

REVISIÓN

Procesos metodológicos para la colocación de transmisores satelitales en tortugas marinas de caparazón duro en playas de anidación

Methodological processes for the placement of satellite transmitters in hard-shelled sea turtles on nesting beaches

Sandra A. Gallegos-Fernández¹, Eduardo Cuevas^{1,2,*} y María de los Ángeles Liceaga-Correa¹

¹Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Laboratorio de Percepción Remota y SIG, Carretera antigua a Progreso km 6 S/N, C.P. 97310, Mérida, Yucatán, México.*ecuevas@cinvestav.mx

²Afiliación actual: CONACYT- Universidad Autónoma del Carmen, Centro de Investigación de Ciencias Ambientales de la Facultad de Ciencias Naturales, Calle 56 N° 4 Esq. Av. Concordia, Col. Benito Juárez, C.P. 24180, Ciudad del Carmen, Campeche, México

Abstract.- Sea turtles are migratory species that occupy several marine and coastal habitats along their different life stages. The study of the spatial and temporal distribution of these vertebrates has been revolutionized with technological advances such as satellite telemetry, which in the last two decades has substantially increased its implementation. This technology attends the need of knowing and locating their critical habitats (such as inter-nesting, migrating, feeding and mating) as well as know their migratory movements for the understanding of their biology and protection through the deployment of satellite transmitters on sea turtle individuals. Because the cost of a satellite transmitter is high, its effective deployment on a sea turtle in a quickly, safely, and firmly way is of vital interest to the researcher to ensure that the transmitter persists for an extended time maximizing the information contribution and benefit the research. In this context, the objective of this contribution is to describe and document experiences applying standardized and verified methodological steps for deploying satellite transmitters on hard shell marine turtles. This contribution represents a documented and step-by-step viable description on the path to have clear and versatile basis as reference for the satellite transmitter deployments.

Key words: Satellite telemetry, sea turtles, deployment, conservation and management

Resumen.- Las tortugas marinas son especies migratorias que ocupan diversos hábitats marinos y costeros a lo largo de toda su vida. El estudio de la distribución espacial y temporal de estos vertebrados se ha visto revolucionado con el avance de tecnologías como la telemetría satelital que en las últimas dos décadas ha incrementado sustancialmente su implementación. Esta tecnología atiende la necesidad de conocer y ubicar sus hábitats críticos (como son áreas de inter-anidación, migración, alimentación y reproducción) así como conocer sus movimientos migratorios para el entendimiento de su biología y protección, mediante la colocación de transmisores satelitales a individuos de tortugas marinas. Dado que el costo de un transmisor satelital es alto, su eficaz colocación en una tortuga de manera rápida, segura y firme es de vital interés para el investigador para procurar que el transmisor permanezca por un tiempo prolongado maximizando el aporte de información que favorezca a la investigación. En este contexto, el objetivo de la presente contribución es describir y documentar experiencias en la aplicación de pasos metodológicos para una colocación estandarizada y probada de transmisores satelitales en tortugas marinas con caparazón duro. Esta contribución representa una descripción documentada paso a paso en el camino de establecer bases claras y versátiles como referencia para el proceso de colocación de transmisores satelitales.

Palabras clave: Telemetría satelital, tortugas marinas, colocación, conservación y manejo

INTRODUCCIÓN

Las tortugas marinas son especies marinas altamente migratorias que ocupan diversos hábitats frecuentemente distantes (Mansfield *et al.* 2012). La telemetría satelital es una herramienta tecnológica de vanguardia que permite

estudiar animales marinos con un amplio rango de distribución y que utilizan hábitats oceánicos poco accesibles para los investigadores (Méndez *et al.* 2013).

En el caso de las tortugas marinas, la telemetría satelital permite conocer la ubicación del individuo, siendo útil

para la identificación de hábitats críticos marinos (James *et al.* 2005) que sean ambientes poco o nada conocidos donde las tortugas pasan la mayor parte de su vida (Méndez *et al.* 2013), proporcionando información sobre su comportamiento en las diferentes etapas de movimiento (interanidación, migración y alimentación) y rutas migratorias (Troëng *et al.* 2005).

La información que se genera a partir de las transmisiones satelitales es de gran valor estratégico para la planeación de esfuerzos de conservación y toma de decisiones ante amenazas específicas a las poblaciones de tortugas marinas y sus hábitats críticos (Shillinger *et al.* 2008, Witt *et al.* 2011). De manera particular, en México existen estudios donde se ha utilizado telemetría satelital para generar conocimiento ecológico básico como la identificación de movimientos pelágicos (Polovina *et al.* 2000), comportamientos migratorios, determinación de ámbitos hogareños y la influencia de factores físicos en patrones de movimiento de algunas especies (Nichols *et al.* 2000, Shaver & Rubio 2007, Cuevas *et al.* 2008, Méndez *et al.* 2013, Shaver *et al.* 2013 & 2016), los cuales son referencia en el manejo y monitoreo de los ecosistemas del Golfo de México, Caribe y Pacífico mexicanos.

Si bien son numerosas sus ventajas, los costos de un transmisor satelital son altos, por lo que es de interés primordial para los investigadores que su colocación en una tortuga sea eficaz, de manera rápida, segura y firme para que el transmisor pueda persistir fijo en el caparazón por un tiempo prolongado (Beavers *et al.* 1992), esto con la intención de maximizar la inversión realizada con la obtención del mayor acervo de datos posible, sin alterar significativamente el comportamiento del individuo estudiado.

Seney *et al.* (2010) recomiendan que los investigadores documenten de manera detallada los pasos realizados para la colocación de transmisores satelitales resaltando su importancia, debido a que la mayoría de las técnicas que se conocen para la colocación de transmisores son compartidas de manera informal a través de instrucciones verbales, escritas o por observación personal. Lo anterior es básico en la concepción de esta contribución en un ejercicio de documentación y descripción de los pasos a seguir para la colocación de transmisores satelitales en tortugas marinas de caparazón duro.

En este contexto, el objetivo de este documento es presentar detalladamente y a manera de manual el procedimiento para la colocación de transmisores satelitales en tortugas marinas de caparazón duro en sus

playas de anidación, basados en adecuaciones y adaptaciones de métodos y esquemas de aplicación empleados y reportados en diversos estudios a nivel internacional, así como documentación de la experiencia de más de 10 años. De manera particular, esta documentación se centra en las etapas de la colocación del transmisor, considerando que el grupo de investigadores que realizará la aplicación del transmisor tiene las capacidades técnicas y empíricas necesarias para un manejo adecuado de los individuos de tortuga marina que vayan a ser estudiados, además de poseer los permisos necesarios emitidos por las autoridades pertinentes.

Para realizar este documento se tomaron en cuenta experiencias en la aplicación de transmisores satelitales empleando los pasos que a continuación se describen para el trabajo con individuos de tortuga blanca (*Chelonia mydas*), tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), tortuga caguama (*Caretta caretta*) y tortuga lora (*Lepidochelys kempii*) en sus playas de anidación.

RECOMENDACIONES PREVIAS A LA COLOCACIÓN DEL TRANSMISOR SATELITAL

Antes de realizar este tipo de trabajos es importante consultar con las autoridades locales de cada país los permisos necesarios para el manejo de estas especies protegidas por tratados de conservación de la biodiversidad y la naturaleza en todo el mundo. En el caso particular de México, es necesario obtener un permiso de colecta científica expedido por la Dirección General de Vida Silvestre de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el cual contiene las especificaciones sobre las técnicas de investigación a realizar. Para el manejo de las tortugas en playas de anidación es importante considerar las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana (NOM-162-SEMARNAT-2012)¹ que establece los criterios para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación.

Otro aspecto importante que considerar es la preparación y verificación de todos los materiales a utilizar en la colocación (Tabla 1).

¹ NORMA Oficial Mexicana NOM-162-SEMARNAT-2012, Que establece las especificaciones para la protección, recuperación y manejo de las poblaciones de las tortugas marinas en su hábitat de anidación.< http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5286506&fecha=01/02/2013>

Tabla 1. Listado de materiales utilizados para la colocación de transmisores satelitales en tortugas marinas de caparazón duro
/ List of materials used for the placement of satellite transmitters in hard-shelled sea turtles

Materiales (uso)	
- Transmisor satelital	- Hojas de lija de agua (N° 80 y 600) (Limpieza del caparazón)
- Pegamento epóxico de secado rápido (Devco Deb-Pak). (Fijación de transmisor)	- Brochas de pintar de 1 y 1,5 pulgadas de ancho (Aplicación de pegamento)
- Pistola dispensadora de pegamento epóxico. (Manejo de pegamento)	- Tijeras. (Uso general)
- Tiras de tela de fibra de vidrio cortada de acuerdo con el tamaño y modelo del transmisor. (Fijación de transmisor)	- Cinta adhesiva <i>Masking tape</i> . (Protección de la Tortuga y componentes del transmisor)
- Plastilina epóxica Loctite Metal Magic Steel™. (Fijación de transmisor)	- Franela. (Para manejo de la tortuga)
- Guantes de látex o nitrilo. (Seguridad personal)	- Bolsas con cerrado sellado (para guardar la fibra de vidrio). (Uso general)
- Espátula. (Limpieza del caparazón)	- Bidón de plástico con agua dulce. (Limpieza del caparazón)
- Líquido desinfectante (alcohol). (Limpieza del caparazón)	- Imán para activación de transmisor (si aplica). (Encendido del transmisor)
- Toallas de papel. (Limpieza del caparazón)	- Bolsa de plástico grande para basura (>10 galones de capacidad). (Uso general)
- Vasos de cartón. (Manejo de pegamento)	- Formato de campo. (Colecta de datos)
- Depresores de lengua de madera (abatelenguas). (Manejo de pegamento)	- Multiherramientas (pinza y navaja). (Limpieza del caparazón y uso general)

Previo al ingreso a la playa de anidación es necesario realizar una revisión del listado del material, ya que cualquier olvido de material puede comprometer la colocación del transmisor.

Es importante que el transmisor esté limpio al momento de la colocación, removiendo con una franela o papel suave el polvo o cualquier material que pudiera tener (grasa).

DESCRIPCIÓN DE TRANSMISORES SATELITALES CON INTERRUPTOR DE AGUA SALADA

Un transmisor satelital es una plataforma de transmisión de datos de ubicación y otras variables (ambientales y de comportamiento, entre las más frecuentes) del cual existen diversos diseños, desarrollado para proporcionar características hidrodinámicas y de peso que causen la menor afectación al individuo (Silman *et al.* 2002). La mayoría de los transmisores satelitales utilizan un sistema de encendido conocido como interruptor de agua salada (Salt Water Switch), el cual consta de dos terminales (tornillos) expuestos en el transmisor. Este sistema controla el encendido y apagado de la terminal para definir cuando la tortuga se encuentra fuera del agua (cuando el individuo está en la superficie del mar) y comienza a

transmitir datos (Wildlife Computers)². Por tal motivo, es preciso cubrir las terminales con cinta adhesiva de papel para evitar que en el proceso de colocación el pegamento los cubra y cause interferencias con el sistema de transmisión de la plataforma.

Los transmisores que se han utilizado en experiencias anteriores por este grupo de trabajo son de las marcas Telonics™ modelo TAM 4510-3 (con dimensiones 150 x 73 mm) y Wildlife Computers™ modelos SPOT 352-B (72 x 56 x 38 mm) y SPLASH 10-309A (75.6 x 56 x 31.8 mm).

MANEJO DEL INDIVIDUO DE ESTUDIO

Una vez que se ha avistado al individuo y se ha verificado que es de la especie de interés, es importante reconocer la fase de comportamiento anidatorio en que se encuentra el individuo, por ejemplo, puede encontrarse subiendo a la playa, haciendo cama, desovando, tapando el nido o ya en camino de regreso al mar. Es conveniente capturar a la tortuga una vez que haya finalizado el proceso de anidación, cuando se disponga a regresar al mar.

²Wildlife Computers, Turtle tagging tips Hell Sheet. V.15-04; <www.wctags.com>

En todo momento se debe asegurar la comodidad e integridad física de la tortuga durante su manejo, evitando que el individuo se lastime durante los trabajos de captura y colocación del transmisor. Así como tomar las precauciones pertinentes para no provocar estrés durante el manejo de la tortuga (utilizar únicamente lámparas con luz roja, no tomar fotografías con flash y minimizar el ruido que se genere durante los trabajos).

Es importante contar con los recursos humanos suficientes para el control del individuo. El número de personas conveniente para poder controlar al animal va a depender de la especie de estudio. En el caso de una tortuga lora (*L. kempii*) o una tortuga carey (*E. imbricata*) es probable que se requieran como mínimo dos personas que controlen a la tortuga, pero si se trata de una tortuga blanca (*C. mydas*) o una tortuga caguama (*C. caretta*) será necesario contar con al menos cuatro personas capaces de controlarla para lograr la colocación exitosa del transmisor. Es necesaria una persona para colocar el transmisor y otra persona para preparar y proporcionar los materiales y llenar el formato de campo.

La tortuga debe sujetarse de manera segura en una posición cómoda que no comprometa su integridad física, a la vez que facilite el trabajo de las personas que colocarán el transmisor. Una estrategia implementada por veterinarios especialistas en el manejo de tortugas marinas, para minimizar el estrés y promover que se tranquilice, es el cubrir los ojos de la tortuga con una franela (com. pers. Ana Negrete Philippe)³, cuidando de no tapar las narinas y boca para que respire con normalidad.

Si la colocación del transmisor se realiza en un área cerrada, el individuo capturado debe colocarse sobre una superficie plana acolchonada. Cuando el trabajo se realice al aire libre se recomienda colocar al individuo sobre un neumático de auto con el diámetro apropiado para la longitud del caparazón, para manejar adecuadamente al individuo.

Una vez que se tiene controlada a la tortuga y previo a la colocación del transmisor, se debe realizar el registro de las medidas morfométricas, pues una vez colocada éste cualquier medición será alterada por la plataforma.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE COLOCACIÓN DEL TRANSMISOR SATELITAL CON SENSOR DE AGUA SALADA A UN INDIVIDUO DE TORTUGA MARINA DE CAPARAZÓN DURO

El proceso de colocación de transmisor satelital que se describe a continuación, se inicia basado en experiencias de colaboración con colegas expertos en este tipo de trabajos en el Gran Caribe y Golfo de México (com. pers. Robert P. van Dam 2005⁴, Raúl González Díaz Mirón 2016⁵); y técnicas estandarizadas utilizadas en estudios similares en México (Cuevas *et al.* 2008; Méndez *et al.* 2013) además de numerosos estudios a nivel internacional en los que se han empleado transmisores satelitales desde décadas atrás, y cuyas técnicas han sido adaptadas en este protocolo en distinta medida debido a la disponibilidad de materiales y condiciones de trabajo en las playas de anidación.

Para colocar el transmisor sobre el caparazón de la tortuga se debe ubicar una posición óptima, la cual se sugiere sea de forma convencional entre el primero y segundo escudo supracaudal sobre la línea media dorsal en el extremo craneal. La zona para la colocación del transmisor debe limpiarse y lavarse, eliminando epibiontes, arena y macroalgas con ayuda de una espátula, al mismo tiempo que se enjuague con agua dulce para remover cualquier residuo que pudiera interferir con la curación adecuada del pegamento.

En este proceso de limpieza del caparazón se debe pulir cuidadosamente la zona de fijado con una lija de agua (se recomienda grano 80 para el inicio y 600 para detalles finales), únicamente lo necesario para conseguir una superficie porosa adecuada para mejor agarre y pegado del adhesivo (Fig. 1). La zona lijada se debe enjuagar con agua dulce y secar con toallas de papel. Posteriormente, se aplica alcohol con un atomizador y se limpia el área de colocación del transmisor con toallas de papel. Una vez aplicado y secado el área, es importante no tocar esa zona para mantener las condiciones de limpieza.

³M.V.Z. Ana Negrete Philippe, Experiencias Xcaret <anegrete@experienciasxcaret.com.mx>

⁴Robert P. van Dam. 2005. Investigador. Chelonia, Inc. <rpvandam@yahoo.com>

⁵Biol. R. de Jesús González Díaz M. 2016. Responsable del Programa de Protección y Conservación de la Tortuga Marina en el Acuario de Veracruz. <tortugasmarinas@acuariodeveracruz.com>



Figura 1. Lijado de la zona de fijado en el caparazón de una tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*) / Sanding of the fixing area on the carapace of a hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*)

Figura 2. Aplicación de pegamento epóxico en la parte inferior del transmisor y en el área del caparazón de una tortuga carey (*E. imbricata*) donde se colocará el transmisor / Application of the epoxy adhesive on the underside of the transmitter and on the carapace area of a hawksbill turtle (*E. imbricata*) where the transmitter will be placed



Procedimiento para el uso del pegamento epóxico de secado rápido (*e.g.*, Marca Devco 5 min): La cantidad de pegamento a utilizar dependerá del tamaño del transmisor a colocar, por ejemplo, el tamaño máximo de uno de los transmisores colocados fue de 150 x 73 mm (Telonics™) y la cantidad de pegamento generalmente utilizada es de 25 ml. Esta cantidad de pegamento se vierte en un vaso de cartón removiendo el pegamento rápidamente con un abatelenguas hasta homogeneizarlo. El pegamento sólo puede ser aplicado antes de que se endurezca, proceso de curación (secado) que tarda alrededor de 10 min, dependiendo de la temperatura y humedad del ambiente. Este pegamento se aplica en la parte inferior del transmisor, después de remover cualquier membrana plástica adherida al transmisor de fábrica y de limpiar la superficie inferior del mismo con alcohol para eliminar cualquier residuo. El mismo pegamento también se aplica en el área del caparazón donde será colocado el transmisor (Fig. 2).

Como refuerzo de fijación y para mejorar la estabilidad de la base plana del transmisor sobre el caparazón, una vez que el pegamento epóxico se ha aplicado en el transmisor, se puede utilizar una capa muy delgada de plastilina epóxica (*e.g.*, Loctite Metal Magic Steel™ 10 min) alrededor de todo el borde inferior en la base del transmisor que estará en contacto con el caparazón de la tortuga. La preparación de esta plastilina antes de su aplicación consiste en usar 5 cm aproximadamente y amasarla para integrar sus dos componentes hasta obtener un color uniforme, hacer con ella un rollo delgado y colocarla como se indicó anteriormente. De manera inmediata, posterior a la colocación de la plastilina, el transmisor se ubica en la zona de fijación del caparazón aplicando una presión moderada y firme por al menos dos minutos para que se adhiera bien, sin mover el transmisor ni tocar la zona de aplicación (Fig. 3). La plastilina que sobresalga de los bordes del transmisor se



Figura 3. Colocación del transmisor satelital en la zona de fijado del caparazón de una tortuga Carey (*E. imbricata*) / Placement of the satellite transmitter in the fixing area on the carapace of a hawksbill turtle (*E. imbricata*)

Figura 4. Colocación transversal de cintas de fibra de vidrio al transmisor de una hembra de tortuga Carey (*E. imbricata*) / Transverse placement of fiberglass tapes to the transmitter of a female of hawksbill turtle (*E. imbricata*)



debe extender de manera que no se formen grumos alrededor del transmisor y quede un acabado liso. Es importante verificar que no quede ningún espacio vacío sin plastilina entre la superficie de la base del transmisor y el caparazón, así como ningún orificio en la plastilina aplicada al transmisor y a su alrededor. Orificios como los mencionados pueden provocar el desprendimiento del transmisor. La plastilina restante se reserva para los siguientes pasos en la fijación.

Para complementar la sujeción del transmisor al caparazón, y si el diseño del transmisor lo permite, se puede implementar la colocación de cintas de fibra de

vidrio (que crucen de manera transversal y paralela al transmisor) para lograr una mayor fijación con el caparazón (Fig. 4). La colocación de estas cintas se trabaja en dos momentos, primero se coloca la cinta (de aprox. 25 cm) de manera transversal por la parte media del transmisor aplicando con una brocha el mismo pegamento epóxico líquido (Devco) para su adhesión al caparazón, cuidando de no dejar burbujas de aire debajo de la tela de fibra de vidrio (Fig. 5). Posterior a esto, se colocan dos segmentos de cinta de tela de fibra de vidrio (15 cm) de manera paralela al transmisor cubriendo la base de la cinta colocada previamente de manera transversal. De igual forma, se aplica pegamento epóxico procurando evitar



Figura 5. Recubrimiento con pegamento epóxico para mejor adhesión del transmisor al caparazón de una tortuga Carey (*E. imbricata*) / Covering with epoxy adhesive for better adhesion of the transmitter to the carapace of a hawksbill turtle (*E. imbricata*)

Figura 6. Tortuga Carey (*E. imbricata*) con el transmisor satelital colocado en el caparazon y plastilina epóxica por encima de la fibra de vidrio alrededor del transmisor / Hawksbill turtle (*E. imbricata*) with satellite transmitter placed in the carapace and epoxy plasticine above the fiberglass around the transmitter



burbujas de aire. En ambos procedimientos es importante evitar cualquier contacto del pegamento epóxico con los tornillos y antena del transmisor, así como con cualquier tejido blando de la tortuga.

La implementación de las cintas de fibra de vidrio se propone con base en experiencias previas de colocación de transmisores utilizando fibra de vidrio y resina de poliéster, (Byles 1994, Cuevas *et al.* 2008; com. pers. van Dam 2005⁴; com. pers. Raúl González-Díaz-Mirón 2016⁵) y recomendaciones de las empresas fabricantes de transmisores (Telonics, Inc) (<www.telonics.com>).

Una vez que el pegamento epóxico aplicado con la fibra de vidrio se haya secado, se aplica un rollo delgado de la plastilina epóxica alrededor del transmisor, por encima de las cintas de fibra de vidrio colocadas (Fig. 6). La aplicación de esta plastilina se hace procurando evitar orificios en ella, así como entre ella y el transmisor, y que se obtenga una superficie lo más lisa posible con el fin de evitar superficies rugosas que apresuren el proceso de colonización de epibiontes.

Para retardar la fijación de epibiontes, se aplica de forma cuidadosa pintura antifoliante como la utilizada en embarcaciones (e.g., ABC® Anti vegetativo auto pulible de alto desempeño) sobre la cinta de fibra de vidrio y plastilina epóxica, esto una vez que el pegamento epóxico y la plastilina epóxica aplicados alrededor del transmisor se encuentran plenamente secos (este proceso de secado tarda aproximadamente 10 min). Se debe evitar el contacto de la pintura con los tornillos y sensores del transmisor colocados en la parte superior delantera del transmisor, así como con la antena. Los pedazos de cinta adhesiva colocados sobre los tornillos del transmisor se remueven hasta que el pegamento, la plastilina y la pintura se hayan secado.

Posteriormente, se enciende el transmisor removiendo el imán del dispositivo o bien pasar un imán sobre el transmisor (dependiendo de la marca de transmisor y las

instrucciones del fabricante). Los transmisores de la marca Telonics™ tienen el imán pegado con cinta en el transmisor por lo que solo hay que retirarlo. Los transmisores satelitales de la marca Wildlife Computers™ tienen un indicador LED interno, y un código de encendido y apagado particular definido por el mismo fabricante⁶; este indicador permite saber de manera visual que el transmisor está correctamente encendido.

Finalmente, la tortuga se libera en el mismo sitio en que fue capturada, dándole espacio y tiempo suficientes para que pueda tranquilizarse, recuperarse y regresar al mar (Fig. 7). Se recomienda ampliamente apagar todas las luces dirigidas hacia la tortuga con el fin de evitar cualquier alteración o apremio, así como dejarle espacio libre suficiente para que no perciba la presencia de personas en la playa y pueda retornar al mar.

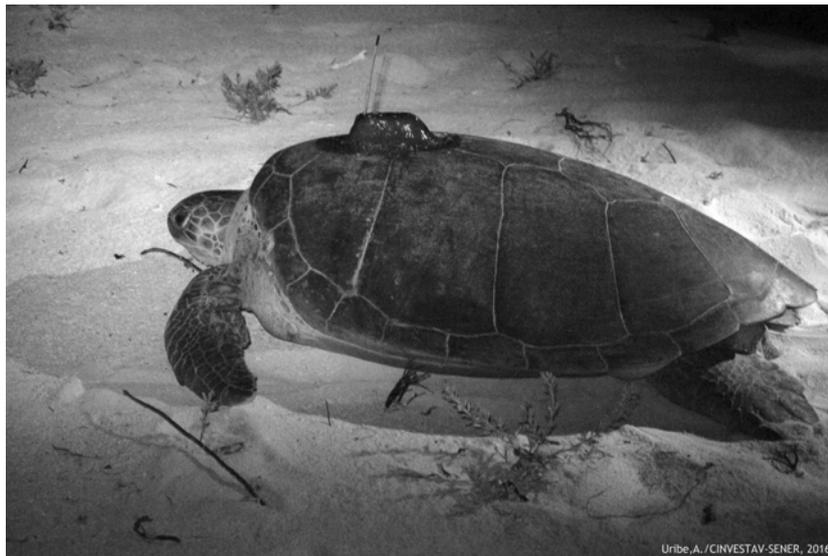


Figura 7. Liberación de una hembra de tortuga blanca (*Chelonia mydas*) con el transmisor colocado en el caparazón / Release of a female green turtle (*Chelonia mydas*) with the transmitter placed in the carapace

⁶<http://wildlifecomputers.com/>

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La descripción de este método se presenta como una experiencia documentada del proceso de colocación de 95 transmisores satelitales en tortugas marinas de las especies blanca (*C. mydas*), carey (*E. imbricata*), caguama (*C. caretta*) y lora (*L. kempii*) en playas de anidación.

Con base en esta experiencia, se considera que todo el proceso de colocación del transmisor, desde la captura del individuo hasta su liberación, tarda alrededor de 45 a 60 min. Sin embargo, la duración total del proceso puede variar de acuerdo con las circunstancias que se presenten en el momento de realizar los trabajos de colocación; el manejo adecuado de la tortuga, las condiciones físicas de la playa donde se realiza la colocación y el modelo de transmisor pueden reducir o prolongar el tiempo de secado del pegamento y la plastilina epóxica (transmisores de menor tamaño no necesitan implementar la colocación de las cintas de fibra de vidrio, lo que disminuye la duración de todo el proceso).

Aunque el tiempo de secado del pegamento (~5 min), resina (~10 min) y pintura (~15 min) puede ser considerado como una desventaja de este método si la tortuga se va a capturar en el mar y su liberación debe ser rápida; la aplicación de este método es efectiva cuando los trabajos de colocación se llevan a cabo desde la playa donde el factor tiempo no es una limitante (Beavers *et al.* 1992). En el trabajo de campo, este método resultó eficaz y práctico para la colocación de los transmisores en individuos de las especies trabajadas.

Dado que la correcta colocación de los transmisores en los individuos de estudio es clave para asegurar la comunicación entre la plataforma de transmisión y los satélites, estas experiencias documentadas a manera de manual se presentan como una alternativa de referencia de una forma adecuada y pertinente para la colocación de transmisores en individuos de tortugas marinas de caparazón duro.

En México, es importante la observancia debida a las normas oficiales mexicanas aplicables (como la NOM-059-SEMARNAT-2010⁷ y NOM-162-SEMARNAT-2012¹), así como instrumentos vinculantes como son Leyes y Reglamentos en materia ambiental en las áreas donde se

trabaja, particularmente cuando se trate de un Área Natural Protegida, federal o estatal, para la cual se debe contactar a los administradores para autorizaciones e instrucciones pertinentes, además de entablar una colaboración que seguramente será de beneficio mutuo con este tipo de investigaciones.

La investigación no termina con la colocación del transmisor, sino que es el comienzo de la misma, de alto potencial para generar información biológica y ecológica de las especies que se estudien. Es recomendable documentarse de manera adecuada y suficiente para la implementación de técnicas de monitoreo, y cuando se tenga acceso a personas con experiencia previa, acercarse a éstas para asesoría e incluso acompañamiento en los proyectos de investigación. Esta contribución representa una referencia directa y específica sobre el cómo seguir los pasos para la colocación de transmisores a tortugas marinas de caparazón duro, brindando la oportunidad de adoptar y en su caso adaptar cada uno de los pasos de acuerdo a las condiciones de cada sitio de estudio, así como de la disponibilidad de los materiales, invitando a que en un futuro se desarrollen aproximaciones más ágiles, versátiles y con el menor impacto sobre los individuos estudiados.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el Fondo Sectorial CONACyT - SENER - Hidrocarburos, proyecto 201441. Esta es una contribución del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM). A Wildlife Computers, en particular a Kevin Lay, y a Telonics Inc, en particular a Brenda Burger, por su apoyo en el proceso de programación de las terminales de transmisión en los cuales se centró la experiencia que derivó en esta contribución. A Robert P. van Dam por compartir su experiencia en la colocación de transmisores y haber sido pieza fundamental en nuestro aprendizaje. A Raúl González Díaz Mirón por su apoyo en este proyecto y compartir experiencias para mejorar los trabajos en campo. A Abigail Uribe Martínez por las fotografías tomadas durante los trabajos de colocación de transmisores en este subproyecto. Al Comité Editorial asignado para el manuscrito por sus sugerencias para mejorar el documento.

⁷http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf

LITERATURA CITADA

- Beavers SC, ER Cassano & RA Byles. 1992.** Stuck on turtles: preliminary results from adhesive studies with satellite transmitters. In: Proceedings of the Eleventh Annual Workshop on Sea Turtle Biology and Conservation. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFCS 302: 135-138.
- Byles RA. 1994.** Telemetría por satélite de tortugas marinas. En: Frazier J, R Vázquez, E Galicia, R Durán & L Capurro (eds). Memorias del IV Taller Regional sobre Programas de Conservación de Tortugas Marinas en la Península de Yucatán, 11-13 de marzo 1991, Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán, pp. 27-36.
- Cuevas E, FA Abreu-Grobois, V Guzmán-Hernández, MA Liceaga-Correa & RP van Dam. 2008.** Post-nesting migratory movements of hawksbill turtles *Eretmochelys imbricata* in waters adjacent to the Yucatan Peninsula, Mexico. *Endangered Species Research* 10: 123-133.
- James MC, CA Ottensmeyer & RA Myers. 2005.** Identification of high-use habitat and threats to leatherback sea turtles in northern waters: new directions for conservation. *Ecology Letters* 8: 195-201.
- Mansfield KL, J Wyneken, D Rittschof, M Walsh, CW Lim & PM Richards. 2012.** Satellite tag attachment methods for tracking neonate sea turtles. *Marine Ecology Progress Series* 457: 181-192.
- Méndez D, E Cuevas, J Navarro, BI González-Garza & V Guzmán-Hernández. 2013.** Rastreo satelital de las hembras de tortuga blanca *Chelonia mydas* y evaluación de sus ámbitos hogareños en la costa norte de la península de Yucatán, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 48(3): 497-509.
- Nichols WJ, A Resendiz, JA Seminoff & B Resendiz. 2000.** Transpacific migration of a loggerhead turtle monitored by satellite telemetry. *Bulletin of Marine Science* 67: 937-947.
- Seney EE, BM Higgins & AM Landry Jr. 2010.** Satellite transmitter attachment techniques for small juvenile sea turtles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 384: 61-67.
- Shaver DJ & C Rubio. 2007.** Post-nesting movement of wild and head-started Kemp's ridley sea turtles *Lepidochelys kempii* in the Gulf of Mexico. *Endangered Species Research* 4: 43-55.
- Shaver DJ, KM Hart, I Fujisaki, C Rubio, AR Sartain, J Peña, PM Burchfield, D Gomez-Gamez & J Ortiz. 2013.** Foraging area fidelity for Kemp's ridleys in the Gulf of Mexico. *Ecology and Evolution* 3: 2002-2012.
- Shaver DJ, KM Hart, I Fujisaki, C Rubio, AR Sartain-Iverson, J Peña, D Gomez-Gamez, RJ Gonzalez-Diaz-Mirón, PM Burchfield, HJ Martinez & J Ortiz. 2016.** Migratory corridors of adult female Kemp's ridley turtles in the Gulf of Mexico. *Biological Conservation* 194: 158-167.
- Shillinger G, DL Palacios, H Bailer & S Bograd. 2008.** Persistent leatherback turtle migrations present opportunities for conservation. *PLoS Biology* 6(7): 171. <<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0060171>>
- Silman R, I Vargas & S Troeng. 2002.** Tortugas marinas: Guía educativa, 38 pp. Corporación Caribeña para la Conservación, San José. <http://www.lasecomujeres.org/files/SeaTurtleEducatorsGuide_esp.pdf>
- Tröeng S, DR Evans, E Harrison & CJ Lagueux. 2005.** Migration of green turtles *Chelonia mydas* from Tortuguero, Costa Rica. *Marine Biology* 148(2): 435-447.
- Witt MJ, EA Bonguno, AC Broderick, MS Coyne & A Formia. 2011.** Tracking leatherback turtles from the world's largest rookery: assessing threats across the South Atlantic. *Proceedings of the Royal Society of London B, Biological Sciences* 278(1716): 2338-2347.

Recibido el 4 de enero de 2017 y aceptado el 15 de junio 2018

Editor: Claudia Bustos D.