

# MEDICIÓN DEL CONTENIDO DE METALES E HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS EN TEJIDOS DE TORTUGA MARINA DEL GOLFO DE MÉXICO

## FASE I



### Informe Técnico

## COORDINACIÓN GENERAL DE CONTAMINACIÓN Y SALUD AMBIENTAL



Coordinado por:

Coordinación General de Adaptación  
al Cambio Climático

Elaborado por:

Coordinación General de  
Contaminación y Salud Ambiental

Boulevard Adolfo Ruiz Cortines 4209, 2° piso. Col.  
Jardines en la Montaña, Del. Tlalpan C.p. 4210  
Ciudad de México Tel. +52 (55) 54246400.

[www.inecc.gob.mx](http://www.inecc.gob.mx)

**MEDICIÓN DEL CONTENIDO DE METALES E  
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS  
POLICÍCLICOS EN TEJIDOS DE TORTUGA  
MARINA DEL GOLFO DE MÉXICO  
FASE I**



**INECC**

INSTITUTO NACIONAL DE  
ECOLOGÍA Y CAMBIO  
CLIMÁTICO

**EN EL MARCO DEL PROYECTO DE ESTABLECIMIENTO DE LA  
LÍNEA BASE AMBIENTAL GOLFO DE MÉXICO PARA LA  
EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES EFECTOS DEL PETRÓLEO  
DERRAMADO POR LA EXPLOSIÓN DE LA PLATAFORMA  
DEEPWATER HORIZON**

Q.B.P. Ma. Teresa Ortuño Arzate  
Subdirectora de Investigación y Caracterización Analítica de Contaminantes

Q.F.B. Ma. Del Carmen Gutiérrez Cigales  
Jefe de Cromatografía de Líquidos

M. en C. Ernesto Hernández Mendiola  
Jefe del Laboratorio de Caracterización de Contaminantes por Espectroscopia por Absorción y  
Emisión Atómica.

I. Q. Luis Felipe Abreu García  
Jefe de Investigación de Sustancias Tóxicas Persistentes

Dirección General del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental.  
Periférico 5000, Col. Insurgentes Cuicuilco, Del. Coyoacán, C.P. 04530, Distrito Federal, México.  
Tel +52 (01 55) 5424 6400  
Fax +52 (01 55) 5613 3821

## **DIRECTORIO**

**Dra. María Amparo Martínez Arroyo**

Directora General del INECC

**Dr. J. Víctor Hugo Paramo Figueroa**

Coordinador General de Contaminación y Salud Ambiental

**Dr. Arturo Gavilán García**

Director de Investigación para el Manejo Sustentable de las Sustancias Químicas, Productos y Residuos

## **AGRADECIMIENTOS**

**M. en A. I. Laura Andreína Nevárez Domínguez**

Jefa de Departamento de Análisis de Cromatografía de Gases

**Dra. María de los Ángeles Benitez**

Jefa de Departamento de Transporte y Transformación de los Contaminantes Atmosféricos

**Dr. Víctor Alcántara Concepción**

Jefe de Departamento de Análisis de Espectroscopia de Absorción y Emisión Atómica

**I.B.I. María Luisa Vianey FLóres Gómez**

Profesional Químico Instrumental de Compuestos Orgánicos

**I.B.Q. Irma Galindo Flores**

Profesional de Servicios Especiales Responsable de Análisis

**Q.A. Víctor Hugo Ríos Baza**

Profesional de Servicios Especiales Responsable de Análisis

**Q.F.B. Román Ibarra Martínez**

Profesional de Servicios Especiales Responsable de Análisis

## **COORDINACIÓN GENERAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO, INECC**

**Dra. Margarita Caso Chávez**

Directora de Vulnerabilidad y Adaptación Ecológica, CGACC

Coordinadora del Proyecto línea base y monitoreo del Golfo de México.

**Biol. Erwin Armando Martí Flores**

Jefe de Departamento de Análisis Espacial de las Especies y su Hábitat para la Adaptación al Cambio Climático, CGACC

**COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS, CONANP.**

**Lic. Blanca Mónica Zapata Nájera**

Directora de la APFF Laguna Madre y Delta del Río Bravo

**M. en C. Adriana Laura Sarti Martínez**

Coordinadora del Programa Nacional para la Conservación de las Tortugas Marinas

**Biol. Ana Barragán Rocha**

Subdirectora de Especies Marinas

**MVZ Héctor Hugo Acosta Sánchez, CONANP**

Enlace de alto nivel de responsabilidad

**COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD, CONABIO.**

**Dr. Edward M. Peters Recagno**

Coordinador del Proyecto Línea Base y Monitoreo del Golfo de México

**Ecol. Emmanuel Esquer Vizcarra**

Subcoordinador del Proyecto Línea Base y Monitoreo del Golfo de México

D. R. © Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Periférico Sur 5000. Col Insurgentes Cuicuilco

C. P. 04530. Delegación Coyoacán, México D. F.

<http://www.inecc.gob.mx>

# ÍNDICE GENERAL

<b>OBJETIVO .....</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS PARTICULARES .....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>4</b>
<b>INFORMACIÓN DOCUMENTAL.....</b>	<b>6</b>
<b>PRESENCIA DE METALES .....</b>	<b>6</b>
TEJIDOS, ÓRGANOS Y FLUIDOS DE TORTUGAS MARINAS.....	6
HUEVOS DE TORTUGA MARINA.....	11
<b>PRESENCIA DE HIDROCARBUROS.....</b>	<b>12</b>
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAPs).....	13
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>15</b>
<b>MUESTRAS .....</b>	<b>15</b>
<b>PREPARACIÓN Y ANÁLISIS.....</b>	<b>18</b>
<b>CONTROL DE CALIDAD .....</b>	<b>20</b>
CURVA DE CALIBRACIÓN .....	20
BLANCO DE MÉTODO .....	20
ESTÁNDAR DE VERIFICACIÓN .....	20
BLANCO ADICIONADO, DUPLICADO DE MUESTRA Y MATERIAL DE REFERENCIA .....	20
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>21</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>23</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>24</b>
<b>APÉNDICE I.....</b>	<b>26</b>

## LISTADO DE FIGURAS

**No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.**

## LISTADO DE TABLAS

TABLA 1 VALORES PROMEDIO PARA METALES EN HÍGADO DE TORTUGAS MARINAS (CAGUAMA) .....	7
TABLA 2 VALORES PROMEDIO PARA METALES EN RIÑÓN DE TORTUGAS MARINAS (CAGUAMA) .....	8
TABLA 3 VALORES PROMEDIO PARA METALES EN PULMÓN DE TORTUGAS MARINAS (CAGUAMA) .....	9
TABLA 4 VALORES PROMEDIO PARA METALES EN MÚSCULO DE TORTUGAS MARINAS (CAGUAMA) .....	10
TABLA 5 VALORES PROMEDIO PARA METALES EN CASCARÓN DE HUEVOS DE TORTUGAS MARINAS.....	11
TABLA 6 MUESTRAS DE HUEVOS DE TORTUGA DE ALACRANES PLAYA PÉREZ – YUCATÁN (2010) .....	15
TABLA 7 MUESTRAS DE HUEVOS DE TORTUGA DE ALACRANES PLAYA BLANCA – YUCATÁN (2010) .....	15
TABLA 8 MUESTRAS DE HUEVOS DE TORTUGA DE ALACRANES PLAYA MUERTOS – YUCATÁN (2010) .....	15
TABLA 9 MUESTRAS DE HUEVOS DE TORTUGA DE LAS COLORADAS - YUCATÁN (2010) .....	16
TABLA 10 MUESTRAS DE HUEVOS DE TORTUGA DE CHENKAN - CAMPECHE (2010) .....	16
TABLA 11 MUESTRAS DE CRÍAS DE TORTUGA DE RANCHO NUEVO – TAMAULIPAS (2010) .....	16
TABLA 12 MUESTRAS DE CRÍAS DE TORTUGA DE RANCHO NUEVO – TAMAULIPAS (2010) <i>CONTINUACIÓN...</i> .....	17
TABLA 13 MUESTRAS DE CRÍAS DE TORTUGA DE RANCHO NUEVO – TAMAULIPAS (2011) .....	17
TABLA 14 MUESTRAS DE CRÍAS DE TORTUGA DE CHENKAN – CAMPECHE (2011).....	18
TABLA 15 PRESERVACIÓN, MÉTODOS Y TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN Y ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS .....	19
TABLA 16 COMPUESTOS Y ELEMENTOS ANALIZADOS .....	19
TABLA 17 RESULTADOS DE NAFTALENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010) .....	26
TABLA 18 RESULTADOS DE ACENAFTEÑO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010) .....	27
TABLA 19 RESULTADOS DE ACENAFTEÑO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010).....	28
TABLA 20 RESULTADOS DE FLUORENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010).....	29
TABLA 21 RESULTADOS DE FENANTRENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010).....	30
TABLA 22 RESULTADOS DE ANTRACENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010).....	31
TABLA 23 RESULTADOS DE FLUORANTENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010).....	32
TABLA 24 RESULTADOS DE PIRENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010) .....	33



TABLA 25 RESULTADOS DE BENZO(A)ANTRACENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010) .....	34
TABLA 26 RESULTADOS DE CRISENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010) .....	35
TABLA 27 RESULTADOS DE BENZO(B)FLUORANTENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010) .....	36
TABLA 28 RESULTADOS DE BENZO(K)FLUORANTENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010) .....	37
TABLA 29 RESULTADOS DE BENZO(A)PIRENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010) .....	38
TABLA 30 RESULTADOS DE DIBENZO(A,H)ANTRACENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010).....	39
TABLA 31 RESULTADOS DE BENZO(G,H,I)PERILENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010) .....	40
TABLA 32 RESULTADOS DE INDENO(1,2,3-C,D)PIRENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010).....	41
TABLA 33 RESULTADOS DE ALUMINIO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010).....	42
TABLA 34 RESULTADOS DE ARSÉNICO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010) .....	43
TABLA 35 RESULTADOS DE BARIO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010) .....	44
TABLA 36 RESULTADOS DE CADMIO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010) .....	45
TABLA 37 RESULTADOS DE CROMO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010) .....	46
TABLA 38 RESULTADOS DE COBRE EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010) .....	47
TABLA 39 RESULTADOS DE HIERRO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010) .....	48
TABLA 40 RESULTADOS DE NÍQUEL EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010).....	49
TABLA 41 RESULTADOS DE PLOMO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010) .....	50
TABLA 42 RESULTADOS DE VANADIO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010).....	51
TABLA 43 RESULTADOS DE MERCURIO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2010).....	52
TABLA 44 RESULTADOS DE NAFTALENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011) .....	53
TABLA 45 RESULTADOS DE ACENAFTENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011) .....	54
TABLA 46 RESULTADOS DE ACENAFTILENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011).....	55
TABLA 47 RESULTADOS DE FLUORENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011).....	56
TABLA 48 RESULTADOS DE FENANTRENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011).....	57
TABLA 49 RESULTADOS DE ANTRACENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011).....	58
TABLA 50 RESULTADOS DE FLUORANTENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011).....	59
TABLA 51 RESULTADOS DE PIRENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011) .....	60
TABLA 52 RESULTADOS DE BENZO(A)ANTRACENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011) .....	61
TABLA 53 RESULTADOS DE CRISENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011) .....	62
TABLA 54 RESULTADOS DE BENZO(B)FLUORANTENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011) .....	63
TABLA 55 RESULTADOS DE BENZO(K)FLUORANTENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011) .....	64
TABLA 56 RESULTADOS DE BENZO(A)PIRENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011) .....	65

TABLA 57 RESULTADOS DE DIBENZO(A,H)ANTRACENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011).....	66
TABLA 58 RESULTADOS DE BENZO(G,H,I)PERILENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011) .....	67
TABLA 59 RESULTADOS DE INDENO(1,2,3-C,D)PIRENO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011).....	68
TABLA 60 RESULTADOS DE ALUMINIO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011).....	69
TABLA 61 RESULTADOS DE ARSÉNICO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011) .....	70
TABLA 62 RESULTADOS DE BARIO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011) .....	71
TABLA 63 RESULTADOS DE CADMIO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011) .....	72
TABLA 64 RESULTADOS DE CROMO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011) .....	73
TABLA 65 RESULTADOS DE COBRE EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011) .....	74
TABLA 66 RESULTADOS DE HIERRO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011) .....	75
TABLA 67 RESULTADOS DE NÍQUEL EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011).....	76
TABLA 68 RESULTADOS DE PLOMO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011) .....	77
TABLA 69 RESULTADOS DE VANADIO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011).....	78
TABLA 70 RESULTADOS DE MERCURIO EN HUEVOS Y CRÍAS DE TORTUGA (2011).....	79

## OBJETIVO

Determinar la presencia de metales e hidrocarburos aromáticos policíclicos en huevos y embriones de tortugas que desovan en las Playas del Golfo de México como indicadores de riesgo de afectación, debido al crudo y derivados procedentes del derrame de petróleo ocasionado por la explosión de la plataforma “Deepwater Horizon” de British Petroleum.

## OBJETIVOS PARTICULARES

1. Determinar las concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos y metales potencialmente tóxicos en huevos y embriones de tortugas de diferentes especies que desovan en las playas del Golfo de México.
2. Comparar los valores encontrados con los reportados en la literatura.
3. Evaluar la probable acumulación o incremento de estos contaminantes debido a la exposición al petróleo y sus productos a través del monitoreo de largo plazo.

# INTRODUCCIÓN

El Golfo de México es una región marítima conectada con el mar Caribe por el estrecho de Yucatán y con el océano Atlántico mediante el estrecho de Florida. Por el lado sur, el Golfo de México está rodeado por los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y la porción norte de Quintana Roo.<sup>1</sup>

A pesar de que está conectado con el océano Atlántico y con el mar Caribe por diferentes estrechos, el intercambio de masas de agua entre las diferentes cuencas marinas es limitado, ya que las zonas de comunicación son poco profundas. Además de los aportes de descarga de agua dulce de los ríos nacionales, el Golfo de México recibe del mar Caribe un aporte de agua con menor salinidad que la del Atlántico, siendo características sus corrientes que circulan con sentido contrario a las agujas del reloj.

Esta cuenca marítima mexicana tiene el 75% de los ambientes estuarinos y se encuentra una gran diversidad de hábitats altamente productivos como bahías, deltas, lagunas costeras, humedales, pastos marinos y arrecifes de coral.

Asimismo, en esta región marítima existen una gran cantidad de plataformas de prospección petrolífera y refinerías, de las que inevitablemente se producen vertidos accidentales e incendios que perturban continuamente los ecosistemas de esta región.

Estas perturbaciones aunadas a otras de tipo antropogénico, han dado como resultado la afectación a las poblaciones de tortugas marinas a tal grado que ya se consideran especies en peligro de extinción<sup>2</sup>; debido principalmente a que son organismos longevos, cuya madurez sexual puede alcanzarse hasta los 15 ó 50 años, dependiendo de la especie y del área geográfica<sup>3, 4</sup>.

El ciclo de vida de las tortugas se conforma de diferentes etapas, dentro de las cuales hay migraciones y adaptaciones a varios ecosistemas. Están los hábitats terrestres, como son las playas de anidación donde las hembras depositan sus huevos, el mar

---

<sup>1</sup> <http://www.epa.gov/gmpo/about/facts.html>, revisada el 22 de agosto de 2013.

<sup>2</sup> Talavera S. A. L. (2010). *Evaluación de metales pesados en hembras y crías de tortuga blanca Chelonia mydas (Reptilia, Cheloniidae) de las costas de Quintana Roo, México*. Tesis de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural. Colegio de la Frontera Sur.

<sup>3</sup> Balazs, G., et al. (1982). *Growth rate of immature green turtles in the Hawaiian Archipelago*. En: Bjorndal K. A. (Editor), *Biology and Conservation of Sea Turtles*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. p. 117-125.

<sup>4</sup> Bjorndal, K.A. y Zug G. (1995). *Growth and age of sea turtles*. En: *Biology and Conservation of Sea Turtles*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. p. 599-600.

abierto, donde las crías recién eclosionadas pasan sus primeros cinco a veinte años de vida, y los sitios de alimentación que se encuentran en áreas costeras (zona nerítica) donde además de alimentarse terminan su desarrollo y se reproducen<sup>5, 6</sup>.

La capacidad de las tortugas para regresar a anidar a las mismas playas donde nacieron<sup>7,8</sup> al que las hembras regresan de una a ocho veces por temporada en intervalos de doce a quince días entre una nidada y otra<sup>9</sup> y su ciclo reproductivo, que se repite cada dos o tres años, es lo que permite evaluar los efectos provocados por las perturbaciones a los ecosistemas mediante la cuantificación de los contaminantes relacionados con los accidentes como el de interés en el presente estudio.

---

<sup>5</sup> U.S. Fish and Wildlife Service, U.S. Department of the Interior. (1997). *Synopsis of the biological data on the green turtle Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758). Biological report 97, p. 120.

<sup>6</sup> Bolten, A.B. (2003). *Variation in sea turtle life history patterns: neritic vs. Oceanic developmental stages*. En: Lutz P.L., J.A. Musick y J. Wyneken (eds), *The biology of sea turtles* Vol. 2. CRC Press, Boca Ratón, Florida p. 243-257.

<sup>7</sup> Meylan, A.B., Bowen B.W., y Avise J.C. (1990). *A genetic test of the natal homing versus social facilitation models for green turtle migration*. *Science* 248:724–727.

<sup>8</sup> Zurita J.C., Herrera R., Arenas A., Iturbe I., Negrete A. y Gómez L. (2005). *Anidación de una tortuga blanca con autoinjerto en X'cacel, Quintana Roo*. *Revista de medio ambiente, turismo y sustentabilidad*. 1:129-134.

<sup>9</sup> Zurita, J.C., Herrera R. y Prezas B. (1993). *Tortugas marinas del Caribe*. p. 735-751 En: *Biodiversidad Marina y Costera de México*. Salazar-Vallejo, S.I y González N.E. (eds.). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.

## ANTECEDENTES

El derrame de petróleo ocasionado por la explosión en la plataforma “DeepWater Horizon” (DH), ocurrido el 20 abril de 2010 a 50 millas náuticas al sureste del Delta del río Mississippi en el norte del Golfo de México de la empresa British Petroleum, ha sido calificado como el mayor desastre de la industria petrolera en Estados Unidos de América debido a la cantidad de barriles derramados, a la profundidad y tiempo que persistió la fuga del hidrocarburo, así como a la aplicación indiscriminada de dispersantes químicos.

Se sabe que dicha fuga de crudo ocurrida en el pozo Macondo I a una profundidad de 1500 m, se prolongó por tres meses derramando al mar una cantidad aproximada de 5 millones de barriles. No obstante que la mayor parte del crudo que llegó a la superficie se dispersó hacia las costas de Estados Unidos; el destino del crudo que permaneció en la columna de agua y su efecto sobre los ecosistemas que coexisten dentro y fuera del Golfo de México se desconoce.

En el Golfo de México ocurren una infinidad de interacciones entre los ecosistemas, tanto por los patrones de trayectoria en sus corrientes como por los organismos que ahí habitan y los que lo utilizan como punto o hábitat migratorio, los cuales pueden verse afectados por el derrame de petróleo procedente del pozo Macondo I.

Como una respuesta a este grave acontecimiento el Gobierno Federal Mexicano estableció un programa de actividades que llevarán a identificar las acciones necesarias para atender este problema mediante el trabajo conjunto de varias dependencias de la administración pública, entre las cuales es importante mencionar el trabajo de la SEMARNAT y sus diversos órganos desconcentrados, los cuales se han pronunciado sobre el establecimiento de campañas de monitoreo que permitan en una primera fase, realizar un diagnóstico inicial o línea base de la situación ambiental que prevalece en el Golfo de México, tanto en su zona costera como en la plataforma continental y en aguas profundas de la zona económica exclusiva (ZEE).

Estas campañas de monitoreo permitirán determinar la presencia evolución o migración de los hidrocarburos que permanecieron en las profundidades y que de alguna forma pueden impactar a los ecosistemas y a los organismos que habitan en él. En este sentido, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático es el responsable de la coordinación de las acciones de monitoreo y estudios en sus diversas facetas.

En este marco, una de las vertientes a estudiar es la posible afectación que puedan sufrir las poblaciones de tortugas que año con año arriban a tierras mexicanas a desovar y que ya han mostrado un descenso en su número el año pasado, por lo que es importante tratar de identificar si esta disminución pueda estar relacionada con daños relacionados a la contaminación, así como la afectación en la viabilidad de los huevos por presencia de contaminantes.

Para realizar dicha identificación, se realizaran análisis químicos en huevos de tortuga ya que actualmente se sabe que los principales residuos generados durante las operaciones de perforación de pozos para la exploración y explotación de petróleo y gas son lodos y recortes de perforación, los cuales contienen Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) y algunos metales pesados (principalmente Ba y niveles mucho más bajos de Cr, Fe, Ca, V, Ni y Zn) por lo general de naturaleza alcalina. Con estos análisis se puede indicar si existe contaminación debida a crudo externo (no proveniente de pozos perforados en la región) o si se debe a una contaminación local provocada por actividades de exploración y explotación.

## INFORMACIÓN DOCUMENTAL

La revisión bibliográfica de otros estudios en huevos, embriones y tortugas que servirá de referencia para los valores promedio encontrados arrojó la siguiente información.

## PRESENCIA DE METALES

### Tejidos, órganos y fluidos de tortugas marinas

Los elementos metálicos más analizados son Cd, Cu, Pb, Hg (total), Fe y Ni<sup>10</sup>. Se sabe que en ciertas concentraciones Cr, Cu, Fe y Ni juegan un papel esencial en el metabolismo y crecimiento de estos animales<sup>11</sup>; particularmente el Cu y Fe, tienen funciones en el transporte de oxígeno, producción de energía y actividad enzimática.

Algunos elementos esenciales (Cu y Fe), y también un limitado número de elementos tóxicos (As, Cd y Pb) pueden ser transferidos de la tortuga madre a los huevos y embriones<sup>12</sup>.

Ciertos metales pueden bioacumularse en los tejidos (Cu, Cd y Hg) y causar daño al organismo, el cadmio se retiene por más tiempo en los riñones debido a sus enlaces con las metalotioneínas, el Cu tiende a acumularse en el hígado<sup>13</sup>, mientras que el Hg en el caparazón e hígado<sup>14</sup>.

La toxicidad de estos metales puede potenciarse una vez que se integra en el organismo, por ejemplo, se sabe que el mercurio (Hg) tiene efectos neurotóxicos,

---

<sup>10</sup> S. D'Illio, D. Mattei, M.F. Blasi, A. Alimonti, S. Bogialli, August 2011. *The occurrence of chemical elements and POPs in loggerhead turtles (Caretta caretta): An overview*, Marine Pollution Bulletin, Volume 62, Issue 8, Pages 1606-1615.

<sup>11</sup> Alam and Brim, 2000; S.K. Alam, M.S. Brim; *Organochlorine, PCB, PAH, and metal concentrations in eggs of loggerhead sea turtles (Caretta caretta) from Northwest Florida, USA*; J. Environ. Sci. Health B, Vol. 35, pp.705–724.

<sup>12</sup> Y. Kaska, A. Çelik, H. Bağ, M. Aureggi, K. Özel, A. Elçi, A. Kaska, L. Elçi. 2004. *Heavy metal monitoring in stranded sea turtles along the Mediterranean coast of Turkey* Fres. Environ. Bull., 13 (2004), pp.769–77.

<sup>13</sup> Andreani G., M. Santoro, S. Cottignoli, M. Fabbri, E. Carpenè, G. Isani. (2008). *Metal distribution and metallothionein in loggerhead (Caretta caretta) and green (Chelonia mydas) sea turtles*. Sci. Total Environ. 390, pp. 287–294.

<sup>14</sup> Walter J. Golet, Terry A. Haines (2001). *Snapping Turtles (Chelydra serpentina) As Monitors for Mercury Contamination of Aquatic Environments*. Environmental Monitoring and Assessment. Volume 71, (3), pp 211-220.



hepatotóxicos y nefrotóxicos, los que pueden producir alteraciones en el crecimiento, el desarrollo y en la inmunomodulación. Lo anterior se debe a que en el sistema acuático, el Hg inorgánico es transformado por actividad microbológica a un mercurio más tóxico y más biodisponible como el metilmercurio, una potente neurotoxina con fuerte tendencia a biomagnificarse en las cadenas tróficas acuáticas<sup>15</sup>.

Valores de metales conforme a la bibliografía para algunos tejidos se enlistan en las siguientes tablas<sup>16</sup>.

**Tabla 1 Valores promedio para metales en hígado de tortugas marinas (caguama)**

Elemento	Matriz	Hígado		
	mg/kg	Mediterráneo	Atlántico	Pacífico
Al	b.h.	2.2	–	–
As	b.s.	14.2–22	–	–
	b.h.	6.7–17.1	–	–
Cd	b.s.	2.4–23	–	1.8 <sup>b</sup>
	b.h.	2.5–5.9	2.6	9.7
Cr	b.s.	1.1–2.8	–	–
Cu	b.s.	3.0–37.3	–	33.9 <sup>b</sup>
	b.h.	5.4–7.7	8.3	19.4
Fe	b.s.	15.7–1232	–	–
	b.h.	342–456	–	917
Hg total	b.s.	1.1–2.4 <sup>a</sup>	–	1790
	b.h.	0.04–0.4	0.59	8150
Ni	b.s.	11.6	–	0.35 <sup>b</sup>
	b.h.	2.9–4.4	–	<0.03
Pb	b.s.	0.1–3.6	–	–
	b.h.	0.16–3.0	–	0.21

b.h. = base húmeda, b.s. = base seca, a = mediana, b = promedio

<sup>15</sup> Rita Kampalath, Susan C. Gardner, Lia Méndez-Rodríguez, Jennifer A. Jay (2006). *Total and methylmercury in three species of sea turtles of Baja California Sur*. Marine Pollution Bulletin. Vol. 52 (12) pp. 1816-1823.

<sup>16</sup> S. D'Ilio, D. Mattei, M.F. Blasi, A. Alimonti, S. Bogianni. (2011). The occurrence of chemical elements and POPs in loggerhead turtles (*Caretta caretta*): An overview. Marine Pollution Bulletin. Vol. 62 (8) pp. 1606-1615.

**Tabla 2 Valores promedio para metales en riñón de tortugas marinas (caguama)**

Elemento	Matriz	Riñón		
	mg/kg	Mediterráneo	Atlántico	Pacífico
Al	b.h.	0.7	–	–
As	b.s.	19–30	–	–
	b.h.	13.8	–	–
Cd	b.s.	5.8–57	–	73.1 <sup>b</sup>
	b.h.	5.0–10.5	13.3	45.5
Cr	b.s.	1.6–2.1	–	–
Cu	b.s.	2.1–5.6	–	4.4 <sup>b</sup>
	b.h.	1.2–4.6	2.2	1.3
Fe	b.s.	15.3–764	–	237 <sup>b</sup>
	b.h.	38.0–48.2	–	30
Hg total	b.s.	0.47a–0.9	–	1080
	b.h.	0.04–0.16	0.21	304
Ni	b.s.	9.6	–	0.04 <sup>b</sup>
	b.h.	5.8	v	0.22
Pb	b.s.	0.5–4.0	–	0.03 <sup>b</sup>
	b.h.	0.12–2.4	–	0.16

b.h. = base húmeda, b.s. = base seca, a = mediana, b = promedio

**Tabla 3 Valores promedio para metales en pulmón de tortugas marinas (caguama)**

Elemento	Matriz	Pulmón		
	mg/kg	Mediterráneo	Atlántico	Pacífico
Al	b.h.	–	–	–
As	b.s.	8.7–24	–	–
	b.h.	–	–	–
Cd	b.s.	1.4–5.7	–	–
	b.h.	0.2–0.5	–	0.4
Cr	b.s.	2.3–2.5	–	–
Cu	b.s.	2.8–3.8	–	–
	b.h.	0.8–1.8	–	0.6
Fe	b.s.	15.6–184	–	–
	b.h.	107–184	–	134
Hg total	b.s.	0.45	–	–
	b.h.	0.06	–	127
Ni	b.s.	10.1	–	–
	b.h.	1.8	–	<0.03
Pb	b.s.	0.6–4.0	–	–
	b.h.	0.03	–	<0.03

b.h. = base húmeda, b.s. = base seca, a = mediana, b = promedio

**Tabla 4 Valores promedio para metales en músculo de tortugas marinas (caguama)**

Elemento	Matriz	Músculo		
	mg/kg	Mediterráneo	Atlántico	Pacífico
Al	b.h.	1.5	–	–
As	b.s.	20.8–69	–	–
	b.h.	15.5	–	–
Cd	b.s.	0.2–3.6	–	0.1 <sup>b</sup>
	b.h.	0.07–1.1	0.08	0.06
Cr	b.s.	1.4	–	–
Cu	b.s.	1.5–5.0	–	0.4 <sup>b</sup>
	b.h.	0.6–2.9	0.7	0.95
Fe	b.s.	20.6–85.4	-	77.4 <sup>b</sup>
	b.h.	1.0–60.9	–	22.2
Hg total	b.s.	0.4–0.69	–	410
	b.h.	0.18–0.21	0.16	189
Ni	b.s.	10	–	0.01
	b.h.	2.8	–	0.08
Pb	b.s.	0.5–2.5 <sup>a</sup>	–	0.01 <sup>b</sup>
	b.h.	0.04–2.3	–	0.02

b.h. = base húmeda, b.s. = base seca, a = mediana, b = promedio

## Huevos de tortuga marina

La literatura revela que comúnmente el contenido de elementos potencialmente tóxicos en el contenido de los huevos de tortuga marina es típicamente menor que el que se podría encontrar en el hígado o en el riñón. Por ejemplo, en un estudio realizado en Japón<sup>17</sup> y otro realizado con organismos recolectados en playas del noroeste de Florida<sup>18</sup>, se encontró que los huevos de tortuga presentaron niveles bajos de Cu, Fe, y Ni.

Por otro lado, análisis en cascarones de huevo de tortugas provenientes del pacífico<sup>19</sup> y de las costas turcas del Mar Mediterráneo<sup>20</sup>, revelan diferentes niveles de elementos tóxicos como Cd, Cu, Fe, Ni, Pb y Hg.

Valores reportados para metales en cascaron de huevo de tortuga se enlistan en la tabla siguiente.

**Tabla 5 Valores promedio para metales en cascarón de huevos de tortugas marinas**

Elemento	Unidades	Pacifico (b.h.)	Mediterráneo (b.s.)
Cd	mg/kg	< 0.01	0.649 ± 0.131
Cu	mg/kg	5.57 ± 0.767	5.29 ± 0.48
Fe	mg/kg	10.6 ± 2.20	17.75 ± 7.00
Hg total	mg/kg	4.05 ± 1.31	< LD
Ni	mg/kg	<0.03 (b.s.)	-
Pb	mg/kg	<0.03 - 0.633 ± 0,162 (b.s.)	-
Ba	mg/kg	2.80 <sup>a</sup>	-

b.h. = base húmeda, b.s. = base seca, a = mediana

Asimismo, una serie de elementos menores (boro (B), bario (Ba), berilio (Be), magnesio (Mg), molibdeno (Mo) y vanadio (V)) se analizaron en los huevos provenientes del noroeste de la Florida, pero sólo Ba y Mg estuvieron presentes en concentraciones

<sup>17</sup> H. Sakai, K. Saeki, H. Ichihashi, H. Suganuma, S. Tanabe, R. Tatsukawa. (2000). *Species-specific distribution of heavy metals in tissues and organs of loggerhead turtle (Caretta caretta) and green turtle (Chelonia mydas) from Japanese coastal waters*; Mar. Pollut. Bull., Vol. 40, pp. 701–709.

<sup>18</sup> Alam and Brim (2000).

<sup>19</sup> H. Sakai, et al. (2000).

<sup>20</sup> Y. Kaska, R.W. Furness; (2001). *Heavy metals in marine turtle eggs and hatchlings in the Mediterranean*. Zool. Middle East, 24, pp. 127–132.

detectables (la mediana de las seis playas fue de 2.80 y 1822 mg/kg base seca, respectivamente<sup>21</sup>).

## PRESENCIA DE HIDROCARBUROS

El estudio de la contaminación por petróleo en los océanos mundiales y zonas costeras enfrenta dos aspectos opuestos de las actividades humanas: primero la alteración de los ecosistemas marinos y costeros originada por las operaciones de extracción, refinación, transporte, almacenamiento y uso del petróleo como la principal fuente de energía, y segundo la innegable necesidad de preservar y proteger a los recursos marinos para nuestros usos actuales y los de las generaciones futuras.

Las fuentes por las cuales los hidrocarburos son introducidos al ambiente marino son numerosas y el número de los componentes individuales en los diferentes tipos de crudo es muy grande, además, el mecanismo y la tasa de degradación del petróleo ya sea por mecanismos fisicoquímicos (foto-oxidación, evaporación dilución) o bien por el efecto de microorganismos que están presentes en la columna de agua o los sedimentos. Así, la composición química del petróleo varía ampliamente conforme a las diferentes regiones productoras, y aun los provenientes de una misma región, ya que contienen miles de diferentes compuestos químicos originados y “ensamblados” durante su diagénesis o formación geoquímica.

Los principales componentes del petróleo son los hidrocarburos, que representan del 50-98% en relación a la composición total<sup>22</sup>. El carbono (80-87%) y el hidrógeno (10-15%) son los principales y más abundantes elementos en el petróleo, aunque otros como el azufre (0-10%), nitrógeno (0-1%) y el oxígeno (0-5%) están presentes en cantidades menores ya sea en su forma elemental o bien como constituyentes heterocíclicos y grupos funcionales. Por otro lado, el petróleo contiene también algunos metales traza como son: vanadio, níquel, hierro, aluminio y cobre; cuya concentración va a depender del tipo de crudo y la región en donde se formó.

De tal forma, los hidrocarburos del petróleo consisten en compuestos saturados de cadena lineal, compuestos acíclicos y compuestos aromáticos los cuales contienen cuando menos un anillo bencénico en su estructura molecular (por ejemplo: benceno, naftaleno, antraceno, pireno, indeno, fluoreno, etc.).

---

<sup>21</sup> Alam and Brim (2000).

<sup>22</sup> Clark, R. C. and Brown, D. W. (1977) *Petroleum: properties and analysis in biotic and abiotic systems*. In Malins (Ed) *Effects of Petroleum on Arctic and Subarctic Environments and Organisms* Vol. 1. Nature and Fate of Petroleum. Academic Press, Inc., New York, pp-1-89.

El petróleo contiene también una fracción significativa de (0-20%) de materiales de alto peso molecular constituido por moléculas mixtas de hidrocarburos con algunos compuestos polares, a los cuales se les denomina asfaltenos. Su estructura es muy compleja y está formada por 10 a 20 anillos con cadenas laterales de hidrocarburos alifáticos y naftalénicos las cuales contribuyen a las propiedades del petróleo durante su formación geoquímica.

Finalmente, el vanadio y el níquel son los elementos metálicos más abundantes en el petróleo y en ocasiones alcanzan concentraciones hasta de mil partes por millón (1000 ppm). Pueden estar presentes ya sea como metales libres o bien formando complejos en los núcleos de las porfirinas<sup>23</sup>.

### **Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)**

Los HAPs son importantes en los hidrocarburos diagenéticos y algunos de estos compuestos policíclicos también existen en el petróleo; son una categoría que representa un riesgo ambiental importante debido a su potencial carcinógeno hacia los mamíferos<sup>24</sup>. Como ejemplo de diagenéticos están el perileno y el reno que se presentan en sedimentos anóxicos como resultado de la transformación de precursores de plantas superiores.

Una vez que el petróleo se ha incorporado a los sistemas costeros, es importante evaluar los posibles destinos que tendrá, ya que estará expuesto a los factores abióticos que contribuyen a su eliminación de la columna de agua, ya sea por evaporación o bien por adsorción a los materiales orgánicos con la subsecuente sedimentación y en esta última ruta de destino, es cuando el petróleo o sus componentes tóxicos interactúan con los organismos que se encuentran en la matriz acuosa, siendo el fitoplancton uno de los grupos más vulnerables a estos compuestos y de suma importancia por el sometimiento de la cadena alimenticia.

Dentro del grupo de hidrocarburos de petróleo, existen componentes que son más fáciles de degradar que otros cuya persistencia puede ser de años; la susceptibilidad a la degradación microbiana está en función de la configuración molecular, por ejemplo, los hidrocarburos lineales como los alcanos presentan una biodegradación más rápida al igual que aquellos que tienen una longitud de cadena mayor ya que su hidrosolubilidad aumenta y la microbiota los toma como fuente directa de carbono, mientras que los constituidos por ciclos o estructuras aromáticas, así como los que

---

<sup>23</sup> Clark, R. C. and Brown, D. W. (1977)

<sup>24</sup> K. T. Benlahcen, et al. (1997). Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in some Mediterranean coastal sediments. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 34, (5), pp. 298-305.

presentan configuraciones ramificadas, son más resistentes a los mecanismos de biodegradación por la energía que se necesita para romper los enlaces de estos ciclos y que los organismos no emplean si tienen otra fuente de carbono disponible.

Se ha estudiado las posibles vías de ingreso de los hidrocarburos a los organismos, puntualizándose las siguientes:

- Adsorción e ingestión de partículas que contienen estos compuestos.
- Consumo activo de los hidrocarburos disueltos o dispersos.
- Bioacumulación de los hidrocarburos presentes en el agua circundante.

Se identificó en el Noroeste de Florida<sup>25</sup> la presencia de varios HAPs en los huevos de tortuga, encontrándose al naftaleno en un rango de 0.06 a 0.328 mg/kg (base húmeda), entre otros.

Se encontró que una concentración de HAPs totales dentro del rango de 0.2 a 10 mg/kg presenta características de toxicidad aguda para organismos acuáticos<sup>26</sup>, por lo que es importante evaluar la cantidad total de HAPs en los huevos y embriones de tortugas marinas.

---

<sup>25</sup> S. K. Alam & M. S. Brim (2000) *Organochlorine, PCB, PAH, and metal concentrations in eggs of loggerhead sea turtles (Caretta caretta) from northwest Florida, USA*, Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes, 35:6, 705-724.

<sup>26</sup> Ibid



# METODOLOGÍA

## MUESTRAS

Las muestras de huevos y crías de tortuga fueron colectadas y entregadas por personal de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) en las instalaciones de los laboratorios del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. No se tiene hasta este momento información adicional del muestreo y su ubicación geográfica mediante coordenadas en el sitio. La identificación de las muestras se presenta en las tablas siguientes:

**Tabla 6 Muestras de huevos de tortuga de Alacranes Playa Pérez – Yucatán (2010)**

NÚM. MUESTRA	FECHA DE COLECTA	NÚM. NIDO	HORA COLECTA	ESPECIE	TAMAÑO DE MUESTRA	MARCA DE HEMBRA
2	27/10/2010	Pb1	20:32	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-
13	27/10/2010	P80	21:25	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-
12	27/10/2010	P85	20:12	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-
7	27/10/2010	P87	21:40	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-

**Tabla 7 Muestras de huevos de tortuga de Alacranes Playa Blanca – Yucatán (2010)**

NÚM. MUESTRA	FECHA DE COLECTA	NÚM. NIDO	HORA COLECTA	ESPECIE	TAMAÑO DE MUESTRA	MARCA DE HEMBRA
4	28/10/2010	236	14:23	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-
1	28/10/2010	241	20:21	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-

**Tabla 8 Muestras de huevos de tortuga de Alacranes Playa Muertos – Yucatán (2010)**

NÚM. MUESTRA	FECHA DE COLECTA	NÚM. NIDO	HORA COLECTA	ESPECIE	TAMAÑO DE MUESTRA	MARCA DE HEMBRA
6	28/10/2010	410	12:23	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-
8	28/10/2010	451	13:10	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-
3	28/10/2010	453	13:31	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-
9	28/10/2010	463	11:00	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-
10	28/10/2010	470	11:58	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-
5	28/10/2010	472	13:08	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-
11	28/10/2010	478	11:21	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-

**Tabla 9 Muestras de huevos de tortuga de Las Coloradas - Yucatán (2010)**

NÚM. MUESTRA	FECHA DE COLECTA	NÚM. NIDO	HORA COLECTA	ESPECIE	TAMAÑO DE MUESTRA	MARCA DE HEMBRA
22	30/10/2010	N1	18:00	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	0404735/ 2388233
20	30/10/2010	N2	16:00	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	0404737/ 2388233
27	30/10/2010	N3	18:22	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	0404781/ 2388215
17	30/10/2010	N4	-	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	0404771/ 2388226
25	30/10/2010	N5	19:23	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	0405726/ 2387854
18	01/11/2010	N7	-	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-
23	01/11/2010	N8	11:50	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-
26	01/11/2010	N10	13:00	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-
21	01/11/2010	N11	-	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-
19	31/10/2010	N12	08:16	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	0410767/ 2385653
28	01/11/2010	N13	-	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-
16	31/10/2010	N14	-	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-
30	01/11/2010	Nis	13:15	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-
24	31/10/2010	806	-	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-
29	31/10/2010	1732	-	<i>Chelonia mydas</i>	2 huevos	-

**Tabla 10 Muestras de huevos de tortuga de Chenkan - Campeche (2010)**

NÚM. MUESTRA	FECHA DE COLECTA	NÚM. NIDO	HORA COLECTA	ESPECIE	TAMAÑO DE MUESTRA	MARCA DE HEMBRA
15	29/10/2010	406		<i>Eretmochelys imbricata</i>	12 huevos	-
14	29/10/2010	407		<i>Eretmochelys imbricata</i>	16 huevos	-

**Tabla 11 Muestras de crías de tortuga de Rancho Nuevo – Tamaulipas (2010)**

NÚM. MUESTRA	FECHA DE COLECTA	NÚM. NIDO	HORA COLECTA	ESPECIE	TAMAÑO DE MUESTRA	MARCA DE HEMBRA
10	16/08/2010	3998	-	<i>Lepidochelys kempii</i>	1 cría	-
12	16/08/2010	4014	-	<i>Lepidochelys kempii</i>	1 cría	-
3	16/08/2010	4021	-	<i>Lepidochelys kempii</i>	1 cría	-
4	16/08/2010	4022	-	<i>Lepidochelys kempii</i>	1 cría	-
14	16/08/2010	4098	-	<i>Lepidochelys kempii</i>	1 cría	-
8	16/08/2010	4102	-	<i>Lepidochelys kempii</i>	1 cría	-
11	16/08/2010	4103	-	<i>Lepidochelys kempii</i>	1 cría	-
7	16/08/2010	4137	-	<i>Lepidochelys kempii</i>	1 cría	-
9	16/08/2010	4439	-	<i>Lepidochelys kempii</i>	1 cría	-

**Tabla 12 Muestras de crías de tortuga de Rancho Nuevo – Tamaulipas (2010) Continuación...**

NÚM. MUESTRA	FECHA DE COLECTA	NÚM. NIDO	HORA COLECTA	ESPECIE	TAMAÑO DE MUESTRA	MARCA DE HEMBRA
2	16/08/2010	4456	-	<i>Lepidochelys kempii</i>	1 cría	-
13	17/08/2010	4471	-	<i>Lepidochelys kempii</i>	1 cría	-
5	17/08/2010	4472	-	<i>Lepidochelys kempii</i>	1 cría	-
1	16/08/2010	4484	-	<i>Lepidochelys kempii</i>	1 cría	-
6	16/08/2010	4547	-	<i>Lepidochelys kempii</i>	1 cría	-
15	17/08/2010	4609	-	<i>Lepidochelys kempii</i>	1 cría	-

**Tabla 13 Muestras de crías de tortuga de Rancho Nuevo – Tamaulipas (2011)**

NÚM. MUESTRA	FECHA DE COLECTA	NÚM. NIDO	HORA COLECTA	ESPECIE	TAMAÑO DE MUESTRA	MARCA DE HEMBRA
1				<i>Lepidochelys kempii</i>	1 embrión con cascara	
2				<i>Lepidochelys kempii</i>	1 embrión con cascara	
3				<i>Lepidochelys kempii</i>	1 embrión con cascara	
4				<i>Lepidochelys kempii</i>	1 embrión con cascara	
5				<i>Lepidochelys kempii</i>	1 embrión con cascara	
6				<i>Lepidochelys kempii</i>	1 embrión con cascara	
7				<i>Lepidochelys kempii</i>	1 embrión con cascara	
8				<i>Chelonia mydas</i>	1 embrión con cascara	
9				<i>Chelonia mydas</i>	1 embrión con cascara	
10				<i>Chelonia mydas</i>	1 embrión con cascara	
11				<i>Chelonia mydas</i>	1 embrión con cascara	
12				<i>Chelonia mydas</i>	1 embrión con cascara	

Tabla 14 Muestras de crías de tortuga de Chenkan – Campeche (2011)

NÚM. MUESTRA	FECHA DE COLECTA	NÚM. NIDO	HORA COLECTA	ESPECIE	TAMAÑO DE MUESTRA	MARCA DE HEMBRA
1	14-Sept.-2011	141	-	<i>Eretmochelys imbricata</i>	2 Huevos	-
2	17-Sept.-2011	153	-	<i>Eretmochelys imbricata</i>	2 Huevos	-
3	15-Sept.-2011	155	-	<i>Eretmochelys imbricata</i>	2 Huevos	-
4	17-Sept.-2011	156	-	<i>Eretmochelys imbricata</i>	2 Huevos	-
5	14-Sept.-2011	158	-	<i>Eretmochelys imbricata</i>	2 Huevos	-
6	15-Sept.-2011	159	-	<i>Eretmochelys imbricata</i>	2 Huevos	-
7	14-Sept.-2011	160	-	<i>Eretmochelys imbricata</i>	2 Huevos	-
8	14-Sept.-2011	162	-	<i>Eretmochelys imbricata</i>	2 Huevos	-
9	16-Sept.-2011	166	-	<i>Eretmochelys imbricata</i>	2 Huevos	-
10	15-Sept.-2011	168	-	<i>Eretmochelys imbricata</i>	2 Huevos	-
11	15-Sept.-2011	169	-	<i>Eretmochelys imbricata</i>	2 Huevos	-
12	17-Sept.-2011	170	-	<i>Eretmochelys imbricata</i>	2 Huevos	-
13	17-Sept.-2011	171	-	<i>Eretmochelys imbricata</i>	2 Huevos	-
14	14-Sept.-2011	173	-	<i>Eretmochelys imbricata</i>	2 Huevos	-
15	17-Sept.-2011	174	-	<i>Eretmochelys imbricata</i>	1 Huevo	-
16	17-Sept.-2011	181	-	<i>Eretmochelys imbricata</i>	2 Huevos	-

## PREPARACIÓN Y ANÁLISIS

Los huevos de tortuga se separaron en dos matrices diferentes: cascara y contenido total para realizar el análisis de HAPs y metales.

Para los embriones o crías de tortuga, fueron separados en: vitelo, caparazón, cascara (cuando había restos de él) y por último el resto del cuerpo (órganos, cabeza y extremidades). Previo al análisis de HAPs y metales, se realizó una liofilización para retirar todo el contenido de humedad.

El análisis de metales y elementos se realizó en las muestras ya descritas anteriormente, tratadas mediante una digestión ácida (HNO<sub>3</sub>) en horno de microondas conforme a lo que describe el método EPA 3051A y para la determinación de HAPs se obtuvieron extractos mediante la técnica Soxhlet con una mezcla de metanol e hidróxido de potasio y posterior limpieza con Florisil o Sílica.

Posterior al tratamiento de las muestras, la determinación de metales y **elementos** totales se realizó siguiendo el procedimiento descrito en el método EPA 6020A utilizando un espectrómetro masas con plasma inductivamente acoplado (ICP-MS) Thermo Scientific series II. El análisis de HAPs se llevó a cabo mediante la técnica de cromatografía de líquidos de alta resolución siguiendo el procedimiento que establece el método EPA 8310 con un Cromatógrafo de Líquidos Agilent modelo 1100. Estas metodologías se enlistan en la siguiente tabla.

**Tabla 15 Preservación, métodos y técnicas de extracción y análisis de las muestras**

Compuestos	Método de análisis	Técnica de análisis	Método de extracción/digestión	Preservación	Tiempo máximo de análisis
Metales	EPA-6220A EPA-7470A	ICP/MS FIMS	EPA-3051A	4°C	6 meses Hg: 28 días
PAHs	EPA-8310	HPLC	Soxhlet	Congelación/4°C Proteger de la luz	Extracción: 7 días Análisis: 40 días

**Tabla 16 Compuestos y elementos analizados**

HAPs	Metales
Naftaleno	Aluminio (Al)
Acenafteno	Arsénico (As)
Fenantreno	Bario (Ba)
Antraceno	Cadmio (Cd)
Fluoranteno	Cromo (Cr)
Pireno	Cobre (Cu)
Acenaftileno	Hierro (Fe)
Fluoreno	Níquel (Ni)
Benzo(a) antraceno	Plomo (Pb)
Indeno(c,d)Perileno	Vanadio (V)
Criseno	Mercurio (Hg)
Benzo(b) fluoranteno	-
Benzo(k) fluoranteno	-
Benzo(a) pireno	-
Benzo(g,h,i) perileno	-

## **CONTROL DE CALIDAD**

El control de calidad de laboratorio se aplica para asegurar que todas las fases de análisis (extracción-limpieza-concentración-análisis) se lleven a cabo de acuerdo con los procedimientos establecidos; en cada lote analítico se incluye: curva de calibración, blanco de método, estándar de verificación, blancos adicionados con matriz similar a la muestra, duplicados de muestra y materiales de referencia.

Los criterios de aceptación para los análisis de laboratorio son los siguientes:

### **Curva de calibración**

Se evalúa que ésta sea por regresión lineal y que tenga una correlación igual o mayor de 0.995; adicionalmente se revisa que los resultados obtenidos estén dentro de la curva de calibración.

### **Blanco de método**

Se determina que no haya contaminación en el procesado del lote de análisis mediante la evaluación de la presencia de analitos de interés en el blanco de método. Todos deben estar con una concentración por debajo del límite de detección del método.

### **Estándar de verificación**

Para dar como válido el lote de análisis se evalúa que el estándar de verificación tenga un recobro entre 70-130%, o bien lo establecido en el método. El objetivo es determinar que durante el análisis del lote la calibración es vigente.

### **Blanco adicionado, duplicado de muestra y material de referencia**

Se evalúa que el lote analítico no tenga desviaciones respecto al método de análisis. Se acepta el lote con desviaciones porcentuales relativas (DPR) menores al 20%, o bien lo establecido en el método y el material de referencia.

## RESULTADOS

Los resultados de identificación y cuantificación de metales, elementos e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) se presentan por sitio de muestreo (playa), matriz analizada y analito de interés.

Para las muestras del 2010 se analizó HAPs en el contenido total de los huevos de tortuga; para el caso de metales y elementos, se evaluó en el contenido total y en el cascarón. Para las crías se analizó en el cuerpo de la tortuga y en su caparazón.

Para el 2011, se analizó HAPS en el contenido de los huevos de tortuga y en el cascarón; para metales y elementos en vitelo, caparazón, órganos y extremidades, y el cascarón que aún traían pegado al cuerpo.

Los resultados del estudio se enlistan en las tablas del apéndice I, ordenados por playa y año del muestreo, asimismo, por compuesto, metal y elemento analizado.

Las concentraciones más altas son para Fe alrededor los 100 ppm (mg/kg), y siguiendo con la siguiente secuencia  $Al > Ba > Cu > Cr$ . Se puede observar que no existe una diferencia entre los resultados encontrados para 2010 y 2011.

Se puede observar que los metales tóxicos como As, V y Ni, se encontraron por debajo de los 10 mg/kg y Cd y Hg por debajo de 0.1 mg/kg. Así mismo, en el año 2011 no se encontraron cantidades representativas de vanadio o níquel. También puede verse que para As y Cd, hay valores más altos para el año 2011 que para el año 2010, pero esta situación no está asociada a contaminación por crudo de petróleo.

Los mediciones realizadas en el contenido de huevo, muestran la presencia de aluminio (Al) y hierro (Fe) en mayor concentración y menores en arsénico (As), cobre (Cu), níquel (Ni) y vanadio (V), todas en orden de mg/kg (ppm). La variación relativa de los valores para cada elemento, pueden corresponder a una variación natural, sin embargo es necesario corroborar esta hipótesis mediante el análisis en una población mayor, ya que para algunas playas (en Campeche) se cuenta solo con dos ejemplares.

Para el caso de metales como plomo (Pb), cadmio (Cd), bario (Ba) y cromo (Cr), solo se identificó su presencia en pocas de las muestras analizadas, una para plomo y cadmio, cinco y cuatro para bario y cromo, respectivamente. Con la información sobre los sitios

de muestreo, protocolos, etc., se podrá verificar si estos valores representan contenidos reales o pueden ser producto de alguna contaminación.

Los resultados del análisis de HAPs mostraron presencia de estos solo en 4 muestras de crías en la porción del vitelo y una para caparazón. Los HAPs identificados son naftaleno (0.05 – 0.3 mg/kg), fenantreno 0.1 mg/kg, benzo(a)antraceno (0.04-0.28 mg/kg) en base seca de muestra total.

Los puntos de muestreo fueron 5, con un número de muestras muy diferente para cada sitio, razón por la que por el momento no es significativa la comparación que pueda realizarse, además que los huevos colectados en Chenkan, Campeche solo son dos y corresponden a una especie de tortuga diferente. Los resultados pueden sugerir los contenidos normales o línea base de metales en huevos, incluso los metales indicadores o provenientes de crudo como son vanadio, níquel, cromo y bario, pueden reflejar el ambiente en sí mismo y no por una contaminación (por la presencia de cantidades de hidrocarburos en el Golfo, mas no de BP).

Los resultados obtenidos se deben correlacionar con la información del muestreo, con el número de tortugas que arribaron a desovar a cada playa y la cantidad de huevos que fueron viables. Este análisis de correlación permitirá identificar posibles pérdidas de tortugas, con el derrame y la presencia de los contaminantes.



## CONCLUSIONES

A través de este proyecto, se estableció un programa de actividades que consideró la colecta de tortugas y huevos de tortuga para su análisis químico y determinación de la presencia y evolución de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's) y algunos metales pesados (Bario (Ba), Cromo (Cr), Hierro (Fe), Calcio (Ca), Vanadio (V), Níquel (Ni) y Zinc (Zn)) con la finalidad de determinar el escenario de referencia y con esto estar en condiciones de determinar el impacto ambiental derivado de la explosión --y posterior derrame de petróleo-- en la plataforma "DeepWater Horizon" ocurrido el 20 de abril de 2010 en el golfo de México.

Las concentraciones más altas son para Fe, encontrándose en el rango de los 100 ppm (mg/kg), y siguiendo con la siguiente secuencia  $Al > Ba > Cu > Cr$ . Cabe señalar que no se encontró una diferencia significativa entre los resultados encontrados para 2010 y 2011.

Se observó que los metales tóxicos como As, V y Ni, se encontraron por debajo de los 10 mg/kg y Cd y Hg por debajo de 0.1 mg/kg. Así mismo, en el año 2011 no se encontraron cantidades representativas de vanadio o níquel. Para As y Cd, hay valores más altos para el año 2011 que para el año 2010, pero estos niveles no están asociados a la contaminación por petróleo.

Para el caso de metales como plomo (Pb), cadmio (Cd), bario (Ba) y cromo (Cr), solo se identificó su presencia en pocas de las muestras analizadas, una para plomo y cadmio, cinco y cuatro para bario y cromo, respectivamente.

Los resultados del análisis de HAPs mostraron presencia en 4 muestras de crías en la porción del vitelo y una para caparazón. Los HAPs identificados son naftaleno (0.05 – 0.3 mg/kg), fenantreno 0.1 mg/kg, benzo(a)antraceno (0.04-0.28 mg/kg) en base seca de muestra total.

Es importante mantener los muestreos en los siguientes años de forma que se pueda verificar si existe un aumento en la concentración de los contaminantes bajo estudio por consecuencia del derrame de British Petroleum en el Golfo de México.

## REFERENCIAS

- Alam and Brim, 2000; S.K. Alam, M.S. Brim; Organochlorine, PCB, PAH, and metal concentrations in eggs of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) from Northwest Florida, USA; J. Environ. Sci. Health B, Vol. 35, pp.705–724.
- Andreani G., M. Santoro, S. Cottignoli, M. Fabbri, E. Carpenè, G. Isani. (2008). Metal distribution and metallothionein in loggerhead (*Caretta caretta*) and green (*Chelonia mydas*) sea turtles. Sci. Total Environ. 390, pp. 287–294.
- Balazs, G., et al. (1982). Growth rate of immature green turtles in the Hawaiian Archipelago. En: Bjorndal K. A. (Editor), *Biology and Conservation of Sea Turtles*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. p. 117-125.
- Bjorndal, K.A. y Zug G. (1995). Growth and age of sea turtles. En: *Biology and Conservation of Sea Turtles*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. p. 599-600.
- Bolten, A.B. (2003). Variation in sea turtle life history patterns: neritic vs. Oceanic developmental stages. En: Lutz P.L., J.A. Musick y J. Wyneken (eds), *The biology of sea turtles Vol. 2*. CRC Press, Boca Ratón, Florida p. 243-257.
- Clark, R. C. and Brown, D. W. (1977) Petroleum: properties and analysis in biotic and abiotic systems. In Malins (Ed) *Effects of Petroleum on Arctic and Subarctic Environments and Organisms Vol. 1. Nature and Fate of Petroleum*. Academic Press, Inc., New York, pp-1-89.
- H. Sakai, K. Saeki, H. Ichihashi, H. Suganuma, S. Tanabe, R. Tatsukawa. (2000). Species-specific distribution of heavy metals in tissues and organs of loggerhead turtle (*Caretta caretta*) and green turtle (*Chelonia mydas*) from Japanese coastal waters; Mar. Pollut. Bull., Vol. 40, pp. 701–709.
- <http://www.epa.gov/gmpo/about/facts.html>, revisada el 22 de agosto de 2013.
- K. T. Benlahcen, et al. (1997). Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in some Mediterranean coastal sediments. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 34, (5), pp. 298-305.
- Meylan, A.B., Bowen B.W., y Avise J.C. (1990). A genetic test of the natal homing versus social facilitation models for green turtle migration. *Science* 248:724–727.
- Rita Kampalath, Susan C. Gardner, Lia Méndez-Rodríguez, Jennifer A. Jay (2006). Total and methylmercury in three species of sea turtles of Baja California Sur. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 52 (12) pp. 1816-1823.

- S. D'Illo, D. Mattei, M.F. Blasi, A. Alimonti, S. Bogialli, August 2011. The occurrence of chemical elements and POPs in loggerhead turtles (*Caretta caretta*): An overview, *Marine Pollution Bulletin*, Volume 62, Issue 8, Pages 1606-1615.
- S. K. Alam & M. S. Brim (2000) Organochlorine, PCB, PAH, and metal concentrations in eggs of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) from northwest Florida, USA, *Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 35:6, 705-724.
- Talavera S. A. L. (2010). Evaluación de metales pesados en hembras y crías de tortuga blanca *Chelonia mydas* (Reptilia, Cheloniidae) de las costas de Quintana Roo, México. Tesis de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural. Colegio de la Frontera Sur.
- U.S. Fish and Wildlife Service, U.S. Department of the Interior. (1997). Synopsis of the biological data on the green turtle *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758). Biological report 97, p. 120.
- Walter J. Golet, Terry A. Haines (2001). Snapping Turtles (*Chelydra serpentina*) As Monitors for Mercury Contamination of Aquatic Environments. *Environmental Monitoring and Assessment*. Volume 71, (3), pp 211-220.
- Y. Kaska, R.W. Furness; (2001). Heavy metals in marine turtle eggs and hatchlings in the Mediterranean. *Zool. Middle East*, 24, pp. 127–132.
- Y. Kaska, A. Çelik, H. Bağ, M. Aureggi, K. Özel, A. Elçi, A. Kaska, L. Elçi. 2004. Heavy metal monitoring in stranded sea turtles along the Mediterranean coast of Turkey *Fres. Environ. Bull.*, 13 (2004), pp.769–77.
- Zurita, J.C., Herrera R. y Prezas B. (1993). Tortugas marinas del Caribe. p. 735-751 En: *Biodiversidad Marina y Costera de México*. Salazar-Vallejo, S.I y González N.E. (eds.). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.
- Zurita J.C., Herrera R., Arenas A., Iturbe I., Negrete A. y Gómez L. (2005). Anidación de una tortuga blanca con autoinjerto en X'cabel, Quintana Roo. *Revista de medio ambiente, turismo y sustentabilidad*. 1:129-134.

# APÉNDICE I

Tabla 17 Resultados de naftaleno en huevos y crías de tortuga (2010)

UNIDADES base seca (b.s.)	2010											
	Alacranes - Playa Pérez - Yucatán		Alacranes - Playa Blanca - Yucatán		Alacranes - Playa Muertos - Yucatán		Playa Las Coloradas - Yucatán		Playa Chenkan Campeche		Playa Rancho Nuevo Tamaulipas	
mg/kg	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Órganos	Caparazón
Naftaleno	<LDM		<LDM		<LDM		<LDM		<LDM		0.03	< LDM
	<LDM		<LDM		<LDM		<LDM		<LDM		< LDM	< LDM
	<LDM				<LDM		<LDM				0.08	< LDM
	<LDM				<LDM		<LDM				0.02	< LDM
					<LDM		<LDM				0.03	< LDM
					<LDM		<LDM				0.04	< LDM
					<LDM		<LDM				0.02	< LDM
							<LDM				0.04	< LDM
							<LDM					
							<LDM					
							<LDM					
							<LDM					
							<LDM					
							<LDM					
							<LDM					
							<LDM					
							<LDM					
Eventos (n)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
Máximo											0.08	
Mínimo											0.02	
Intervalo											0.02-0.08	
Promedio											0.04	
Desviación ( $\sigma$ )											0.02	
LDM	0.02	-	0.02	-	0.02	-	0.02	-	0.02	-	0.02	0.02



































Tabla 33 Resultados de aluminio en huevos y crías de tortuga (2010)

UNIDADES base seca (b.s.)	2010											
	Alacranes - Playa Pérez - Yucatán		Alacranes - Playa Blanca - Yucatán		Alacranes - Playa Muertos - Yucatán		Playa Las Coloradas - Yucatán		Playa Chenkan Campeche		Playa Rancho Nuevo Tamaulipas	
mg/kg	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Órganos	Caparazón
Aluminio (Al)	6.00		0.85	10.50	1.15	2.40	4.15	7.85	4.23		<LDM	102.45
	0.91		2.97	21.85	4.52	5.99	2.76	13.69	3.99		<LDM	<LDM
	6.14				7.56	4.24	3.52	6.09			<LDM	42.47
	3.96				7.40		3.18	8.65			<LDM	<LDM
					2.56		10.69	8.39			<LDM	41.74
					8.29		2.67	11.83			<LDM	<LDM
					3.32		3.17				<LDM	
							3.61					
							12.78					
							4.88					
							4.24					
							4.84					
							3.88					
							7.52					
							15.60					
<b>Eventos (n)</b>	4	0	2	2	7	3	15	6	2	0	0	3
<b>Máximo</b>	6.14		2.97	21.85	8.29	5.99	15.60	13.69	4.23		0.00	102.45
<b>Mínimo</b>	0.91		0.85	10.50	1.15	2.40	2.67	6.09	3.99		0.00	41.74
<b>Intervalo</b>	0.91-6.14		0.85-2.97	10.5-21.85	1.15-8.29	2.4-5.99	2.67-15.6	6.09-13.69	3.99-4.23		0-0	41.74-102.45
<b>Promedio</b>	4.25		1.91	16.18	4.97	4.21	5.83	9.42	4.11			62.22
<b>Desviación (σ)</b>	2.44		1.50	8.02	2.80	1.80	4.01	2.80	0.17			34.84
<b>LDM</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.63	21.63

Tabla 34 Resultados de arsénico en huevos y crías de tortuga (2010)

UNIDADES base seca (b.s.)	2010											
	Alacranes - Playa Pérez - Yucatán		Alacranes - Playa Blanca - Yucatán		Alacranes - Playa Muertos - Yucatán		Playa Las Coloradas - Yucatán		Playa Chenkan Campeche		Playa Rancho Nuevo Tamaulipas	
mg/kg	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Órganos	Caparazón
Arsénico (As)	0.29		0.51	1.69	0.27	0.48	0.22	0.48	0.75		0.32	0.29
	0.62		0.22	0.38	0.36	0.47	0.33	0.17	3.00		0.49	0.75
	0.33				0.21	0.55	0.22	0.37			0.435	0.45
	0.17				0.21		0.53	0.54			0.337	2.53
					0.21		0.19	0.27			0.402	0.38
					0.20		0.78	0.40			0.44	0.30
					0.38		0.22				0.307	
							0.15					
							0.15					
							0.25					
							0.29					
							0.37					
							0.26					
							0.19					
							0.15					
<b>Eventos (n)</b>	4	0	2	2	7	3	15	6	2		7	6
<b>Máximo</b>	0.62		0.51	1.69	0.38	0.55	0.78	0.54	3.00		0.49	2.53
<b>Mínimo</b>	0.17		0.22	0.38	0.20	0.47	0.15	0.17	0.75		0.31	0.29
<b>Intervalo</b>	0.17-0.62		0.22-0.51	0.38-1.69	0.2-0.38	0.47-0.55	0.15-0.78	0.17-0.54	0.75-3		0.31-0.49	0.29-2.53
<b>Promedio</b>	0.35		0.37	1.04	0.26	0.50	0.29	0.37	1.87		0.39	0.78
<b>Desviación (<math>\sigma</math>)</b>	0.19		0.21	0.93	0.08	0.04	0.17	0.13	1.59		0.07	0.87
<b>LDM</b>	0.07		0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07		0.07	0.07

Tabla 35 Resultados de bario en huevos y crías de tortuga (2010)

UNIDADES base seca (b.s.)	2010											
	Alacranes - Playa Pérez - Yucatán		Alacranes - Playa Blanca - Yucatán		Alacranes - Playa Muertos - Yucatán		Playa Las Coloradas - Yucatán		Playa Chenkan Campeche		Playa Rancho Nuevo Tamaulipas	
mg/kg	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Órganos	Caparazón
Bario (Ba)	<LDM		<LDM	1.78	<LDM	2.48	3.26	9.86	<LDM		2.63	9.65
	<LDM		<LDM	2.45	<LDM	24.35	1.64	1.76	<LDM		3.34	3.70
	3.32				<LDM	1.99	5.58	1.41			1.79	1.65
	<LDM				0.50		<LDM	1.99			2.88	3.49
					<LDM		4.91	40.81			<LDM	7.68
					<LDM		13.02	12.52			1.70	3.43
					4.44		3.80				3.58	
							2.46					
							13.82					
							<LDM					
							3.76					
							1.90					
							17.10					
							5.93					
							8.52					
Eventos (n)	1		0	2	2	3	13	6	0		6	6
Máximo	3.32			2.45	4.44	24.35	17.10	40.81			3.58	9.65
Mínimo	3.32			1.78	0.50	1.99	1.64	1.41			1.70	1.65
Intervalo	3.32-3.32			1.78-2.45	0.5-4.44	1.99-24.35	1.64-17.1	1.41-40.81			1.7-3.58	1.65-9.65
Promedio	3.32			2.11	2.47	9.60	6.59	11.39			2.65	4.93
Desviación ( $\sigma$ )				0.47	2.78	12.77	5.02	15.17			0.78	3.04
LDM	0.18		0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18		0.18	0.18

Tabla 36 Resultados de cadmio en huevos y crías de tortuga (2010)

UNIDADES base seca (b.s.)	2010											
	Alacranes - Playa Pérez - Yucatán		Alacranes - Playa Blanca - Yucatán		Alacranes - Playa Muertos - Yucatán		Playa Las Coloradas - Yucatán		Playa Chenkan Campeche		Playa Rancho Nuevo Tamaulipas	
mg/kg	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Órganos	Caparazón
Cadmio (Cd)	<LDM		<LDM	0.03	<LDM	<LDM	0.04	<LDM	0.03		2.64	0.08
	<LDM		<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	0.06	<LDM	<LDM		0.05	<LDM
	0.06				0.03	<LDM	0.05	<LDM			0.04	0.03
	0.03				0.03		<LDM	0.04			0.19	<LDM
					0.04		0.03	<LDM			<LDM	0.08
					<LDM		<LDM	0.03			<LDM	<LDM
					<LDM		0.03				<LDM	
							<LDM					
							0.03					
							0.03					
							0.03					
							0.04					
							0.05					
						0.04						
						0.06						
<b>Eventos (n)</b>	2		0	1	3	0	11	2	1		4	3
<b>Máximo</b>	0.06			0.03	0.04		0.06	0.04	0.03		2.64	0.08
<b>Mínimo</b>	0.03			0.03	0.03		0.03	0.03	0.03		0.04	0.03
<b>Intervalo</b>	0.03-0.06			0.03-0.03	0.03-0.04		0.03-0.06	0.03-0.04	0.03-0.03		0.04-2.64	0.03-0.08
<b>Promedio</b>	0.04			0.03	0.03		0.04	0.03	0.03		0.73	0.06
<b>Desviación (<math>\sigma</math>)</b>	0.02				0.01		0.01	0.00			1.28	0.03
<b>LDM</b>	0.03		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03		0.03	0.03

Tabla 37 Resultados de cromo en huevos y crías de tortuga (2010)

UNIDADES base seca (b.s.)	2010											
	Alacranes - Playa Pérez - Yucatán		Alacranes - Playa Blanca - Yucatán		Alacranes - Playa Muertos - Yucatán		Playa Las Coloradas - Yucatán		Playa Chenkan Campeche		Playa Rancho Nuevo Tamaulipas	
mg/kg	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Órganos	Caparazón
Cromo (Cr)	1.26		0.59	0.56	0.46	0.58	0.61	0.40	0.59		7.21	2.46
	0.66		0.42	0.85	0.41	0.48	0.64	0.58	0.51		4.70	1.11
	0.87				1.67	0.76	0.46	0.39			2.98	2.99
	0.57				<LDM		0.59	0.92			13.42	1.51
					0.60		0.62	0.39			10.24	1.52
					0.56		0.81	0.85			6.21	8.45
					0.57		0.49				1.11	
							0.60					
							0.52					
							0.55					
							0.63					
							0.69					
							0.60					
							0.63					
						0.62						
<b>Eventos (n)</b>	4		2	2	6	3	15	6	2		7	6
<b>Máximo</b>	1.26		0.59	0.85	1.67	0.76	0.81	0.92	0.59		13.42	8.45
<b>Mínimo</b>	0.57		0.42	0.56	0.41	0.48	0.46	0.39	0.51		1.11	1.11
<b>Intervalo</b>	0.57-1.26		0.42-0.59	0.56-0.85	0.41-1.67	0.48-0.76	0.46-0.81	0.39-0.92	0.51-0.59		1.11-13.42	1.11-8.45
<b>Promedio</b>	0.84		0.50	0.71	0.71	0.61	0.60	0.59	0.55		6.55	3.01
<b>Desviación (σ)</b>	0.31		0.12	0.21	0.47	0.14	0.08	0.24	0.05		4.23	2.76
<b>LDM</b>	0.38		0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38		0.38	0.38



**Tabla 38 Resultados de cobre en huevos y crías de tortuga (2010)**

UNIDADES base seca (b.s.)	2010											
	Alacranes - Playa Pérez - Yucatán		Alacranes - Playa Blanca - Yucatán		Alacranes - Playa Muertos - Yucatán		Playa Las Coloradas - Yucatán		Playa Chenkan Campeche		Playa Rancho Nuevo Tamaulipas	
mg/kg	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Órganos	Caparazón
Cobre (Cu)	6.28		1.65	2.93	2.42	3.10	3.57	3.01	2.62		6.07	2.03
	2.45		2.53	2.49	2.52	2.66	2.78	2.07	2.38		5.64	2.35
	7.00				11.88	2.87	2.60	1.99			4.61	1.89
	2.90				2.34		2.70	2.08			4.80	1.85
					2.60		3.59	2.58			4.64	2.04
					2.08		3.00	3.25			3.58	3.08
					2.49		2.40				2.77	
							2.35					
							2.09					
							2.07					
							2.82					
							2.27					
							2.45					
							2.82					
							3.16					
<b>Eventos (n)</b>	4		2	2	7	3	15	6	2		7	6
<b>Máximo</b>	7.00		2.53	2.93	11.88	3.10	3.59	3.25	2.62		6.07	3.08
<b>Mínimo</b>	2.45		1.65	2.49	2.08	2.66	2.07	1.99	2.38		2.77	1.85
<b>Intervalo</b>	2.45-7		1.65-2.53	2.49-2.93	2.08-11.88	2.66-3.1	2.07-3.59	1.99-3.25	2.38-2.62		2.77-6.07	1.85-3.08
<b>Promedio</b>	4.66		2.09	2.71	3.76	2.88	2.71	2.50	2.50		4.59	2.21
<b>Desviación (<math>\sigma</math>)</b>	2.32		0.62	0.31	3.58	0.22	0.47	0.54	0.17		1.13	0.46
<b>LDM</b>	0.14		0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14		0.14	0.14

**Tabla 39 Resultados de hierro en huevos y crías de tortuga (2010)**

UNIDADES base seca (b.s.)	2010											
	Alacranes - Playa Pérez - Yucatán		Alacranes - Playa Blanca - Yucatán		Alacranes - Playa Muertos - Yucatán		Playa Las Coloradas - Yucatán		Playa Chenkan Campeche		Playa Rancho Nuevo Tamaulipas	
mg/kg	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Órganos	Caparazón
Hierro (Fe)	113.21		62.16	27.30	95.20	39.40	69.31	62.92	72.80		97.62	111.99
	73.16		81.21	51.58	60.76	47.93	75.24	46.90	75.40		103.12	52.37
	117.10				125.27	42.22	76.28	40.27			78.03	124.54
	97.12				72.63		68.41	58.77			129.83	72.83
					72.43		97.83	38.62			108.63	93.11
					77.78		67.95	69.70			111.64	119.62
					70.72		80.34				64.35	
							79.20					
							80.09					
							81.04					
							112.17					
							75.68					
							72.17					
							75.68					
						49.33						
<b>Eventos (n)</b>	4		2	2	7	3	15	6	2		7	6
<b>Máximo</b>	117.10		81.21	51.58	125.27	47.93	112.17	69.70	75.40		129.83	124.54
<b>Mínimo</b>	73.16		62.16	27.30	60.76	39.40	49.33	38.62	72.80		64.35	52.37
<b>Intervalo</b>	73.16- 117.1		62.16- 81.21	27.3-51.58	60.76- 125.27	39.4-47.93	49.33- 112.17	38.62-69.7	72.8-75.4		64.35- 129.83	52.37- 124.54
<b>Promedio</b>	100.15		71.68	39.44	82.11	43.18	77.38	52.86	74.10		99.03	95.74
<b>Desviación (<math>\sigma</math>)</b>	19.96		13.47	17.17	21.69	4.35	13.94	12.78	1.84		21.84	28.55
<b>LDM</b>	-		-	-	-	-	-	-	-		25.28	25.28

Tabla 40 Resultados de níquel en huevos y crías de tortuga (2010)

UNIDADES base seca (b.s.)	2010											
	Alacranes - Playa Pérez - Yucatán		Alacranes - Playa Blanca - Yucatán		Alacranes - Playa Muertos - Yucatán		Playa Las Coloradas - Yucatán		Playa Chenkan Campeche		Playa Rancho Nuevo Tamaulipas	
mg/kg	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Órganos	Caparazón
Níquel (Ni)	4.01		0.78	1.06	0.94	0.80	<LDM	1.08	0.55		4.09	0.65
	0.63		0.92	1.97	0.45	0.90	0.52	0.97	0.46		1.88	0.54
	2.65				4.70	1.78	<LDM	0.76			1.04	1.51
	0.63				0.33		0.83	0.87			6.12	0.03
					1.03		0.27	0.83			4.39	0.44
					1.31		0.98	1.03			2.99	3.88
					1.22		0.19				0.41	
							0.16					
							0.59					
							0.60					
							0.31					
							1.44					
							0.54					
							<LDM					
							<LDM					
<b>Eventos (n)</b>	4		2	2	7	3	11	6	2		7	6
<b>Máximo</b>	4.01		0.92	1.97	4.70	1.78	1.44	1.08	0.55		6.12	3.88
<b>Mínimo</b>	0.63		0.78	1.06	0.33	0.80	0.16	0.76	0.46		0.41	0.03
<b>Intervalo</b>	0.63-4.01		0.78-0.92	1.06-1.97	0.33-4.7	0.8-1.78	0.16-1.44	0.76-1.08	0.46-0.55		0.41-6.12	0.03-3.88
<b>Promedio</b>	1.98		0.85	1.51	1.43	1.16	0.59	0.92	0.50		2.99	1.17
<b>Desviación (σ)</b>	1.65		0.10	0.65	1.49	0.54	0.38	0.12	0.06		2.02	1.41
<b>LDM</b>	0.06		0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06		0.06	0.06

Tabla 41 Resultados de plomo en huevos y crías de tortuga (2010)

UNIDADES base seca (b.s.)	2010											
	Alacranes - Playa Pérez - Yucatán		Alacranes - Playa Blanca - Yucatán		Alacranes - Playa Muertos - Yucatán		Playa Las Coloradas - Yucatán		Playa Chenkan Campeche		Playa Rancho Nuevo Tamaulipas	
mg/kg	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Órganos	Caparazón
Plomo (Pb)	<LDM		<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	0.15	0.31
	<LDM		<LDM	0.26	0.36	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	0.11	0.15
	<LDM				1.00	<LDM	<LDM	<LDM			0.25	0.15
	<LDM				<LDM		<LDM	<LDM			0.11	0.11
					<LDM		<LDM	<LDM			<LDM	0.18
					<LDM		<LDM	<LDM			1.09	<LDM
					<LDM		<LDM	<LDM			0.33	
							<LDM	<LDM				
							<LDM	<LDM				
							<LDM	<LDM				
							<LDM	<LDM				
							<LDM	<LDM				
	<b>Eventos (n)</b>	0		0	1	2	0	0	0	0		6
<b>Máximo</b>				0.26	1.00						1.09	0.31
<b>Mínimo</b>				0.26	0.36						0.11	0.11
<b>Intervalo</b>				0.26-0.26	0.36-1						0.11-1.09	0.11-0.31
<b>Promedio</b>				0.26	0.68						0.34	0.18
<b>Desviación (σ)</b>					0.45						0.38	0.08
<b>LDM</b>	0.24		0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24		0.24	0.24

Tabla 42 Resultados de vanadio en huevos y crías de tortuga (2010)

UNIDADES base seca (b.s.)	2010											
	Alacranes - Playa Pérez - Yucatán		Alacranes - Playa Blanca - Yucatán		Alacranes - Playa Muertos - Yucatán		Playa Las Coloradas - Yucatán		Playa Chenkan Campeche		Playa Rancho Nuevo Tamaulipas	
mg/kg	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Órganos	Caparazón
Vanadio (V)	2.95		2.56	2.00	1.77	1.69	1.24	1.73	1.77		0.22	0.35
	2.22		1.74	2.16	2.12	1.55	1.97	1.55	1.65		0.24	<LDM
	2.16				2.78	1.99	1.11	1.49			<LDM	0.29
	1.80				1.69		2.24	1.72			<LDM	<LDM
					1.92		1.31	1.54			<LDM	0.28
					2.09		2.84	1.54			<LDM	<LDM
					2.25		1.06				<LDM	
							1.13					
							1.01					
							1.64					
							1.49					
							1.81					
							1.15					
							0.95					
							1.23					
<b>Eventos (n)</b>	4		2	2	7	3	15	6	2		2	3
<b>Máximo</b>	2.95		2.56	2.16	2.78	1.99	2.84	1.73	1.77		0.24	0.35
<b>Mínimo</b>	1.80		1.74	2.00	1.69	1.55	0.95	1.49	1.65		0.22	0.28
<b>Intervalo</b>	1.8-2.95		1.74-2.56	2-2.16	1.69-2.78	1.55-1.99	0.95-2.84	1.49-1.73	1.65-1.77		0.22-0.24	0.28-0.35
<b>Promedio</b>	2.28		2.15	2.08	2.09	1.74	1.48	1.59	1.71		0.23	0.31
<b>Desviación (σ)</b>	0.48		0.58	0.12	0.36	0.23	0.53	0.10	0.08		0.02	0.04
<b>LDM</b>	0.2		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2		0.2	0.2

Tabla 43 Resultados de mercurio en huevos y crías de tortuga (2010)

UNIDADES base seca (b.s.)	2010											
	Alacranes - Playa Pérez - Yucatán		Alacranes - Playa Blanca - Yucatán		Alacranes - Playa Muertos - Yucatán		Playa Las Coloradas - Yucatán		Playa Chenkan Campeche		Playa Rancho Nuevo Tamaulipas	
mg/kg	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Huevos	Cascarón	Órganos	Caparazón
Mercurio (Hg)	0.02		<LDM	0.07	<LDM	0.03	<LDM	0.17	<LDM		0.14	<LDM
	<LDM		<LDM	0.06	0.02	0.16	<LDM	0.05	<LDM		0.19	0.03
	0.03				<LDM	0.11	<LDM	0.03			0.19	0.04
	<LDM				<LDM		<LDM	0.06			0.05	0.05
					<LDM			0.03			0.23	<LDM
					<LDM			0.06			0.07	0.19
					0.02			<LDM			0.02	
								<LDM				
								<LDM				
								0.03				
								0.03				
								<LDM				
	<b>Eventos (n)</b>	2		0	2	2	3	3	6	0		7
<b>Máximo</b>	0.03			0.07	0.02	0.16	0.03	0.17			0.23	0.19
<b>Mínimo</b>	0.02			0.06	0.02	0.03	0.03	0.03			0.02	0.03
<b>Intervalo</b>	0.02-0.03			0.06-0.07	0.02-0.02	0.03-0.16	0.03-0.03	0.03-0.17			0.02-0.23	0.03-0.19
<b>Promedio</b>	0.03			0.06	0.02	0.10	0.03	0.07			0.13	0.08
<b>Desviación (<math>\sigma</math>)</b>	0.01			0.01	0.00	0.06	0.00	0.05			0.08	0.08
<b>LDM</b>	0.02		0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02		0.02	0.02

**Tabla 44 Resultados de naftaleno en huevos y crías de tortuga (2011)**

UNIDADES base seca (b.s.)	2011					
	Playa Rancho Nuevo Tamaulipas				Playa Chenkan Campeche	
mg/kg	Vitelo	Caparazón	Órganos	Cascarón	Cascarón	Huevo
Naftaleno	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	0.05	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	0.11	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	0.31	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	0.12	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM

<b>Eventos (n)</b>	4	0	0	0	0	
<b>Máximo</b>	0.31					
<b>Mínimo</b>	0.05					
<b>Intervalo</b>	0.05-0.31					
<b>Promedio</b>	0.15					
<b>Desviación (<math>\sigma</math>)</b>	0.11					
<b>LDM</b>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	

**Tabla 45 Resultados de acenafteno en huevos y crías de tortuga (2011)**

UNIDADES base seca (b.s.)	2011					
	Playa Rancho Nuevo Tamaulipas				Playa Chenkan Campeche	
mg/kg	Vitelo	Caparazón	Órganos	Cascarón	Cascarón	Huevo
Acenafteno	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM

Eventos (n)	0	0	0	0	0	
Máximo						
Mínimo						
Intervalo						
Promedio						
Desviación ( $\sigma$ )						
LDM	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	



**Tabla 46 Resultados de acenaftileno en huevos y crías de tortuga (2011)**

UNIDADES base seca (b.s.)	2011					
	Playa Rancho Nuevo Tamaulipas				Playa Chenkan Campeche	
mg/kg	Vitelo	Caparazón	Órganos	Cascarón	Cascarón	Huevo
Acenaftileno	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM

Eventos (n)	0	0	0	0	0	
Máximo						
Mínimo						
Intervalo						
Promedio						
Desviación ( $\sigma$ )						
LDM	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	-

**Tabla 47 Resultados de fluoreno en huevos y crías de tortuga (2011)**

UNIDADES base seca (b.s.)	2011					
	Playa Rancho Nuevo Tamaulipas				Playa Chenkan Campeche	
mg/kg	Vitelo	Caparazón	Órganos	Cascarón	Cascarón	Huevo
Fluoreno	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM		<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM			

Eventos (n)	0	0	0	0	0	0
Máximo						
Mínimo						
Intervalo						
Promedio						
Desviación ( $\sigma$ )						
LDM	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	-

**Tabla 48 Resultados de fenantreno en huevos y crías de tortuga (2011)**

UNIDADES base seca (b.s.)	2011					
	Playa Rancho Nuevo Tamaulipas				Playa Chenkan Campeche	
mg/kg	Vitelo	Caparazón	Órganos	Cascarón	Cascarón	Huevo
Fenantreno	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM		<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM			
<b>Eventos (n)</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Máximo</b>						
<b>Mínimo</b>						
<b>Intervalo</b>						
<b>Promedio</b>						
<b>Desviación (<math>\sigma</math>)</b>						
<b>LDM</b>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	-

**Tabla 49 Resultados de antraceno en huevos y crías de tortuga (2011)**

UNIDADES base seca (b.s.)	2011					
	Playa Rancho Nuevo Tamaulipas				Playa Chenkan Campeche	
mg/kg	Vitelo	Caparazón	Órganos	Cascarón	Cascarón	Huevo
Antraceno	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM

Eventos (n)	0	0	0	0	0	0
Máximo						
Mínimo						
Intervalo						
Promedio						
Desviación ( $\sigma$ )						
LDM	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	-

**Tabla 50 Resultados de fluoranteno en huevos y crías de tortuga (2011)**

UNIDADES base seca (b.s.)	2011					
	Playa Rancho Nuevo Tamaulipas				Playa Chenkan Campeche	
mg/kg	Vitelo	Caparazón	Órganos	Cascarón	Cascarón	Huevo
Fluoranteno	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM

Eventos (n)	0	0	0	0	0	0
Máximo						
Mínimo						
Intervalo						
Promedio						
Desviación ( $\sigma$ )						
LDM	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	

**Tabla 51 Resultados de pireno en huevos y crías de tortuga (2011)**

UNIDADES base seca (b.s.)	2011					
	Playa Rancho Nuevo Tamaulipas				Playa Chenkan Campeche	
mg/kg	Vitelo	Caparazón	Órganos	Cascarón	Cascarón	Huevo
Pireno	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM

Eventos (n)	0	0	0	0	0	0
Máximo						
Mínimo						
Intervalo						
Promedio						
Desviación ( $\sigma$ )						
LDM	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	-

**Tabla 52 Resultados de benzo(a)antraceno en huevos y crías de tortuga (2011)**

UNIDADES base seca (b.s.)	2011					
	Playa Rancho Nuevo Tamaulipas				Playa Chenkan Campeche	
mg/kg	Vitelo	Caparazón	Órganos	Cascarón	Cascarón	Huevo
Benzo(a)antraceno	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	0.04	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM		<LDM	<LDM
	0.28	<LDM	<LDM			

<b>Eventos (n)</b>	1	1	0	0	0	0
<b>Máximo</b>	0.28	0.04				
<b>Mínimo</b>	0.28	0.04				
<b>Intervalo</b>	0.28-0.28	0.04-0.04				
<b>Promedio</b>	0.28	0.04				
<b>Desviación (<math>\sigma</math>)</b>						
<b>LDM</b>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	-

**Tabla 53 Resultados de criseno en huevos y crías de tortuga (2011)**

UNIDADES base seca (b.s.)	2011					
	Playa Rancho Nuevo Tamaulipas				Playa Chenkan Campeche	
mg/kg	Vitelo	Caparazón	Órganos	Cascarón	Cascarón	Huevo
Criseno	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM

Eventos (n)	0	0	0	0	0	0
Máximo						
Mínimo						
Intervalo						
Promedio						
Desviación ( $\sigma$ )						
LDM	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	-



**Tabla 54 Resultados de benzo(b)fluoranteno en huevos y crías de tortuga (2011)**

UNIDADES base seca (b.s.)	2011					
	Playa Rancho Nuevo Tamaulipas				Playa Chenkan Campeche	
mg/kg	Vitelo	Caparazón	Órganos	Cascarón	Cascarón	Huevo
Benzo(b)fluoranteno	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM		<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM			
<b>Eventos (n)</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Máximo</b>						
<b>Mínimo</b>						
<b>Intervalo</b>						
<b>Promedio</b>						
<b>Desviación (<math>\sigma</math>)</b>						
<b>LDM</b>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	-

**Tabla 55 Resultados de benzo(k)fluoranteno en huevos y crías de tortuga (2011)**

UNIDADES base seca (b.s.)	2011					
	Playa Rancho Nuevo Tamaulipas				Playa Chenkan Campeche	
mg/kg	Vitelo	Caparazón	Órganos	Cascarón	Cascarón	Huevo
Benzo(k)fluoranteno	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
Eventos (n)	0	0	0	0	0	0
Máximo						
Mínimo						
Intervalo						
Promedio						
Desviación ( $\sigma$ )						
LDM	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	-

**Tabla 56 Resultados de benzo(a)pireno en huevos y crías de tortuga (2011)**

UNIDADES base seca (b.s.)	2011					
	Playa Rancho Nuevo Tamaulipas				Playa Chenkan Campeche	
mg/kg	Vitelo	Caparazón	Órganos	Cascarón	Cascarón	Huevo
Benzo(a)pireno	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM

Eventos (n)	0	0	0	0	0	0
Máximo						
Mínimo						
Intervalo						
Promedio						
Desviación ( $\sigma$ )						
LDM	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	-

**Tabla 57 Resultados de dibenzo(a,h)antraceno en huevos y crías de tortuga (2011)**

UNIDADES base seca (b.s.)	2011					
	Playa Rancho Nuevo Tamaulipas				Playa Chenkan Campeche	
mg/kg	Vitelo	Caparazón	Órganos	Cascarón	Cascarón	Huevo
Dibenzo(a,h)antraceno	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM		<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM		<LDM	

Eventos (n)	0	0	0	0	0	0
Máximo						
Mínimo						
Intervalo						
Promedio						
Desviación ( $\sigma$ )						
LDM	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	-

**Tabla 58 Resultados de benzo(g,h,i)perileno en huevos y crías de tortuga (2011)**

UNIDADES base seca (b.s.)	2011					
	Playa Rancho Nuevo Tamaulipas				Playa Chenkan Campeche	
mg/kg	Vitelo	Caparazón	Órganos	Cascarón	Cascarón	Huevo
Benzo(g,h,i)perileno	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM

Eventos (n)	0	0	0	0	0	0
Máximo						
Mínimo						
Intervalo						
Promedio						
Desviación ( $\sigma$ )						
LDM	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	-

**Tabla 59 Resultados de indeno(1,2,3-c,d)pireno en huevos y crías de tortuga (2011)**

UNIDADES base seca (b.s.)	2011					
	Playa Rancho Nuevo Tamaulipas				Playa Chenkan Campeche	
mg/kg	Vitelo	Caparazón	Órganos	Cascarón	Cascarón	Huevo
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	

Eventos (n)	0	0	0	0	0	0
Máximo						
Mínimo						
Intervalo						
Promedio						
Desviación ( $\sigma$ )						
LDM	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	-





















**Tabla 69 Resultados de vanadio en huevos y crías de tortuga (2011)**

UNIDADES base seca (b.s.)	2011					
	Playa Rancho Nuevo Tamaulipas				Playa Chenkan Campeche	
mg/kg	Vitelo	Caparazón	Órganos	Cascarón	Cascarón	Huevo
Vanadio (V)	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM		<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM		<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM		<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM		<LDM	<LDM
	<LDM	<LDM	<LDM		<LDM	<LDM
					<LDM	<LDM
					<LDM	<LDM
						<LDM
						<LDM
						<LDM
						<LDM
						<LDM
<b>Eventos (n)</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Máximo</b>						
<b>Mínimo</b>						
<b>Intervalo</b>						
<b>Promedio</b>						
<b>Desviación (<math>\sigma</math>)</b>						
<b>LDM</b>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2



