

# EVALUACIÓN DEL ESTADO FÍSICO DE LA TORTUGA BLANCA, *Dermatemys mawii*, BAJO CONDICIONES DE CAUTIVERIO EN TABASCO, MÉXICO

## PHYSICAL EXAMINATION OF CENTRAL AMERICAN RIVER TURTLE, *Dermatemys mawii*, IN CAPTIVITY IN TABASCO, MEXICO

Judith A. Rangel-Mendoza<sup>1,2\*</sup>, Manuel Weber<sup>2</sup>

<sup>1</sup>División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 86039. Carretera Villahermosa-Cárdenas s/n, Km 0.5. Entronque a Bosques de Saloya. Centro, Tabasco, México. (judith.rangel@ujat.mx). <sup>2</sup>El Colegio de la Frontera Sur. Unidad Campeche. 24500. Avenida Rancho Polígono 2ª Parque Industrial. Lerma, Campeche, México.

### RESUMEN

La tortuga blanca, *Dermatemys mawii*, es una especie en peligro de extinción cuyas poblaciones silvestres han disminuido drásticamente. Por lo tanto, se manejan grupos de tortugas en cautiverio con fines de reproducción para su aprovechamiento sostenible y programas de liberación al medio natural. Sin embargo, las tortugas silvestres cautivas parecen mostrar mala condición. Por esta razón, los objetivos de este estudio fueron evaluar el estado físico de 90 tortugas blancas en cautiverio en tres granjas en el estado de Tabasco, México, determinar las variables de la calidad del agua de los estanques donde están las tortugas y conocer los métodos de manejo a través de entrevistas al personal encargado de su cuidado. En cada granja se analizó un grupo de 30 tortugas, se evaluó con detalle la apariencia externa y se determinó la frecuencia de condiciones físicas por grupo. Las medidas corporales de las tortugas se compararon entre sitios mediante análisis de Kruskal-Wallis y la relación entre peso/talla de cada grupo se analizó a través de ANDEVA ( $p \leq 0.05$ ). La prevalencia de condiciones físicas externas se contrastó entre granjas. Las variables de la calidad del agua se compararon con valores de referencia. Las tortugas en las tres granjas mostraron lesiones frecuentes en el caparazón y plastrón, y signos de deshidratación. La calidad del agua en los estanques fue mala, con transparencia baja ( $< 0.5$  m), concentraciones excesivas de nitrógeno amoniacal ( $> 0.5$  mg L<sup>-1</sup>), valores altos de DBO<sub>5</sub> ( $> 20$  mg L<sup>-1</sup>), sólidos suspendidos totales ( $> 30$  mg L<sup>-1</sup>), y cantidad alta de bacterias coliformes ( $> 1000$  NMP 100 mL<sup>-1</sup>). El análisis de los resultados sugiere que las lesiones físicas de las tortugas pueden estar relacionadas con

### ABSTRACT

The Central American river turtle, *Dermatemys mawii*, is a critically endangered species and wild populations have drastically decreased. Therefore, groups of turtles are bred in captivity in order to improve reproduction for sustainable use and for programs aiming for their release in their natural habitat. However, captive wild turtles seem to be in poor condition. For this reason, the objectives of this study were to assess the physical condition of 90 river turtles in captivity on three farms in the state of Tabasco, Mexico, to determine water quality variables in the ponds where the turtles are kept, and to identify the methods with which turtles are managed. Personnel in charge of their care were interviewed, and a group of 30 turtles was examined on each farm. External appearance was assessed in detail and the physical condition was determined for each group as a frequency variable. Body measurements of turtles at each site were compared with those at the other sites using a Kruskal-Wallis analysis. In each group, the ratio weight/size was analyzed with an ANOVA ( $p \leq 0.05$ ). The prevalence of external physical conditions was contrasted among the farms. Water quality variables were compared with reference values. Turtles of the three farms exhibited frequent lesions on the carapace and plastron as well as signs of dehydration. Water quality of the ponds was poor: low levels of transparency ( $< 0.5$  m), excessive concentrations of ammonia nitrogen ( $> 0.05$  mg L<sup>-1</sup>), high values of BOD<sub>5</sub> ( $> 20$  mg L<sup>-1</sup>) and total suspended solids ( $> 30$  mg L<sup>-1</sup>), and high quantities of coliform bacteria ( $> 1000$  MPN 100 mL<sup>-1</sup>). Analysis of the results suggests that physical lesions are related to inadequately managed conditions such as excessive turtle population density and lack of pond water treatment.

\*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: febrero, 2014. Aprobado: abril, 2015.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 49: 499-511. 2015.

**Key words:** Water quality, health, ex situ conservation, *Dermatemys mawii*, management.

**condiciones inadecuadas de manejo, como densidad excesiva de tortugas y falta de tratamiento del agua de los estanques.**

**Palabras clave:** Calidad del agua, salud, conservación *ex situ*, *Dermatemys mawii*, manejo.

## INTRODUCCIÓN

El manejo en cautiverio es una estrategia para la conservación de muchas especies. Una crianza en cautiverio exitosa requiere integrar principios de manejo de calidad alta, cuidado sanitario, manejo genético y consideraciones especiales para poblaciones pequeñas (Syed *et al.*, 2007). La crianza de tortugas con fines de producción comercial es empleada para la venta de mascotas, carne para consumo o productos decorativos (Wood, 1991).

En la literatura revisada hubo pocos artículos acerca de técnicas y resultados de la crianza de tortugas bajo condiciones artificiales, pero sí existen guías para la cría de la hicotoca colombiana, *Trachemys scripta callirostris* (De la Ossa y Riaño, 1999) y para el chopontil mexicano, *Claudius angustatus* (Aguirre *et al.*, 2002). Para tortugas marinas hay protocolos de crianza en cautiverio muy avanzados que detallan la infraestructura, agua, manejo de crías, alimentación, densidades de manejo y limpieza (Higgins, 2003).

En México, la tortuga blanca (*Dermatemys mawii*) merece particular atención porque la estrategia de conservación involucra iniciativas para su crianza en cautiverio. Oficialmente, 14 criaderos registrados en México manejan la especie (CONABIO-DGVS-CONANP, 2009), y están formalmente registrados ante la autoridad ambiental mexicana, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), bajo la figura de Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA, Diario Oficial de la Federación, 2000).

La tortuga blanca es una especie dulceacuícola distribuida naturalmente en el sur de México, Guatemala y Belice (Vogt *et al.*, 2011). Sus poblaciones silvestres se han reducido considerablemente debido principalmente a su caza para consumo y por la modificación de su hábitat (Polisar y Horwich, 1994; CITES, 2005). *Dermatemys mawii* está catalogada en peligro de extinción según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010), por lo cual hay una veda permanente para su captura en México. En el ámbito internacional, este

## INTRODUCTION

Management in captivity is a strategy used for conservation of many species. Successful breeding in captivity requires high quality management principles: health care, genetic management and special considerations for small populations (Syed *et al.*, 2007). Turtles are also reared for commercial purposes: as pets, for meat or even as decorative products (Wood, 1991).

Few articles were found in the reviewed literature about techniques and management of raising turtles in artificial conditions, but there are guidelines for the rearing of the Columbian slider turtle, *Trachemys scripta callirostris* (De la Ossa and Riaño, 1999), and for the Mexican narrow-bridged musk turtle, *Claudius angustatus* (Aguirre *et al.*, 2002). For rearing sea turtles in captivity, there are advanced protocols detailing infrastructure, water quality, offspring management, feeding, management density and hygiene (Higgins, 2003).

In Mexico, the critically endangered Central American river turtle (*Dermatemys mawii*) deserves special attention because the National Conservation Strategy involves initiatives for its breeding in captivity. Officially, fourteen turtle farms that manage the species are registered (CONABIO-DGVS-CONANP, 2009) with the Mexican environmental authority, the Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), under the framework of the Management Unit for the Wildlife Conservation (Diario Oficial de la Federación, 2000).

The Central American river turtle (known locally as “hickatee” or “white turtle”) is a freshwater species distributed naturally in southern Mexico, Guatemala and Belice (Vogt *et al.*, 2011). Wild populations have decreased considerably mostly because it is hunted for food and because its habitat has been heavily modified (Polisar and Horwich, 1994; CITES, 2005). *Dermatemys mawii* is catalogued as endangered by the Official Mexican NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010), and therefore, its capture is permanently prohibited in Mexico. Internationally, this chelonian is one of world’s 25 most endangered tortoises and freshwater turtles (TCC, 2011). Since 1982, it is in Appendix II of the Convention on International Trade of Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES, 2005), as well as on the

quelonio está en la lista mundial de las 25 especies de tortugas terrestres y de agua dulce con mayor amenaza de desaparición por TCC (2011). Desde 1982, está en el Apéndice II por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2005), y en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN en la categoría “En Peligro Crítico de Extinción” (Critically Endangered: CR) (IUCN, 2013).

Los métodos de manejo para la crianza de *D. mawii* provienen de la experiencia de los pobladores rurales locales y de los criadores en granjas, pero muy poco de la investigación científica. Los resultados de las iniciativas para la crianza en cautiverio de la especie no están documentados, pero se reconoce que *D. mawii* se reproduce en cautiverio aunque sus condiciones de salud no son óptimas (Rangel *et al.*, 2009). La viabilidad de estas poblaciones para usarlas en planes de recuperación de poblaciones silvestres es cuestionable (Syed *et al.*, 2007).

Por tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el estado físico de *D. mawii* y del ambiente donde se mantienen colonias de tortugas en tres granjas del estado de Tabasco, México, tomando en cuenta aspectos del manejo que pueden afectar la condición de las tortugas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitios de estudio

Este estudio se realizó en mayo del 2011 en tres granjas, que reunían las colonias más numerosas de tortuga blanca en cautiverio en el estado de Tabasco: Granja de tortugas del Gobierno del estado de Tabasco (GOB, 18° 00' N, 93° 02' O), Granja de tortugas Arca de Noé (NOE, 18° 2' N, 92° 56' O) y Granja de tortugas Arroyo Tabasquillo (TAB, 18° 18' N, 92° 47' O).

### Evaluación de las tortugas

Treinta tortugas *D. mawii* fueron evaluadas en cada granja, 90 en total (9 machos y 81 hembras). Las tortugas estaban confinadas en un solo estanque rústico, excavado en la tierra, con diferentes dimensiones: 40×20 m en GOB, 25×18 m en TAB y 20×14 m en NOE. Cada tortuga se identificó con un sistema de marcaje (homogéneo para todas las granjas evaluadas) basado en la combinación de muescas en las escamas marginales del caparazón, adaptado del método sugerido por Cagle (1939).

IUCN Red List of Endangered Species in the category of Critically Endangered: CR) (IUCN, 2013).

Management methods for breeding *D. mawii* are based on the experience of the local rural population and turtle farmers, but on very little or no scientific research. The results of the initiatives for breeding the species in captivity are not well documented. It is recognized, however, that *D. mawii* reproduces in captivity even though conditions are not optimal (Rangel *et al.*, 2009). The feasibility of using these populations in plans to recover wild populations is questionable (Syed *et al.*, 2007).

Therefore, the objective of this study was to assess the physical condition of *D. mawii* and the environment in which turtle colonies are kept on three farms in the state of Tabasco, Mexico, taking into account aspects of management and husbandry that can affect the conditions of the turtles.

## MATERIALS AND METHODS

### Study sites

This study was conducted in May, 2011, on the three turtle farms with the largest colonies of turtles in captivity in the state of Tabasco: Tabasco State Government Turtle Farm (GOB, 18° 00' N, 93° 02' W), Arca de Noé Turtle Farm (NOE, 18° 2' N, 92° 56' W) and Arroyo Tabasquillo Turtle Farm (TAB, 18° 18' N, 92° 47' W).

### Turtle assessment

Thirty *D. mawii* turtles were assessed on each farm, totaling 90 (9 males and 81 females). The turtles were confined in a single dug out rustic pond of different dimensions: 40×20 m in GOB, 25×18 m in TAB and 20×14 m in NOE. The individual turtles were identified with a marking system (the same systems for all of the farms assessed), based on a combination of notches on the plates of the shell edge, an adaptation of the method suggested by Cagle (1939).

The turtles were obtained by dragging the tanks with a fish net on the same day or the day before assessment. Assessment consisted of 1) anamnesis (clinical history) to gather information on previous management and diseases of the turtles; 2) an individual physical examination of body biometrics, that is, weight (kg), straight carapace length (SCL, cm), as well as basic data for identification and history of each turtle. External conditions of the head, shell, extremities and cloaca, behavior, posture and ectoparasites were also examined.

Las tortugas se obtuvieron mediante arrastre con paño de pesca en cada estanque, el mismo día o el anterior a la fecha de evaluación. La evaluación consistió en: 1) anamnesis (o historia clínica) para recopilar información sobre antecedentes de manejo y enfermedades en las tortugas; 2) un examen físico individual de la biometría corporal, esto es peso (kg) y largo recto del caparazón (LRC, cm), así como datos básicos de identificación de cada tortuga y antecedentes. Además se evaluó condiciones externas de la cabeza, caparazón, extremidades y cloaca, comportamiento, postura y ectoparásitos.

### Calidad del agua

Un día antes de recolectar las tortugas se tomó una muestra de agua del estanque, entre 11:00 y 13:00 h, a 0.5 m de profundidad. Luego se tomaron datos de la temperatura del agua y oxígeno disuelto con un medidor multiparamétrico (YSI Model 55<sup>®</sup>), y pH con un potenciómetro (pH Waterproof Tester HI 98127-Hanna Instruments<sup>®</sup>). Las muestras de agua se trasladaron refrigeradas al laboratorio de Análisis Físicoquímicos de la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, donde se midieron variables de la calidad del agua: sólidos suspendidos totales (método NMX-AA-034-SCFI-2001), nitratos (método NMX-AA-034-SCFI-2001), nitritos (método colorimétrico; De la Lanza-Espino and Hernández-Pulido, 1998), nitrógeno amoniacal (método 4500-NH<sub>3</sub> APHA – sal de fenol), fosfatos (método 4500-NH<sub>3</sub> APHA – cloruro estañoso), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) (método NMX-AA-028-SCFI-2001) y coliformes totales y fecales (método PROY-NMX-AA-042/1-SCFI-2008). En NOE el estanque era de reciente construcción y pocos días antes las tortugas fueron trasladadas a ese estanque.

Además, en cada granja se hizo un recorrido para observar la infraestructura y las condiciones del entorno en el cual las tortugas son manejadas, así como entrevistas estructuradas y semi-estructuradas al responsable técnico de la UMA y los operarios encargados del manejo directo de las tortugas. Las preguntas fueron para indagar: condiciones de las tortugas, infraestructura y ambiente, medidas sanitarias, alimentación, y administración. No se incluyeron aspectos de reproducción.

### Análisis de los datos

El peso y LRC de las tortugas evaluadas se compararon entre sitios de estudio mediante pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis (Estadístico H). Con la relación entre peso y LRC se analizaron las diferencias en la condición corporal (Blakey y Kirkwood, 1995) entre las colonias de tortugas manejadas en cada granja. Para tal fin, las líneas de regresión entre los logaritmos decimales

### Water quality

One day before collecting the turtles, a sample of water from the pond was taken between 11:00 and 13:00 at a depth of 0.5 m. Data of the site were then recorded: water temperature, dissolved oxygen (assessed with a multi-parametric YSI<sup>®</sup> Model 55 meter) and pH (assessed with a pH Waterproof Tester<sup>®</sup> HI 98127-Hanna Instruments potentiometer). The water samples were refrigerated and transported to the Physical-chemical Analysis Laboratory of the Academic Division of Biological Sciences of the Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. In the laboratory, the following water quality variables were measured: total suspended solids (method NMX-AA-034-SCFI-2001), nitrates (method NMX-AA-034-SCFI-2001), nitrites (colorimetric method; De la Lanza-Espino and Hernández-Pulido, 1998), ammonia nitrogen (method 4500-NH<sub>3</sub> APHA – phenol salt), phosphates (method 4500-NH<sub>3</sub> APHA – stannous chloride), biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>) (method NMX-AA-028-SCFI-2001), and total and fecal coliforms (method PROY-NMX-AA-042/1-SCFI-2008). In NOE, the pond was of recent construction and the turtles were transferred to that pond a few days before sampling.

In addition, each farm's infrastructure and the surrounding conditions in which the turtles are managed were observed and recorded. Structured and semi-structured interviews of the person in charge of the technical aspects of husbandry and of workers directly in charge of managing the turtles were carried out. The questions aimed to determine the conditions of the turtles, infrastructure and environment, sanitary measures, feeding and captive management. The interviews did not include aspects of reproduction.

### Data analysis

Turtle weight and straight carapace length (SCL) of the animals of each site were compared with those of the other sites using non-parametric Kruskal-Wallis tests (H statistic). Based on the relationship between weight and straight carapace length, differences in body condition were assessed and analyzed (Blakey and Kirkwood, 1995) among the turtle colonies of the three farms. To this end, the regression lines between decimal logarithms of turtle weight (kg) and SCL (mm) of each study site were compared using a simple ANOVA that analyzed differences between slopes and intercepts. The prevalence (affected individuals/total population) of external physical conditions was determined for each site and compared with the other farms.

The water quality variables of each study site were contrasted against the reference values for other fresh water aquaculture systems and the guidelines for protection of freshwater and wetland life contained in the "provisions applicable in matters

del peso (kg) y LRC (mm) de cada sitio de estudio se compararon mediante pruebas de ANDEVA simple que analizaron las diferencias entre pendientes y sitios de corte entre líneas de regresión. La prevalencia (individuos afectados/total de la población) de condiciones físicas externas se determinó para cada sitio, y se comparó entre granjas.

Las variables de la calidad del agua de cada sitio de estudio se contrastaron con los valores de referencia para sistemas acuícolas de agua dulce y los lineamientos para la protección de la vida acuática en aguas dulces y humedales contenidos en las “disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales” de la Ley Federal en Materia de Derechos (LFD-DAMAN) (CONAGUA, 2009), así como con aspectos sobre la calidad del hábitat de *D. mawii* en el medio silvestre (Zenteno *et al.*, 2010). Los análisis estadísticos se realizaron con Statgraphics Plus Versión 5.1. (2000) y con  $p \leq 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evaluación de las tortugas

Las tortugas evaluadas fueron adultas (LRC > 35 cm) o subadultas. En GOB, las tortugas presentaron promedios de peso  $4.9 \pm 2.3$  kg, y LRC  $32.8 \pm 53.7$  cm; en NOE sus medidas fueron  $5.4 \pm 1.5$  kg y  $33.1 \pm 28.7$  cm de LRC; y en TAB, el peso fue  $5.3 \pm 1.7$  kg, y su LRC  $33.0 \pm 49.1$  cm. El peso de las tortugas no varió entre granjas ( $H=1.3$ ;  $p=0.52$ ) ni su LRC ( $H=0.04$ ;  $p=0.98$ ).

La pendiente de las líneas de regresión entre el peso y LRC de las tortugas de cada granja no fue diferente ( $F=2.72$ ;  $p=0.07$ ) aunque sí lo fue en el intercepto del eje X ( $F=4.78$ ;  $p=0.0109$ ), lo cual indica diferencias en la relación masa corporal/longitud entre las tortugas; y GOB fue diferente a TAB y NOE (Figura 1).

Aunque el tamaño de las tortugas entre sitios de estudio no varió significativamente entre sitios, las diferencias en la relación entre peso y talla muestran que la colonia de tortugas blancas de GOB es distinta. Las desviaciones estándares del peso y LRC de GOB fueron mayores, y casi el doble, de los estimados para TAB y NOE. Esta situación se explica porque hay tortugas de diferentes tallas que vienen de más ciclos anuales reproductivos, ya que GOB inició actividades en 1999, pero la crianza es más reciente en TAB (2007) y NOE (2004).

La anamnesis no mostró antecedentes importantes sobre enfermedades recientes, cambios en la dieta

concerning national waters” of the Federal Law in Matters of Rights (LFD-DAMAN) (CONAGUA, 2009). Site variables were also compared with aspects of quality of *D. mawii*'s natural habitat in the wild (Zenteno *et al.*, 2010). Statistical analyses were carried out with Statgraphics Plus Version 5.1 (2000) at  $p \leq 0.05$ .

## RESULTS AND DISCUSSION

### Turtle assessment

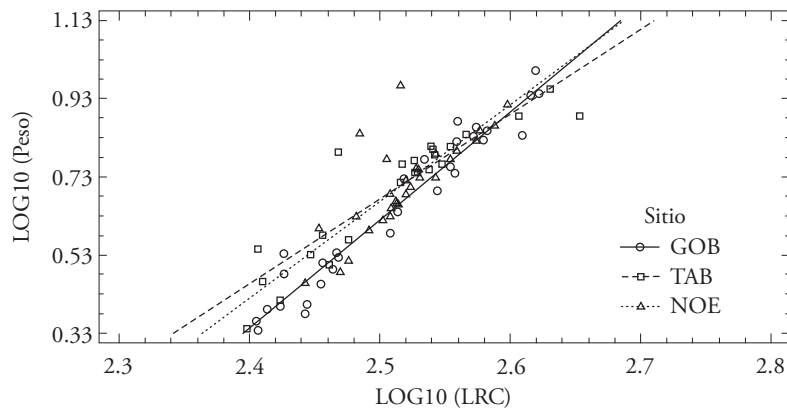
Adult (SCL > 35 cm) or subadult turtles were assessed. In GOB, the turtles had average weights of  $4.9 \pm 2.3$  kg and SLC of  $32.8 \pm 53.7$  cm. In NOE, the averages were  $5.4 \pm 1.5$  kg weight and  $33.1 \pm 2.87$  cm SCL, and in TAB, they were  $5.3 \pm 1.7$  kg weight,  $33.0 \pm 4.91$  cm of SCL. Turtle weight ( $H=1.3$ ;  $p=0.52$ ) did not vary among the farms, nor did SCL ( $H=0.04$ ;  $p=0.98$ ).

The slope of the regression lines between weight and SCL of the turtles of each farm were not different ( $F=2.72$ ;  $p=0.07$ ), although it was different in the x-intercept of the X-axis ( $F=4.78$ ;  $p=0.0109$ ), indicating differences in the ratio body mass/length between turtles; and GOB was different from TAB and NOE (Figure 1).

Although turtle size did not vary significantly among sites studied, the differences in weight:size ratio show that the river turtle colony of GOB is different. The standard deviations of weight and SCL in GOB were higher, almost double, than those estimated for TAB and NOE. This situation is explained by the different sizes of turtles from reproductive cycles of different years, since GOB initiated activities in 1999, whereas in TAB (2007) and NOE (2004) turtle rearing is more recent.

Anamnesis did not show any important background of recent illness, changes in diet, or unexpected behavior. The turtles are generally fed a diet of pellets for fish (extruded and floating), with 25 % to 32 % protein. The turtles' diet can also include fruits and vegetables (banana, lettuce, spinach, mango, manioc, and cucumber), or native vegetation (mazote, *Melampodium divaricatum*, and Jacinto de agua, *Eichhornia crassipes*). The type of food, its amount and feeding frequency vary from farm to farm depending on the economic possibilities for acquiring feed.

Figure 2 summarizes the most frequent undesirable external conditions of the turtles. Lesions on the



**Figura 1. Comparación de la relación entre el peso (kg) y el largo recto del caparazón (LRC, cm) en *Dermatemys mawii* de tres sitios: GOB, Granja de tortugas del Gobierno del estado de Tabasco; NOE, Granja de tortugas Arca de Noé; TAB, Granja de tortugas Arroyo Tabasquillo.**

**Figure 1. Comparison of the ratio mass (kg) to straight carapace length (SCL, cm) of *Dermatemys mawii* reared in three sites: GOB, Tabasco State Government Turtle Farm, NOE: Arca de Noé Turtle Farm, and TAB: Arroyo Tabasquillo Turtle Farm.**

o situaciones inesperadas en el comportamiento de las tortugas. Las tortugas son alimentados con dietas pélets para peces (extruidas y flotantes), con 25 % a 32 % de proteína. La dieta de las tortugas también puede incluir varios frutos y vegetales (plátano, lechuga, espinaca, mango, yuca, pepino) o vegetación nativa (arbusto mazote, *Melampodium divaricatum* y Jacinto de agua, *Eichhornia crassipes*). El tipo de alimento, su cantidad y frecuencia de suministro pueden variar en cada granja, según la posibilidad económica de adquirir el alimento.

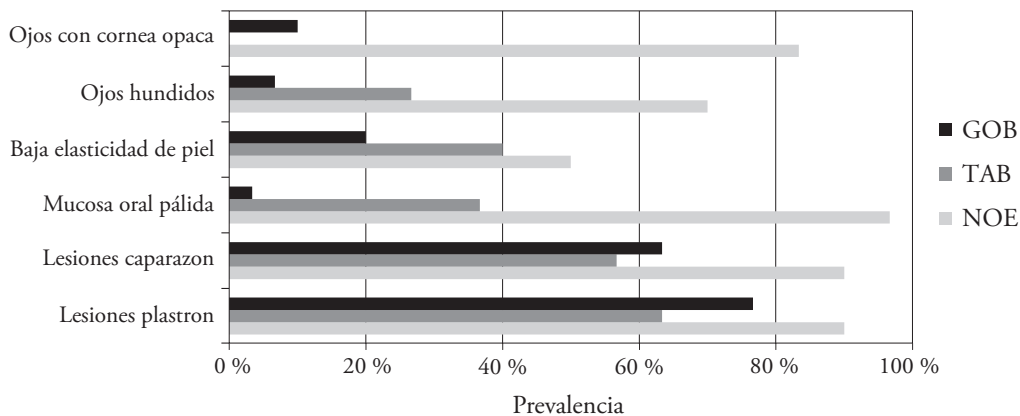
Las condiciones externas no deseables más frecuentes en las tortugas se resumen en la Figura 2. Las lesiones en el caparazón y plastrón fueron muy frecuentes en las tres granjas: la frecuencia mayor (90 %) fue en NOE, y varió de 55 a 75 % en las otras dos granjas. Estas lesiones eran heridas, con frecuencia superficiales, en apariencia causadas por traumas y erosiones asociadas al contacto entre las tortugas y el ambiente.

Las lesiones en el caparazón y plastrón de las tortugas blancas no son normales, ya que tortugas silvestres no exhiben esta condición (Rangel *et al.*, 2009). Las lesiones en caparazón pueden ser causadas por trauma, irritación química, problemas nutricionales, infecciones diversas, mala calidad del agua, sustratos abrasivos, hacinamiento, y medidas de cuidado insuficientes (Barten, 1996; McArthur, 2004). Las

carapace and plastron were very frequent in the three farms. The highest frequency was found in NOE (90 %) and varied from 55 % to 75 % in the other two farms. These lesions were wounds, often superficial and apparently caused by traumas and erosion associated with contact between turtles and with the environment.

The lesions on the carapace and plastron of captive turtles are not normal since wild turtles do not exhibit any lesions (Rangel *et al.*, 2009). The lesions on the carapace may be caused by trauma, chemical irritation, nutritional problems, diverse infections, poor water quality, abrasive substrates, overcrowding and insufficient measures for care of the turtles (Barten, 1996; McArthur, 2004). Injuries resulting from biting and scratching, may be due to aggressive behavior between turtles, which increases with overcrowding.

The number of turtles kept in the ponds, according to the managers of the farms, was 450 in GOB, 41 in TAB and 103 in NOE. Densities were, therefore, 0.56 turtles  $m^{-2}$  (2.95  $kg\ m^{-2}$ ) in GOB, 0.09 turtle  $m^{-2}$  (0.51  $kg\ m^{-2}$ ) in TAB and 0.37 turtles  $m^{-2}$  (1.99  $kg\ m^{-2}$ ) in NOE. The densities at which turtles are managed in GOB and NOE are considerably higher and thus can be a factor causing external lesions on these two farms. Density must be reduced to improve the external condition of the turtles. Turtle density in



**Figura 2.** Prevalencia condiciones no deseables en el examen físico externo de *Dermatemys mawii* mantenidas en cautiverio. GOB: Granja de tortugas del Gobierno del estado de Tabasco. NOE: Granja de tortugas Arca de Noé. TAB: Granja de tortugas Arroyo Tabasquillo.

**Figure 2.** Prevalence of undesirable conditions found during physical examination of *Dermatemys mawii* in captivity. GOB: Tabasco State Government Turtle farm, NOE: Arca de Noé Turtle Farm, and TAB: Arroyo Tabasquillo Turtle Farm.

heridas por mordeduras y arañazos, se pueden deber a la conducta agresiva entre tortugas, que aumenta con una sobrepoblación.

La cantidad de tortugas mantenidas en cada estanque, según informaron los responsables de cada granja, fue 450 en GOB, 41 en TAB y 103 en NOE. Las densidades en cada estanque fueron, por lo tanto, 0.56 tortugas  $m^{-2}$  (2.95  $kg\ m^{-2}$ ) en GOB, 0.09 tortugas  $m^{-2}$  (0.51  $kg\ m^{-2}$ ) en TAB y 0.37 tortugas  $m^{-2}$  (1.99  $kg\ m^{-2}$ ) en NOE. Así, la densidad de manejo es notablemente más alta en GOB y NOE, por lo cual puede ser un factor causante de las lesiones externas en estas dos granjas. Esta densidad se debe reducir para mejorar la condición externa de las tortugas. La densidad de tortugas en TAB es más baja (0.51  $kg\ m^{-2}$ ) que en GOB y NOE; sin embargo, las tortugas presentan abundantes lesiones en caparazón, por lo cual hay otros factores que determinan esta condición, como es la calidad del agua.

Las lesiones externas deben ser manejadas con precaución, ya que estas heridas pueden ser colonizadas por virus y microorganismos, que dependiendo de la condición inmunológica del organismo, pueden causar infecciones secundarias (Chinnadurai y DeVoe, 2009). En el medio acuático, los patógenos son variados y pueden aumentar por mala higiene del medio. Un riesgo sanitario adicional en los estanques es la presencia de otras especies: tortugas hicotetas (*Trachemys venusta*), peces introducidos, y especies incidentales (moluscos, reptiles, aves), porque estos

TAB is lower (0.51  $kg\ m^{-2}$ ) than in GOB and NOE. Nevertheless, the turtles exhibit abundant lesions on the carapace, and therefore other factors, such as water quality, determine this condition.

External lesions must be treated carefully since they can be colonized by viruses and microorganisms, which can cause secondary infections, depending on the immunological condition of the turtles (Chinnadurai and DeVoe, 2009). In an aquatic environment there is a variety of pathogens, which can increase due to poor hygiene. An additional sanitary risk in the ponds is the presence of other species: “jicotea” turtles (*Trachemys venusta*), introduced fish and incidental species (mollusks, other reptiles and birds), due to the fact that the ponds are in the open. The species that co-exist with the turtles in the ponds are potential carriers of parasites.

Pale coloring of oral mucosa was frequent only in NOE and could indicate anemia (McArthur, 2004). The symptom is not conclusive and more clinical information from blood is needed for a precise diagnosis (Rangel *et al.*, 2009). Apparently sunken eyes and loss of skin elasticity are signs of dehydration, (McArthur, 2004) were common in GOB and NOE. This condition may be associated with metabolic diseases, problems of physiological water balance, water quality and inappropriate nutrition (Donogue, 2006; Mitchel, 2006). Moreover, turtles of the NOE farm showed signs of eye irritation based on the high frequency of partial opacity of the cornea.

estanques están al aire libre. Las especies que conviven con las tortugas son potenciales transmisores de parásitos.

La palidez en la coloración de la mucosa oral fue frecuente sólo en NOE, e indicaría una aparente anemia (McArthur, 2004), pero este dato no es concluyente y se requiere más información clínica en sangre para un diagnóstico certero (Rangel *et al.*, 2009). Los ojos aparentemente hundidos y la pérdida de elasticidad de la piel fueron comunes en GOB y NOE, y son signos de deshidratación en las tortugas (McArthur, 2004). Esta condición puede estar asociada con enfermedades metabólicas, problemas con balance fisiológico del agua, calidad del agua y alimentación inapropiada (Donogue, 2006; Mitchel, 2006). Además, tortugas de la granja NOE mostraron signos de irritación en los ojos por la alta frecuencia de opacidad parcial en la córnea.

### Calidad del agua

Los estanques presentaron profundidades diferentes y agua turbia, con transparencia baja ( $>0.5$  m). GOB y NOE tenían niveles buenos de oxígeno disuelto ( $>3$  mg L<sup>-1</sup>). En TAB la aireación era poca ( $<3$  mg L<sup>-1</sup>) y la concentración de nitratos era mayor. GOB y TAB tuvieron los niveles más altos de DBO<sub>5</sub> y nitrógeno amoniacal. NOE tuvo los niveles más altos de sólidos suspendidos totales y ortofosfatos. GOB exhibió los mayores niveles de coliformes y un pH alcalino. Los niveles de referencia para pH fueron excedidos en GOB, para la DBO<sub>5</sub> en GOB y TAB, y para el oxígeno disuelto sólo en TAB. El nitrógeno amoniacal, sólidos suspendidos totales y coliformes fecales sobrepasaron los lineamientos en las tres granjas. El caso de las coliformes es llamativo en GOB porque los niveles sobrepasaron 24 veces el valor de referencia (Cuadro 1).

A partir de las entrevistas a los manejadores, se estableció que el agua para los estanques proviene, en orden de importancia, del subsuelo, arroyos cercanos, precipitaciones, pozos profundos e incluso de agua entubada para consumo humano. El nivel de agua en los estanques varía durante el año: hasta 3.5 m en temporada de lluvias (septiembre-octubre) y llegan a secarse en estiaje (abril-mayo) en GOB y TAB; NOE presenta menor variación, fluctuando entre 5 y 4 m en el año. Los estanques pueden ser

### Water quality

The ponds were of different depths and water was turbid with little transparency ( $>0.5$  m). GOB and NOE had good levels ( $>3$  mg L<sup>-1</sup>) of dissolved oxygen. In TAB, aeration was poor ( $<3$  mg L<sup>-1</sup>) and nitrate concentration was higher. GOB and TAB had the highest levels of BOD<sub>5</sub> and ammonia nitrogen. NOE had the highest levels of total suspended solids and orthophosphates. GOB exhibited the highest levels of coliforms and an alkaline pH. GOB exceeded the reference levels for pH and for BOD<sub>5</sub>, whereas TAB exceeded the reference levels for BOD<sub>5</sub> and dissolved oxygen. Ammonia nitrogen, total suspended solids and fecal coliforms surpassed guideline limits in the three farms. The case of coliforms in GOB is remarkable because levels are 24 times the reference values (Table 1).

Based on the interviews with managers, it was established that water for the ponds is obtained from, in order of importance, the subsoil, nearby streams, rainfall, deep wells and even the potable water system for human use. The level of the water in the ponds varies over the year: up to 3.5 m during the rainy season (September and October), and it dries up during the dry season (April and May) in GOB and TAB. In NOE, variation is less marked, fluctuating between 5 and 4 m during the year. The ponds can be filled when the water level noticeably descends or when the water temperature ascends.

None of the farms changes the water. The ponds at GOB and TAB have no drains, while NOE has a gate to assure that the pond does not flow over the pond edge. There are no systems of filtration, aeration or recirculation of the water in the ponds, and there is no water quality control. The rustic ponds have little or no tree vegetation near the banks and have no shade from the sun during the day.

The results of the water variables revealed that the ponds of the three farms had poor water quality. The low levels of transparency may be the result of excessive growth of plankton (promoted by an excess of nutrients in the water such as nitrogen and phosphorus) and the suspension of particulate sediment (Boyd, 1982).

Nitrogen in aquatic systems is found in three forms: ammonia nitrogen (ammonium-ammoniac), nitrites and nitrates. High concentrations in



**Cuadro 1. Variables fisicoquímicas y microbiológicas de la calidad del agua en estanques para la crianza de tortuga blanca en tres granjas. GOB: Granja de tortugas del Gobierno del Estado de Tabasco. NOE: Granja de tortugas Arca de Noé. TAB: Granja de tortugas Arroyo Tabasquillo.**

**Table 1. Physical-chemical and microbiological water quality variables in turtle rearing ponds in three turtle farms: GOB: Tabasco State Government Turtle farm; NOE: Arca de Noé Turtle Farm; TAB: Arroyo Tabasquillo Turtle Farm.**

Variable	GOB	TAB	NOE	Referencia
Temperatura, °C	32	27	27.5	--
Profundidad, m	0.4	1	5	--
Transparencia, m	0.05	0.05	0.3	--
pH	8.6	7.4	7.8	6.5-8.5 <sup>¶</sup>
Oxígeno disuelto, mg L <sup>-1</sup>	7.2	0.8	6.8	5 <sup>¶</sup>
DBO <sub>5</sub> , mg L <sup>-1</sup>	28.8	28.1	11.7	20 <sup>§</sup>
Orto-fosfatos, mg L <sup>-1</sup>	0.123	0.124	0.3	-
Nitrógeno amoniacal, mg L <sup>-1</sup>	1.638	1.764	0.073	0.06 <sup>¶</sup>
Nitritos, mg L <sup>-1</sup>	0.0035	0.0103	0.0116	
Nitratos, mg L <sup>-1</sup>	0.105	0.267	0.081	
Sólidos suspendidos totales, mg L <sup>-1</sup>	70	86.9	249	30 <sup>¶</sup>
Coliformes fecales, NMP <sup>†</sup> 100 m L <sup>-1</sup>	24000	4300	4300	1000 <sup>¶</sup>
Coliformes totales, NMP 100 m L <sup>-1</sup>	24000	9300	9300	

<sup>†</sup>NPM: número más probable. <sup>¶</sup>CONAGUA, 2009. <sup>§</sup>Boyd, 1998 <sup>‡</sup>MPN: most probable number. <sup>¶</sup>CONAGUA, 2009. <sup>§</sup>Boyd, 1998.

rellenados cuando el descenso del agua sea apreciable o la temperatura del agua sea elevada.

En ninguna granja se recambia el agua. Los estanques de GOB y TAB carecen de desagües, y en NOE hay una descarga de alivio para asegurar que el agua no rebase el borde del estanque. No hay sistemas de filtración, aireación o recirculación de agua en los estanques, y no hay control de la calidad del agua. Los estanques rústicos tienen poca o ninguna vegetación arbórea próxima a sus orillas, y están expuestos al sol casi todo el día.

Los resultados de variables del agua mostraron una calidad pobre de agua en las tres granjas. La falta de transparencia del agua puede deberse al crecimiento excesivo de plancton (promovidos por exceso de nutrientes, como nitrógeno y fósforo) y la suspensión de partículas de sedimento (Boyd, 1982).

El nitrógeno en los sistemas acuáticos se encuentra en tres formas: nitrógeno amoniacal (amonio-amoniaco), nitritos y nitratos, y su alta concentración en sistemas acuícolas se debe a fallas en el manejo del agua, sobrepoblación, alimentación excesiva y acumulación de materia orgánica (Roberts y Palmeiro, 2008). La forma más tóxica del nitrógeno amoniacal es el amoniaco (NH<sub>3</sub>) producido en condiciones de bajo oxígeno disuelto, pH alto y temperatura alta (Navarrete *et al.*, 2004). Los niveles de NH<sub>3</sub> en los

aquaculture systems are due to of water management failures, overpopulation, excessive feeding and accumulation of organic matter (Roberts and Palmeiro, 2008). The most toxic form of ammonia nitrogen is ammoniac (NH<sub>3</sub>), produced under conditions of low dissolved oxygen, high pH and high temperature (Navarrete *et al.*, 2004). Of total content ammonia nitrogen, NH<sub>3</sub> in the turtle ponds was 27.7 % in GOB, 0.7% in TAB and 6.6 % in NOE. That is the NH<sub>3</sub> concentrations were 0.45 mg L<sup>-1</sup> in GOB, 0.012 in TAB mg L<sup>-1</sup> and less than 0.005 mg L<sup>-1</sup> in NOE (calculated following Boyd, 1982).

High concentrations of NH<sub>3</sub> can compromise the health of aquatic animals, such as fish and invertebrates, and so it is a variable that is closely monitored in aquaculture systems (Hargreaves, 1998). NH<sub>3</sub> levels below 0.06 mg L<sup>-1</sup> are safe for fish growth (Boyd, 1982). But the effect of excess NH<sub>3</sub> on water turtle health is unknown; it is toxic, however, for the central nervous system of land turtles and its elimination requires large quantities of water (Holz, 2006). High levels of NH<sub>3</sub> in GOB and TAB can be important during the season of minimum rainfall and highest environmental temperature, when water temperature increases and, above all, if water pH is higher than 7; all of this favor synthesis of NH<sub>3</sub>. Measures recommended for reducing

estanques de las granjas fueron 27.7 % en GOB, 0.7% en TAB y 6.6 % en NOE, del  $\text{NH}_3$  total; es decir, la concentración de  $\text{NH}_3$  fue  $0.45 \text{ mg L}^{-1}$  en GOB,  $0.012 \text{ mg L}^{-1}$  en TAB y menor de  $0.005 \text{ mg L}^{-1}$  en NOE (calculado según Boyd, 1982).

Excesivas concentraciones de  $\text{NH}_3$  comprometen la salud de animales acuáticos, como peces e invertebrados, por lo cual es una variable vigilada en sistemas de acuicultura (Hargreaves, 1998). Niveles de  $\text{NH}_3$  inferiores a  $0.06 \text{ mg L}^{-1}$  son seguros para el crecimiento de peces (Boyd, 1982). Sin embargo, se desconoce el efecto del exceso del  $\text{NH}_3$  en el agua sobre la salud de las tortugas acuáticas, pero en tortugas terrestres es tóxico para el sistema nervioso central y exige grandes cantidades de agua para su eliminación (Holz, 2006). Los altos niveles de  $\text{NH}_3$  en GOB y TAB pueden ser importantes en temporadas de mínima precipitación y máxima temperatura ambiental, cuando la temperatura del agua aumenta y sobre todo si el pH del agua es mayor a 7, todo lo cual favorece la forma  $\text{NH}_3$ . Las medidas sugeridas para reducir el nitrógeno en los estanques son cambios frecuentes del agua (30 a 50 %), reducción temporal de la cantidad de alimento suministrado y disminuir la densidad de tortugas. El pH alcalino y los niveles bajos de oxígeno disuelto se deben evitar (Roberts y Palmeiro, 2008).

Los estanques en GOB y TAB presentaron los niveles mayores de  $\text{DBO}_5$ , una variable indicadora de la cantidad de materia orgánica en un sistema y de la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para procesarla (Sierra, 2011). En estos estanques, la carga alta de materia orgánica puede ser causada por la actividad primaria (organismos fotosintéticos), la acumulación de desechos de los organismos (heces y orina) o alimento no consumido. En un sistema acuático, la materia orgánica tiene una concentración inversa con el oxígeno disuelto, porque la oxidación de la materia orgánica requiere de oxígeno (Navarrete *et al.*, 2004). Las condiciones anóxicas en TAB sugieren una carga excesiva de desechos orgánicos.

Los valores altos de coliformes en las granjas es un riesgo sanitario para quienes estén en contacto con los estanques. Este tipo de bacterias está en intestinos de diferentes vertebrados y su presencia indica contaminación por heces (Sierra, 2011). La cantidad de coliformes detectada en este estudio evidencia un ambiente altamente contaminado por excrementos de las tortugas, que facilita el crecimiento de

nitrogen in the ponds include frequent changes of the water (30 to 50 %), temporary reduction of the amount of feed offered and reduction of turtle population density. Also, alkaline pH and low levels of dissolved oxygen in water should be prevented (Roberts and Palmeiro, 2008).

The GOB and TAB ponds had the highest levels of  $\text{BOD}_5$ , a variable that indicates the amount of organic matter in a system and the amount of oxygen required by microorganisms to process it (Sierra, 2011). In these ponds, the heavy load of organic matter may be due to primary activity (photosynthetic organisms), accumulation of wastes (feces and urine) or unconsumed feed. In an aquatic system, the amount of organic matter has an inverse relationship with the concentration of dissolved oxygen because oxidation of organic matter requires oxygen (Navarrete *et al.*, 2004). The anoxic conditions in TAB suggest an excessive load of organic waste.

The high number of coliforms found in the water is a health risk for those that have contact with the turtle ponds. This type of bacteria is present in the intestines of different vertebrates, and their presence indicates contamination by feces (Sierra, 2011). The number of coliforms detected by this study gives evidence of an environment highly contaminated by turtle excrement, which facilitates growth of microorganisms that are potentially harmful for humans and animals. To reduce bacterial density, a complete change of pond water is necessary followed by frequent partial changes. Another technique is sterilization of the water with ozone or UV rays (Stamper and Semmen, 2012), but its high cost makes its use difficult given the socioeconomic conditions of the farms.

There are no protocols for breeding *Dematemys* turtles in captivity, but aspects of their biology and of the natural quality of their habitat are known and can be used in their management in captivity. The turtle prefers natural environments of high quality and abundant riparian vegetation for refuge (Rangel *et al.*, 2009; Zenteno *et al.*, 2010). In the wild, *D. mawii* has been registered in aquatic environments on average 1.56 m deep, transparent to 1.50 m, with  $8.05 \text{ mg L}^{-1}$  dissolved oxygen and up to 90 % vegetation cover for refuge (Zenteno *et al.*, 2010). The studied ponds are far from these natural environmental conditions.

microorganismos potencialmente nocivos para las personas y para los animales. Para reducir este contenido de bacterias se requiere un cambio completo del agua del estanque, y recambios parciales frecuentes. Otra técnica es la esterilización del agua mediante ozono o rayos UV (Stamper y Semmen, 2012), pero su costo alto dificulta su uso dadas las condiciones socioeconómicas de las granjas.

No hay protocolos para la crianza en cautiverio de tortuga blanca, pero se conocen aspectos de su biología y calidad de su hábitat natural, que se pueden usar para su manejo en cautiverio. Esta tortuga prefiere ambientes naturales con calidad ambiental alta, y vegetación riparia abundante para su refugio (Rangel *et al.*, 2009; Zenteno *et al.*, 2010). Las aguas naturales, con poblaciones de tortuga blanca, tienen en promedio 1.56 m de profundidad, 1.50 m de transparencia, 8.06 mg L<sup>-1</sup> de oxígeno disuelto y refugio de hasta 90 % (Zenteno *et al.*, 2010). Los estanques evaluados distan de estas cualidades ambientales.

Más allá de las deficiencias en las granjas evaluadas, los éxitos y fracasos se deben analizar desde una óptica propositiva. Muchos avances en el tema se lograron con aprendizaje empírico, el cual se puede obtener mediante el manejo adaptativo, definido como la estrategia que permite aprender al hacer (Reever-Morghan *et al.*, 2006). El manejo adaptativo implica usar la técnica actual para evaluar otras alternativas y adquirir conocimiento confiable sobre un sistema, aprendiendo de las pruebas que funcionan o no funcionan. Este tipo de manejo es planeado y conducido como un experimento y mantiene comunicación entre investigadores y productores; así, las decisiones de trabajo pueden mejorarse con el resultado de estudios sobre el sistema (Enck *et al.*, 2006; Reever-Morghan *et al.*, 2006). Con base en nuestro estudio hay líneas potenciales de un manejo adaptativo para resolver necesidades como la definición de la densidad adecuada de tortugas por estanque o de los rangos óptimos de operación para diversas variables de la calidad del agua.

## CONCLUSIONES

La densidad de tortugas y la calidad del agua afectó el estado físico de *Dermatemys mawii* en cautiverio en los estanques. Las granjas estudiadas presentan problemas relacionados con la frecuen-

Beyond the deficiencies of the studied farms, the successes and failures should be analyzed from a constructive perspective. Much of the progress in the topic has been achieved through empirical learning, which can be acquired by adaptive management, defined as the learning by doing strategy (Reever-Morghan *et al.*, 2006). Adaptive management involves using the current techniques in order to evaluate other alternatives and acquiring reliable knowledge of a system, learning from trials that work and from those that do not work. This type of management is planned and conducted like an experiment and maintains communication between researchers and producers. In this way, decisions about the work can improve using results of studies on the system (Enck *et al.*, 2006; Reever-Morghan *et al.*, 2006). Based on our study, there are potential lines of adaptive management for solving problems, such as turtle defining adequate population density in each pond or optimal operational ranges for diverse water quality variables.

## CONCLUSIONS

Turtle density and pond water quality affected the physical state of *Dermatemys mawii* in captivity in the ponds. The studied farms have problems related to high frequency of external lesions on the carapace, in which overcrowding and poor water quality have are important likely causative factors. To establish suitable conditions that would minimize the incidence of physical lesions, the number of turtles per pond must be reduced. Frequent partial changes of pond water (as well as complete changes) must be done to reduce organic matter and to control fecal coliforms. Routine monitoring of water, adjustments in pond water management, and examination of turtle health are also required.

—End of the English version—



cia alta de lesiones externas en caparazón, donde el hacinamiento y la calidad baja del agua tienen una función muy importante. La cantidad de tortugas por estanque se debe reducir para establecer las

condiciones adecuadas de densidad de tortugas que minimicen la incidencia de lesiones físicas. Recambios frecuentes de agua (parciales y totales) en los estanques se deben realizar para reducir la materia orgánica y controlar las coliformes fecales. Además se requieren rutinas de supervisión de la calidad del agua, ajuste al manejo del agua en los estanques, y revisar la salud de las tortugas.

### AGRADECIMIENTOS

A la Granja de Tortugas del Gobierno del Estado, a la Granja de Tortuga Arroyo Tabasquillo y a la Granja de Tortugas Arca de Noé, por brindar el permiso para trabajar en sus instalaciones y con sus animales. A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco que apoyó con materiales, equipo y recursos económicos a través del proyecto UJAT-2008-C04-48. A SEMARNAT por otorgar el permiso para trabajar con la especie (SGPA/DGVS/07623/10). A CONACYT que dio beca para realizar estudios de doctorado al primer autor (número 239501).

### LITERATURA CITADA

- Aguirre L., G., B. Sánchez L., y E. Cázares-H. 2002. Conservación y aprovechamiento del chopontil: *Claudius angustatus*. Instituto de Ecología. México. 10 p.
- APHA, 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 20th Edition. Washington D.C. 1220 p.
- Barten, S. L. 1996. Shell damage. *In*: Mader, D. R. (ed). Reptile Medicine and Surgery. W.B. Saunders Co., Philadelphia. pp: 413-417.
- Blakey, C. S. G., and J. K. Kirkwood. 1995. Body mass to length relationships in chelonians. *Vet. Record* 136: 566-568.
- Boyd, C. E. 1982. Water Quality Management for Pond fish Aquaculture. Developments in Aquaculture and Fisheries Science. Vol. 9. Elsevier Publishers B.V. Netherlands. 318 p.
- Cagle, F. R. 1939. A system of marking turtles for future identification. *Copeia* 1939: 170-173.
- Chinnadurai, S. K., and R. S. DeVoe. 2009. Selected infectious diseases of reptiles. *Vet. Clinics Exotic Anim. Practice* 12: 583-596.
- CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). 2005. Informe de la vigésima primera reunión del comité de fauna AC21 Doc. 11.2. 20 a 25 de mayo. Ginebra. 23 p.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2009. Ley Federal de Derechos. Disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Mexico. 97 p.
- CONABIO-DGVS-CONANP (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Dirección General de Vida Silvestre-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2009. Estrategia nacional para la conservación y el manejo sustentable de la tortuga blanca (*Dermatemys mawii*) en México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 33 p.
- De la Lanza E., G., y S. Hernández-P. 1998. Nutrientes y productividad primaria en sistemas acuícolas. *In*: Martínez C., L. R. (ed.). Ecología de los Sistemas Acuícolas: Bases Ecológicas para el Desarrollo de la Acuicultura. A.G.T. Editor S.A., México. 221 p.
- De la Ossa V., J. L., y R. R. Riaño S. 1999. Guía para el manejo, cría y conservación de la Hicotea o Jicotea: *Trachemys scripta callirostris*. Convenio Andrés Bello. Bogotá. 40 p.
- Diario Oficial de la Federación, 2000. Ley General de Vida Silvestre: [http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/vidasilvestre/Documents/NAWCA/Ley\\_GVS.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/vidasilvestre/Documents/NAWCA/Ley_GVS.pdf). (Consulta: julio 2013).
- Donogue, S. 2006. Nutrition. *In*: Mader, D. R. (ed). Reptile Medicine and Surgery. 2nd ed. Saunders-Elsevier. Saint Louis. pp: 251-258.
- Enck, J. W., D. J. Decker, D. J. Riley, J. F. Organ, L. H. Carpenter, and W. F. Siemer. 2006. Integrating ecological and human dimensions in adaptive management of wildlife-related impacts. *Wildlife Soc. Bull.* 34: 698-705.
- Hargreaves, J. A. 1998. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture* 166: 181-212.
- Higgins, B. M. 2003. Sea turtle husbandry. *In*: Lutz, P. L., J. A. Musick, and J. Wyneken (eds). The Biology of Sea Turtles, Vol 2. CRC Marine Biology Series 4. pp: 411-440.
- Holz, P. 2006. Renal anatomy and physiology. *In*: Mader D. R. (ed). Reptile Medicine and Surgery. Saunders Elsevier. St. Louis. pp: 135-144.
- IUCN. 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. (Consulta: julio 2013).
- Mitchel, M. A. 2006. Therapeutics. *In*: Mader D. R. (ed). Reptile Medicine and Surgery. Saunders Elsevier. St. Louis. pp: 631-664.
- McArthur, S. 2004. Interpretation of presenting signs. *In*: McArthur, S., R. Wilkinson, and J. Meyer (eds). Medicine and Surgery of Tortoises and Turtles. Blackwell Publishing, Ltd. Oxford. pp: 273-300.
- Navarrete S., N. M., G. E. Fernández, G. Contreras R., M. L. Rojas B., y R. Sánchez M. 2004. Piscicultura y Ecología en Estanques Dulceacuícolas. AGT Editor S.A. México. 180 p.
- Polisar, J., and R. H. Horwich. 1994. Conservation of the large, economically important River Turtle *Dermatemys mawii* in Belize. *Conservation Biol.* 8: 338-340.
- Rangel M., J., M. Weber, C. E. Zenteno R., M. A. López L., and E. Barba M. 2009. Hematology and serum biochemistry comparison in wild and captive Central American river turtles (*Dermatemys mawii*) in Tabasco, Mexico. *Res. Vet. Sci.* 87: 313-318.
- Reever-Morghen, K. J., R. L. Sheley, and T. J. Svejcar. 2006. Successful adaptive management —the integration of research and management. *Rangeland Ecol. Manage.* 59: 216-219.
- Roberts, H., and B. S. Palmeiro. 2008. Toxicology of aquarium fish. *Vet. Clinics Exotic Anim. Practice* 11: 359-374.
- SCFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial). 2001a. NMX-AA-034-SCFI-2001, Análisis de agua - determinación de sólidos y sales Disueltas en aguas naturales, residuales y Residuales tratadas - Método de prueba. Diario Oficial de la Federación. México 18 p.
- SCFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial). 2001b. NMX-AA-079-SCFI-2001, Análisis de aguas - determinación de nitratos en aguas naturales, potables,

- residuales y residuales tratadas - Método de prueba. Diario Oficial de la Federación. México. 27 p.
- SCFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial). 2001c. NMX-AA-028-SCFI-2001, Análisis de agua - determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en aguas naturales, residuales (DBO<sub>5</sub>) y residuales tratadas - Método de prueba. Diario Oficial de la Federación. México. 24 p.
- SCFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial). 2008. PROY-NMX-AA-042/1-SCFI-2008, Detección y enumeración de organismos coliformes, organismos coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* presuntiva. Diario Oficial de la Federación. México. 30 p.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. México. 77 p.
- Sierra R., C. A. 2011. Calidad del Agua: Evaluación y Diagnóstico. Universidad de Medellín. Bogotá. D.C. 457 p.
- Stamper, M. A., and K. J. Semmen. 2012. Basic water quality evaluation for zoo veterinarians. *In*: Miller, E. R., and M. Fowler (eds). *Fowler's Zoo and Wildlife Medicine. Current Therapy*. Vol. 7. Elsevier Saunders, St. Louis. pp: 177-186.
- Statgraphics plus 5.1. 2000. Rockville: Statistical Graphics Corporation.
- Syed, G. P., H. Ota, K. A. Buhlmann, and M. R. J. Forstner. 2007. Genetic considerations for captive breeding and translocation of freshwater turtles and tortoises for conservation. *Chelonian Res. Monogr.* 4: 157-167.
- TCC (Turtle Conservation Coalition). 2011. Rhodin, A.G.J., A.D. Walde, B.D. Horne, P.P. van Dijk, T. Blanck, and R. Hudson (eds). *Turtles in trouble: the world's 25+ most endangered tortoises and freshwater turtles—2011*. Lunenburg, MA: IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group, Turtle Conservation Fund, Turtle Survival Alliance, Turtle Conservancy, Chelonian Research Foundation, Conservation International, Wildlife Conservation Society, and San Diego Zoo Global. 54 p.
- Vogt, R. C., J. R. Polisar, D. Moll, and G. Gonzalez-Porter. 2011. *Dermatemys mawii* Gray 1847 – Central American River Turtle, Tortuga Blanca, Hickatee. *In*: Rhodin, A. G. J., P. C. H. Pritchard, P. P. van Dijk, R. A. Saumure, K. A. Buhlmann, J. B. Iverson, and R. A. Mittermeier (eds). *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*. *Chelonian Res. Monogr.* 5: 058.1-058.12.
- Wood, F. 1991. Turtle culture. *In*: Nash, C. E. (ed). *Production of Aquatic Animals*, World Animal Science. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam.
- Zenteno R., C. E., E. Barba M., J. Bello G., y S. Ochoa G. 2010. Caracterización espacio-temporal del hábitat y presencia de *Dermatemys mawii* (Testudines: Dermatemydidae) en la cuenca del Grijalva-Usumacinta, Tabasco, México. *Rev. Biol. Trop.* 58: 1247-1260.