*Jaeger© a pleno funcionamiento, con las respectivas cubetas de huevos (Salvador Laguna).*



*Vista general de Hovabator© (Fernando Pérez).*



*Interior de Hovabator© (Fernando Pérez).*

## BIBLIOGRAFÍA

Checa, L. (2004). *Control automático de temperatura*. Web de las Grandes Tortugas.

Eendebak, B. (2002). *Incubation Period and Sex Ratio of Testudo Hermannii Boettgeri*. Chelonii, Vol. 3: 257-267. En: Proceedings of the International Congress on Testudo Genus – March 7-10, 2001. Editions SOPTOM, Gonfaron.

Geffen E. & H. Mendelssohn, (1991). *Preliminary study on the breeding pattern of the Egyptian tortoise, Testudo kleinmanni, in Israel*. Herpetological Journal, 1:574-577

Highfield, A.C. (1996a). *Practical Encyclopedia of Keeping and Breeding Tortoises and Freshwater Turtles*:16, 22-27 . Carapace Press, London.

Highfield, AC y Martin, J, (1996b). *Captive Breeding of the Egyptian Tortoise Testudo Kleinmanni*. Tortoise Trust Newsletter, Spring/96:15-17.

Highfield, A.C. (1997). *An effective method of artificial incubation for mediterranean tortoise eggs*. Tortoise Trust Newsletter, Spring/97:6-7.

Highfield, A.C. (1998). *Egg FAQ*. Tortoise Trust Newsletter, Summer/98:6,11.

Köhler G. (2005). *Incubation of Reptile Eggs*: 41-46, 67-71, 77-79, 93-99. Krieger Publishing Company, Florida.

Loehr, V. (1997a). *A model for an incubator with electronically regulated daily temperature cycle*. Tortoise Trust Newsletter, Summer/97:3-4.

Loehr, V. (1997b). *Incubator with electronically regulated daily temperature cycle (part II)*. Tortoise Trust Newsletter, Summer/97:5-6.

Merchán Fornelino, M. y Martínez Silvestre A. (1999). *Tortugas de España. Biología, Patología y Conservación de las Especies Ibéricas, Baleares y Canarias*:236-240. Ediciones Antiquaria, Madrid.

Pieau, C. (2002). *Temperature-Dependent Sex Determination in Testudo Graeca and Testudo Hermannii*. Chelonii, Vol. 3: 144. En: Proceedings of the International Congress on Testudo Genus – March 7-10, 2001. Editions SOPTOM, Gonfaron.

Pursall, B. (2002). *Tortugas Terrestres Mediterráneas*: 44-45. Editorial Hispano Europea, Barcelona.

Soler Massana J. y Martínez Silvestre A. (2005). *La Tortuga Mediterránea a Catalunya*. 94-98. Ediciones L'Aguila de Cultura Popular, Col·lecciò Natura, 3, Tarragona.