



# UNIVERSIDAD DEL MAR

Institución Pública de Educación Superior



Puerto Ángel

## LICENCIATURAS

Ingeniería en Pesca  
Oceanología  
Ingeniería en Acuicultura  
Ingeniería Ambiental  
Ciencias Marítimas  
Biología Marina

## MAESTRÍAS

Ciencias: Ecología Marina  
Ciencias Ambientales:  
(Área de Concentración: Química Ambiental  
ó Ingeniería Ambiental)

## DOCTORADOS

Ecología Marina  
Ciencias Ambientales



Huatulco

## LICENCIATURAS

Actuaría  
Economía  
Ciencias de la Comunicación  
Relaciones Internacionales  
Administración Turística

## MAESTRÍAS

Derecho Internacional Penal  
Mercadotecnia Turística  
Relaciones Internacionales:  
Medio Ambiente



Puerto Escondido

## LICENCIATURAS

Ingeniería Forestal  
Biología  
Zootecnia  
Informática  
Enfermería

## MAESTRÍAS

Ciencias: Manejo de Fauna Silvestre  
Ciencias Genómicas  
Producción y Sanidad Animal

## DOCTORADOS

Producción y Sanidad Animal

Consulta las bases y requisitos en :

[www.umar.mx](http://www.umar.mx)

También puedes escribir a las siguientes direcciones:

[promocionumar@huatulco.umar.mx](mailto:promocionumar@huatulco.umar.mx)

[difusion.umar@hotmail.com](mailto:difusion.umar@hotmail.com)

o bien, comunícate a cualquiera de los Campus.

 /Universidad del Mar

 @UMAR\_SUNEO



Ciudad Universitaria  
Puerto Escondido  
Tel. (954) 582 4990  
Ext. 310, Fax. 01 (954) 582 2992  
[servesc@zicatela.umar.mx](mailto:servesc@zicatela.umar.mx)

Ciudad Universitaria  
Puerto Ángel  
Tel/Fax (958) 584 3184/3078/3092  
Ext. 118 y 129  
[servesc@angel.umar.mx](mailto:servesc@angel.umar.mx)

Ciudad Universitaria  
Huatulco  
Tel/Fax (958) 583 0434  
Ext. 210  
[servesc@huatulco.umar.mx](mailto:servesc@huatulco.umar.mx)



## Sensores térmicos y las nuevas aportaciones a la ecología: El caso de las tortugas marinas y los cocodrilos

Jesús García Grajales<sup>1\*</sup>,<sup>2</sup> & Juan F. Meraz Hernando<sup>1</sup>

### Introducción

Actualmente los reptiles experimentan una declinación en sus poblaciones a escala mundial (Whitfield-Gibbons *et al.* 2000) debido, principalmente, a la degradación y la pérdida del hábitat, la introducción de especies invasoras, la contaminación ambiental, las enfermedades, el aprovechamiento no sustentable y el cambio climático global (Hughes 2000, Whitfield-Gibbons *et al.* 2000, Hunter 2002, Hansen *et al.* 2006). Debido a estas amenazas, muchas poblaciones de reptiles se encuentran reducidas y aisladas, contribuyendo así a la disminución de la variabilidad genética y por consiguiente su capacidad de adaptación y evolución (Whitfield-Gibbons *et al.* 2000, Frankham *et al.* 2002). En este contexto, uno de los parámetros importantes para la permanencia y conservación de los reptiles es la reproducción de los individuos que conforman a las poblaciones, ya que el éxito de reproducción, el reclutamiento, su tasa de supervivencia y su proporción sexual son parámetros fundamentales para entender la dinámica de cualquier población biológica (Nichols 1987).

Particularmente en el caso de los reptiles, una de las etapas críticas en su dinámica poblacional ocurre durante su formación embrionaria, al demostrarse que este proceso es influenciado fuertemente por los factores ambientales como la temperatura y la humedad (Patino-Martínez 2013), generando por tanto un lento o rápido desarrollo, una menor o mayor supervivencia, una diferencia en el tamaño de los embriones y neonatos, una tasa diferencial de malformaciones, distintos patrones de pigmentación, así como diferencias en la velocidad de crecimiento y comportamiento individual (Morris *et al.* 1983, Janzen *et al.* 1994, Bardsley *et al.* 1995, Rhen & Lang 2004, Booth 2006, Hare *et al.* 2008), e incluso influyendo en la determinación del sexo de los embriones en desarrollo (Deeming 2004, Ewert *et al.* 2004, Harlow 2004, Nelson *et al.* 2004).

Las tortugas marinas y los cocodrilos son los grupos que han despertado mayor curiosidad respecto a los efectos que los factores climáticos tienen en sus fases más críticas del ciclo de vida; sin embargo, la principal problemática para el estudio y monitoreo de los

<sup>1</sup> Instituto de Recursos, Universidad del Mar. Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Distrito de San Pedro Pochutla, 70902, Oaxaca, México.

<sup>2</sup> Estudiante del Programa de Doctorado en Ecología Marina, División de Estudios de Posgrado, Universidad del Mar. Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Distrito de San Pedro Pochutla, 70902, Oaxaca, México.

\* Autor de correspondencia: archosaurio@yahoo.com.mx (JGG)

efectos de la temperatura y la humedad en estas especies es que ambos grupos ovipositan sus huevos fertilizados bajo el suelo en pequeñas cámaras de incubación creadas con sus extremidades posteriores y tapándolas con el mismo sustrato una vez concluido el proceso (Köhler 2005), dificultando entonces la posibilidad de monitorear los efectos de la temperatura en las cámaras de incubación.

Como parte de los programas de monitoreo de las tendencias de anidación de estos grupos biológicos, los métodos utilizados con mayor frecuencia se relacionan con la búsqueda y conteo del número total de huevos y su posterior conteo (al finalizar el periodo de incubación) del número total de crías eclosionadas para conocer el éxito de anidación (Villegas *et al.* 2011); sin embargo, hasta la fecha en México pocos trabajos han considerado evaluar las características de dichas crías y su relación con el efecto de las temperatura y la humedad, incluido las proporciones sexuales que se generan en dichos individuos. Por tanto, el objetivo de este trabajo es describir de manera breve y demostrar las nuevas herramientas tecnológicas que han sido desarrolladas para el monitoreo de la temperatura y la humedad, y su aplicación en las cámaras de incubación de los nidos de reptiles, con el fin de presentar sus ventajas y posibles limitaciones.

### *¿Qué son los sensores térmicos?*

En los últimos 15 años se ha incrementado la incorporación de nuevas herramientas tecnológicas para el estudio y monitoreo del ambiente como el agua, el aire y la temperatura, que sirven de apoyo para la vigilancia de los estándares de calidad ambiental (Rubio *et al.* 2016); incluso se han adaptado para el monitoreo del comportamiento de estos elementos en los sistemas de producción agrícola (Enciso *et al.* 2016); sin embargo, en los años recientes se ha iniciado su vínculo con el monitoreo de la temperatura y la humedad en los microambientes que se generan al interior de las cámaras de incubación de las tortugas marinas y los cocodrilos (Godfrey & Mrosovsky 1994).

Entre las nuevas herramientas tecnológicas se encuentran los “sensores térmicos” (conocidos también como data loggers), dispositivos que han sido diseñados para el registro de las temperaturas del ambiente con base en microprocesadores internos que detectan dichas variables, registrando el dato y almacenándolo en una memoria interna. El objetivo del uso de los sensores térmicos en la biología de la conservación suele ser el registro de datos de temperatura de manera continua en los lapsos de tiempo de interés y su facilidad para la descarga y manejo de la información almacenada. Las principales ventajas que ofrecen este tipo de dispositivos para este tipo de monitoreo son: 1) realizan registros continuos de la temperatura y la humedad con una gran precisión, y 2) almacenan la información por largos periodos de tiempo.

El funcionamiento de estos dispositivos es sencillo; cuentan con un sensor específico para medir algún parámetro ambiental (como temperatura y humedad), un sencillo sistema para determinar la frecuencia con la que se realizarán las mediciones (asociándolo a fecha y hora), una memoria flash que almacena los valores de los registros en un formato sencillo y una batería pequeña. El dispositivo completo se encuentra contenido en una cápsula o carcasa de plástico resistente a la intemperie (regularmente sellado para evitar la humedad) que cuenta con una conexión micro USB para facilitar la descarga de la información en una computadora mediante el empleo de un software específico.

El hecho de que la información que se guarda ocupa muy poco espacio en la memoria y la energía necesaria para activar el sensor es muy baja, ha permitido el funcionamiento de estos dispositivos con una batería pequeña. Esto es muy importante porque la miniaturización se aplica fácilmente para cualquier dispositivo electrónico, salvo la batería.

Un aspecto particularmente importante a considerar al emplear un registrador de datos es la precisión en la medición. Medir la temperatura del aire en una casa requiere menos precisión que medirla en un laboratorio. Para ello, es muy importante seleccionar el modelo

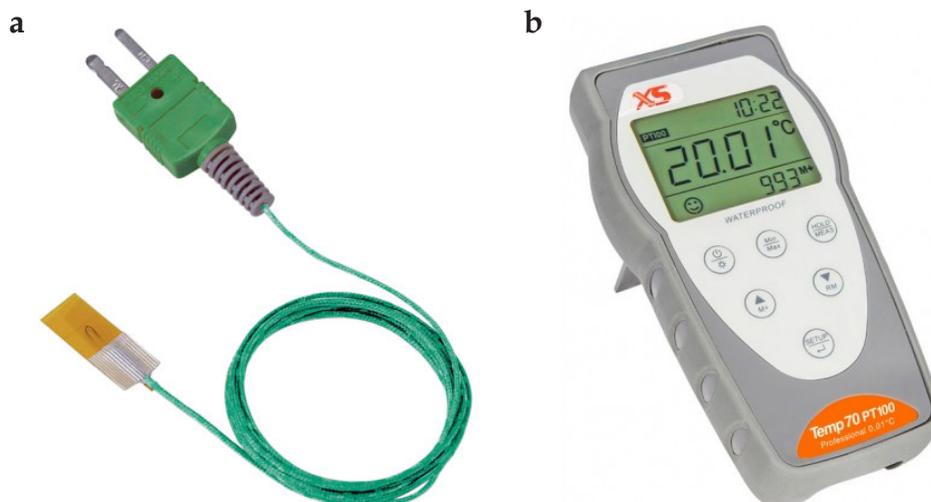
de dispositivo que cuente con una mayor precisión. En otros casos, es muy importante la resolución, que incluye la graduación en la variación de la medición (o la escala de medición) y los valores mínimos y máximos de operación (esto porque la medición muestra anomalías notables cuando el dispositivo está trabajando en los extremos de los rangos de operación).

Básicamente, los sensores térmicos están formados por tres partes: el dispositivo de registro, una interfaz de conexión (USB) para una computadora y un software de manejo y programación. El primero (dispositivo de registro) en la actualidad suele ser compacto y ergonómico, generalmente las dimensiones varían en función de los modelos diseñados por las diferentes compañías que los fabrican; sin embargo, la similitud entre todos estos se relaciona con su capacidad de almacenamiento y facilidad de programación. La segunda parte (interfaz de conexión) es un cable que permite la conexión rápida entre el dispositivo y una computadora; no obstante, el modelo del cable varía de igual manera en función del dispositivo y la compañía fabricante, situación que se asemeja con respecto al tercer componente (software); sin embargo, vale la pena aclarar que este último componente en la actualidad ha sido desarrollado para una mayor facilidad de manejo.

*¿Qué tipos de sensores térmicos hay?*

Actualmente se han desarrollado una amplia gama de sensores térmicos fabricados para cubrir distintas necesidades en el monitoreo ambiental; sin embargo, en el caso particular de los sensores utilizados para el monitoreo de la temperatura y la humedad en los estudios relacionados con las tortugas marinas y los cocodrilos se ha utilizado principalmente dos tipos de instrumentos: a) Termopares y teletermómetros, y b) sensores de medición y almacenamiento (HOBOS).

*Termopares y teletermómetros* – Un termopar es un dispositivo para la medición de la temperatura, basado en efectos termoeléctricos. Dicho dispositivo es un circuito formado por dos conductores de metal o aleaciones diferentes (Fig. 1 a), unidos en sus extremos y entre cuyas uniones existe una diferencia de temperatura que se establece en el orden de los milivoltios, dicha diferencia está en función de la temperatura entre uno de los extremos (punto de medida) y el otro (punto de referencia), originando una fuerza electromotriz denominada efecto Seebeck. Para identificar de manera correcta dicha lectura es necesario el uso del teletermómetro (Fig. 1b), el cuál es un dispositivo capaz de registrar la diferencia de potencial existente entre los extremos del termopar y traducirla a valores de temperatura.



**Figura 1.** Termopar tipo J (a) y teletermómetro (b) utilizados en el monitoreo de las temperaturas de las cámaras de anidación de los nidos de tortugas marinas.

Existen diferentes tipos de termopares relacionados con el tipo de material usado, por lo que darán como resultado diferentes rangos de temperatura como se puede observar en tabla I.

Tabla I. Tipos de termopares y características de registro.

Tipo	Rango de temperatura	Materiales y aleaciones (+) vs (-)
E	-270 a 1000	Níquel - cromo vs cobre-níquel
J	-210 a 1200	Hierro vs cobre-níquel
T	-270 a 400	Cobre vs cobre-níquel
K	-270 a 1300	Níquel-cromo-silicio vs níquel-silicio-magnesio

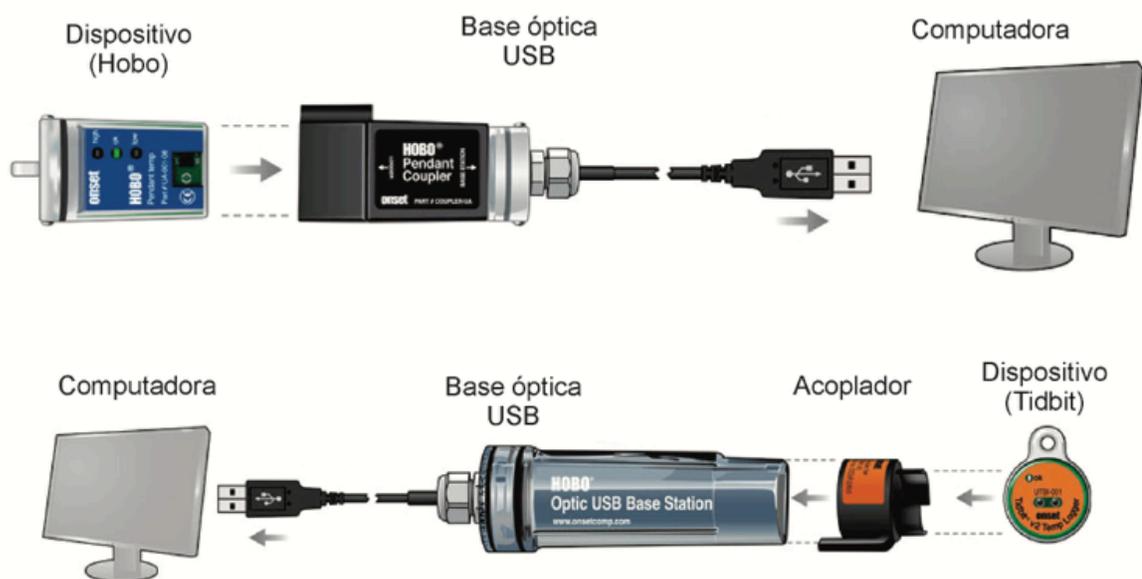
Entre las principales ventajas de este tipo de dispositivos se encuentra el hecho de que son económicos, intercambiables, tiene conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperaturas, además de que se obtiene el registro de temperatura al instante en el que se requiere. No obstante, su principal limitación está en la exactitud, pues es fácil obtener errores del sistema cuando se trabaja con temperaturas inferiores a un grado Celsius, además de que las puntas del termopar se oxidan y se requiere estar constantemente en el sitio para el registro de temperaturas con la frecuencia requerida.

*Sensores de medición y almacenamiento (HOBO)*  
 – Estos sensores, comúnmente denominados como “hobos”, son dispositivos electrónicos que miden la temperatura en periodos de tiempo programables por el usuario y cuentan con una cierta capacidad de almacenamiento hasta su descarga. Por lo general son pequeños, usan baterías de larga duración, son portátiles y contienen un microprocesador que registra la temperatura ambiental y una memoria interna para el almacenamiento de la información. Hasta la fecha se han diseñado una gran variedad de modelos relacionados con este tipo de sensores, algunos soportan la combinación de factores como la humedad, la salinidad, la presión por efecto de compactación de la arena, etc.; sin embargo, hasta la fecha los modelos que más se han utilizado son los sensores de la marca Hobo y TidBit (Fig. 2). Estos dispositivos constan de un paquete completo que consiste en el dispositivo de registro, una base óptica USB (para la programación y descarga de datos), un cable de conexión a la computadora y un programa (HoboWare) para la programación y extracción de información (Fig. 3).

Las principales ventajas de los hobos se relacionan con su capacidad para recopilar automáticamente información de la



Figura 2. Sensores térmicos: modelos Hobo (a), Tidbit (b) y ProV2 Onset (c) utilizados para el registro de temperaturas y humedad relativa en el monitoreo de nidos de tortugas marinas y cocodrilos.



**Figura 3.** Componentes relacionados con los sensores térmicos para la programación y descarga de información registrada.

temperatura del ambiente las 24 horas del día, sin la necesidad de estar presentes al momento del registro, pueden soportar inundaciones o saturación de agua y continuar con el registro continuo de las temperaturas. No obstante, entre sus principales desventajas se cuentan los costos de adquisición, que para conocer la información registrada es necesario extraer el sensor y conectarlo a la base óptica para su conexión con una computadora y la duración de las baterías, que dependerá de la frecuencia del registro programado.

*¿Cuáles son las aportaciones de los HOBOS a la ecología?*

Los sensores térmicos se usan cada vez más en investigaciones relacionadas con entender el efecto del clima y sus consecuencias en las poblaciones silvestres de reptiles, principalmente las tortugas marinas y los cocodrilos. Los proyectos pioneros que incorporaron esta tecnología al monitoreo de las temperaturas en nidos de tortugas marinas tuvieron lugar en la primera mitad de la década de 1990 (Godfrey & Mrosovsky 1994). En la actualidad, a nivel

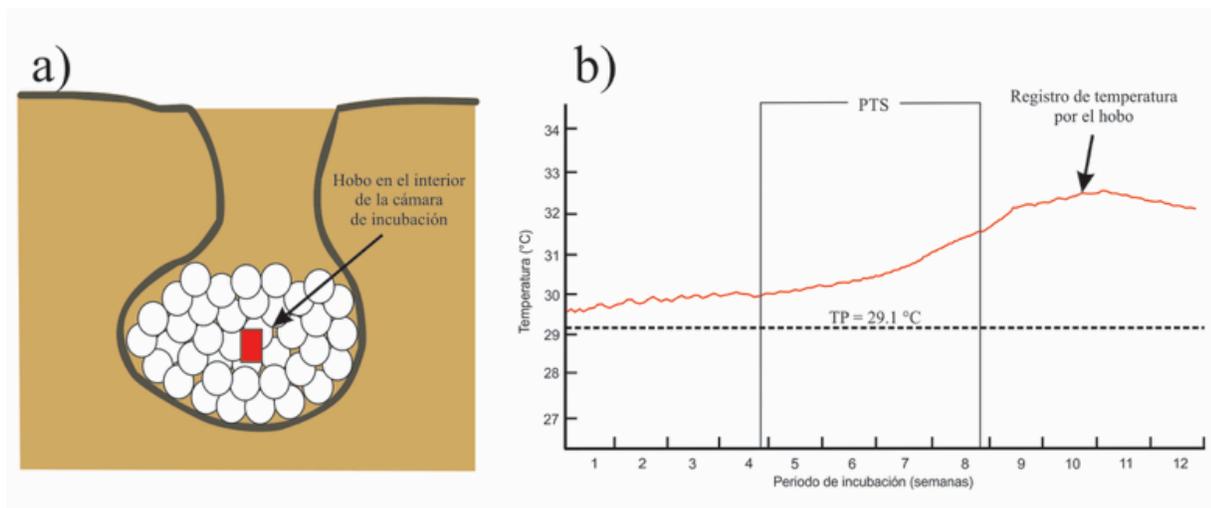
mundial muchos trabajos de investigación utilizan estos dispositivos, colocándolos en el interior de las cámaras de incubación y dejándolos que registren la temperatura en lapsos de 30 a 60 minutos durante todo el proceso de incubación.

En muchas especies de reptiles el sexo de los embriones es determinado por la temperatura de incubación (Deeming 2004, Ewert *et al.* 2004, Harlow 2004, Nelson *et al.* 2004), fenómeno conocido como determinación sexual por temperatura (DST), misma que en condiciones naturales y en especies ovíparas, puede producir proporciones sexuales muy variables entre las nidadas (Ewert *et al.* 1994); sin embargo, la proporción sexual en los nidos depende de una multitud de factores que influyen sobre la temperatura del nido como la exposición solar (sitios fríos o calurosos), la fecha de oviposición (Doody *et al.* 2006) y las características del suelo (Watson *et al.* 2015). Por tanto, es de esperar que las variaciones del clima tanto espacial (altitud y latitud) como temporal, incluso a nivel global, puedan tener un efecto sobre las proporciones sexuales de los neonatos en los reptiles

ovíparos con DST (Standora & Spotila 1985, Janzen 1994, Matsuzawa *et al.* 2002, Miller *et al.* 2004, Doody *et al.* 2006).

La proporción sexual es un elemento crucial de la dinámica poblacional; de tal manera que un sesgo hacia cualquiera de los sexos podría afectar a las poblaciones e incluso llevarlas a la extinción (Girondot *et al.* 2004), debido a que el sesgo hacia un sexo en las poblaciones disminuiría la reproducción de los individuos y provocaría su desaparición (Janzen 1994, Miller *et al.* 2004) producto de una disminución en la fertilidad total de los individuos. En este sentido, la aportación de los hobos (sensores térmicos) a los aspectos ecológicos de la anidación de los reptiles se relaciona con la posibilidad de registrar el

comportamiento de la temperatura de manera continua en el interior de los nidos (Fig. 4a) y permitiendo establecer inferencias acerca de las proporciones sexuales que se generan en las crías en cada temporada de anidación (Fig. 4b). De manera específica, permiten conocer el comportamiento de la temperatura en el periodo de termo-sensibilidad (PTS), que se refiere al periodo crítico del desarrollo embrionario en el que ocurre la diferenciación de las gónadas en ovarios o testículos y que depende de la temperatura de incubación (Janzen & Paukstis 1991). Aunado a esto, también es de importancia el conocimiento de la temperatura pivote o umbral (TP), misma que ha sido definida mediante estudios experimentales para muchas de las especies de tortugas marinas, como se muestra en la tabla II.



**Figura 4.** Ilustración de la ubicación del hobo en el interior de las cámaras de incubación de nidos de reptiles (a) y la tendencia del comportamiento de temperatura que registra el hobo durante todo el periodo de incubación (b). PTS = Periodo termosensible, TP = Temperatura pivote.

Tabla II. Temperatura pivote (TP) establecida para las diferentes especies de tortugas marinas que anidan en México.

Especie	TP	Fuente de referencia
<i>Dermochelys coriacea</i>	29.1°	Binckley <i>et al.</i> 1998
<i>Lepidochelys olivacea</i>	29.1°	McCoy <i>et al.</i> 1983
<i>Chelonia mydas agassizzi</i>	29.5°	Diaz 1986
<i>Chelonia mydas</i>	28.7°	Godley <i>et al.</i> 2002
<i>Lepidochelys kempii</i>	32.5°	Shaver <i>et al.</i> 1988
<i>Caretta caretta</i>	29.5°	Yntema & Mrosovsky <i>et al.</i> 1982
<i>Eretmochelys imbricata</i>	29.3°	Mrosovsky <i>et al.</i> 2009

## Consideraciones finales

En México se está iniciando la aplicación de esta tecnología y su futuro parece prometedor en cuanto a la aportación de información científica al campo de la ecología, sobretodo por la importancia que representa incluso en las líneas de acción para los tomadores de decisiones, incluida la sección gubernamental, relacionados con la protección de grupos prioritarios como las tortugas marinas y los cocodrilos. Si las condiciones del clima continúan incrementando conforme a las predicciones realizadas hasta ahora (IPCC 2014), es posible pensar que los efectos podrían ser dramáticos hacia fines del presente siglo (Fuentes *et al.* 2011), debido a que las condiciones naturales podrían producir una alta feminización (en el caso de las tortugas marinas) o masculinización (en el caso de los cocodrilos) que conlleven a problemas poblacionales futuros.

## Agradecimientos

A la Universidad del Mar (UMAR) y su División de Estudios de Posgrado por facilitar las acciones y actividades para realizar el presente documento durante los estudios del primer autor (JGG) en el Programa de Doctorado en Ecología Marina. A dos revisores anónimos que contribuyeron a mejorar el manuscrito presentado.

## Referencias

- Bardsley, W. G., R. A. Ackerman, N. A. S. Bukhari, D. C. Deeming & M. W. J. Ferguson. 1995. Mathematical models for growth in alligator (*Alligator mississippiensis*) embryos developing at different incubation temperatures. *Journal of Anatomy* 187(1): 181-190.
- Binckley, C. A., J. R. Spotila, K. S. Wilson & F.V. Paladino. 1998. Sex determination and sex ratios of Pacific leatherback turtles, *Dermochelys coriacea*. *Copeia* 2: 291-300.
- Booth, D.T. 2006. Influence of incubation temperature on hatchling phenotype in reptiles. *Physiological and Biochemical Zoology* 79(2): 274-281.
- Deeming, D.C. 2004. Prevalence of TSD in Crocodylians. Pp. 31-41 En: N. Valenzuela y V. Lance (eds.), *Temperature Dependent Sex Determination in Vertebrates*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Díaz, C.A. 1986. Importancia de la temperatura de incubación en la determinación sexual de la tortuga negra *Chelonia agassizi*, en la playa de Colola, Michoacán, México. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán.
- Doody, J.S., E. Guarino, P. Harlow, B. Corey y G. Murray. 2006. Quantify nest site choice in reptiles using hemispherical photography and GAP Light analysis. *Herpetological Review* 37(1): 49-52.
- Enciso, J. M., D. Porter, & X. Périès. 2016. Uso de sensores de humedad del suelo para eficientizar el riego. Texas A&M, B-6194S, USA.
- Ewert, M. A., J.W. Lang, & C.E. Nelson. 2004. Turtle sex-determining modes and TSD patterns and some TSD patterns correlates. Pp. 21-32 En: N. Valenzuela y V. Lance (eds.), *Temperature Dependent Sex determination in Vertebrates*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Fuentes, M., C. J. Limpus, & M. Hamman. 2011. Vulnerability of sea turtle nesting grounds to climate change. *Global Change Biology*, 17: 140-153.
- Frankham, R., J.D. Ballou, & D.A. Briscoe. 2002. *Introduction to conservation genetics*. Cambridge University Press, U.K.
- Giron dot, M., V. Delmas, P. Rivalan, F. Courchamp, A. Prevot-Julliard, & M. H. Godfrey. 2004. Implications of temperature-dependent sex determination for population dynamics. Pp. 148-155 En: N. Valenzuela & V. Lance (eds.), *Temperature Dependent Sex determination in Vertebrates*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Godley, B. J., A. C. Broderick, F. Glen & G. C. Hays. 2002. Temperature-dependent sex determination of Ascension island green turtles. *Marine Ecology Progress Series* 226: 115-124.
- Godfrey, M. & N. Mrosovsky. 1994. Simple method of estimating mean incubation temperatures on sea turtle beaches. *Copeia* 1994 (3): 808-811.
- Hansen, J., M. Sato, R. Ruedy, K. Lo, D.W. Lea, & M. Medina-Elizalde. 2006. Global temperature change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103(39): 14288-14293.
- Hare, K.M., S. Pledger, & C.H. Daugherty. 2008. Low incubation temperatures negatively influence locomotor performance and behaviour of the nocturnal lizard *Oligosoma suteri* (Lacertidae: Scincidae). *Copeia* 2008(1): 16-22.
- Harlow, P.S. 2004. Temperature-Dependent sex determination in Lizards. Pp. 42-52 En: N. Valenzuela & V. Lance (eds.), *Temperature Dependent Sex determination in Vertebrates*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Hughes, L. 2000. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology and Evolution* 15(2): 56-61.

- Hunter, M.L. Jr. 2002. Fundamental of conservation biology. 2<sup>nd</sup> Edition, Blackwell Science, Massachusetts. EUA.
- IPCC. 2007. Report of the Intergovernment Panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge.
- Janzen, F.J. 1994. Climate change and temperature-dependent sex determination in reptiles. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 91: 7487-7490.
- Köhler, G. 2005. Incubation of reptile eggs. Krieger Publishing Company. Alemania.
- Matsuzawa, Y., K. Sato, W. Sakamoto & K.A. Bjorndal. 2002. Seasonal fluctuation in sand temperature: effects on the incubation period and mortality of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) pre-emergent hatchlings in Minabe, Japan. Marine Biology 140: 639-646.
- McCoy, C.J., R.C. Vogt, & E.J. Censky. 1983. Temperature controlled sex determination in sea turtle *Lepidochelys olivacea*. Journal of Herpetology 17(4): 404-406.
- Morris, K.A., G.C. Packard, T.J. Boardman, G.L. Paukstis, & M.J. Packard. 1983. Effect of the hydric environment stages for sex determination in reptiles. Amphibia-Reptilia 12: 169-179.
- Miller, D., J. Summers, & S. Silber. 2004. Environmental versus genetic sex determination: a possible factor in dinosaur extinction?. Fertility and Sterility 81(4): 954-964.
- Mrosovsky, N., S.J. Kamel, C.E. Diez & R.P. van Dam. 2009. Methods of estimating natural sex ratios of sea turtles from incubation temperatures and laboratory data. Endangered Species Research 8: 147-155.
- Morris, K.A., G.C. Packard, T.J. Boardman, G.L. Paukstis, & M.J. Packard. 1983. Effect of the hydric environment stages for sex determination in reptiles. Amphibia-Reptilia 12: 169-179.
- Nelson, N.J., A. Cree, M.B. Thompson, S.N. Keall, & C. H. Daugherty. 2004. Temperature-dependent sex determination in tuataras. Pp. 53-58 En: N. Valenzuela y V. Lance (eds.), Temperature Dependent Sex determination in Vertebrates. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Nichols, J.D. 1987. Population models and crocodile management. Pp. 157-175 En: G.J.W. Webb, S.C. Manolis y P.J. Whitehead (eds.), Wildlife management: Crocodiles and alligators. Surrey Beatty and Sons Pty Limited, Chipping Norton, Australia.
- Patino-Martínez, J. 2013. Las tortugas marinas y el cambio global. Munibe Monographs, Nature Series 1: 99-105.
- Rhen, T. & J.W. Lang. 2004. Phenotypic effect of incubation temperature in reptiles. Pp. 90-98 En: N. Valenzuela y V. Lance (eds.), Temperature Dependent Sex determination in Vertebrates. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Rubio, J. J., J. A. Hernández Aguilar, F. J. Ávila Camacho, J. M. Stein Carrilo, & A. Meléndez Ramírez. 2016. Sistema sensor para el monitoreo ambiental basado en redes neuronales. Ingeniería Investigación y Tecnología, XVII (2): 211-222.
- Standora, E.A. & J.R. Spotila. 1985. Temperature dependent sex determination in sea turtles. Copeia 3: 711-722.
- Shaver, D. J., D.W. Owens, A.H. Chaney, C.W. Caillouet, P. Burchfield Jr. & R. Marquez. 1988. Styrofoam box and beach temperatures in relation to incubation and sex ratios of Kemp's ridley sea turtles. Pp. 103-108 En: B.A. Schroeder (Ed.), Proceedings of the Eighth annual Workshop on Sea turtles conservation.
- Villegas, A, L. Sigler & V. H. Reynoso. 2011. Método de ubicación y seguimiento de nidos (USN). Pp. 187-205, In: O. Sánchez, G. López, A. García & H. Benítez (Eds), Programa de monitoreo del cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*). México - Belice - Guatemala. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Watson, M.K., K. Stewart, T.M. Norton & M. A. Mitchell. 2015. Evaluating environmental and climatic influences on nesting in Leatherback sea turtles (*Dermochelys coriacea*) in St. Kitts, West Indies. Journal of Herpetological Medicine and Surgery 25(3-4): 122-127.
- Whitfield-Gibbons, J., D.E. Scott, T.J. Ryan, K.A. Buhlmann, T.D. Tuberville, B.S. Metts, J.L. Greene, T. Mills, Y. Leiden, S. Poppy & C.T. Winne. 2000. The global decline of reptiles, Dejà Vu Amphibians. BioScience 50(8): 653-666.
- Yntema, C.L. & N. Mrosovsky. 1982. Critical periods and pivotal temperatures for sexual differentiation in loggerhead sea turtles. Canadian Journal of Zoology 60: 1012-1016.

**Recibido:** 10 de marzo de 2018

**Aceptado:** 27 de abril de 2018