

# Estrés, neurogénesis y tortugas marinas

Nancy Marisol Unda Díaz y Alma Lilia Fuentes Farías

Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA)-UMSNH. Morelia, Michoacán, México.  
Contacto: nancy.ma.diaz2602@gmail.com

**Resumen:** El estrés se define como una respuesta fisiológica a un estímulo que el organismo percibe como amenazante. En la naturaleza hay diferentes condiciones en que los animales se encuentran sometidos a estrés, como lo es el estar en posibilidad constante de ser depredado, la disponibilidad de alimento que a lo largo del año puede variar por cuestiones climáticas, o por las condiciones de conservación del entorno, el proceso de reproducción que implica competencia y el desarrollo que involucra retos fisiológicos constantes, que dependen en gran medida de todo lo anterior. Las tortugas marinas son un ejemplo de una población animal sometida a estrés principalmente por la actividad antropogénica. La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UINC) considera a las 8 especies existentes de tortugas marinas como amenazadas o en peligro de extinción. Es por ello que durante décadas, se han implementado estrategias de conservación, siendo una de las principales la creación de viveros para la incubación de los huevos en nidos artificiales, es decir hechos por el hombre. Al respecto se ha especulado que la manipulación, rotación o vibración, a la que son sujetos los huevos durante su traslado, así como el ambiente de incubación artificial induce estrés crónico embrionario, que pudiera afectar de manera negativa el desarrollo del organismo. Existe evidencia de que el estrés crónico embrionario tiene efectos negativos a nivel fisiológico en los organismos, entre ellos, en los niveles de la hormona indicadora de estrés (conocida como, corticosterona, en reptiles), así como en la morfología de las neuronas de diferentes áreas del cerebro que presentan retraso en su desarrollo.

**Palabras clave:** Tortugas marinas, vivero, corticosterona.

## Estrés

¿Cuántas veces has escuchado la palabra estrés? ¿Te suena familiar? Estrés es una palabra que cotidianamente se usa. Se escucha tanto en el trabajo como en la escuela y hospitales. Es muy común oír hablar de estrés, de hecho se considera una enfermedad de la sociedad moderna. Te has preguntado ¿si los animales silvestres lo sufren? Antes de continuar preguntémosnos ¿Qué es el estrés? ¿Para qué sirve? y ¿Realmente es como piensa la mayoría, por entero negativo?

## El estrés ¿amigo o enemigo?

Un investigador llamado Selye en 1936 define al estrés como un factor de alarma, en donde el individuo presenta cambios conductuales y fisiológicos (a nivel hormonal y sistema nervioso central) para poder responder de una manera más adecuada hacia él estresor que comúnmente se define como una amenaza. El protagonista de la respuesta neuroendócrina al estrés es

el eje Hipotálamo, hipófisis o pituitaria, adrenal (HPA). ¿Cómo funciona este mecanismo? El organismo al detectar un evento amenazante genera por parte del hipotálamo un aumento en la liberación de la hormona liberadora de corticotropina (CRH) y arginina vasopresina (AVP). La presencia de estas sustancias, estimula a la hipófisis para que libere la hormona adrenocorticotropa (ACTH) a la circulación general del cuerpo. Esta actúa sobre la corteza de las glándulas adrenales o suprarrenales induciendo la síntesis y la liberación de glucocorticoides (Fig1.), cortisol en mamíferos o corticosterona en reptiles. Esta hormona actúa en diferentes órganos teniendo una función específica. El eje HPA en reptiles es similar a la descrita en otros vertebrados (Linch, 1995), incluye elementos similares como la liberación de la CRH, el cuál es un elemento clave del eje HPA presente en el cerebro de tortugas (Bugnon *et al.*, 1984) el cual es similar al de los mamíferos. Las neuronas

Camacho, I; Rodríguez, J; Oswaldo, E; Rodríguez, M; & Musalem, C. (2015). Prevalencia de obesidad en preescolares, escolares y adolescentes en el Hospital Regional Licenciado Adolfo López Mateos del ISSSTE. Revista Especialidad Médica Quirúrgica. 20(2), 152-157. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/quirurgicas/rmq-2015/rmq152e.pdf>

El Heraldo de Saltillo, (2015). ¿Gorditos o enfermos?, la obesidad infantil en México. Recuperado de <http://www.elheraldodesaltillo.mx/2015/12/16/gorditos-o-enfermos-la-obesidad-infantil-en-mexico/> García, P; Noyola, P; Hernández, M & Peralta, J. (2017). Orientación nutricional sobre el consumo adecuado de bebidas en escolares. Revista de Salud Pública y Nutrición. 16(2), 19-27. Disponible en: <http://respyn.uanl.mx/index.php/respyn/article/view/30>

Gómez, S. (2016). Prevalencia, determinantes y prevención de la obesidad infantil. Tesis Doctoral. 1-154. Disponible en: <http://www.tdx.cat/handle/10803/403607>

Jaimovich, S; Campos, C; Bustos, J; Campos, M; Lillo, V & Herrera, L. (2015). Efectos de una intervención on line en conductas de autocuidado asociadas a la alimentación. Enfermería global. 14(3), 72-83. Disponible en: <http://revistas.um.es/eglobal/article/view/206301/177201>

Mussini, M & Temporelli, K. (2013). Obesidad: un desafío para las políticas públicas. Estudios sociales. 21(41), 166-184. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/estsoc/v21n41/v21n41a7.pdf>

Norma Oficial Mexicana NOM-031-SSA2-1999, Para la atención a la salud del niño. México, DF. Diario Oficial de la Federación. Disponible: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/031ssa29.html>

Organización Mundial de la Salud. (2017). Datos y cifras sobre obesidad infantil. Nota descriptiva. [Internet]. [Citado 15 de octubre de 2017]. Disponible en: <http://www.who.int/end-childhood-obesity/facts/es/>

Ortega, D; Noguera, J; & Aguilar, H. (2016). Diseño de intervención conductual para mejorar hábitos alimenticios y actividades físicas en niños de edad escolar con obesidad. Jóvenes en la ciencia. 2(1), 85-89. Disponible en: <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/1004/643>

Ortega-Cortés, R. (2013). Costos económicos de la obesidad infantil y sus consecuencias. Revista Médica Instituto Mexicano Seguro Social. 52(1), S8-S11. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/4577/457745485003/>

Tarazona, M; Rosas, J; Salazar, J; Lozano, A., & Wilches, G. (2017). Factores de riesgo de sobrepeso y obesidad infantil en escolares de tres instituciones educativas de Cúcuta. Revista Inbiom. 4(1), 45-51. Disponible en: [http://ojs.unipamplona.edu.co/ojs\\_viceinves/index.php/INBIOM/article/view/2416/1296](http://ojs.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/INBIOM/article/view/2416/1296)

UNICEF & LeMoyné, (2018). El hambre y la obesidad en América Latina, dos caras de la misma moneda. Recuperado de <http://www.onunoticias.mx/el-hambre-y-la-obesidad-en-america-latina-dos-caras-de-la-misma-moneda/>

Visiedo, A; Sainz, P; Crone, D; Aznar, S; Pérez, F; Sánchez, R; Velázquez, F; Berná, J & Zamora, Z. (2016). Programas para la prevención de la obesidad en escolares de 5 a 10 años: revisión de la literatura. Nutrición Hospitalaria. 33(4), 814-824. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.375>

paraventriculares presentan terminales en la hipófisis que responde a la liberación de ACTH (Mancera *et al.*, 1991), lo cual se ha descrito en la adenohipófisis del lagarto *Cnemidophorus lemniscatus* (Del Conte, 1980).

Todo el proceso anterior descrito, en conjunto acelera el ritmo cardiaco, la respiración y aumenta la glucosa en todo el cuerpo con el fin de tener la suficiente energía para huir, escapar o ponerse a salvo. De esta forma el estrés, es considerado como amigo, es un proceso fundamental de supervivencia. Prepara al organismo para dar una respuesta adecuada a cualquier cambio que se perciba, como evento inusual o amenazante. El estrés ha sido un factor importante durante la evolución, ha permitido que especies de animales incluyendo la nuestra hayan sobrevivido; es por ello que Selye (1936), menciona que un poco de estrés es saludable. Pero ¿qué pasa cuando el estrés sobrepasa los límites adaptativos? ¿qué pasa cuando durante meses o años se está sometido a angustia o peligro?

### El enemigo y los animales silvestres

Si bien el efecto del estrés en los animales domésticos ha sido bien documentado, la severidad y el número de factores de estrés que afligen a los animales silvestres han sido subestimados. Te preguntarás si en verdad los animales sufren de estrés, e inmediatamente te vendrá a la mente ¡Claro, los animales en cautiverio! y sí, no te equivocas, las instalaciones en donde se encuentran es percibida como algo amenazante. Se sabe que los animales que se encuentran en cautiverio presentan mayor ansiedad e incluso muestran miedo. Pero ¿en la naturaleza?, lo más común es pensar que el único estrés al que están sometidos los animales es el que produce estar a merced del posible depredador. Sin embargo los animales

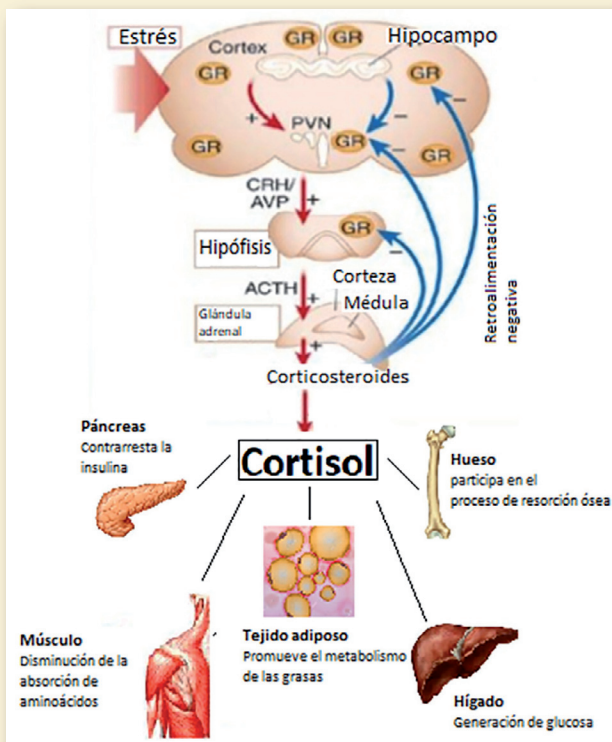


Fig. 1 Regulación del eje Hipotálamo-hipófisis-suprarrenal (HPA) de los glucocorticoides. El núcleo paraventricular hipotálamico (PVN) recibe información del hipotálamo sobre un estímulo y del hipocampo. El PVN libera hormona liberadora de corticotropina (CRH) y arginina vasopresina (AVP) en la circulación. CRH pasa a través de la ruta vascular para acceder a la hipófisis, que responden con la liberación rápida de la hormona adrenocorticotrópica (ACTH). A su vez, la ACTH alcanza la corteza suprarrenal donde se activa la síntesis y secreción de hormonas glucocorticoides. Los glucocorticoides regulan la actividad del eje HPA, a través de la retroalimentación negativa actuando a nivel de la hipófisis donde inhiben la liberación de ACTH, y al nivel del PVN donde inhiben la liberación de CRH y AVP.

en su hábitat tienen que enfrentar circunstancias que suelen ser estresantes, como la competencia por alimento, competencia para reproducirse, enfermedades, etc. Sin embargo la causa principal es la perturbación del hombre en sus ambientes; que ha ocasionado pérdida de hábitat y contaminación en ellos, generando en los organismos presenten un estrés crónico, teniendo consecuencias muy negativas en las poblaciones.

De esto tenemos cierto grado de “conciencia” pero curiosamente hay ejemplos en donde al pretender proteger estamos dañando sin saberlo. En dicho contexto, el Laboratorio del Eco-fisiología Animal del Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA) se encuentra realizando estudios sobre las prácticas de conservación de tortugas marinas y si estas medidas generan estrés en las tortugas.

### ¡Las tortugas marinas se estresan!

La práctica de conservación mayormente llevada a cabo, no solo en México sino a nivel mundial, consiste en identificar los nidos creados por las hembras (NN), también llamados nidos naturales y trasladarlos a nidos hechos por el hombre (NH) o artificiales en una área de playa protegida denominada vivero (Fig. 2). Durante este proceso los huevos son expuestos a movimientos de rotación o vibración causada por la manipulación afectando el desarrollo de los organismos negativamente (Limpus *et al.*, 1979; Sönmez *et al.*, 2011).

Los resultados obtenidos de los estudios que se están llevando a cabo en el INIRENA demuestran que los embriones de la tortuga Golfina (*Lepidochelys olivacea*) incubados en NH están sujetos a estrés crónico embrionario, ¿Las razones? El ambiente incubatorio del nido natural versus nido artificial parece ser muy diferente, es decir, al parecer la mano del hombre no ha podido semejar el nido que naturalmente la tortuga construye. Herrera-Vargas *et al.*, 2017, mostraron que efectivamente los embriones/fetos de tortugas incubadas en nidos de vivero sufren de estrés crónico embrionario con efectos negativos a corto y largo plazo en la salud de los individuos.

Otro aspecto que se ha abordado es el efecto del estrés crónico en el proceso de neurogénesis. La neurogénesis se define como el nacimiento y proliferación de neuronas nuevas en el cerebro (Lledo *et al.*, 2006). El estrés es un factor importante en la regulación de la neurogénesis. Se sabe que el estrés crónico puede ocasionar alteraciones en ciertos sistemas metabólicos, teniendo como consecuencia una disminución en la neurogénesis (Abush & Akirav, 2013). Se ha demostrado que la exposición a diferentes estímulos estresantes, como el olor de un depredador, un choque

eléctrico, la representación jerárquica en un grupo social, entre otros, disminuye la supervivencia de las nuevas células en el hipocampo (Dagyte *et al.*, 2009).

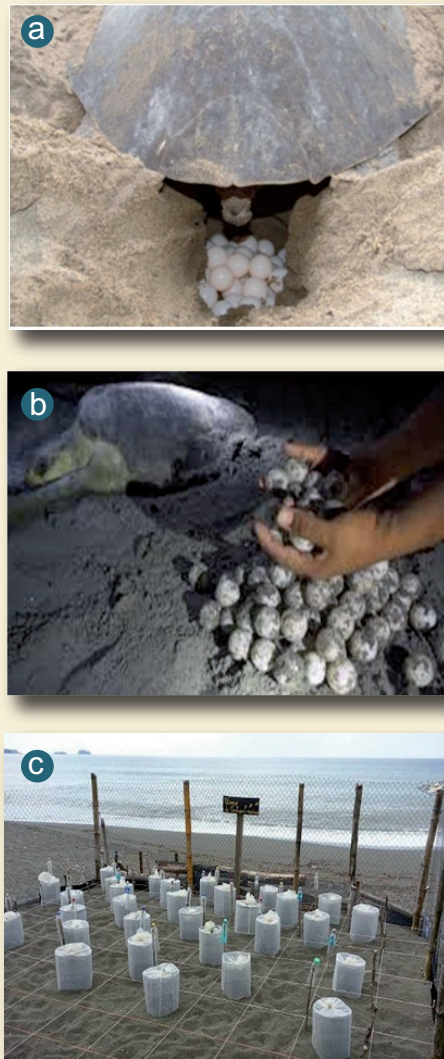
El proceso de neurogénesis es mucho más activo durante el desarrollo embrionario. Entonces, si ha sido demostrado que las tortugas golfinas incubadas en nidos hechos por el hombre presentan estrés durante su desarrollo, podríamos pensar que estas tortugas ¿presentan efectos negativos en el proceso de neurogénesis? La respuesta es sí. Nuestros estudios han demostrado que las tortugas que son incubadas en nidos hechos por el hombre presentan una disminución en el número de células nuevas en el cerebro (Fig3.).

El eje HPA en mamíferos y reptiles ha sido conservado durante la evolución y los mecanismos por los cuales es mediada su función fueron conservados a lo largo de su historia evolutiva (Ottaviani & Franceschi, 1998). Todo lo anterior en conjunto, nos lleva a concluir que las tortugas incubadas en NH serán tortugas que presentaran procesos de memoria y aprendizaje alterados (Bennett, 2008).

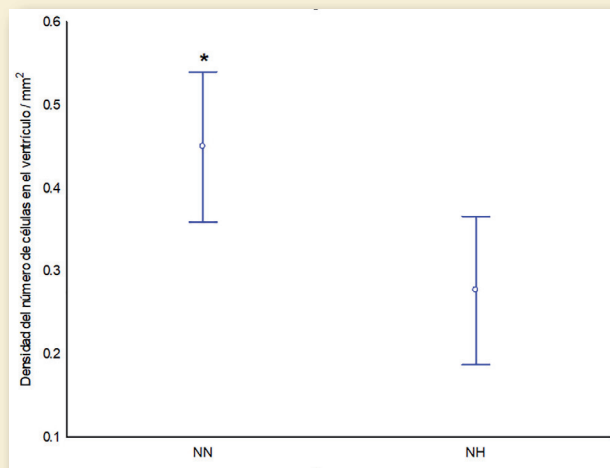
En conclusión, estos resultados sugieren que los huevos incubados de manera artificial son sometidos a estrés crónico durante su desarrollo, lo cual podría estar afectando al momento de la emergencia, incluso a lo largo de su vida. Por lo tanto la incubación artificial es una práctica que se debe de ejercer con mucho cuidado, teniendo en cuenta que la manera ideal de la incubación de los huevos sea de manera natural. Tomando en cuenta los efectos negativos de los viveros se deberán seguir realizando investigaciones, así como reforzar el manejo adecuado para la conservación de las tortugas marinas, no solo en México sino a nivel mundial.

Pues ahora ¡ya lo sabes!, Hay que cuidar el medio ambiente y a las poblaciones silvestres y ¡proteger!, pero de manera adecuada.

año 8, no. 13 julio - diciembre del 2018



**Fig. 2. Fotografía que muestra el desove de la tortuga marina (a), el traslado y manipulación de los huevos (b), huevos incubados en nidos hechos por el hombre (NH) en los viveros (c)**



**Fig. 3 Las tortugas incubadas en nidos hechos por el hombre (NH) presentan una menor densidad de células nuevas en el ventrículo lateral que las tortugas incubadas en nidos naturales (NN). La gráfica muestra el número de células nuevas generadas en el ventrículo lateral en NN y NH (ANOVA anidada  $F(1,26) = 7.84, *p = 0.0095$ ).**

## Referencias

- Abush H & I Akirav. (2013). Cannabinoids ameliorate impairments induced by chronic stress to synaptic plasticity and short-term memory. *Neuropsychopharmacology*, 38, 1521-1534.
- Bennett, A. O. M. (2008). Stress and anxiety in schizophrenia and depression: Glucocorticoids, corticotropin-releasing hormone and synapse regression. *Australian & New Zealand Journal of Psychiatry*, 42(12), 995-1002.
- Bugnon, C., Fellmann, D., Gouget, A., Bresson, J. L., Clavequin, M. C., Hadjiyiassemis, M., & Cardot, J. (1984). Corticoliberin neurons: Cytophysiology, phylogeny and ontogeny. *J. Steroid Biochem.*, 20, 183-195.
- Dagyte, G., Van der Zee, E. A., Postema, F., Luiten, P. G., Den Boer J. A. & Trentani, A. (2009). Chronic but not acute foot-shock stress leads to temporary suppression of cell proliferation in rat hippocampus. *Neuroscience*, 162(4), 904-913.
- Del Conte, E. (1980). Ultrastructure of the cell types of the anterior hypophysis in a lizard. I. Corticotrophs. *Arch. Anat. Microsc. Morphol. Exp.*, 69, 281-296.
- Herrera-Vargas, Ma., A., Meléndez-Herrera, E., Gutiérrez-Ospina, G., Bucio-Piña, F. E., Báez-Saldaña, A., Siliceo-Cantero, H.H., & Fuentes-Farías, A.L. (2017). Hatchlings of the Marine Turtle *Lepidochelys olivacea* Display Signs of Prenatal Stress at Emergence after Being Incubated in ManMade Nests: A Preliminary Report. *Front. Mar. Sci.* 4:400.
- Limpus, C., Valonna, B. & Miller, J. (1979). Movement induced mortality of loggerhead eggs. *Herpetologica*. 35:(4) 335-338.
- Licht, P. (1995). Reproductive physiology of reptiles and amphibians. In E. F. Gibbons, Jr., B. S. Durrant, y J. Demarest (Eds.), "Conservation of Endangered Species in Captivity: An Interdisciplinary Approach" (pp. 169-186). Albany: State University of New York Press.
- Lledo, P., M., Alonso, M. & Grubb, M., S. (2006). "Adult Neurogenesis and Functional Plasticity in Neuronal Circuits." *Nature reviews. Neuroscience* 7(3):179-93. Retrieved February 26, 2016.
- Mancera, J. M., López Avalos, M. D., Pérez-Figares, J. M., & Fernández-Llrebz, P. (1991). The distribution of corticotropin-releasing factor immunoreactive neurons and nerve fibers in the brain of the snake, *Natrix maura*. Coexistence with arginine vasotocin and mesotocin. *Cell Tissue Res.*, 264, 539-548.
- Ottaviani, O., & Franceschi C. (1998). A new theory on the common evolutionary origin of natural immunity, inflammation and stress response: the invertebrate phagocytic immunocyte as an eye-witness. *Domestic Animal Endocrinology* 15(5): 291-296.
- Selye, H. (1936). A syndrome produced by diverse nocuous agents. *Nature*, 138, 32.
- Sönmez B., Turan, C., & Özdilek, S. (2011). The effect of relocation on the morphology of Green Turtle, *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758), hatchlings on Samandag beach, Turkey (Reptilia: Cheloniidae) *Zoology* 52: 29-38.