



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

78
2es

Investigación Acerca del Efecto de Contaminantes
(Metales, Grasas y Aceites) Presentes en Agua
de Mar, Arena y Cascarones de Tortuga Laúd
(*Dermochelys Coriacea*) Durante la Tempo-
rada de Anidación 1992-1993 en la
Reserva para Tortugas Marinas:
Playón de Mexiquillo, Michoacán

T E S I S
Que para Obtener el Título de
B I O L O G A
P r e s e n t a
María Cristina Hernández Reyes



México, D. F. FACULTAD DE CIENCIAS
REGION ESCOLAR 1995

FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. EN C. VIRGINIA ABRIN BATULE
Jefe de la División de Estudios Profesionales
Facultad de Ciencias
Presente

Los abajo firmantes, comunicamos a Usted, que habiendo revisado el trabajo de Tesis que realiz(ó)ron la pasante(s) María Cristina Hernández Reyes

con número de cuenta 8525859-8 con el Título: Investigación acerca del efecto de contaminantes (metales, grasas y aceites) presentes en agua de mar, arena y cascarones de tortuga laúd (Dermochelys coriacea) durante la temporada de anidación 1992-1993 en la reserva para tortugas marinas: Playón de Mexiquillo, Michoacán.

Otorgamos nuestro Voto Aprobatorio y consideramos que a la brevedad deberá presentar su Examen Profesional para obtener el título de Biólogo

GRADO	NOMBRE(S)	APELLIDOS COMPLETOS	FIRMA
	Dra. Georgina	Fernández Villagomez	
Director de Tesis	Biol. Carlos	López Santos	
	Dr. Felipe	Vázquez Gutiérrez	
	Biol. Adriana	Laura Sarti Martínez	
Suplente	Dr. Roberto	Martínez	
Suplente			

Dedico esta Tesis a mis Amados Padres, quienes a lo largo de 25 años, han tenido que soportar los caprichos y locuras de su hija, porque sin ellos mi vida no sería posible y porque a pesar del tiempo transcurrido, nunca han perdido las esperanzas en mí.

A mis "hermanitos": Magos, Ado, Isra y Kin, en quienes encontré un apoyo justo cuando más lo necesité.

A Carlos: porque a pesar de todas los obstáculos que siempre hemos tenido, juntos salimos adelante tratando de ser mejores con nosotros mismos y con los demás, gracias por tu apoyo y confianza, porque sin ellos no sería lo que soy.

AGRADECIMIENTOS

A todas aquéllas personas que hicieron posible la realización de éste trabajo de tesis, y que con su constante apoyo me brindaron el ánimo para seguir adelante, en especial quiero agradecer a mis asesores quienes mostraron siempre el entusiasmo por este trabajo:

A la Dra. Georgina Fernández por ser una persona especial, dispuesta a apoyar siempre a sus estudiantes, mostrándoles el camino correcto mediante su ejemplo.

Al Dr. Felipe Vázquez porque sin su valiosa ayuda, este trabajo no hubiera podido llegar a su fin.

Al Biól. Carlos López, porque desde el principio confió en mi y en mi trabajo, dándome siempre ánimo para continuar.

Al Dr. Roberto Martínez y a la Biól. Laura Sarti, porque sin sus críticas y comentarios a la tesis, ésta no tendría el valor que ahora tiene.

A Livia Sánchez por enseñarme a usar el equipo de laboratorio y las técnicas con las cuales trabajamos, por brindarme su amistad y ayudarme siempre que las cosas no salían, porque gracias a ella, se realizó mucho del trabajo de laboratorio.

Al Biól. Adrián Díaz quién me enseñó a trabajar con metales pesados, tratando de que los errores debidos al manejo de las muestras en el laboratorio, fueran mínimos.

A todas las personas que contribuyeron en el muestreo durante mi estancia en "El Farito":

P.de B. Cristina Ordóñez por su ayuda en la colecta y su amistad; P. de B. Francisco Vargas por su paciencia y ayuda durante el trabajo de campo; Biol. Carlos López por su cooperación en el muestreo y en el envío de las muestras a la Cd. de México; Biol. Laura Sarti por su ayuda en la colecta y sus asesorías; al Centro Activo Fraire por transportar las muestras

a la Cd., y a los miembros de la FFFR (Patrick, Noel y Carl), por contribuir al muestreo y hacer de la estancia en "El Farito" un momento agradable.

A la Sra. Agustina Corona por conseguir los frascos que utilicé durante la colecta de muestras.

A los integrantes del campamento de SEDESOL (Rosy, Panchis y Fidel) por su amistad y sus frascos para la colecta de agua.

A mis compañeros del laboratorio de Tortugas Marinas porque juntos formamos un grupo de biólogos dispuestos a trabajar siempre en favor de las tortugas, ya sea para conocerlas o para conservarlas.

En especial quiero agradecer al P.de F. Lorenzo Calzado porque su ayuda fué muy valiosa durante el trabajo escrito, y sin él, el manejo de las computadoras hubiera sido más difícil; así también, quiero agradecer al Dr. Tomás Gonzáles, quién me enseñó el uso del excell.

Finalmente agradezco a todas aquéllas personas que por mi mala memoria no las he citado, pero ellas saben que su ayuda fué muy valiosa, sobretodo, quiero agradecer a mis compañeros del Colegio Olinca: Mauricio Osorio por todo su apoyo en el material y su valiosa amistad, a la P. de B. Judith Villegas por su amistad y compañerismo y a Lupita Herrera que siempre soporta nuestros juegos.

INDICE

Tema	Páginas
Resumen	1
Introducción	2
Objetivos	10
Area de Estudio	11
Metodología	13
A.Muestreo	14
B. Análisis	16
Resultados y Discusión	24
Grasas y Aceites	24
Metales	33
Conclusiones y Recomendaciones	44
Bibliografía	47
Gráficas	51
Anexos	61

RESUMEN

Las tortugas marinas al igual que otros organismos son altamente sensibles a los cambios ambientales, ya sea naturales o provocados por el hombre, quién a través de los años ha modificado distintas zonas de la Tierra, dichos cambios han traído como consecuencia la desaparición de algunas especies silvestres y han puesto en peligro la existencia de otras tantas, como la tortuga laúd cuyas poblaciones se han visto diezmadas por diversos factores, uno de ellos podría ser la contaminación tanto por hidrocarburos como por sustancias químicas bioacumulativas. El efecto que éstas sustancias pueden ocasionar en las tortugas marinas, es el objetivo principal de éste estudio, por lo que mediante la determinación de metales pesados , grasas y aceites en agua, arena y cascarones de tortuga laúd obtenidos del Playón de Mexiquillo, Mich. ; se vió que en el agua de mar la contaminación por grasas y aceites es elevada sobretodo si se estima que su concentración en el agua de mar debe ser menor de 5 ppm; esta situación no es la misma para arena y cascarones, cuyos niveles son relativamente bajos, aunque no se encontró un estándar para corroborar resultados. Por otra parte, en los metales analizados (Cd, Pb, Ni, Cu y Zn) se encontró que en el agua el metal más abundante fué el Ni, seguido por el plomo; así mismo, en arena el metal que más abundó fué el Ni y en cascarones de vivero se encontraron cantidades elevadas de Pb, metal altamente tóxico para los sistemas vivos; por otro lado, este hecho no se repitió en los cascarones de cajas y naturales, siendo el Zn el metal que se encontró en mayor proporción, este metal también fué el que más abundó en los análisis efectuado por algunos autores, por lo que es posible que juegue algún papel a nivel fisiológico en las tortugas marinas.

Con los datos obtenidos en este estudio, se llegó a la conclusión de que el ingreso de metales y diversas sustancias contaminantes hacia las zonas costeras, se debe controlar y el monitoreo que de ellas se efectúe debe ser constante ya que muchas sustancias no sólo afectan a los animales, sino también al hombre que utiliza los recursos pesqueros como fuente de alimentación.

INTRODUCCION

Las tortugas terrestres son los reptiles más antiguos que existen; aparecieron en la Tierra a principios del período Triásico hace aproximadamente 230 millones de años. Las tortugas marinas evolucionaron a partir de las tortugas terrestres durante el período Cretácico hace 135 millones de años (Benabib y Cruz, 1981).

Existen siete especies de tortugas marinas agrupadas en dos familias: Dermochelyidae y Cheloniidae. De la primera, existe sólo una especie, *Dermochelys coriacea*, conocida en algunos lugares como tortuga "laúd" o "garapacho". Esta es la tortuga más grande que existe llegando a pesar hasta 916 kg y medir dos metros de largo (Davenport et al 1990). Su distribución es muy amplia, y se ha observado en zonas del Pacífico Norte tales como Alaska y el mar de Bering, así como al sur de Chile y Nueva Zelanda, esto se debe a que puede mantener una temperatura corporal hasta de 18°C más alta que el ambiente (Frair et al, 1972). Esta peculiar característica puede deberse a varios factores, entre los cuales se encuentran la inercia térmica que presentan los cuerpos masivos, una capa de grasa subepidérmica que le sirve como aislante (Mrosovsky y Pritchard, 1971) y un intercambio de calor por contracorriente en las aletas (Greer et al, 1973) entre otros.

El conocimiento que actualmente se tiene acerca de estos organismos, se ha basado principalmente en los datos que se obtienen de las playas de anidación; de esta manera se sabe que la anidación casi siempre es nocturna abarcando los meses de octubre a marzo (regularmente) en la costa del Pacífico, así también, cada hembra desova por lo regular de 1 a 11 nidadas por temporada en intervalos de 9 a 10 días; el promedio del número de huevos es de 64 con yema y hasta un 50% o más de huevos sin yema, los cuales son depositados al final de toda la nidada, hasta la fecha no se sabe con exactitud cuál es la función de éstos últimos. El desarrollo embrionario completo se efectúa después de 55 a 75 días (en promedio), de que los huevos fueron depositados en la arena y al momento en que las crías emergen del fondo de ésta, lo hacen de manera coordinada para alcanzar la superficie y orientarse hacia el mar por la diferencia luminosa que se da entre el brillo del mar y la oscuridad de la vegetación (Eckert, 1991).

Algunas de las colonias más grandes de tortuga laúd, a nivel mundial, anidan a lo largo del Océano Pacífico; siendo la colonia más grande la que comprende quizá, cerca de la mitad del número de hembras adultas conocido, y que se reproducen en las costas de México, principalmente en Michoacán, Guerrero y Oaxaca (Pritchard, 1982 en Eckert, 1991). De éstos tres estados, uno de los más importantes es el primero, ya que en él se encuentra el Playón de Mexiquillo, lugar en el cual existía una intensa explotación del

recurso (hasta del 90%); principalmente en la etapa de huevo, por lo cual se decide declararlo como Zona de Reserva para tortugas marinas (Diario Oficial, 1986). De esta manera el acceso a la playa queda permitido sólo a algunas instituciones gubernamentales y educativas para la realización de diversas actividades, como son la investigación, conservación y protección, entre otros, de ésta y otras especies de tortugas marinas que anidan en el Playón. Dentro de éstas instituciones, se encuentra el Laboratorio de Tortugas Marinas de la Facultad de Ciencias de la UNAM, cuyas actividades con tortuga laúd han sido realizadas desde hace más de una década, ya que el lugar es importante no sólo para la anidación de ésta especie, sino también por su elevada producción de crías, que supera a otras zonas de anidación (Sarti et al, 1989), es así que además de conocer acerca de los hábitos biológicos y reproductivos, se trata de contribuir en el reestablecimiento de ésta y otras poblaciones de tortugas marinas que anidan en esta playa y que actualmente se enlistan en el Apéndice I de la Convención Internacional de Especies Comerciales en Peligro o Amenazadas (CITES) (Hutchinson y Simmonds, 1991).

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados por la UNAM y otras instituciones, la situación de la especie sigue siendo cada vez más crítica; mostrando año con año considerables descensos en el número de hembras anidadoras (Sarti et al, 1993). La causa de este descenso es hasta hoy desconocida, aunque de manera natural la mortalidad de las tortugas marinas se debe a cambios ambientales así como a los depredadores tanto en el medio terrestre como marino; así también, el ser humano ha contribuido de manera importante al descenso de organismos al saquear los huevos que las tortugas dejan cada noche durante cada temporada en las playas de anidación y efectuando matanzas clandestinas de adultos (machos y hembras) en altamar.

Es importante considerar también la mortalidad que puede existir en estos organismos por la presencia y efecto de algunos contaminantes; entendiéndose por contaminación al deterioro ambiental causado por las descargas residuales en el mar, la cantidad de desechos en él o bien, los desechos mismos (Clark, 1992) incluyendo basura, petróleo y sustancias químicas bioacumulativas en los distintos hábitats (zonas de descanso, alimentación y reproducción) (Hutchinson y Simmonds, 1991).

Las partículas contaminantes, afectan a todas las etapas del ciclo de vida de las tortugas marinas (Coston y Hoss, 1983; Gramentz, 1988). La tabla 1 da un ejemplo del tipo de fuente contaminante y la etapa en la cual las tortugas marinas son más vulnerables, la presencia de estas sustancias se da tanto en el mar como en las playas y los daños que ocasionan en las tortugas marinas son los siguientes:

EN EL MAR.

Los desechos plásticos, las descargas de desechos por parte de las naves pesqueras y los derrames de petróleo son factores asociados a la mortalidad de las tortugas marinas, cuyos hábitos conductuales y alimenticios propician el contacto con estos contaminantes que al ser ingeridos les provocan la muerte ya sea de manera gradual o inmediata dependiendo del grado de exposición al cual estuvieron sometidas (Shabica, 1981).

Tabla 1. Ejemplos del Posible Impacto que Tendría la Alteración al Hábitat, Sobre las Tortugas Marinas.

CICLO DE VIDA	ACTIVIDAD	IMPACTO
HABITAT COSTERO		
Hembra adulta	Crecimiento industrial y urbano	Pérdida o modificación del hábitat de anidación
Nidos	Dragado y minería Motocicletas	
Huevos	Plantas de luz	Cambios de temperatura
Crías	Descargas industriales y aguas domésticas	Aumentan la contaminación
MAR ABIERTO Y ESTUARIOS		
Crías	Embarcaciones	Captura incidental, destrucción de arrecifes y del fondo marino
Juveniles	Descargas y derrames de petróleo, minería y dragado	Incrementan la contaminación. destruyen el fondo marino.
Inmaduros	Generadores de energía y actividades recreativas	Descargas contaminantes y cambios de temperatura Daños a los arrecifes.
Hembras y machos adultos		

Fuente: Coston, L. and Hoss, O. (1983). Synopsis of data on the impact of habitat alteration on sea turtles around the southeastern United States. NOAA technical memorandum.

Algunas investigaciones revelan que más de la mitad de las poblaciones de tortugas marinas poseen desechos de origen antropogénico en sus tractos digestivos (Gramentz, 1988; Chan y Liew, 1988; GESAMP, 1990; Davenport, et al, 1990; Hutchinson y Simmonds, 1991) entre ellas las tortugas laúd que por sus hábitos alimenticios, llegan a confundir los plásticos con medusas, y al ser consumidos ocasionan la obstrucción del tracto digestivo y posteriormente la muerte (Mrosovsky, 1981; Gramentz, 1988).

Los derrames de petróleo y sus derivados van más allá de provocar lesiones superficiales evidentes, ya que a diferencia de los plásticos, el petróleo y todos los hidrocarburos son químicos cuya ingestión en grandes cantidades provocan la muerte, o bien, en mínimas cantidades puede ser metabolizado hasta formar parte de las sustancias corporales (Hall et al, 1983; Hutchinson y Simmonds, 1991), que al irse acumulando generan la producción metabólica de compuestos carcinogénicos, supresión del sistema inmunitario, daños pulmonares, disminución de las funciones de la glándula de la sal, anormalidades conductuales y hormonales, etc. (Hutchinson y Simmonds, 1991).

Por otra parte, pequeñas partículas derivadas del petróleo (petróleo residual "tar balls") son arrastradas por efectos de marea hacia los tapetes de sargasso, lugares considerados como zonas de convergencia para crías y juveniles (Carr citado por Hutchinson y Simmonds, 1991); al acumularse estos residuos de petróleo en grandes cantidades inmovilizan y provocan la muerte de las pequeñas tortugas (Gramentz, 1988).

Los efectos que el petróleo tiene sobre la fisiología y conducta de las tortugas son los siguientes: en contacto con la piel incrementa el riesgo de cáncer; puede aumentar el parasitismo y la depredación disminuyendo por lo tanto, el período de vida; en contacto con los pulmones disminuye el alcance respiratorio y con ello la capacidad del organismo para sobrevivir, los viajes y el forrajeo. Internamente puede existir una disminución de las funciones de la glándula de la sal, alteración del balance hormonal que trae como consecuencia un decremento reproductivo (Vargo et al, 1986).

Los metales al igual que los hidrocarburos, constituyen una importante fuente de contaminación al ser solubles y estables en el medio acuático, persistiendo en él por mucho tiempo. Muchos son altamente tóxicos para los organismos que los acumulan y concentran. La presencia de pequeñas cantidades de cualquier metal puede ser dañina para todas las formas vivientes. Entre las fuentes primarias de contaminación del medio marino por metales se encuentran el empleo agrícola de plaguicidas, germicidas, fungicidas, fábricas de elaboración de metales y las industrias eléctricas, químicas y farmacéuticas (Van, 1985; Laws, 1993).

El efecto de los metales sobre las tortugas marinas ha sido poco estudiado, sin embargo, Witkowski y Frazer citados por Hutchinson y Simmonds (1991) encontraron que los niveles obtenidos para hierro (Fe) y Zinc (Zn) de muestras de hueso de tortuga verde (*Chelonia mydas*) fueron altos, aunque ellos consideran que los niveles encontrados son difíciles de interpretar ya que es poco conocido el efecto que los metales tienen a nivel fisiológico. Así también, Davenport, et al, 1990 efectuó estudios de algunos metales pesados en un macho de tortuga laúd que murió por asfixia al enredarse con redes de pesca aguas de Inglaterra, analizando algunos tejidos del animal, ellos encontraron, entre otros metales, al mercurio (Hg), plomo (Pb) y cadmio (Cd), (elementos altamente tóxicos para los sistemas vivientes).

EN LA COSTA

Witham citado por Shabica (1981) menciona que la invasión al hábitat de anidación por parte del hombre es quizá la principal causa por la cual ha declinado la actividad de las tortugas marinas en muchas áreas; sin embargo, Shabica (1981) considera que el petróleo puede ser una causa importante para la disminución de las actividades de anidación, aunque éste se limpie en las zonas donde ocurren derrames accidentales. De ahí que el autor se pregunte entonces: ¿qué pasa con el petróleo extendido y absorbido en las playas?, ¿puede esto considerarse como la causa del rechazo a la playa por parte de la hembra?, esta pregunta es interesante, sin embargo aún no se ha determinado si existe un rechazo como tal, de la hembra hacia la playa y mucho menos se sabe si este petróleo existente en la arena pueda ser la causa del descenso del número de hembras anidadoras en algunos lugares.

Por otra parte, Witham (1981) reporta la existencia de petróleo residual resultado de los derrames, sobre las playas, y las observaciones realizadas indican que su presencia resulta en efectos adversos para las crías de tortuga marina. Los derrames de petróleo ocasionan grandes problemas si ocurren durante la temporada de anidación causando entre otras cosas: alteraciones en el desarrollo embrionario, es decir, malformaciones en los embriones (Fritts y McGehee, 1982) (al absorberse contaminantes volátiles y solubles en agua), mortalidad de embriones y obstrucción del intercambio gaseoso del huevo con el medio (Coston y Hoss, 1983). Hirth (1987) citado por Hutchinson y Simmonds (1991) realiza una observación muy importante al considerar que la deposición de petróleo residual sobre las playas de anidación puede alterar la composición química de ésta, lo cual repercutiría en el quimiorreconocimiento de las crías hacia su playa natal, y a largo plazo, la abundancia del petróleo y el potencial cambio de la química de la arena puede afectar la conducta de selección del sitio de anidación.

Como ya se mencionó, el efecto que los metales tienen sobre las tortugas marinas ha sido poco estudiado, sin embargo Hillestad et al citado por Hutchinson y Simmonds (1991) analizaron huevos de tortuga caguama (*Caretta caretta*) para determinar metales pesados encontrando diferentes niveles de mercurio (Hg) en la albúmina; por su parte, Stoneburner et al citado por Hutchinson y Simmonds (1991) analizaron la yema del huevo de tortugas de cuatro playas de anidación encontrando: (bario, cobalto, cromo, mercurio, molibdeno, níquel y plomo) en el análisis; de lo anterior concluyeron que los metales presentes en el huevo pueden provenir de las madres, que los han adquirido a través de la alimentación. Muchos de estos metales son inhibidores de enzimas y por lo tanto, tóxicos para los sistemas biológicos (Van, 1985; Laws, 1993).

Muchos de los contaminantes (metales, hidrocarburos, PBC'S, grasas y aceites, etc.) de las playas y aguas costeras adyacentes a ellas provienen de las aguas residuales (definidas de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana, NOM-1980, como el líquido de composición variada proveniente de usos municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada, y que por tal motivo ha sufrido degradación o alteración en su calidad original), los restos de la elaboración de alimentos, los detergentes y el desagüe de las zonas agrícolas cuando no son tratadas, representan una fuente de contaminación que afecta de la siguiente manera: deterioro de los sistemas naturales por constituyentes orgánicos e inorgánicos en flotación, alteración de la producción primaria, todos donde se concentran vestigios de metales, etc. (Clark, 1992; Laws, 1993).

Una gran parte de los contaminantes de los sistemas costeros y oceánicos, se deben también a la descarga de materiales en ríos y puntos costeros de emisión de residuos; los efectos dependen de la población que los produce y su distribución. Las prácticas agrícolas que emplean fertilizantes y residuos de animales domésticos son una de las principales fuentes del fenómeno; gran parte de los fertilizantes son aplicados en forma aérea, lo cual acarrea la pérdida de un 50% de éstos por acción del viento y otra por medio de la lixiviación de las lluvias, que lavan las tierras y depositan los materiales en el mar (Clark, 1992).

Para el Playón de Mexiquillo y aguas adyacentes a él, se han considerado como principales fuentes de contaminación: las descargas de residuos de El Distrito Industrial Marítimo de Lázaro Cárdenas, Michoacán ubicado a 80 Km aproximadamente del Playón, y las descargas contaminantes de las embarcaciones tanto pesqueras como de carga que utilizan las aguas aledañas como rutas de salida y entrada hacia el puerto, existiendo de esta manera, un tráfico continuo de embarcaciones.

Así también en este Distrito (Lázaro Cárdenas) a partir de la puesta en marcha de la Siderúrgica, se incrementaron los niveles de contaminación en el área por la presencia

de óxidos de azufre y nitrógeno, hidrocarburos y monóxido de carbono, sin contar los desechos que generan las demás industrias existentes en el puerto, entre las que se encuentran: Astilleros Unidos CELASA, CONASUPO, LATEX, Grupos NKS, PEMEX, Productora Mexicana de Tubería, Transportación Marítima Mexicana, Refinería, Fertilizantes Mexicanos, Grupo SICARTSA, etc. (García, 1985).

Es posible que por efecto de las corrientes marinas del lugar, los desechos contaminantes provenientes del puerto se distribuyan a lo largo de la costa, pudiendo llegar muy lejos e inclusive alcanzar las aguas adyacentes al playón, así como incorporarse en el sustrato por acción del oleaje, afectando posteriormente la anidación de la tortuga laúd así como a otras especies marinas que habitan en el agua y los granos de arena.

Así mismo la navegación que normalmente existe en las aguas cercanas al playón, tanto de embarcaciones pequeñas como de gran calado constituyen un sistema de dispersión de contaminantes al depositar sus desechos no sólo en embarcaderos y puertos sino también en altamar a lo largo de sus rutas de navegación; muchos de ellos transportan sustancias tóxicas (petróleo, gas líquido natural y químicos entre otros); el naufragio de estas embarcaciones y otros accidentes en el mar pueden liberar estas sustancias, y cuando esto ocurre, las consecuencias son muy dañinas ya que el material no se recupera y se dispersa por efecto de la marea y las tormentas (Clark, 1992). Como ejemplo se tiene el derrame de ácido sulfúrico ocurrido en Lázaro Cárdenas en julio de 1993, en el cual todo el reactivo se liberó al mar por el mal estado del barco, contribuyendo a su dispersión el ciclón que azotó la costa durante esa fecha; este incidente acarreó fatales consecuencias para la pesca del área; sin que se haya efectuado una evaluación de los daños.

Debido a que los niveles de contaminación en el medio marino cada vez son mayores por el crecimiento de las zonas industriales y urbanas, el presente trabajo es un punto de partida para la realización de estudios que indiquen la presencia de contaminantes en el Playón de Mexiquillo, Michoacán tratando de relacionar su efecto sobre la población de tortuga laúd que anida en el Playón. Así mismo, es importante llevar al cabo este tipo de estudios ya que son escasos los trabajos sobre el efecto de contaminantes en tortugas marinas a nivel nacional y a diferencia de éstos, son demasiados los puntos de emisión de sustancias contaminantes que descargan directamente sus desechos a ríos y finalmente el mar, sin que estas sustancias hayan sufrido un tratamiento previo para minimizar sus efectos dañinos.

Los parámetros que se tomaron en cuenta para llevar al cabo esta investigación fueron: la determinación de grasas y aceites en la playa y aguas adyacentes, evaluándose también algunos metales para determinar en que concentraciones se presentaban y poder

comparar resultados con datos publicados para tortugas marinas (zinc, plomo, cadmio, níquel y cobre).

OBJETIVOS

General:

- Determinar la existencia de contaminantes en los primeros 6 Km del Playón de Mexiquillo, Michoacán (playa y aguas adyacentes) así como en cascarones de huevo de tortuga laúd *Dermochelys coriacea* durante la temporada de anidación 1992-1992 y evaluar sus efectos sobre estos organismos.

Particulares:

- Evaluar la presencia de grasas y aceites mediante el análisis de agua de mar, arena y cascarones de huevo de tortuga laúd.

-Determinar la presencia de metales mediante el análisis de agua de mar, arena y cascarones de huevo de tortuga laúd.

-Documentar bibliográficamente los efectos que los contaminantes analizados tienen sobre las poblaciones de tortugas marinas.

AREA DE ESTUDIO

Los muestreos de la presente investigación se llevaron al cabo en el Playón de Mexiquillo que pertenece al municipio de Aguila, ubicado en la porción central de la costa Michoacana a 80 Km del Distrito Industrial Marítimo de Lázaro Cárdenas, Mich. El Playón presenta una longitud de 18 Km aproximadamente, comprendidos desde la saliente rocosa conocida como "La Punta" y la desembocadura del río la Manzanilla; entre la Sierra Madre del Sur y el Océano Pacífico; paralelos $102^{\circ}48'49''$, $102^{\circ}55'17''$ longitud Oeste y los $18^{\circ}08'23''$, $18^{\circ}08'19''$ latitud Norte (figura 1).

La longitud específica de muestreo (y de área de trabajo) abarcó 6,600 metros considerados desde la zona suroeste de la playa en la cual se encuentra "La Punta", hasta el estero de "La Majahua"; en esta área se registra el mayor número de anidaciones y es donde se llevan al cabo las labores de investigación, protección y conservación de las tortugas marinas por parte del Laboratorio de Tortugas Marinas de la Facultad de Ciencias de la UNAM (figura 2).

El clima de la región según la carta de climas de Colima 13Q-VI Zacatula, 13Q-VII editada por el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México corresponde al tipo Awo(w)ig, según la clasificación de Köppen modificada por García (1973), es decir, cálido subhúmedo con abundantes lluvias en verano. La temperatura media anual oscila entre los 27°C y los 27.5°C , siendo junio el mes más caluroso del año. La precipitación media anual es de 884.4 mm principalmente durante el verano (López 1985).

Se presentan numerosas corrientes fluviales superficiales, las cuales desembocan en el Océano Pacífico. El principal río de la zona (por sus dimensiones y por la cantidad de desechos que transporta a través de su recorrido por el interior del país) es el Balsas que delimita al estado de Michoacán del estado de Guerrero. Existen además una serie de ríos de temporada siendo los más importantes: Chuta, Mexcalhuacán, Popoyuta, Chuquiapan, Nexpa, Tupitina y la Manzanilla. Por su cercanía al Playón de Mexiquillo el río Nexpa es el más importante, sobre todo por la cantidad de material que aporta durante la época de lluvias (López, 1985).

La temperatura promedio del agua de mar en la superficie es de 27°C con un mínimo de 24°C , en diciembre y un máximo de 31°C en mayo. En el área de estudio

predomina la marea mixta con una amplitud menor que la registrada en Manzanillo, Col., y mayor con respecto al Distrito Industrial de Lázaro Cárdenas, Mich.. El intervalo máximo anual de marea es de aproximadamente 1.30 m (Benabib, 1983).

La fisonomía del Playón de Mexiquillo cambia constantemente a través de la temporada de anidación por efecto de las mareas, pero en general consta de un plano inclinado que va desde el mar hasta la plataforma, con una pendiente promedio de $9^{\circ}11'$ (mínima de 3° , máxima 13°), con un desnivel mínimo de 1.8 m, y un máximo de 4.5 m. Sigue una franja de arena de 34.5 m, en promedio, después de la cual comienza una zona de vegetación rastrera. En ciertas partes de la playa pueden llegar a formarse dos crestas separadas por una pequeña plataforma de 1.5 a 2 m de ancho. (López, 1985).

El tipo de vegetación más común en la playa es *Ipomoea pes-caprae*, los pastos *Jouvea pilosa*, la leguminosa *Canavalia maritima* y existen otras especies de menor importancia como *Zinnia littoralis*, *Zygophy laceae*, *Panicum maximum*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Waltheria americana*, *Cleome viscida*, *Datura stamonium* y *Pectis multifosculosa* (Benabib, 1983).

Figura 1. Playón de Mexiquillo

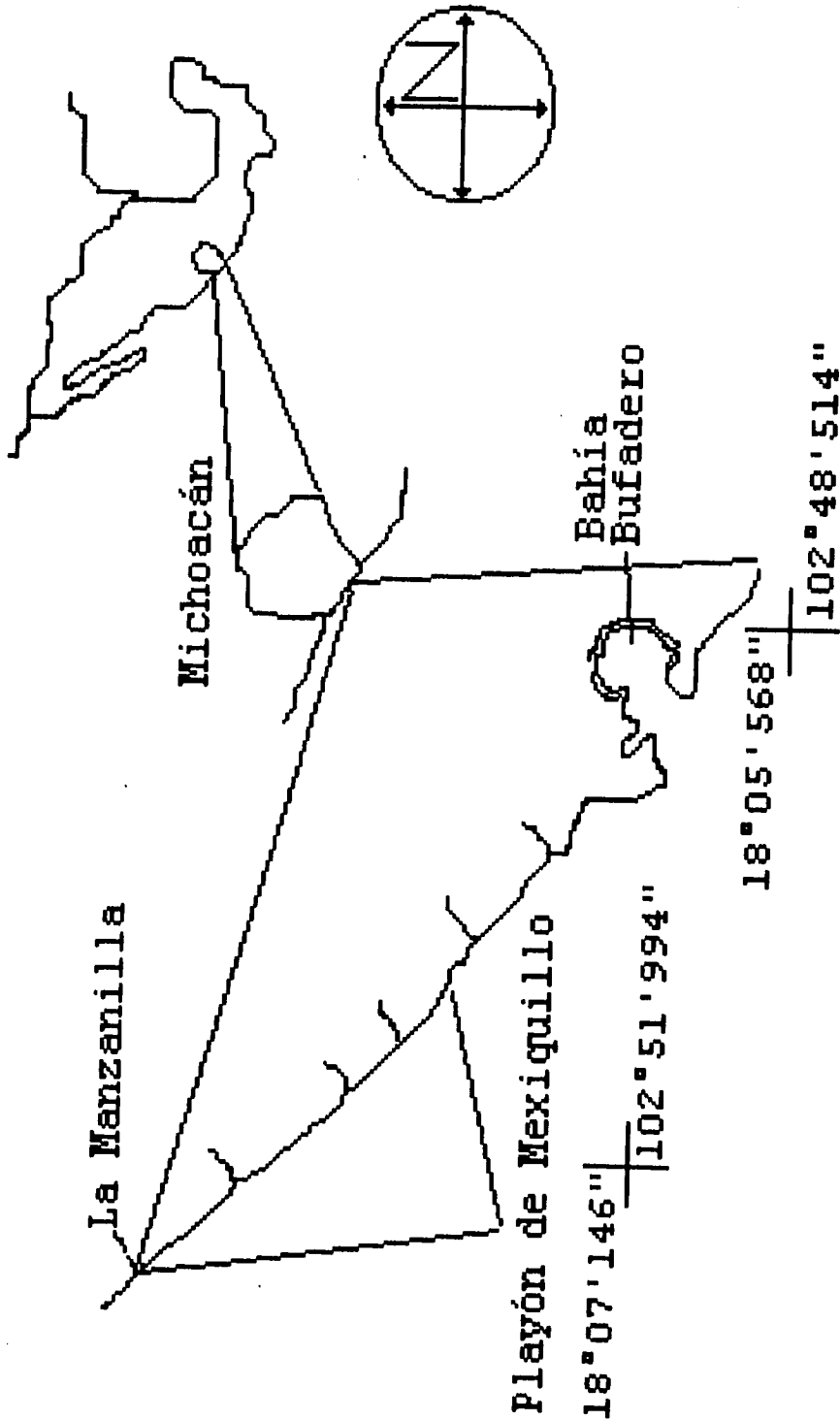
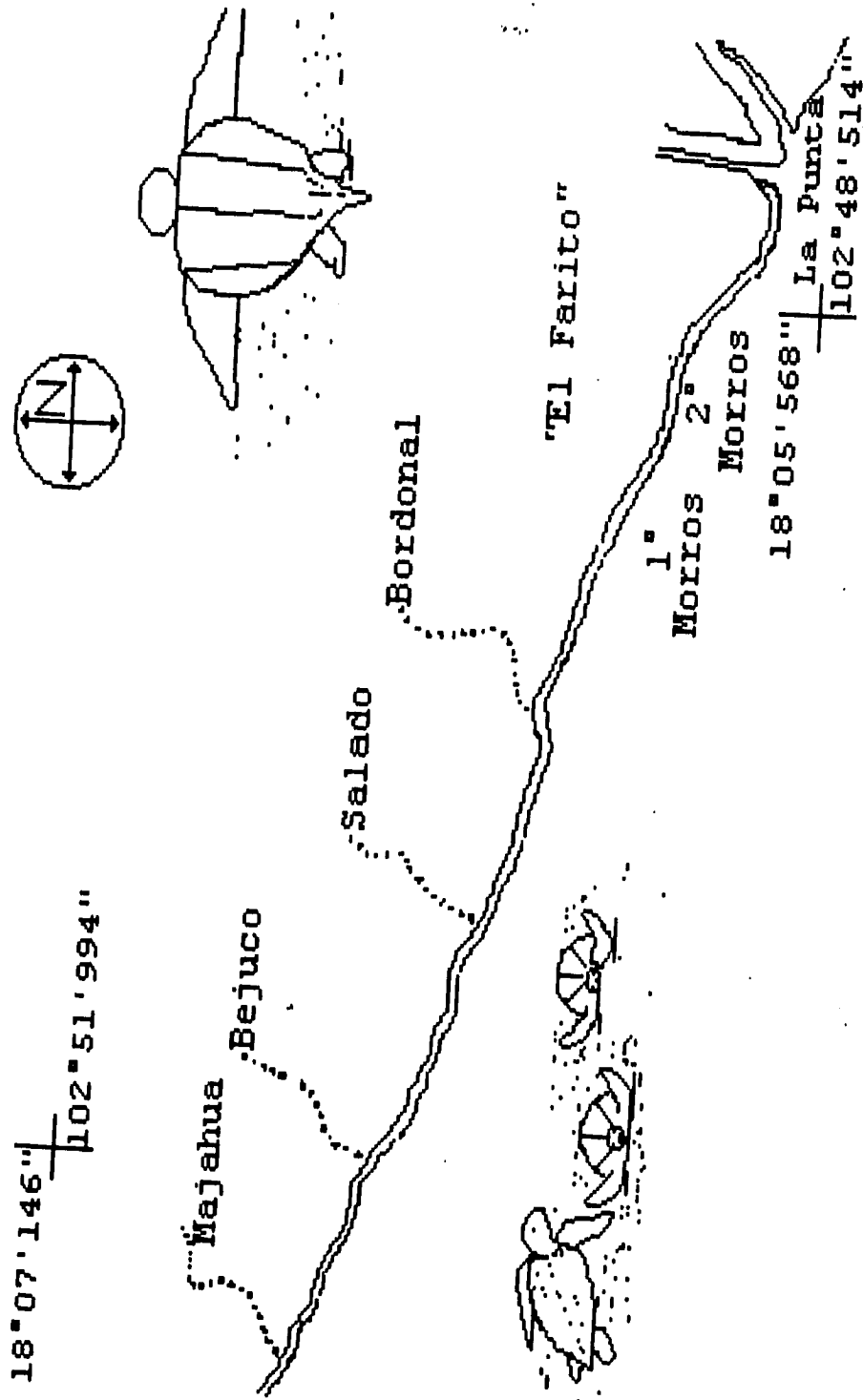


Figura 2. Area de Estudio



METODOLOGIA

El trabajo fué dividido en dos partes de acuerdo al lugar y el tiempo durante el cual se realizaron. A) trabajo de muestreo: se llevó al cabo en el Campamento Tortuguero "El Farito", Mich. a cargo del Laboratorio de Tortugas Marinas de la Facultad de Ciencias de la UNAM; B) trabajo de laboratorio en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería en coordinación con el Laboratorio de Físicoquímica Marina del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

La toma de muestras se inició el 15 de octubre de 1992, finalizando el 28 de marzo de 1993, de esta manera el período de muestreo corresponde a los seis meses que abarcan la temporada de anidación de la tortuga laúd en el Playón. El lapso de tiempo entre cada muestreo fué de ocho días en promedio obteniendo un total de 46 muestras de agua de mar, 20 para metales y 26 para grasas y aceites; 40 de arena, 20 para grasas y aceites y 20 para metales, y finalmente se obtuvieron 71 muestras de cascarones para metales y 71 para grasas y aceites.

Para llevar al cabo el muestreo fué necesario realizar un estudio preliminar para determinar el tipo de recipiente a utilizar de acuerdo al parámetro a investigar, así como el preservativo adecuado y evitar de esta manera la alteración de la muestra por efectos químicos y biológicos (tabla 2).

TABLA 2. PRESERVACION DE MUESTRAS Y TIPO DE ENVASE.

Parámetro	Tipo de Muestra	Tipo de Envase Empleado	Volúmen por tipo de muestra	Preservación de la muestra	Almacenamiento Máximo
Grasas y Aceites	Agua	Frasco boca	1000 ml	Acido sulfúrico	28 días en refrigeración.
	Arena	ancha enjuado	100 g		
	Cascarones	con hexano.	10 casc.		
Metales Pesados	Arena	Vidrio boro-silicato enj.	100 g	Acido nítrico	seis meses
	Agua	ácido nítrico	100 ml		
	Cascarones		10 casc.		

Para que para la preservación de las muestras sólidas se hicieran diluciones de ac. sulfúrico y ac. nítrico 1:50 (1 ml de ácido por 50 ml de agua destilada) para agregar a cada muestra 5 ml de dilución, para homogenizar la cantidad de ácido en toda la muestra y evitar al mismo tiempo la corrosión de las muestras suaves como los cascarones.

A. MUESTREO

A.1. Muestreo de Agua de Mar

La toma de las muestras (para metales pesados, grasas y aceites) se efectuó frente a las instalaciones del campamento tortuguero "El Farito", justo en la zona donde rompe la ola, ya que al ser esta playa de mar abierto, es imposible efectuar una toma de mayor profundidad. Inmediatamente después de tomar la muestra se procedió a su preservación de acuerdo a las especificaciones anteriores.

Cabe mencionar que a partir del 16 de febrero de 1993 fué necesario tomar muestras en dos diferentes sitios de la playa (una enfrente del campamento y otra 200 m al Noroeste de la playa) para el análisis de grasas y aceites debido a que los resultados de laboratorio de las primeras muestras analizadas reportaron niveles demasiado altos de este contaminante; y de esta manera, al tener dos muestras de diferentes puntos del área de estudio se pudo comprobar si existían diferencias en cuanto a los niveles de grasas y aceites encontrados.

A.2. Muestreo de Arena

Para llevar al cabo éste fué necesario recorrer los 6,600 m de playa (Punta-Majahua) a pie; es importante aclarar que la toma de las dos primeras muestras de arena se realizaron únicamente de 5,100 m comprendidos desde la Punta, hasta el Bejuco, debido a que la boca del estero correspondiente a este último se encontraba abierto, haciendo imposible el acceso al otro lado de la barra. La toma de las muestras se efectuó simultáneamente con los recorridos nocturnos que cada noche se efectúan para la colecta de huevo de tortugas marinas.

Es así que para la toma de muestras se excavó un pozo de 80 cm de profundidad (profundidad a la cual oviposita una tortuga laúd) cada 500 m del área de 6,600 m señalada. Del fondo de cada pozo se obtuvo un total aproximado de 100 g de arena que se colocó en una bolsa de plástico (sin usar). Una vez completado el recorrido de 6,600 m, la arena de la bolsa se mezcló homogéneamente tomando posteriormente de dicha mezcla

las dos muestras (una para analizar metales y otra para grasas y aceites) y preservándolas como se indicó anteriormente (figura 3).

A.3. Muestreo de Cascarones

Es importante mencionar que los cascarones colectados para este estudio se obtuvieron de los nidos de tortuga laúd revisados una vez que las crías emergieron del nido (aprox. 55- 60 días después de la fecha de siembra). Esta actividad se lleva al cabo con todos los nidos que son trasladados cada noche al vivero o corral de incubación, lugar donde son sembrados con una separación de un metro de distancia entre hileras y de manera alternada (figura 4) para evitar que los nidos estuvieran demasiado juntos, lo cual puede alterar algunos factores físicoquímicos relacionados con el desarrollo embrionario. También se tomaron cascarones de los nidos que son sembrados en cajas de poliuretano (figura 5) y los que se dejan como nidos "naturales" y nidos "in situ"; siendo reconocidos éstos últimos por los pequeños rastros que las crías dejan al dirigirse en su frenesi al mar.

Para la revisión de nidos se toma en cuenta que hayan emergido por lo menos el 50% de crías (en función del número de huevos sembrados) o bien, que hayan pasado 60 días después de la fecha de siembra del nido. De cada nido muestreado se tomaron únicamente 10 cascarones (5 para grasas y aceites y 5 para metales) que se colocaron en su respectivo frasco.

Cada una de las muestras (arena, agua y cascarones) se etiquetaron (usando etiquetas adheribles) con los siguientes datos:

- Cuerpo receptor en estudio (agua, arena o cascarones)
- Nombre del lugar (campamento tortuguero "El Farito")
- Número de muestra
- Número de estaca, caja, nido natural o natural no señalado
- Fecha y hora de muestreo
- Nombre del colector
- Análisis a efectuar (grasas y aceites o metales)

Todas las anotaciones se hicieron con lápiz tanto en las etiquetas como en el cuaderno de campo, en el cual se registró además la siguiente información:

Figura 3. Muestreo de Arena

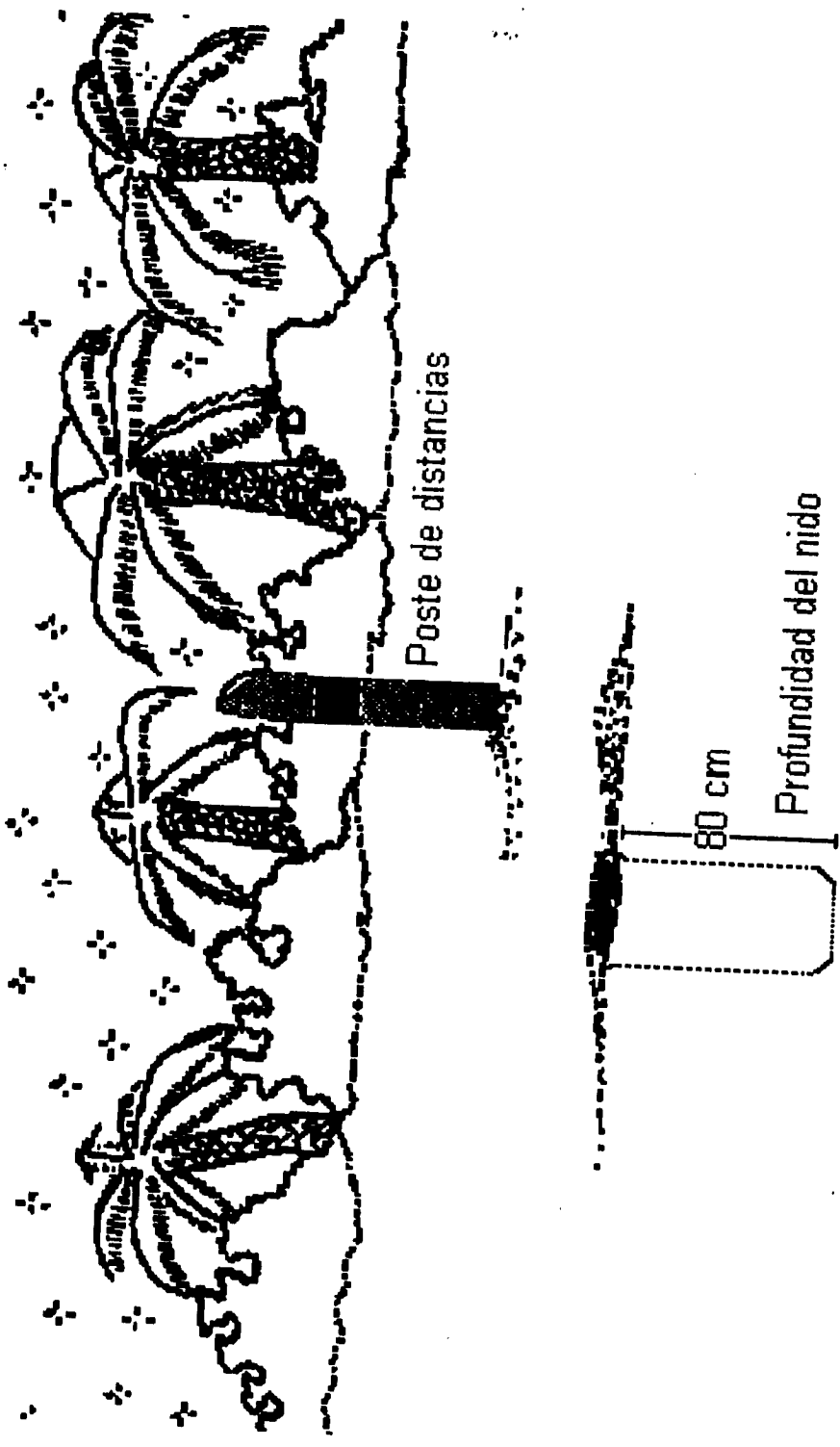


Figura 4. Siembra de Nidos en Vivero

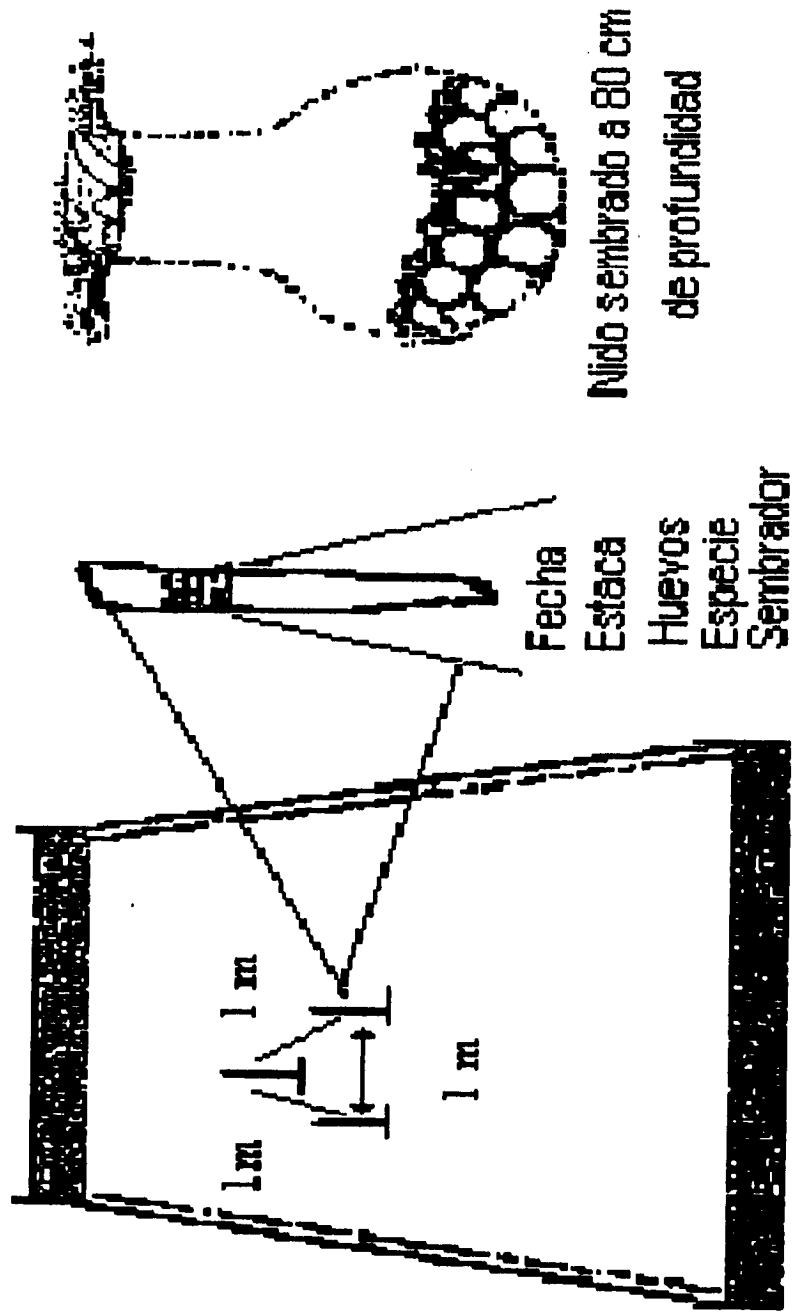
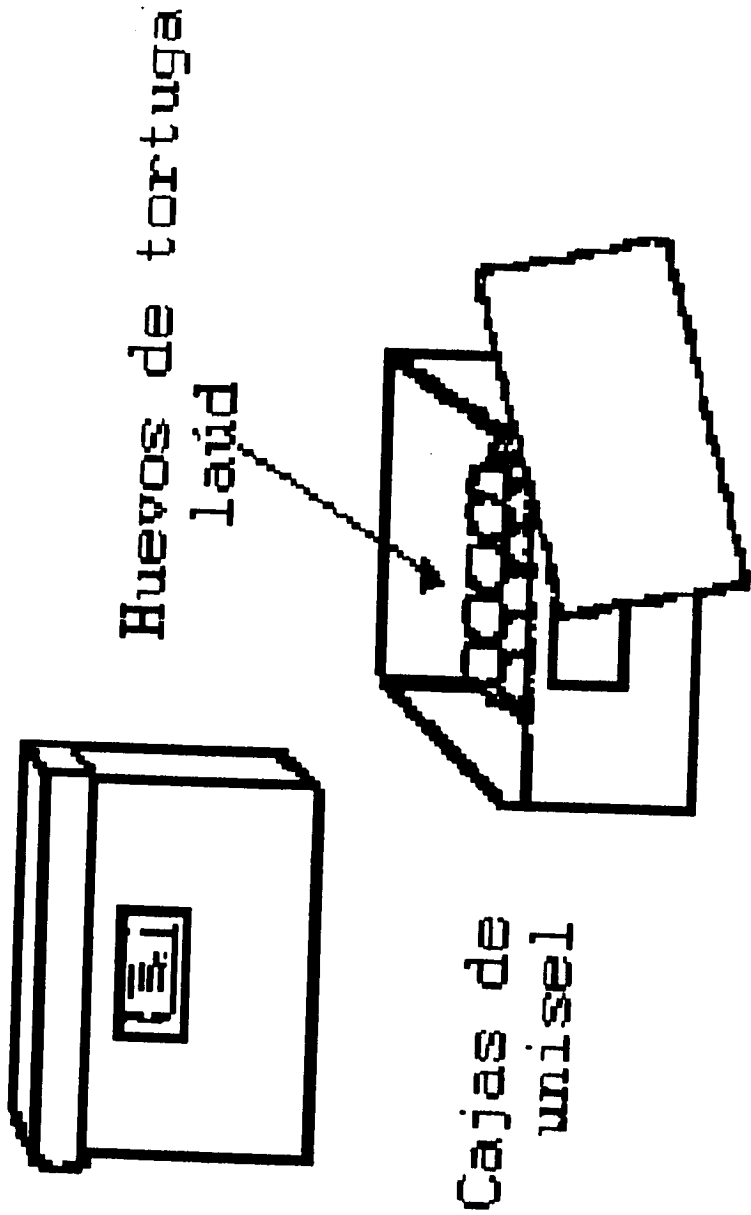


Figura 5. Siembra de Nidos en Cajas



- Todos los datos citados en las etiquetas
- Temperatura ambiental (de la playa)
- Datos de marea (tomando como referencia la fecha y hora a la cual se realizó el muestreo)
- Observaciones

B. ANALISIS DE LABORATORIO

GRASAS Y ACEITES

El método utilizado para la extracción de grasas y aceites fué el soxhlet, el cual es recomendable dentro de un intervalo de 5 a 1000 mg/dm (mg/l) de materia extractable y consiste en acidular una muestra para extraer las grasas y aceites en solución, la grasa es entonces separada por filtración y extraída con un solvente con ayuda del aparato soxhlet, posteriormente se evapora el solvente y se cuantifica gravimétricamente el material extraído (NOM-AA-5-1980). El equipo necesario para la técnica es el siguiente:

Equipo:

- | | |
|--|-------------------------------|
| - Pinzas para matraz | - Placa de calentamiento |
| - Embudo Büchner de 11 cm/dm | - Estufa para secado |
| - Matraz Kitazato de 2 L. | - Balanza granataria |
| - Desecador | - Balanza analítica |
| - Aparato de extracción soxhlet | - Guantes de hule desechables |
| - Matraz de fondo plano a masa constante | |
| - Espátula | |
| - Rotavapor | |

Reactivos:

- Hexano
- Acetona
- Suspensión de tierra de diatomeas, 1g/100 ml de agua destilada
- Papel filtro Whatman No. 40 de 11 cm de dm.
- Cartuchos de extracción de celulosa de 25 x 80 cm.

B.1. Agua de Mar

Se colocó un papel filtro en el embudo Büchner al cual se pasaron 100 ml de suspensión de tierra de diatomeas aplicando vacío. La muestra de agua de mar se pasó posteriormente a través del filtrado aplicando vacío hasta agotar el agua de la misma; la

finalidad de este paso es que todas las partículas de grasa y aceite queden adheridas a la tierra de diatomeas y al papel filtro. Mediante unas pinzas limpias se transfirió este último al cartucho de extracción, limpiando perfectamente las paredes del embudo con el papel filtro humedecido con hexano y colocándolo dentro del mismo cartucho. Posteriormente se deshidrató en una estufa a 103°C por un periodo de 30 minutos.

La extracción de grasas y aceites se realizó en un aparato soxhlet usando hexano a razón de 20 ciclos por hora durante cuatro horas contadas a partir del primer ciclo; la cantidad de hexano utilizada para tal fin es de 120 ml que previamente se colocan en un matraz de fondo plano a peso constante. Una vez que transcurrieron las cuatro horas se dejó enfriar el producto de la extracción a temperatura ambiente para ser destilado posteriormente en un rotavapor a 60°C hasta dejar en el matraz entre uno y dos ml de muestra, este residuo se llevó hasta sequedad en una estufa a 60°C, se sacó y se dejó enfriar en un desecador para finalmente obtener la masa del matraz en una balanza analítica. Este procedimiento se efectuó para cada una de las muestras de agua.

B.2. Arena

De cada muestra se tomaron 50 g de arena los cuales se colocaron dentro de un cartucho de extracción al que previamente se le introdujo un papel filtro y se tapó con papel filtro para evitar el derrame de la arena dentro del aparato de extracción y la pérdida de peso; posteriormente se secaron durante 30 minutos en una estufa a 103°C y en caso de que la extracción de grasas y aceites no se efectuara inmediatamente, se colocaron en un desecador hasta el momento de la extracción, la cual se llevó a cabo de la misma manera que en el agua de mar.

B.3. Cascarones

Se pesaron 20 g de cada una de las 71 muestras de cascarones (aunque en algunas el peso varió debido a que no todos los cascarones poseían la misma cantidad de humedad). Cabe aclarar que para iniciar y estandarizar el análisis de los cascarones se utilizaron al principio 10 g de éstos. Una vez pesados se colocaron dentro del cartucho de extracción que contenía previamente el papel filtro, ya "empaquetados" dentro del mismo, se taparon de manera similar que en arena, se secaron durante 30 minutos en la estufa a

103°C y se guardaron en un desecador en caso de no ser analizados inmediatamente.
Para este caso, la extracción de grasas y aceites fue similar al agua de mar y la arena.

Los cálculos para determinar los niveles de *p+10Xgrasas y aceites encontrados en agua de mar, arena y cascarones se efectuaron de la siguiente manera:

$$\text{*mg/l o g de grasas y aceites} = \frac{(M2 - M1) \times 1000}{V \text{ ó g.}}$$

Donde:

M1 = masa del matraz vacío a masa constante en gramos

M2 = masa del matraz con muestra en gramos

V o g = volúmen o gramos (según fué el caso) de muestra en ml o g.

*Tomado de la NOM-1980.

METALES

El análisis de estas muestras se llevó a cabo en dos fases: I. Digestiones, efectuadas en el Laboratorio de Físicoquímica Marina del ICMYL y II. Lectura de Metales realizadas en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la DEPFI, UNAM.

I. Digestiones

El equipo requerido para esta fase fue el siguiente:

Equipo:

- 2 vasos de precipitado de 250 ml
- 1 vaso de precipitado de 1000 ml
- 12 matraces aforados de 25 ml
- 12 matraces aforados de 50 ml
- 2 pipetas automáticas de 5 y 10 ml
- 1 pipeta automática de 1 ml
- 3 puntas para pipeta de 1, 5 y 10 ml
- 2 embudos de plástico
- 3 pipetas volumétricas de 20,25 y 50 ml
- 1 propipeta de 3 pasos
- 2 pizetas
- 1 matraz aforado de 1000 ml
- 1 balanza analítica y 1 granataria
- Frascos de plástico con tapa y contratapa con capacidad de 30, 60 y 120 ml
- Horno de microondas con carrusel y vasos (exterior, interior y tapones)

Reactivos:

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| - Acido nítrico destilado | - Acido fluorhídrico |
| - Acido bórico | - Acido clorhídrico suprapuro |
| - Agua destilada | - Agua desionizada |
| - Jabón Extrán | - Papel parafilm |

Antes de empezar a trabajar con el material, fue necesario lavarlo perfectamente con jabón Extrán y posteriormente con una solución de ácido nítrico destilado 1:1; este paso tiene la finalidad de limpiar los metales existentes en los recipientes, evitando con ello la contaminación de las muestras y alterar el resultado final. Así mismo, cada contenedor y sus vasos para microondas junto con sus tapas, se lavaron con una esponja remojada en Extrán, enjuagándolos posteriormente con ácido nítrico destilado para limpiar cualquier residuo de metal.

I.a. Agua de Mar

En el carrusel de digestión se colocaron los cilindros completos (vasos y tapones) cuidando de etiquetar cada uno con un número que permitiera su identificación individual. A cada vaso se le retiró el tapón tratando de no tocar con los dedos el interior de éste y contaminarlo. Una vez sin tapones, el carrusel con los vasos fueron llevados a la campana de extracción para agregar a cada uno la muestra y los reactivos.

A cada vaso le fueron agregados 50 ml de agua de mar, 5 ml de ácido nítrico destilado y 0.5 ml de ácido clorhídrico suprapuro. Posteriormente todo el carrusel se trasladó al horno de microondas para la digestión, cuidando de que el horno hubiera sido activado previamente para ventilar los vapores producidos; así también, antes de hacer funcionar el horno, se purgó con agua destilada. Dentro del horno a cada vaso se le colocó su tapón y junto con éste la manguera destinada a la expulsión de vapores, colocando el controlador de presión en el vaso cuyo peso era el mayor. Una vez que el equipo estuvo asegurado, se cerró la puerta del horno y se programó para la digestión de las muestras.

Al término de las digestiones se abrió el horno con cuidado y se despresurizó cada una de las muestras sin apagar el horno para que el extractor y ventilador del mismo absorbiera los vapores generados. Cuando las muestras se enfriaron, se destaparon aplicando agua destilada con una pizeta que en su extremo contenía una punta para pipeta, a cada uno de los tapones de los vasos para recuperar dentro del mismo vaso los metales que pudieran haber quedado adheridos a la tapa; posteriormente, el producto de la digestión se trasvasó directamente, mediante el embudo, a un frasco de plástico de 120 ml, enjuagando las paredes del vaso para recuperar los metales. Cada vaso se enjuagó inmediatamente después con agua destilada y se introdujo dentro del contenedor tapándolo para evitar la contaminación por el ambiente. A los frascos de plástico donde se trasvasaron las digestiones se les identificó mediante el número que correspondía al contenedor así como con el número de muestra al cual pertenecía, estos datos se anotaron también en la libreta para un mayor control de los datos. Cada frasco se tapó con su tapa y contratapa para evitar el derrame de la muestra y se refrigeraron hasta el momento de leerse.

I.c.Arena

Todas las muestras de arena se deshidrataron de la misma manera que los cascarones colocándose también en bolsás de plástico enjuagadas con ácido nítrico y etiquetadas, registrando los datos en la libreta de campo.

La metodología para llevar al cabo las digestiones fué muy similar a la utilizada en el caso de los cascarones, variando únicamente la cantidad de muestra agregada, la cual fué de 0.5 g, así como de reactivos que se agregaron en las siguientes cantidades: 5 ml de ácido nítrico, 1 ml de ácido clorhídrico, 10 ml de agua destilada y se agregaron además 4 ml de ácido fluorhídrico debido a que en la arena existen silicatos que sólo se digieren con este último ácido, logrando de esta manera una digestión completa de la arena.

I.b.Cascarones

Todos los cascarones fueron llevados a sequedad en una estufa para poder "molerlas" en un mortero y facilitar de esta manera su manejo; así mismo se trató de eliminar casi toda la arena que se encontraba adherida a los mismos para evitar interferencias por parte de los metales existentes en la arena.

Una vez molidas, cada muestra se colocó en una bolsa de plástico pequeña lavada previamente con ácido nítrico destilado; cada bolsa se identificó con una etiqueta que contenía el número de muestra, dato que también se anotó en la libreta de campo junto con los datos del nido al cual pertenecía la muestra.

La digestión de este tipo de muestras se realizó de la siguiente manera:

A cada vaso (lavado previamente con ácido nítrico) se le agregaron 0.8 g de cascarones y se cuidó de que el peso no superara esta cantidad más allá de 0.1 g ya que el peso es una de las variables más importantes que hay que cuidar dentro del horno de microondas.

De manera similar al agua de mar, el carrusel con los vasos y las muestras se introdujeron en la campana de extracción para agregar a cada uno de los vasos los reactivos en las siguientes cantidades: 5 ml de ácido nítrico, 0.5 ml de ácido clorhídrico y 5 ml de agua destilada, se dejó transcurrir el tiempo por aproximadamente 15 minutos debido a la rápida reacción de los ácidos con la materia orgánica; después de transcurrido

el tiempo se llevó el carrusel al horno de microondas en donde se llevó a cabo la digestión.

Así como en agua de mar, tanto cascarones como arena (digeridos) se trasvasaron a los frascos de plástico previamente etiquetados con los datos del contenedor y de la muestra, colocando la arena en los de 60 ml y los cascarones en los 30 ml. Posteriormente se llevaron a refrigeración hasta el momento de la lectura de metales.

II. Lectura de Metales

La concentración de metales existentes en cada una de las muestras se efectuó por medio de espectrofotometría de absorción atómica en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la DEPEFI, UNAM usando para tal fin el siguiente equipo:

Equipo:

- 1 matraz aforado de 1000 ml
- 5 matraces aforados de 100 ml
- 2 pipetas de 1 ml
- 2 pipetas de 5 ml
- 2 pipetas de 10 ml
- 2 pizetas
- frascos de plástico de 100 y 1000 ml
- Lámparas de cátodo hueco, de cadmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn)
- Espectrofotómetro de absorción atómica

Reactivos:

- Soluciones estándar de cadmio, cobre, níquel plomo y zinc
- Agua desionizada
- Acido nítrico destilado
- Gas acetileno
- Aire

II.a Absorción Atómica

El uso de esta técnica se basa en la característica que presentan los átomos para ser excitados desde un estado basal; es así que si la luz de una determinada longitud de onda se imprime sobre un átomo estable libre, el átomo puede absorber la luz hasta llegar a un estado excitado; este proceso es conocido como absorción atómica. La determinación cuantitativa del elemento en cuestión se efectúa por la medición de la cantidad de luz absorbida por los átomos del elemento (Beaty, 1978).

Antes de hacer uso del equipo de absorción se prepararon diluciones de 5, 15 y 30 ppm de las soluciones estándar, las cuales se utilizaron para hacer la curva de calibración.

Para poder llevar al cabo las lecturas, se procedió a calibrar primero el equipo utilizando para ello la lámpara de cobre por ser éste el elemento más estable en lo que a longitud de onda se refiere; posteriormente se hizo la curva de calibración con las soluciones preparadas de dos concentraciones diferentes; inmediatamente después se tomaron las lecturas de cada una de las muestras aspirándolas directamente por el nebulizador, una vez que la lectura apareció en la pantalla del equipo se anotó en la libreta de trabajo cuidando de anotar también los datos pertenecientes al frasco.

Los cálculos para determinar los niveles de metales pesados encontrados en arena y cascarones se efectuaron de la siguiente manera:

$$\text{mg/k de metales} = \frac{(\text{A.A.}) \times \text{ml H}_2\text{O}}{\text{g}}$$

Donde:

A.A. = Lectura que da el aparato de absorción atómica

ml de H₂O = cantidad de agua utilizada para aforar

g = cantidad de cascarones o arena utilizada en la extracción.

* Los datos de agua se tomaron directamente del aparato de absorción atómica.

Ya con todos los datos en la libreta de trabajo, se procedió a su manejo y análisis.

RESULTADOS Y DISCUSION

GRASAS Y ACEITES

I. AGUA DE MAR

Los resultados generales obtenidos para todas las muestras de agua se dan en el anexo 1, las cantidades que aparecen en él son variables, con valores que van desde 3.2 ppm hasta 575.9 ppm; este dato es de especial interés sobre todo porque se obtuvo el mismo día y hora que la muestra 15 (1) pero en un sitio diferente de la playa (ver metodología). El objetivo de un muestreo simultáneo fué para saber si existían diferencias en cuanto a la cantidad de grasas encontrada en ambos puntos de muestreo, es así que el análisis químico efectuado reveló que fueron mayores las concentraciones en las muestras tomadas 200 m al noroeste del campamento. Este resultado es difícil de interpretar ya que la única variación existente en las muestras dobles fué la distancia a la cual se tomaron; sin embargo es posible que al momento de tomar la muestra 15(2) haya existido sobre el agua una capa de grasa cuya velocidad de desplazamiento por acción de las corrientes marinas era mínima, así mismo, en febrero el mar es más tranquilo en comparación con los primeros meses de muestreo.

Es importante mencionar también que la temperatura pudo ser un factor determinante en la concentración de grasas y aceites encontradas en todas las muestras, de ésta manera, al observar el anexo 1 se hace notable que durante los meses de octubre a diciembre las grasas y aceites fueron menores en comparación con el resto de los meses; cabe destacar también que este comportamiento no se presentó en las muestras 19(1) y 19(2) cuya temperatura fué de 28.5°C con una concentración de grasas y aceites de 188.3 y 107.6 ppm respectivamente; esta variabilidad es posible que se deba a que la dispersión de grasas a lo largo de la costa sigue diversos comportamientos que dependen de las condiciones ambientales.

Por otra parte, a pesar de que en febrero se registró el nivel más elevado de grasas en una de las muestras, los promedios obtenidos por mes indicaron que fué durante el mes de enero cuando la concentración de grasas y aceites fué más elevada (tabla 3).

Tabla 3. Promedio de los Niveles de Grasas y Aceites Encontrados por Mes en Agua de Mar

MES	Promedio
oct. 92	6.06
nov. 92	11.34
dic. 92	8.47
ene. 93	158.82
feb. 93	94.1
mar. 93	94.55

La posible explicación para este resultado es que fué durante el mes de enero cuando se observaron desde la zona de estudio (no se hicieron mediciones precisas de distancia porque no se contempló en el proyecto) algunas embarcaciones medianas (entre ellas algunos camarones), las cuales suman sus descargas de combustible a las pequeñas y constantes descargas (que provocan los motores al funcionar) por parte de las lanchas de los pescadores del área, así mismo, es importante mencionar que la hora de muestreo no fué homogénea para los seis meses de estudio, y éste hecho pudo haberse reflejado en la diferente concentración de grasas que los tres primeros meses presentan con respecto a los tres segundos. Es así que durante oct., nov. y dic. los muestreos se realizaron en promedio a las 9:00 am y los niveles de contaminantes encontrados en éstos meses fueron bajos, en contraste con ene., feb. y mar. cuyas muestras se obtuvieron alrededor de las 16:00 pmm, en la gráfica 1 se muestran los niveles de grasas y aceites obtenidos por mes y en ella se observa además que la concentración de este contaminante es mayor en los tres últimos meses, además se observa también que durante el mes de enero se presentó el nivel mayor de grasas, aunque la muestra que presentó la mayor cantidad de este contaminante se encontró en febrero. Cabe destacar que las actividades humanas en Lázaro Cárdenas (considerado como el lugar de mayor aporte por sus características) y los poblados aledaños (Playa Azul, Caleta de Campos, etc.) se efectúan principalmente durante el día siendo escasas durante la noche (a excepción de los pescadores que durante la noche tienden sus redes, dependiendo del tipo de pesca que se realice); por lo tanto se podría pensar que la baja presencia de grasas en el agua durante las mañanas es el reflejo de la escasa actividad nocturna, y a que los materiales que son depositados a lo largo de la mañana en el mar en los poblados aledaños (principalmente el Dto. Ind. Mar. de Lázaro Cárdenas, ya que el aporte de los poblados pequeños como Caleta de Campos no tienen mucha importancia en cuanto a la generación de residuos

contaminantes) tardan parte del día en llegar hasta el Playón de Mexiquillo, concentrándose por las tardes en éste lugar y haciéndose evidentes en las muestras que se tomaron a estas horas.

Con el análisis realizado al agua de mar se observó que en el Playón de Mexiquillo la contaminación por grasas y aceites es sumamente elevada (promedio de 74.49 ppm). Es posible decir esto al comparar los resultados obtenidos con los valores reportados por el laboratorio de Físicoquímica Marina del ICMYL para el agua de mar de Puerto Vallarta, Jalisco, así como con otros datos estándares (tabla 4), entre los que se encuentra el valor estimado de grasas y aceites para Florida, E.U. (< 5 ppm) y, aunque éste resultado puede ser engañoso por tomar en cuenta el dato de la muestra 15(2), se obtuvo también un promedio sin considerar este dato, el cual mostró un promedio de 54.48 ppm, resultado que sigue siendo elevado sobre todo si se considera que la presencia de éste contaminante en el agua de mar debe ser menor a 5 ppm. Así también es importante mencionar que en Puerto Vallarta existe todo un desarrollo turístico que puede ocasionar la producción de gran cantidad de residuos contaminantes de diferentes tipos, sobre todo durante los periodos vacacionales, mientras que en el Playón de Mexiquillo la infraestructura es inexistente, y en Caleta de Campos (que es el poblado más cercano) el turismo es poco desarrollado, lo cual hace pensar que las grasas y aceites encontradas en Mexiquillo sean producidas en ciudades más desarrolladas e industrializadas como lo es el Puerto de Lázaro Cárdenas.

De lo anterior se resalta la importancia de este estudio ya que la presencia de contaminantes de esta categoría en el agua de mar, constituyen un factor que puede afectar la sobrevivencia de las tortugas marinas; afectando sobre todo a los estadios juveniles y neonatos, al ser estas etapas del ciclo de vida de las tortugas marinas, las más vulnerables a bajos niveles de contaminación en el medio, que los adultos (Vargo, et al 1986; Gramentz, 1988; Chan y Liew, 1988). Así mismo, aunque las grasas obtenidas en este estudio no son únicamente hidrocarburos; parte de ellos se encuentra presente en el total de grasas encontradas, y se sabe que la presencia de éstos ocasiona diversos daños en tortugas marinas tales como irritación de los ojos y sistema respiratorio, anormalidades en el comportamiento o bien, algunas disfunciones de la glándula de la sal, entre otros (Hutchinson y Simmonds, 1991).

Tabla 4. Estadística Básica para Grasas y Aceites Obtenidos del Agua de Mar de Mexiquillo, Mich. y su Comparación con Datos de Puerto Vallarta y Estándares

ESTACION Y PARAMETROS ESTADISTICOS		GRASAS EN ppm
MEXIQUILLO	Promedio	74.4981
	Varianza	15353.6
	Desviación Estándar	123.91
	Máximo	575.9
	Mínimo	3.2
PTO. VALLARTA	Promedio	83.5801
	Varianza	4619.67
	Desviación estándar	67.97
	Máximo	240.05
	Mínimo	1.4
SEDESOL		No olor y no visual
CANADA		No olor y no visual
FLORIDA, USA		< 5 ppm

Así también, muchos de los procesos biológicos (reacciones enzimáticas, membrana celular, Nelson y Smith, 1972 en Laws, 1993) importantes para la sobrevivencia de los organismos (entre ellos las tortugas marinas) y que ocupan posiciones decisivas en sus procesos vitales, exigen la intervención de concentraciones sumamente bajas de mensajeros químicos en el agua. Al bloquear los órganos gustativos y simular estímulos naturales, el petróleo y otros contaminantes pueden alterar el proceso de atracción y repulsión químicas que tan importante papel desempeñan en la búsqueda de alimento, la fuga ante depredadores, la selección del medio y la atracción sexual (Laws, 1993).

Por otra parte, en un estudio que Vargo et al, 1986 realizaron para determinar los efectos del petróleo sobre tortugas marinas a nivel conductual y fisiológico encontraron

que éstas presentan una limitada capacidad para evitar las capas de petróleo, y algunas de ellas confunden los pedazos de alquitrán con alimento (Vargo, et al, 1986; Gramentz, 1988). A nivel fisiológico pueden dañarse la respiración, piel, algunos aspectos de la química de la sangre así como las funciones de la glándula de la sal. De igual manera, Gramentz, 1988 reporta la presencia de hidrocarburos en 20 tortugas crecidas por Head-Starting en Islas del Padre y Mustang, de las cuales algunas murieron.

II. ARENA

En contraste con los resultados obtenidos para el agua de mar, la arena de la playa no mostró niveles tan elevados de grasas y aceites (anexo 2) y no se encontró un estándar de referencia en la literatura que permitiera saber si las concentraciones de grasas encontradas en este estudio sean tóxicas o no para los organismos.

Es importante señalar que las bajas concentraciones de grasas y aceites obtenidas aquí, se deban tal vez a la profundidad a la cual se efectuó el muestreo (80 cm), por lo tanto, si el muestreo hubiese sido realizado con la arena que se encuentra sobre la superficie de la playa, es posible que los resultados acerca de la concentración de grasas y aceites pudieran haber sido superiores a la unidad, ya que los materiales que flotan sobre el agua (entre ellos las grasas), terminan por depositarse sobre la arena (Betz, 1980); sin embargo, dados los objetivos de este estudio, el muestreo se realizó únicamente con la arena que se encuentra a 80 cm del suelo por ser esta la profundidad a la cual se incuban los huevos de una tortuga laúd.

Tabla 5. Estadística Básica para Grasas y Aceites obtenidos de la Arena de la Playa

Parámetros Estadísticos	Grasas y Aceites en ppm
Promedio	0.377
Desviación Estándar	0.291784
Varianza	0.0851379
Máximo	0.91
Mínimo	0.02

La arena de la playa presentó en promedio 0.377 ppm de grasas y aceites (tabla 5), siendo marzo el mes que tuvo (en promedio) la mayor concentración de este contaminante (0.55 ppm, tabla 6 y gráfica 2). Cabe mencionar que para los seis meses de muestreo se encontró una similitud de resultados, es decir, la concentración de grasas y aceites estuvo entre 0.25 a 0.55 ppm sin sobrepasar la unidad, es posible que este resultado se deba quizá a que todos los muestreos de arena se realizaron a la misma hora (por las mañanas) y a que a diferencia del agua de mar que está recibiendo constantemente cierta cantidad de sustancias contaminantes, en la arena la deposición de residuos es superficial y muchas grasas se desintegran con cierta rapidez (dependiendo del número de carbonos presentes en la molécula) gracias a la temperatura de las zonas costeras (Betz, 1980), así también, la distancia a la cual se tomó cada muestra, no estuvo bañada siempre por las olas del mar, es por ello que la cantidad de grasa encontrada en cada una de las muestras, fué mínima.

Tabla 6. Promedios de los Niveles Mensuales de Grasas y Aceites Encontrados en la Arena de la Playa

MES	Grasas y Aceites (ppm)
Octubre '92	0.43
Noviembre '92	0.3
Diciembre '92	0.41
Enero '93	0.25
Febrero '93	0.35
Marzo '93	0.55

Finalmente, es importante mencionar que Fritts y McGehee en 1982, realizaron un estudio para determinar los efectos del petróleo sobre el desarrollo y sobrevivencia de embriones de tortugas lora (*Lepidochelys kempii*) y caguama (*Caretta caretta*), encontrando que la contaminación de las playas antes de la temporada de anidación puede afectar el éxito de la anidación; o bien, si el petróleo se deposita sobre el huevo o alrededor del nido, entonces puede incrementar la mortalidad y afectar la morfología de las crías, cabe señalar que no se puede hacer una comparación entre los resultados de éste estudio y los que ellos reportan, ya que su trabajo se basó en la aplicación de petróleo crudo sobre la arena de nidos incubados en laboratorio así como con nidos dejados en la playa contaminada por el derrame de petróleo del Ixtoc I. Por otro lado, Hirth citado por Hutchinson y Simmonds (1991) considera que la existencia de chapopote en las playas no afecta la conducta de anidación de las hembras, sin embargo, es cierto que si las crías reconocen químicamente su playa natal, entonces la abundancia y exposición del chapopote así como el potencial cambio en la química de la arena pueden afectar el

proceso de selección del sitio de anidación. Lo anterior no significa que las grasas encontradas en este análisis sea exclusivamente petróleo, sino más bien una mezcla de grasas animales y vegetales así como hidrocarburos que se encontraron a la profundidad a la cual se hizo el muestreo y es posible que en la superficie de la arena la concentración de este contaminante sobrepase los 0.377 ppm encontrados a 80 cm de profundidad. Este hecho puede afectar a largo plazo, como ya se mencionó anteriormente, la selección del sitio de anidación por parte de las crías que actualmente están siendo reclutadas a las poblaciones y que en años posteriores, algunas de ellas, formarán parte de las hembras adultas reproductivas.

III. CASCARONES DE HUEVO DE TORTUGA LAUD

Los datos de grasas y aceites en cascarones se dividieron para su análisis en las siguientes categorías: vivero o corral de incubación, cajas y nidos "naturales" con la finalidad de poder comparar si existían diferencias en los resultados de grasas obtenidos, en cada una de las técnicas de sembrado; aunque el análisis estadístico aplicado para medir éste parámetro (análisis de varianza de una vía), mostró que no existían diferencias significativas en cuanto al tipo de sembrado (valor de $p=0.5841$).

Analizando cada uno de los tipos de sembrado, se observa que de los cascarones sembrados en vivero se obtuvieron en promedio 1.6348 ppm de grasas y aceites con un valor máximo de 22.366 (gráfica 3); en cajas se obtuvo un 0.8146 ppm con un máximo de 4.818 (gráfica 4) y en nidos "naturales" un 0.7522 ppm con un máximo de 1.046 (gráfica 5); de ésta manera se observa que el nivel más elevado de grasas y aceites se presentó en los nidos sembrados en el vivero (nidos de estacas A, gráfica 3), la razón de ésta diferencia se debe quizá a que los nidos del vivero se siembran a la distancia de la playa (sobre el nivel del mar) en la cual existieron previamente otros viveros, y el resto de materia orgánica enterrado algunas veces en ellos podría haber ocasionado la contaminación de la arena, así mismo, el nivel bajo de grasas encontrado en los nidos "naturales" (llamados así porque se siembran en la zona de la playa a la cual ovipositan la mayoría de hembras de tortuga laúd, o bien, "in situ" cuando el nido se deja intacto si es que la hembra puso cerca de la zona de vigilancia) se debe tal vez a que estos nidos no han sido manipulados y el riesgo de contaminarlos es mínimo; aunque debe tenerse cuidado con los resultados obtenidos en este estudio ya que es posible que dentro de las grasas reportadas, se encuentren grasas provenientes del interior del huevo las cuales posiblemente quedan adheridas al cascarón, a éstas grasas no tiene porqué clasificárseles como contaminantes, pues sirven para que el embrión adquiera energía que le será útil

durante su vida neonatal y a diferencia de las grasas producidas por el hombre, se degradan relativamente rápido.

En la tabla 7 se presenta la estadística básica de los resultados de grasas y aceites obtenidos para las 71 muestras de cascarones, y en ella nos podemos dar cuenta de que el promedio de grasas fué de 1.3432 ppm, dato que supera a los resultados obtenidos para la arena, medio en el cual llevan a cabo su desarrollo los huevos, ésto se debe tal vez, como ya se dijo anteriormente, a la grasa del huevo la cual pudo persistir hasta el momento en que efectuó la extracción por medio del método soxhlet; es posible decir esto ya que al revisar la literatura existente acerca de lípidos en huevos de tortuga laúd, sólo se encontró el de Tucker (1988), quien analizó huevos inviables o sin yema encontrando un promedio de 1.46 mg/ml de lípidos; por lo tanto, si los huevos sin yema poseen esta cantidad de lípidos en su interior, es posible que los huevos viables contengan una cantidad mayor.

Por otro lado, una posible explicación a las grasas y aceites encontradas en los cascarones, es la que mencionan Chan y Liew, 1988, quienes piensan que si una hembra contaminada por petróleo arriba a una playa a anidar, ella puede llegar a mezclar el petróleo con la arena y depositarlo dentro del nido, contaminando por lo tanto a los huevos (en el anexo 3 se da una visión general de los resultados de grasas y aceites obtenidos en cada una de las muestras de cascarones).

Tabla 7. Estadística Básica para Grasas y Aceites Obtenidos de los Nidos de Vivero, Cajas y Nidos "Naturales"

Parámetros Estadísticos	Grasas y Aceites en ppm
Promedio	1.3432
Desviación Estándar	3.2551
Varianza	10.5959
Máximo	22.366
Mínimo	0.003

Por otra parte, se debe tomar en cuenta que en el agua de mar la presencia de este contaminante fué bastante elevada y que su deposición sobre la arena es constante, aumentando así, a largo plazo, la presencia de grasas y aceites sobre las playas de

anidación; éste hecho puede llegar a influir de manera adversa sobre el desarrollo y sobrevivencia de los embriones de las tortugas marinas sobre todo si las grasas se depositan entre los huevos o alrededor del nido al momento que la hembra tapa el nido, (Fritts y McGehee, 1982); aunque Chan y Liew (1988) consideran que los hidrocarburos que se encuentran sobre las playas de anidación tienen efectos mínimos sobre la incubación de los huevos sobre todo si los nidos son construidos muy por encima del nivel de marea; y aunque en los análisis hechos a las muestras no se determinaron hidrocarburos como tales, hay que tener en cuenta que parte de ellos debe existir en cada una de las muestras, por lo tanto es importante mencionar el trabajo realizado por Fritts y McGehee (1982) acerca de los efectos del petróleo sobre los embriones, ellos encontraron en el laboratorio que si se aplica petróleo a los huevos en ciertas etapas del desarrollo embrionario, se da un decremento significativo en la sobrevivencia de las crías; así también, los huevos que no tuvieron contacto con el petróleo, alcanzaron a sobrevivir hasta crías. Es importante mencionar que al aplicar petróleo a los huevos, algunos de ellos adquirieron un característico color gris ocasionado por la exposición al petróleo y que probablemente este último haya sido la causa de la muerte en los embriones. Una situación similar se da en algunos de los huevos sembrados en el vivero en el Playón de Mexiquillo, es decir, existen algunos huevos que adquieren cierta coloración gris y en ellos no se desarrolla ningún embrión, sin embargo, no se puede asegurar que lo que ocasiona la muerte en éstos huevos sea el petróleo, hasta que no se realice un estudio más detallado acerca de esta característica.

Finalmente, cabe mencionar también que los mismos investigadores (Fritts y McGehee) encontraron algunas deformaciones del caparazón de las crías sometidas a dosis leves de petróleo; aunque la cantidad mínima de petróleo requerida para producir efectos medibles sobre la sobrevivencia de los embriones de tortuga marina es desconocida, sin embargo, se sabe que 30 ml de petróleo fresco mezclado con la arena al inicio del periodo de incubación, no producen efectos significativos sobre la sobrevivencia, aunque pueden existir algunos cambios en la formación de los escudos en los embriones; cabe aclarar que aunque en este estudio no se trabajó directamente con petróleo, se deben tomar en cuenta sus implicaciones ya que ninguna playa está exenta de recibir las descargas contaminantes provenientes de las zonas industrializadas.

METALES

LAGUA DE MAR

Tabla 8. Estadística Básica para los Metales Analizados en el Agua de Mar (en ppm).

Parámetros Estadísticos	NIQUEL	PLOMO	ZINC	COBRE	CADMIO
Promedio	0,5384	0,3453	0,2089	0,0584	0,0289
Desv. Estándar	0,1288	0,1814	0,3004	0,0291	0,0338
Varianza	0,0166	0,0328	0,0902	8,4737	0,0011
Máximo	0,79	0,74	1,33	0,13	0,12
Mínimo	0,31	0,05	0,04	0,01	0

En la tabla 8 se muestra el resumen estadístico de cada uno de los metales analizados en el agua de mar, de esta manera se observa que el níquel (Ni) fué el metal más abundante, siguiéndole en abundancia el plomo (Pb), sin embargo, aunque la concentración de níquel encontrada aquí fué de 0.5384 ppm, ésta cantidad no puede considerarse excesiva sobre todo si se observa la tabla 9 en la cual se presentan las concentraciones de algunos metales pesados en los océanos (Hood, 1972 en Nemerow, 1991), por lo tanto, es posible decir que las cantidades de éste metal (Ni) en las aguas del Playón de Mexiquillo aún no han rebasado los límites estimados por Hood para que puedan llegar a considerarse como tóxicos para los sistemas vivos, sin embargo, sería importante conocer las fuentes de producción así como las vías de ingreso de éste y otros metales en el ambiente marino para tratar de controlar su ingreso hacia las zonas costeras. Por otra parte, cabe señalar que el plomo se encontró en menor cantidad que el níquel, pero a diferencia de éste, el plomo es un metal altamente tóxico y si se observa (ver tabla 8) y compara (ver tabla 9) la concentración de éste metal con la estimada por Hood se hace evidente que la cantidad encontrada en aguas del Playón de Mexiquillo es elevada, situación que puede ir en ascenso conforme avance el desarrollo industrial marino-costero tanto en el Distrito de Lázaro Cárdenas, como a nivel mundial, pues son muchas las industrias que se instalan cerca del mar o que vierten sus desechos en ríos, los cuales

terminan por depositar su carga en aguas costeras; así también, el ingreso de metales no es sólo a través de los ríos (aunque éstos son los más importantes en cuanto al aporte de residuos tóxicos al ambiente marino) sino que existen otras vías de ingreso como los vientos que contribuyen al transporte de diversos metales presentes en la atmósfera (Clark, 1992), depositándolos finalmente en los océanos. Así también, en la gráfica 6 se observa la proporción en la cual se presentaron los cinco metales estudiados en el agua, de esta manera se comprueba que el níquel es el más abundante y el cadmio (Cd) el de menor proporción, siendo también esta última, menor a la que reporte Hood (tabla 9), de lo anterior es posible decir que las cantidades encontradas aquí para este metal no han rebasado aún los límites estimados en la literatura, aunque su ingreso al mar no debe descuidarse pues este metal se considera altamente tóxico al igual que el plomo (Aquino, 1980).

En cuanto a los demás metales analizados (cobre, y zinc) se observó que su concentración en aguas del Playón de Mexiquillo es baja sobre todo si ésta se compara con la reportada en la literatura (tabla 9) por lo tanto es posible decir que su presencia en el agua no ocasiona riesgos para la vida humana y los organismos marinos, sin embargo, no debe descuidarse su uso para evitar un aumento excesivo, evitando con ello también, a largo plazo, el envenenamiento de organismos más sensibles, para tener una visión general acerca de los resultados obtenidos en cada muestra de agua de mar, en cuanto a metales, ver el anexo 4.

Tabla 9. Concentración de Algunos Metales Pesados en los Océanos

METAL	mg/l
Cobre	3
Cadmio	0.11
Cromo	0.05
Hierro	10
Plomo (natural)	0.03
Mercurio	0.03
Níquel	2
Vanadio	2
Zinc	10

Source: Hood, 1972. Pollution of the World's Oceans: Topics in Ocean Engineering, vol. 4. Edited by C.L. Britlichmieder, Houston, Texas, Gulf Publishing Co. In: Nemerow, N.L. (1991). Pollution. Stream, Lake, Estuary and Ocean. Environmental Engineering Series. VNR. New York.

**Tabla 10. Promedios Mensuales de los Metales
Analizados en el Agua de Mar (en ppm).**

MESES	NIQUEL	PLOMO	ZINC	COBRE	CADMIO
oct-92	0,48	0,41	0,35	0,03	0,04
nov-92	0,54	0,35	0,70	0,04	0,03
dic-92	0,52	0,50	0,12	0,09	0,03
ene-93	0,61	0,22	0,17	0,06	0,03
feb-93	0,50	0,30	0,07	0,07	0,01
mar-93	0,60	0,30	0,16	0,05	0,02

En la tabla 10 se observa que durante los seis meses que duró el muestreo (octubre '92 a marzo '93) el níquel fué el más abundante, sin embargo es importante tomar en cuenta que durante el mes de noviembre el zinc se encontró por arriba de los otros metales en una concentración de 0.70 ppm. En esta misma tabla se comprueba que el plomo se encontró en una concentración superior a la estimada por Hood, lo cual lleva a pensar que el cuidado que debe tenerse con la introducción de éste elemento a los sistemas marinos debe ser mayor ya que junto con el cromo, cadmio, mercurio, selenio, arsénico y antimonio, constituyen el grupo de metales más tóxicos, y la toxicidad aguda causada por una gran dosis del metal, produce síntomas imprevistos con daños irreversibles (Van, 1985); es decir, algunos procesos biológicos requieren la intervención de algunos metales (como el cobre (Cu) que forma parte de la sangre de algunos artrópodos), muchos de ellos son elementos traza necesarios para la existencia y buen funcionamiento celular, por lo que al ir aumentando su concentración pueden ocasionar severos daños a diferentes niveles de organización de los seres vivos (Van, 1985) pudiendo afectar también al ser humano (ej. la enfermedad de "Itai, Itai" por la presencia de cadmio, GESAMP, 1990).

Virtualmente, todos los metales pesados muestran una gran afinidad por el azufre, y metales como el mercurio, plomo y cadmio parecen ejercer amplios efectos tóxicos al combinarse con el azufre de los aminoácidos de las proteínas, interfiriendo así en los procesos mediados por enzimas o rompiendo la estructura celular (Laws, 1993).

Es importante mencionar que aunque los metales son constituyentes naturales del agua de mar, su concentración durante los últimos años ha venido incrementándose y la evaluación de los efectos que los metales introducidos por el hombre tienen sobre el ambiente es difícil de efectuar debido a que de manera natural los procesos de erosión, vientos y actividad volcánica están aportando gran cantidad de metales (Clark, 1992) que

se mezclan con los introducidos por el hombre de tal manera que es difícil saber con precisión cuales metales son de origen natural y cuales no.

II. ARENA

Tabla 11. Estadística Básica para los Metales Obtenidos de la Arena (en ppm).

Parámetros Estadísticos	NIQUEL	ZINC	CADMIO	PLOMO	COBRE
Promedio	63.595	58.8755	23.535	23.1855	10.8425
Desv. Estándar	38.6386	26.8054	41.4007	18.2867	14.995
Varianza	1492.94	718.527	1714.02	334.404	224.849
Máximo	114.98	103.88	133.92	65.92	70
Mínimo	0	9	2	3.99	0.99

En la tabla 11 y gráfica 7 se presentan los datos estadísticos y las proporciones obtenidas para los cinco metales analizados en esta investigación en la arena del Playón de Mexiquillo, y en ella se muestran al níquel (Ni) y zinc como los metales que más abundaron dentro de la arena. Debido a que no se encontraron estimaciones de metales pesados para arena de la playa en la literatura, es difícil decir que las concentraciones reportadas en este trabajo sean o no tóxicas para los organismos, sin embargo, si se encontró información acerca de la concentración de algunos metales presentes en sedimentos del fondo marino, como el cadmio (Cd) cuya concentración generalmente es menor a 0.5 ppm y el rango de la concentración de plomo (Pb) varía de 3 a 60 ppm. Por otra parte, se ha determinado que en sedimentos cercanos a la costa (no en la playa) los niveles son mayores y más variables; de tal manera que puede existir una dispersión de los niveles de Cd hasta de 140 ppm cerca de la salida de un gran río (dato obtenido para los Angeles U.S.A.), para Pb, las concentraciones varían desde 10 hasta 100 ppm, así mismo, los niveles de estos metales descienden con la distancia a la costa, sugiriendo esto que las mayores concentraciones de metales pesados se derivan generalmente de las actividades antropogénicas (por medio de ríos y alcantarillados)(GESAMP, 1990), por lo

que debe tenerse precaución en cuanto a su manejo ya que el aumento en sus concentraciones podría dañar a los organismos intersticiales, así también, podría interferir en el desarrollo de embriones, aunque ésto es únicamente hipotético. Es posible también que la presencia de los metales analizados se deba a la acción de las olas, las cuales han servido como una vía de ingreso de metales en la arena, sumando así la existencia natural de metales, con los introducidos por las actividades humanas, para tener una visión general acerca de las concentraciones encontradas en cada una de las muestras de arena, ver el anexo 5 en el cual se presentan también la fecha en la cual se obtuvo cada una.

Cabe aclarar que la introducción de metales al medio marino no es sólo a través de los puertos industrializados, sino también a través del flujo constante de ríos, las lluvias y la atmósfera (Clark, 1992), siendo los primeros los que actúan como colectores a gran escala así como acarreadores de aguas residuales provenientes de diversas fuentes, de esta manera los ríos pueden considerarse como los mayores puntos de entrada de mezclas contaminadas, por otra parte, la atmósfera respresenta también una importante fuente de contaminación, pues es en ella donde se concentran metales y diversos contaminantes generados en las grandes ciudades, los cuales alcanzan al mar ayudados por los vientos, depositándose en puntos costeros. De igual manera la fumigación y fertilización traen como consecuencia un enorme aumento en la concentración de metales, algunas veces los insecticidas y fertilizantes quedan sobre las tierras y es ahí cuando las lluvias los lavan y arrastran hacia las playas y al mar. Es posible que ésta situación sea mucho mayor durante la época de grandes lluvias en la zona de estudio (agosto-octubre), cuando los ciclones de la zona acarrearán gran cantidad de sustancias y basura por medio de los ríos cercanos.

Como se mencionó anteriormente, los datos que en éste trabajo se presentan, se obtuvieron a lo largo de un período de seis meses que comprenden la temporada de anidación en el Playón de Mexiquillo, para la tortuga laúd, es decir, octubre a marzo; éstas fechas (octubre) coincidieron con la época de ciclones en el área, siendo Wilfrido y Winipher los más intensos; de esta manera, las mareas más altas se presentaron durante octubre (0.60 m) (Calendarios Gráficos de Mareas, 1992-1993), es posible que ayudados por las mareas y el oleaje, estos ciclones hayan contribuido al acúmulo de residuos contaminantes sobre la playa, y que por medio de diversos procesos se infiltren hacia capas inferiores de sustrato (entre ellos la densidad propia del elemento y las propiedades físicoquímicas de la arena).

Tabla 12. Promedios Mesuales de los Metales Analizados en la Arena (en ppm).

MES	NIQUEL	ZINC	PLOMO	CADMIO	COBRE
oct-92	44.31	44.98	30.98	49	7.31
nov-92	72.49	68.95	27.5	4	8.49
dic-92	70.63	53.8	15.77	8	10.52
ene-93	67.74	53.48	19.24	37	21
feb-93	48.43	72.4	24.46	25.21	8.48
mar-93	82.27	61.61	25.97	12	6.66

De la misma manera que en el agua de mar, el níquel fué el metal más abundante dentro de los seis meses de muestreo (tabla 12), aunque el zinc también presentó concentraciones muy cercanas a este elemento; es probable que éstos metales tengan su origen en el Puerto de Lázaro Cárdenas, al ser ésta la ciudad industrializada más cercana al Playón.

Finalmente, la entrada antropogénica de contaminantes químicos originados principalmente de las descargas industriales a estuarios o aguas costeras, puede resultar en una local y elevada concentración de residuos que afecten severamente la salud humana. El caso de los efluentes contamiandos por mercurio (Hg) provenientes de una planta industrial en la Bahía de Minamata, ocasionó la contaminación de mariscos por éste metal, siendo éstos el componente principal en la dieta de los habitantes del lugar. La exposición a largo plazo de los químicos en el alimento puede ocasionar una amplia variedad de efectos en la salud, dependiendo del agente químico y las cantidades ingeridas (GESAMP, 1990).

III. CASCARONES DE HUEVO DE TORTUGA LAUD

Tabla 13. Estadística Básica para los Metales Analizados en Cascarones de Vivero (en ppm).

Parámetros Estadísticos	PLOMO	ZINC	COBRE	NIQUEL	CADMIO
Promedio	13.9632	11.9472	9.0866	7.6066	1.04447
Desv. Estándar	25.1528	11.2461	1.96361	4.50583	1.25704
Varianza	632.664	126.476	3.85578	20.3025	1.58014
Máximo	143.82	59.99	16.23	19.68	5.92
Mínimo	0.62	0	5.94	0	0

En la tabla 13 se muestran los resultados estadísticos y en la gráfica 8 las proporciones obtenidas para cada uno de los metales analizados en los cascarones del vivero, en ambas (tabla y gráfica) se observa que el metal más abundante fué el plomo (Pb) cuya concentración es de 13.96 ppm; este resultado resulta importante sobre todo porque (como ya se ha mencionado anteriormente) el plomo es un metal altamente tóxico (Aquino, 1980; Nemerow, 1991), y aunque el promedio de plomo del nivel de plomo puede ser excesivo porque en su cálculo se tomó en cuenta el dato de la estaca A193 (que presentó 143.82 ppm, anexo 6), se debe señalar que aún sin tomar en cuenta éste dato en el promedio de plomo en cascarones de vivero, se obtiene un valor muy similar (12.88 ppm) por lo cual sigue ocupando el primer lugar en cuanto a mayor concentración, dentro de los metales estudiados. De lo anterior resulta evidente que se debe vigilar el ingreso de este metal en el medio marino, sobre todo porque además de causar afecciones en los organismos marinos, también representa un peligro en potencia para el propio ser humano al ser éste último un gran consumidor de los recursos marinos, entre los que se encuentran las tortugas marinas, que a pesar de estar prohibido su consumo (Diario Oficial, 1990), se sigue aprovechando el huevo en algunas zonas, como una fuente de alimentación alternativa.

Tabla 14. Estadística Básica para los Metales Analizados en los Nidos Sembrados en Cajas de Unisel (en ppm).

Parámetros Estadísticos	ZINC	COBRE	PLOMO	NIQUEL	CADMIO
Promedio	10.2392	8.72231	7.59385	6.73	0.710769
Desv. Estándar	13.6788	1.66171	5.63822	4.29073	0.365501
Varianza	187.11	2.76127	31.7895	18.4104	0.133591
Máximo	50.31	11.87	20.31	12.48	1.25
Mínimo	0.94	5.62	0.31	0	0

En la tabla 14 y gráfica 9 se presentan los resultados obtenidos para los metales determinados en los cascarones de cajas, y a diferencia de los cascarones de vivero, los de cajas mostraron que el zinc fué el metal más abundante (10.23 ppm), así también a diferencia del plomo, el níquel es considerado como elemento esencial en bajas concentraciones dentro de los sistemas vivos (Nemerow, 1991; Laws, 1993), por otra parte, es posible que este elemento sea un constituyente natural del cascarón, pero desafortunadamente no existen trabajos que corroboren este supuesto ya que los trabajos acerca de metales en tortugas marinas se basan principalmente en el análisis de muestras obtenidas de tejidos (hígado, tejido graso, músculo, etc.) y también debe tomarse en cuenta que los organismos con los que se trabaja actualmente es posible que presenten algún grado de contaminación, siendo por lo tanto, muy difícil evaluar la presencia natural de metales en las tortugas marinas.

Tabla 15. Estadística Básica para los Metales Analizados en Nidos "Naturales".

Parámetros Estadísticos	ZINC	NIQUEL	COBRE	PLOMO	CADMIO
Promedio	13.6673	10.5418	8.38182	6.19182	0.511818
Desv. Estándar	5.55502	5.38418	1.71799	5.2567	0.470017
Varianza	30.8583	28.9894	2.95148	27.6329	0.220916
Máximo	20.03	18.44	11.26	17.83	1.25
Mínimo	5.93	5	5.62	0.31	0

En cuanto a nidos naturales (tabla 15 y gráfica 10) el metal que mayor concentración presentó al igual que para los cascarones de cajas, fué el zinc (13.66 ppm), así también, para el vivero, el metal que ocupó el segundo lugar en cuanto a concentración fué el zinc, por lo que es posible que este elemento tenga una amplia función fisiológica en las tortugas marinas.

Con respecto a los demás metales analizados se encontró que sus concentraciones varían de 0.9 a 11.89 ppm (tabla 16) y que el metal que presentó los niveles más bajos fué el cadmio, este hecho resulta relevante sobretodo porque al presentar concentraciones menores a uno, el riesgo de contaminación por este metal es menor.

Tabla 16. Estadística Básica para los Metales Analizados en los Cascarones Sembrados en Vivero, Cajas y Nidos Naturales".

Parámetros Estadísticos	ZINC	PLOMO	COBRE	NIQUEL	CADMIO
Promedio	11.8968	11.6004	8.90986	7.90085	0.900845
Desv. Estándar	10.973	20.8923	1.87181	4.69551	1.06639
Varianza	120.408	436.487	3.50366	22.0478	1.13718
Máximo	59.99	143.82	16.23	19.68	5.92
Mínimo	0	0.31	5.62	0	0

Es importante señalar existe la posibilidad de que los metales reportados para los cascarones en este estudio provengan de la arena cuyos valores varían de 10.84 a 63.59 ppm (tabla 11) ya que al efectuar las digestiones en el horno de microrondas, es probable que algunos granos de arena (que no pudieron eliminarse completamente del huevo) se hayan disuelto ocasionando con ello la alteración del resultado del cascarón.

Así también, al igual que en los cascarones analizados para obtener grasas y aceites, se efectuó un análisis de varianza de una vía para saber si existían diferencias significativas en cuanto a la cantidad de metales y el tipo de técnica de sembrado, encontrando para cada metal lo siguiente: cadmio, $p=0.26$; cobre, $p=0.52$; níquel, $p=0.11$; plomo, $p=0.41$ y zinc, $p=0.76$; por lo tanto, las diferencias encontradas en cada tipo de sembrado, no son significativas, es decir, la cantidad de metales encontrados en los cascarones es independiente del tipo de técnica de sembrado.

Finalmente, la comparación de los resultados de este estudio es difícil de efectuar, sobretodo porque la información acerca de metales en tortugas marinas es poca, y lo que existe se basa principalmente en el trabajo directo con los organismos, como el trabajo efectuado por Davenport, et al quién en 1990 analizó muestras de hígado, músculo y tejido adiposo en un macho de tortuga laúd encontrado muerto en las costas de Inglaterra, determinando en ellas metales y PBC's. En su estudio este autor reporta una concentración de Cd, Cu, Ni, Pb y Zn de 0.22, 0.15, 2.13, 0.12 y 2.62 respectivamente, como es evidente, los resultados obtenidos para los cascarones de Mexiquillo, superan a los reportados por Davenport. Por otra parte, Stoneburner et al, 1980 citado por Hutchinson y Simmonds, 1991 encontró para la yema de huevos de tortuga (no especifican la especie) en Georgia y Florida (en ppm) 0.03-0.2 de Cd; 5.0-6.6 de Cu; 0-2.3 de Ni; 1.1-2.2 de Pb y 73.5-80.5 de Zn, estos resultados (si se comparan con la tabla 16) se encuentran por abajo de los datos de Mexiquillo, aunque para el zinc él obtuvo un valor mayor; otros autores como Witkowski y Frazer, 1982 analizaron muestras de hueso (húmero) de tres adultos de tortuga verde (*Chelonia mydas*) encontrando concentraciones (en ppb) de 8.6-9.1 para Cu; 575.0-955.0 para Zn y 41.5-97.2 para Pb, de estos datos se observó la enorme dispersión de datos así como el tipo de muestra que se utiliza para efectuar el análisis. De éstas últimas, el tipo de muestra que más se asemeja al trabajado en el Playón de Mexiquillo, es la yema del huevo analizada por Stoneburner y tanto este autor como los resultados de éste estudio mostraron que el zinc es el elemento que se presenta en mayor concentración, por lo que es posible que juegue algún papel importante a nivel fisiológico dentro del huevo de las tortugas marinas, o bien, como sugiere Stoneburner: dado que los metales se encuentran en los huevos, es posible que existan también en la población de hembras anidadoras; y así como muchos metales son inhibidores de enzimas y tóxicos para los sistemas biológicos, también pueden ser esenciales en varias reacciones de metaloenzimas; vitales para el adecuado funcionamiento de los organismos y el buen desarrollo de los embriones, así también, el

mismo autor sigiere que los metales no esenciales encontrados en diferentes concentraciones en su estudio sean el resultado de la acumulación en los adultos a través de la alimentación y rutas migratorias.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

GRASAS Y ACEITES

1. A partir de este estudio, se obtuvieron los primeros datos acerca de grasas y aceites para el Playón de Mexiquillo en concentraciones que se consideraron como elevadas en el agua de mar, sobretodo durante el mes de enero, fecha que coincidió con el pico de liberación de crías, por lo que es recomendable continuar con el monitoreo y análisis de muestras para determinar la concentración máxima tolerable para las crías de tortuga marina.

2. De manera general, se determinó que el Playón de Mexiquillo a pesar de estar declarada como zona de reserva, presentó una fuerte contaminación por grasas y aceites.

3. En cuanto a cascarones y arena, los resultados obtenidos son mínimos y difíciles de interpretar, sobre todo en cascarones, pues es posible que parte de las grasa obtenidas por el método de extracción soxhlet sean de origen animal, es decir, restos del interior del huevo, por lo que es necesario llevar a cabo un estudio mas detallado, utilizando para ello métodos analíticos instrumentales.

4. Debido a que en este estudio únicamente se llevo a la obtención de las grasas y aceites como tales, seria interesante efectuar una investigación en la cual se llegue hasta la clasificación de cada una de las grasa encontradas, y decir entonces con mayor precisión si son dañinas o no para las tortugas marinas.

METALES PESADOS

1. De los cinco metales analizados en este estudio, dos de ellos son tóxicos o no esenciales (Plomo y Cadmio) y los otros tres se consideran esenciales en bajas concentraciones para los sistemas vivos, sin embargo, su concentración no debe aumentar en el medio marino ya que su bioacumulación y magnificación podrían acarrear fatales consecuencias para los seres vivos.

2. En el agua de mar el metal que se presentó en mayor concentración fue el níquel, por lo que se deben continuar los estudios acerca de metales pesados en agua de mar para saber en que proporción aumenta la introducción de metales al agua, así como implementar algunas medidas tendientes a amortiguar sus efectos.

3. De los resultados obtenidos en la arena es posible que las cantidades encontradas sean las que se encuentren de manera natural, sin embargo es necesario llevar al cabo un seguimiento para poder determinar si la deposición de metales en la arena es continua y que consecuencias podría traer sobre los sistemas vivos el aumento en las concentraciones de metales tanto esenciales como no esenciales.

En cuanto a cascarones se obtuvo una similitud en los resultados de este estudio, con los resultados de otros autores en cuanto al zinc, por lo que es posible que este elemento sea vital a nivel fisiológico en las tortugas marinas; así mismo, se encontró al plomo en cantidades que podrían estimarse como elevadas (en cascarones de vivero) y su presencia dentro de los organismos puede ocasionar desde la inhibición de enzimas, hasta la mortalidad, de ahí que el seguimiento de éste estudio sea necesario, así también, debe tenerse en cuenta que las concentraciones de plomo encontradas en este estudio pueden afectar no sólo la sobrevivencia de las tortugas marinas, sino también la salud del hombre, ya que éste utiliza los recursos pesqueros para su alimentación, figurando entre ellos el huevo de tortuga marina, el cual presenta grandes cantidades de metales, según lo reportado por algunos autores.

4. Dado que este trabajo se efectuó únicamente con cascarones y no con organismos, sería interesante investigar en qué concentración los metales pesados se encuentran dentro de las tortugas marinas; utilizando para este estudio las crías que se encuentran muertas dentro del nido o bien, con los organismos que llegan a salir muertos a la orilla de la playa.

BIBLIOGRAFIA

- Allen, W. (1992). Muere Tortuga Después de ingerir Desperdicios en el Mar. Noticiero de Tortugas Marinas. (58): 10.
- Aquino, V. R. (1990). Contaminación Marina por Metales Pesados y Otros Efluentes Industriales y Domésticos. En: Pérez, N.E. Simposio U.S.B. Decanato de Investigaciones. Contaminación e Impacto Ambiental Marino-Costero. Equinoccio. Caracas, Venezuela. 233 p.
- Beaty, R. D. (1978). Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry. Perkin-Elmer, U.S.A. 49 p.
- Benabib, M.N. y Cruz, E.W. (1981). Las Tortugas Marinas en México. Naturaleza (3): 157-158
- Benabib, M.N. (1983). Algunos Aspectos de la Biología de Dermochelys coriacea en el Pacífico Mexicano. Tesis Profesional (Biología) Fac. Ciencias. U.N.A.M. México, D.F. 83 p.
- Betz, R.D. (1980). La Contaminación Marino-Costera por Hidrocarburos y la Degradación de Petróleo en Areas Tropicales. En: Pérez, N.E. Simposio U.S.B. Decanato de Investigaciones. Contaminación e Impacto Ambiental Marino-Costero. Equinoccio, Caracas, Venezuela. 233 p.
- Calendario Gráfico de Mareas (1992). Instituto de Geofísica. Océano Pacífico.
- Calendario Gráfico de Mareas (1993). Instituto de Geofísica. Océano Pacífico.
- Centre for Marine Conservation. Marine Conservation News (1991). 3 (4):5 Accidentes Fatales Durante el Dragado dan como Resultado Acciones Positivas. En: Noticiero de Tortugas Marinas (56): 24-25.
- Clark, R.B. (1992). Marine Pollution. 2a. Edición. Clarendon Press, Oxford Great Britain. 172 p.
- Coston, C.L. and Hoss, E.D. (1983). Synopsis of Data on the Impact of Habitat Alteration on Sea Turtles Around the Southeastern United States. NOAA Technical Memorandum U.S.A. 22 p.

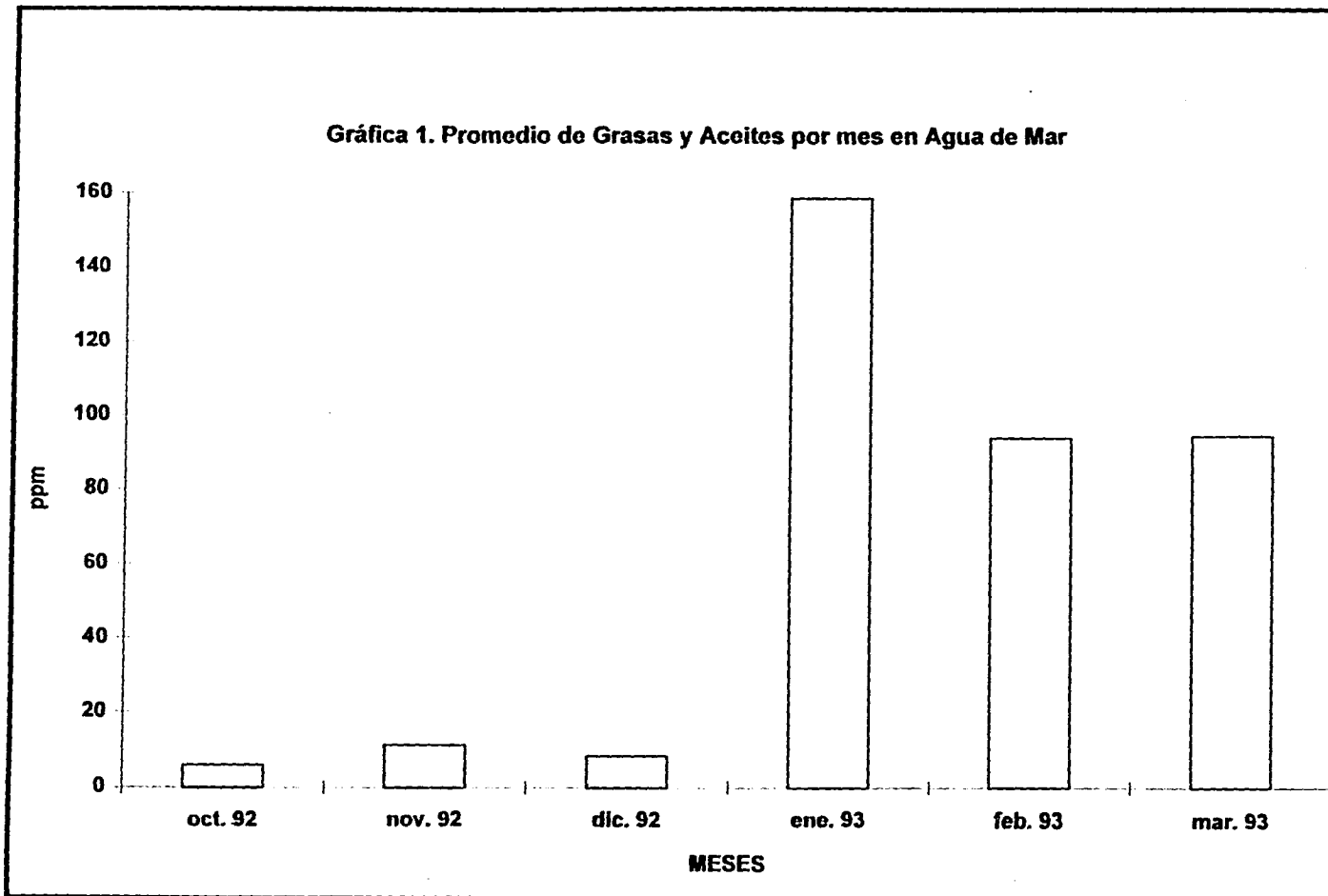
- Chan, E.H. y Liew, H.C. (1988). A Review on the Effects of Oil-Based Activities and Oil Pollution on Sea Turtles. Fisheries and Marine Science Centre. 159-167 p.
- Davenport, J., Wrench, J., McEvoy, J. y Camacho-Ibar, V. (1990). Metal and PCB Concentrations in the "Harlech" Leatherback. Marine Turtle Newsletter. (48): 1-6.
- Diario Oficial de la Federación. (1986). Octubre 29. Tomo CCCXCVIII. No. 40. 8-9.
- Diario Oficial de la Federación. (1990). Mayo 31. Tomo CDXL. No. 22. 21-31.
- Eckert, L.K. (1991). The Biology and Population Status of Marine Turtles in the North Pacific Ocean. NOAA/NMFS. p. 53-60.
- Fernández, V. G. (1981). Diferenciación Analítica por Vía Húmeda, de Glicéridos e Hidrocarburos en la Determinación de Grasas y Aceites Presentes en Aguas Residuales. Tesis de Maestría. Ingeniería Ambiental. Fac. Ingeniería. U. N.A.M. 56 p.
- Frair, W., Ackman, R.G. y Mrosovsky, N. (1982). Body Temperature of *Dermodochelys coriacea*: Warm Turtle from Cold Water. Science 177. 791-793.
- Fritts, H.T. y McGehee, M.A. (1982). Effects of Petroleum on the Development and Survival of Marine Turtle Embryos Gulf of México. Outer Continental Shelf Regional Office. 41 p.
- García, E. (1973). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. U.N.A.M. México.
- García, S.A. (1985). Estudio de Impacto Ambiental en el Distrito Industrial Marítimo de Lázaro Cárdenas, Mich. En: Memoria X Congreso Nacional de Geografía y Estadística. Tomo I y II. Ctro. de Convenciones, Morelia, Michoacán. Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística.
- GESAMP. (1990). The State of the Marine Environment. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 146 p.

ESTA TESIS HA DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

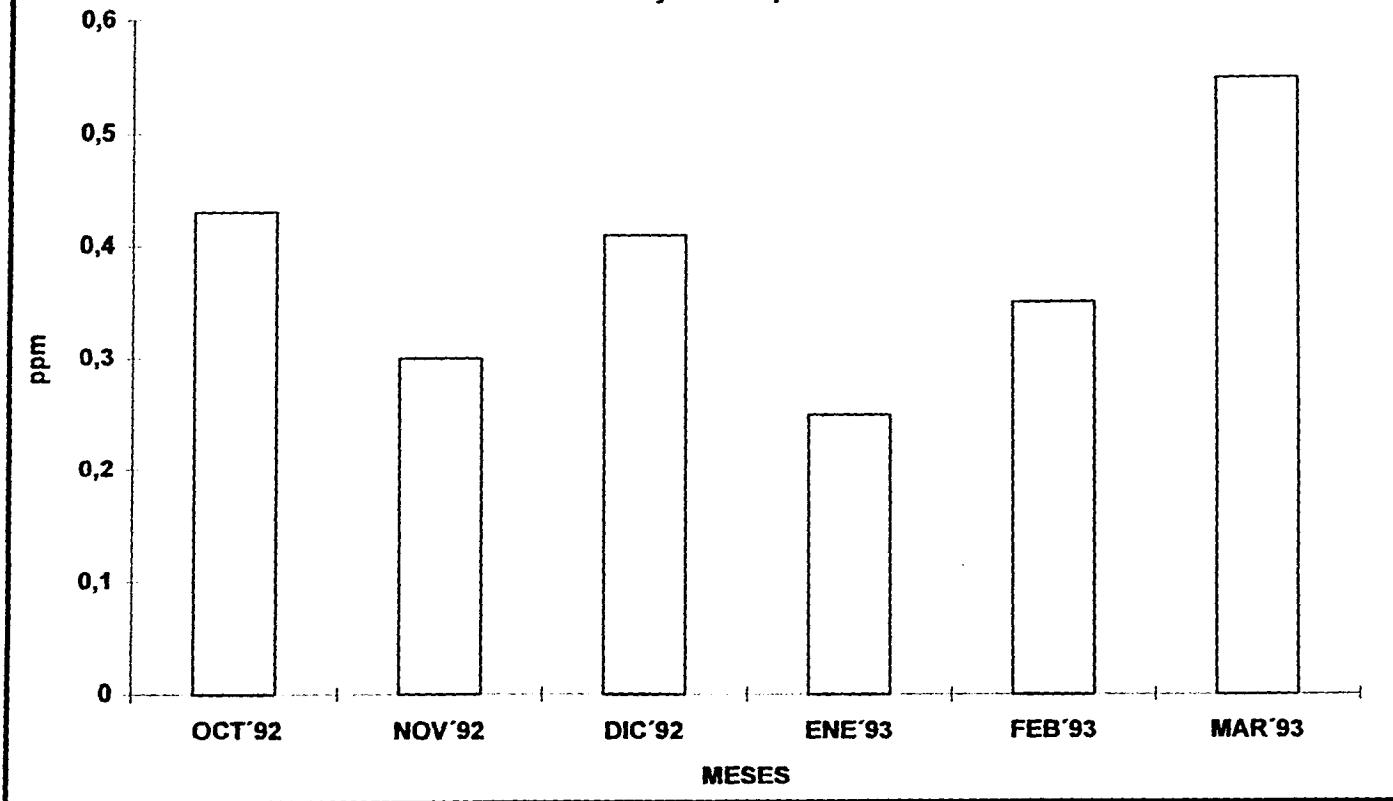
- Gramentz, D. (1988). Involvement of Loggerhead Turtle With the Plastic, Metal and Hydrocarbon Pollution in the Central Mediterranean. Reports. Mar. Poll. Bull. 19 (1): 11-13.
- Greer, E.A. , Lazell, D.J. y Wright, M.R. (1973). Anatomical Evidence for a Counter-current Heat Exchanger in the Leatherback Turtle (*Dermochelys coriacea*) Nature. 244 (5412): 4.
- Hall, R.J. , Belisle, A.A. y Sileo, L. (1983). Residues of Petroleum Hydrocarbons in Tissues of Sea Turtles Exposed to the IXTOC I Oil Spill. J. Wildlife Diseases. 19 (2): 106-109.
- Hutchinson, L. y Simmonds, M. (1991). A Review of the Effects of Pollution on Marine Turtles. A Greenpeace Ecotoxicology Project London. Greenpeace International. 27 p.
- Laws, E.A. (1993). Aquatic Pollution. An Interscience. Publications. John Wiley and Sons, Inc. U.S.A. 611 p.
- López, S.C. (1985). Diseño de una Reserva para Tortugas Marinas en la Playa de Mexiquillo, Michoacán. Tesis Profesional (Biología). Fac. Ciencias. U.N.A.M. 120 p.
- Mrosovsky N. y P.C.H. Pritchard. (1971). Body Temperature of *Dermochelys coriacea* and other Sea Turtles. COPEIA. (4): 624-631.
- Mrosovsky, N. (1981). Plastic Jellyfish. Marine Turtle Newsletter (17): 5-7.
- Nemerow, N.L. (1991). Pollution, Stream, Lake and Ocean. Environmental Engineering Series. V.N.R. New York. 399-421.
- Norma Oficial Mexicana (NOM-AA-5-1980). "Aguas.- Determinación de Grasas y Aceites". Dirección General de Normas. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial. 4p.
- Sarti, M.A., Vilaseñor, G.A., Carranza, S.J. y Robles, D.M. (1989). V Informe de Trabajo "Investigación y Conservación de las Tortugas Laúd (*Dermochelys coriacea*) y golfina (*Lepidochelys olivacea*) en Mexiquillo, Mich. Informe Técnico. SEDUE. Ecología. México, D.F. 40 p.

- Sarti, M. A., López, S.C., Barragán R. A., Gámez, G. L., García, T. N., Hernández R. C., Ordóñez E. C. y Vargas, S. F. (1993). Protección e Investigación de Algunos Aspectos Biológicos y Reproductivos de las Tortugas Marinas de la Zona Sur de la Costa Michoacana. Informe Técnico. Fac. Ciencias U. N.A.M. (Biología). 34 p.
- Shabica, V.S. (1981). Planing for Protection of Sea Turtle Habitat. Biology and Conservation of Sea Turtles. In: Bjorndal, A.K. Biology on Conservation of Sea Turtles. Washington, D.C. 519-522.
- The Times (1991). Derrame de Petróleo en el Golfo Pérsico Amenaza a las Tortugas Marinas. Noticiero de Tortugas Marinas. (53): 29-30.
- Tucker, D.A. (1980). Determination of Protein, Lipid and Carbohydrate Concentrations in Yolk-Deficient Eggs of Leatherback Turtles (*Dermochelys coriacea*) . Zoology 624-Ecological Phisiology.
- Van, L.J.C: (1985). Selected Methods of Trace Metal Analisis: Biological and Environmental Samples. Clarendon Press. U.S.A. 357 p.
- Vargo, S., Lutz, D., Odell, E. Van Vleet y G. Bossart. (1986). Study of the Effects of Oil on Marine Turtles. Florida Institute of Oceanograph. 151-156.
- Witham, R. (1981). Disruption of Sea Turtle Habitat With Emphasis on Human Influence. In: Bjorndal, A.K. Biology and Conservation of Sea Turtles. Washington, D.C. 519-522.
- Witkowski, S.A. y Frazier, J.G. (1982). Heavy Metals in Sea Turtles. Mar. Poll. Bull. 13 (7): 254-255.

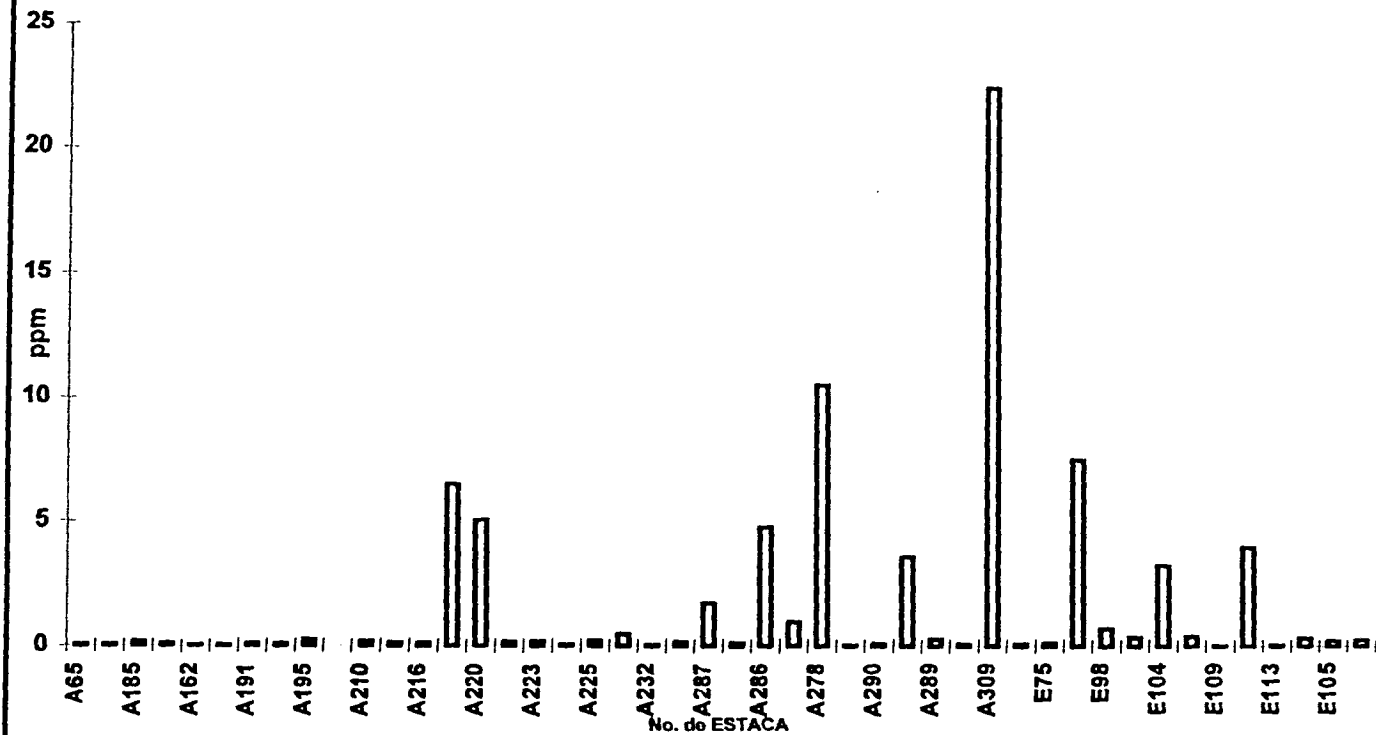
Gráfica 1. Promedio de Grasas y Aceites por mes en Agua de Mar



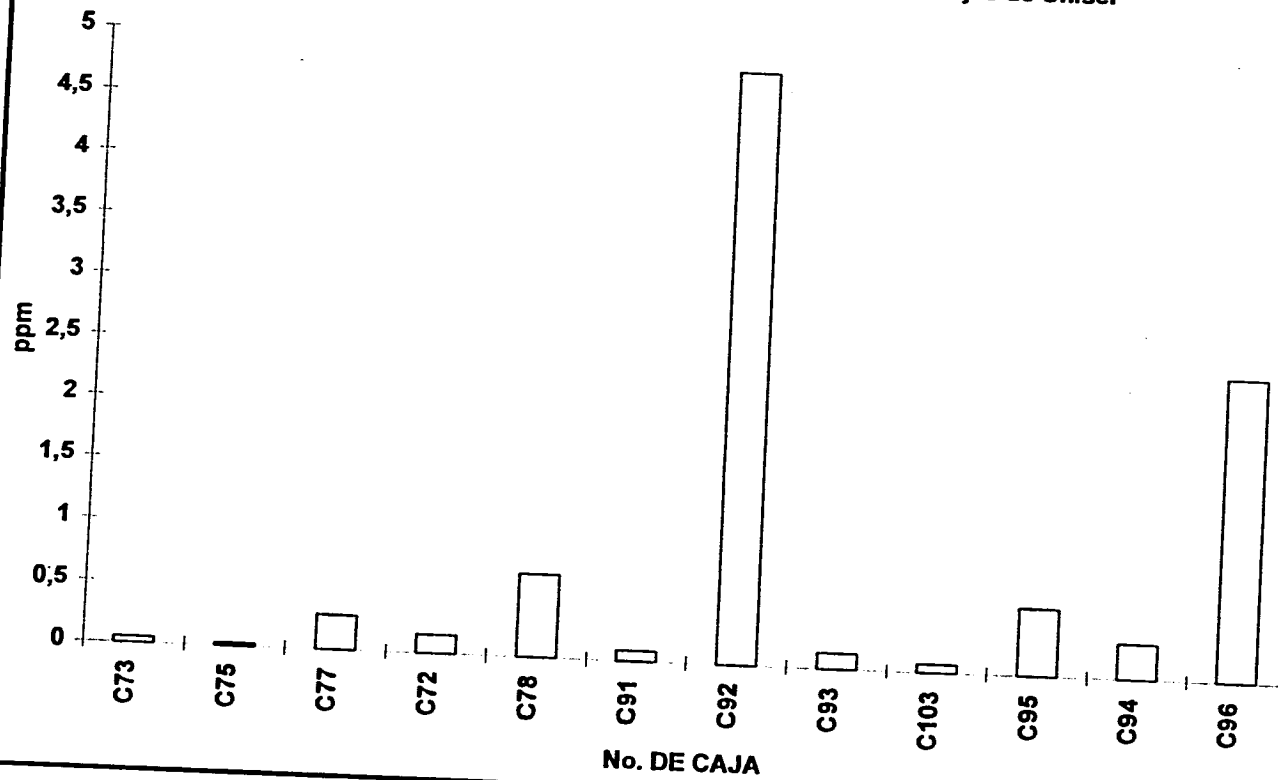
Gráfica 2. Grasas y Aceites por Mes en Arena



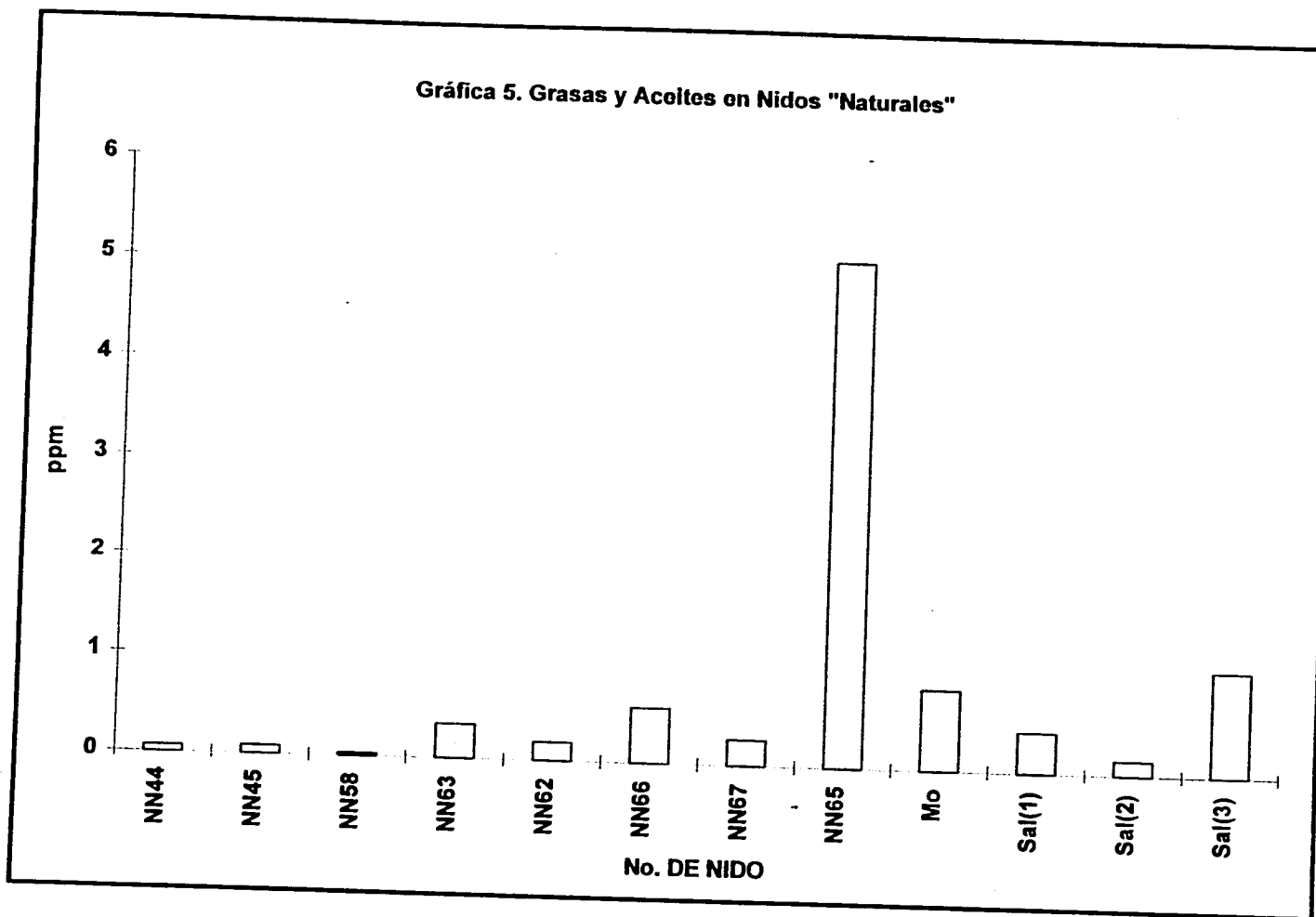
Gráfica 3. Grasas y Acoitos en Cascarones Obtenidos del Vivero



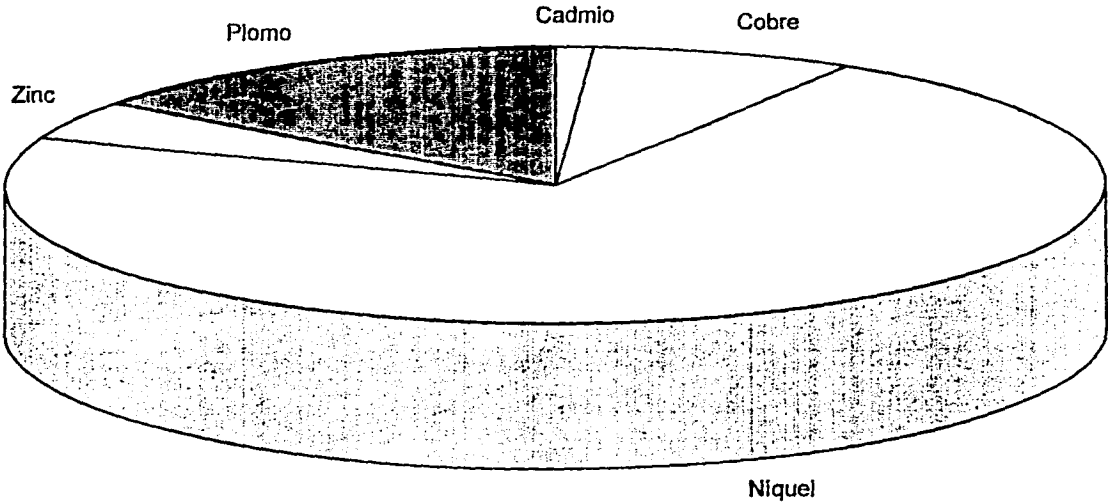
Gráfica 4. Grasas y Aceites en Nidos Obtenidos de Cajas de Unisel



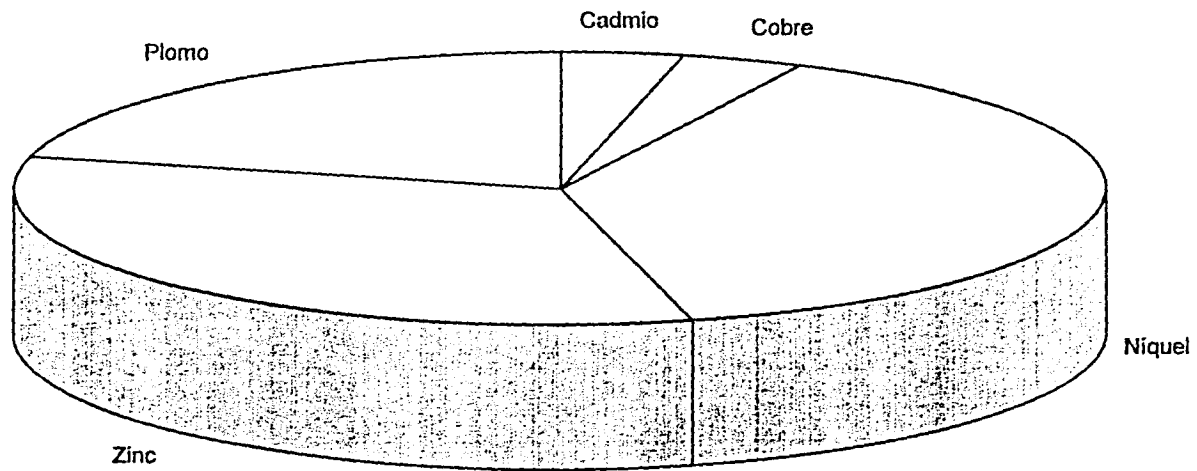
Gráfica 5. Grasas y Aceites en Nidos "Naturales"



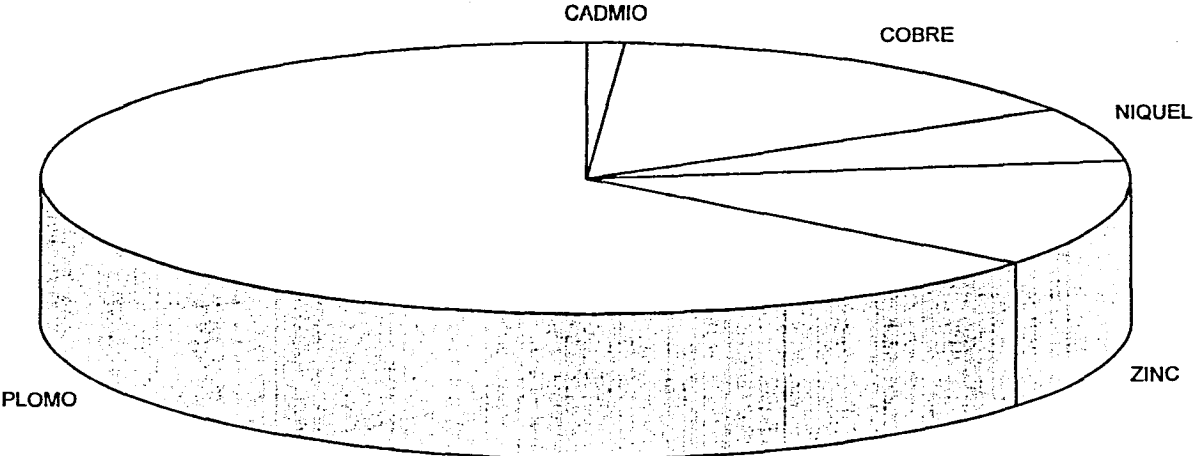
Gráfica 6. Proporción de los Metales Analizados en el Agua de Mar



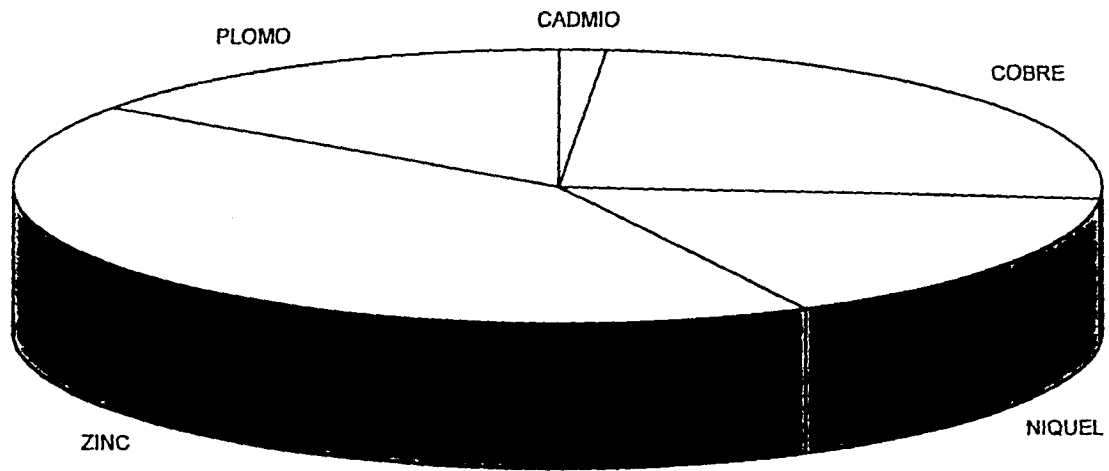
Gráfica 7. Proporción de Metales Obtenidos en la Arena



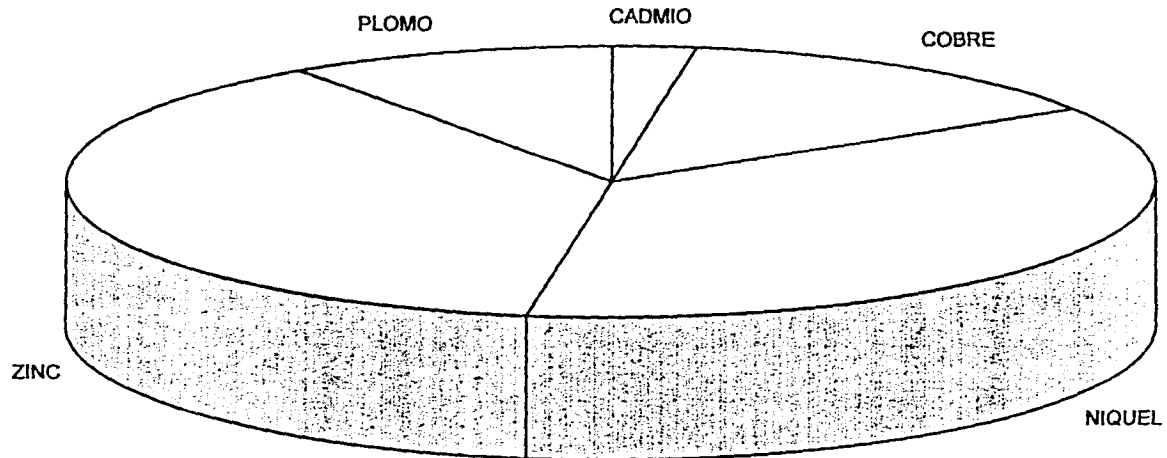
Gráfica 8. Proporción de lo Metales Analizados en los Cascarones de Vivero



Gráfica 9. Proporción de los Metales Analizados en los Cascarones de Cajas.



Gráfica 10. Proporción de los Metales Analizados en los Cascarones de Nidos Naturales.



ANEXO 1

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE GRASAS Y ACEITES REALIZADO
A CADA MUESTRA DE AGUA DE MAR OBTENIDA.**

No. Muestra	Hora	Marea (m)	T°C	Fecha	Volúmen (ml)	Grasas y Aceites (ppm)
1	7.15	0,5	29,5	15-oct-92	750	3,45
2	7.15	0,5	29,5	22-oct-92	750	4,72
3	11.00	0,3	29	31-oct-92	750	10,95
4	6.00	0,25	28,5	06-nov-92	710	9,017
5	6.30	0,5	28,8	12-nov-92	730	13,65
6	11.00	0,25	26,5	08-dic-92	590	10,56
7	6.30	0,4	27,5	13-dic-92	1000	6,7
8	10.00	0,3	27	19-dic-92	1000	10,1
9	10.30	0,3	26	27-dic-92	960	6,5
10	17.00	0	26	03-ene-93	1000	133,3
11	13.40	0,15	25,5	10-ene-93	1000	195,7
12	17.30	0,08	26,5	17-ene-93	1000	86,5
13	17.30	0,1	26,8	31-ene-93	990	219,78
14	8.30	0,4	26	06-feb-93	990	28,116
15 (1)	16.00	-0,8	25	16-feb-93	1000	11,3
15 (2)	16.00	-0,8	25	16-feb-93	1000	575,9
16 (1)	18.00	0	27	20-feb-93	990	8,6
16 (2)	18.00	0	27	20-feb-93	1000	16,7
17 (1)	19.00	0,45	26,5	27-feb-93	1000	4
17 (2)	19.00	0,45	26,5	27-feb-93	1000	14,1
18 (1)	17.30	0,13	26,5	13-mar-93	990	3,2
18 (2)	17.30	0,13	26,5	13-mar-93	990	5,5
19 (1)	17.00	0,05	28,5	21-mar-93	1000	188,3
19 (2)	17.00	0,05	28,5	21-mar-93	1000	107,6
20 (1)	15.40	-0,95	26,3	28-mar-93	1000	112,2
20 (2)	15.40	-0,95	26,3	28-mar-93	1000	151,4

ANEXO 2

RESULTADOS DE GRASAS Y ACEITES OBTENIDOS
POR MUESTRA EN LA ARENA DE LA PLAYA

No. Muestra	Hora	Marea (m)	T°C	Fecha	Grasas y Aceites (ppm)
1	2.00	0,25	27,7	15-oct-92	0,525
2	2.00	0	30,8	22-oct-92	0,23
3	19.00	0,6	31,3	29-oct-92	0,54
4	6.00	0,25	31,9	06-nov-92	0,06
5	6.30	0,5	31,2	12-nov-92	0,53
6	7.00	0,3	30,4	08-dic-92	0,6
7	23.00	0,25	30,4	13-dic-92	0,38
8	1.00	0,3	29,1	19-dic-92	0,04
9	22.00	0,45	29,7	26-dic-92	0,6
10	9.00	0,25	30	03-ene-93	0,21
11	1.00	0,15	29,7	10-ene-93	0,57
12	7.00	0,4	29,9	17-ene-93	0,09
13	12.00.00	-0,95	29,4	31-ene-93	0,12
14	6.00	0,25	30,2	06-feb-93	0,85
15	23.00	0,15	30	15-feb-93	0,5
16	7.00	0,25	30	20-feb-93	0,02
17	7.00	0,15	30,4	27-feb-93	0,03
18	7.00	0,15	31,8	13-mar-93	0,91
19	7.00	0,25	30,8	20-mar-93	0,03
20	7.00	0,05	30	27-mar-93	0,7

ANEXO 3

RESULTADOS DE GRASAS Y ACEITES ENCONTRADOS EN CASCARONES DE HUEVOS
SEMBRADOS EN VIVERO, CAJAS Y NIDOS "NATURALES"

No. de Nido	Grasas y Aceites (ppm)
A65	0,062
A178	0,042
A185	0,198
A169	0,092
A162	0,008
A167	0,008
A191	0,076
A193	0,078
A195	0,22
A196	0,002
A210	0,169
A213	0,106
A216	0,106
A218	6,48
A220	5,038
A221	0,148
A223	0,162
A224	0,05
A225	0,202
A226	0,438
A232	0,022
A234	0,142
A287	1,656
A279	0,086
A286	4,734
A285	0,913
A278	10,492
A302	0,033
A290	0,087
A288	3,538
A289	0,262
A315	0,069
A309	22,366
A311	0,08
E75	0,14

No. de Nido	Grasas y Aceites (ppm)
E99	7,45
E98	0,664
E106	0,346
E104	3,204
E102	0,383
E109	0,024
E110	3,91
E113	0,056
E100	0,336
E105	0,227
E107	0,266
C73	0,048
C75	0,022
C77	0,284
C72	0,15
C78	0,67
C91	0,084
C92	4,818
C93	0,128
C103	0,071
C95	0,552
C94	0,292
C96	2,458
NN44	0,066
NN45	0,082
NN58	0,028
NN63	0,35
NN62	0,188
NN66	0,554
NN67	0,262
NN65	5,084
250 Mo	0,808
250 Sal	0,412
650 Sal (1)	0,146
650 Sal (2)	1,046

ANEXO 4**RESULTADOS EN PPM DE LOS METALES ANALIZADOS EN
AGUA DE MAR (POR MUESTRA).**

Muestra	Fecha	Cadmio	Cobre	Niquel	Zinc	Plomo
1	15-oct-92	0,01	0,07	0,64	0,04	0,13
2	22-oct-92	0	0,02	0,31	0,58	0,36
3	31-oct-92	0,12	0,01	0,48	0,12	0,74
4	06-nov-92	0,01	0,05	0,46	0,06	0,17
5	12-nov-92	0,05	0,03	0,61	1,33	0,52
6	08-dic-92	0,03	0,06	0,46	0,08	0,71
7	13-dic-92	0,02	0,06	0,75	0,12	0,4
8	19-dic-92	0,08	0,1	0,43	0,22	0,44
9	27-dic-92	0	0,13	0,43	0,06	0,42
10	03-ene-93	0,01	0,09	0,65	0,04	0,25
11	10-ene-93	0	0,06	0,79	0,24	0,05
12	17-ene-93	0,05	0,03	0,39	0,21	0,22
13	31-ene-93	0,06	0,04	0,6	0,17	0,35
15	16-feb-93	0,02	0,06	0,43	0,06	0,43
16	20-feb-93	0,01	0,08	0,54	0,06	0,19
17	27-feb-93	0,01	0,07	0,51	0,1	0,28
18	13-mar-93	0,07	0,07	0,64	0,3	0,19
19	21-mar-93	0	0,04	0,66	0,09	0,3
20	28-mar-93	0	0,04	0,45	0,09	0,41

ANEXO 5

RESULTADOS EN PPM DE LOS METALES ANALIZADOS
EN LA ARENA (POR MUESTRA).

Muestra	Fecha	Cadmio	Cobre	Niquel	Zinc	Plomo
1	15-oct-92	10,04	9,98	109,48	92,06	58,89
2	22-oct-92	133,92	2,99	0	40,98	46,97
3	29-oct-92	3,99	12,99	78,97	56,98	3,99
4	06-nov-92	4,99	5,95	67,92	44,95	19,98
5	12-nov-92	2	7	77,05	36,97	35,02
6	08-dic-92	5,99	2,99	0	76,94	20,98
7	13-dic-92	2	13	60,03	22,01	4
8	19-dic-92	8,99	18,08	53,96	57,25	20,09
9	26-dic-92	13	8	113	61	18
10	03-ene-93	3,99	0,99	0	74,99	16,99
11	10-ene-93	132,03	70	91	9	32
12	17-ene-93	6	6	97,02	47,01	5
13	31-ene-93	5,99	4,99	82,93	82,93	22,98
14	06-feb-93	82,85	3,93	27,95	72,87	41,97
15	15-feb-93	10,97	4,99	89,77	99,74	18,95
16	20-feb-93	3	19	76	88	11
17	27-feb-93	4	6	0	29	9
18	13-mar-93	25,97	0,99	58,93	33,96	65,92
19	20-mar-93	5,99	16,99	114,98	46,99	5,99
20	27-mar-93	0	1,99	72,91	103,88	5,99

ANEXO 6

RESULTADOS EN PPM DE LOS METALES ANALIZADOS
EN CASCARONES DE VIVERO, CAJAS Y "NATURALES".

No. Nido	Cadmio	Cobre	Níquel	Zinc	Plomo
E 104	0,63	9,99	8,45	0	3,75
A 216	0,62	8,12	9,37	23,73	88,12
E 98	1,56	8,74	9,36	5,31	5,93
A 210	0,94	6,87	14,37	7,5	4,06
A 167	0,94	9,68	4,37	7,49	1,25
A 221	1,25	7,81	0,31	7,81	11,56
E 100	1,56	9,05	8,42	5,62	11,55
A 279	0	6,87	12,17	2,5	0,62
E 61	0	9,69	0	15,63	2,5
A 213	2,18	9,36	3,74	1,56	10,61
A 191	0	9,35	4,68	34,67	0,94
A 309	0,31	8,75	7,19	5,63	9,06
A 169	1,25	10,31	4,99	9,99	5,32
E 107	0,63	8,75	19,68	5,63	7,19
A 286	0,94	11,88	5,31	29,69	91,56
A 278	0,31	10,63	8,44	10,63	5,94
A 223	0,94	8,42	2,5	24,64	3,12
A 218	0,62	9,05	11,24	3,12	3,43
A 65	0	10,62	0	5,62	7,18
E 75	0	9,96	10,59	10,9	7,78
A 289	2,19	7,5	8,75	3,44	10
A 162	0,31	8,12	9,69	14,99	4,69
A 302	0,38	8,78	9,55	25,2	9,17
E 105	0,94	8,13	14,07	3,75	2,19
A 224	0,94	8,75	8,75	16,56	11,88
A 220	0	12,93	0	29,73	10,77
A 185	0	9,06	4,06	59,99	5,94
E 110	0	7,81	2,5	5,31	2,5
A 315	3,44	10	11,88	12,81	4,06
E 109	0,31	5,94	12,82	1,56	5,63
A 226	0	7,19	11,25	12,5	22,5
A 225	3,44	7,5	7,19	26,56	20

No. Nido	Cadmio	Cobre	Niquel	Zinc	Plomo
A 287	4,69	6,88	0	8,44	7,19
A 290	0,3	11,24	7,81	0,62	4,68
A 288	1,25	6,25	8,43	13,11	14,68
A 193	1,56	8,75	12,19	19,39	143,82
A 178	0	7,5	0,31	7,5	2,19
E 106	2,5	9,07	6,56	11,88	9,69
E 99	0,31	9,06	7,19	4,06	4,69
A 311	0,31	7,81	16,88	2,19	5,63
E 113	1,25	16,23	6,87	13,73	69,29
A 232	0,31	6,86	8,42	4,68	32,73
A 285	0,63	10,94	4,69	2,81	9,06
A 196	0,31	7,81	7,81	2,81	13,12
E 102	5,92	12,47	8,11	16,21	14,03
A 234	0,94	12,81	10,62	16,24	9,68
A 195	2,18	7,78	5,93	7,78	4,99
C 94	0,8	9,67	9,49	6,56	9,68
C 96	0,63	11,87	7,5	19,99	7,19
C 78	0,31	7,81	2,19	2,5	2,5
C 75	0,62	7,18	0	19,68	20,31
C 93	0,63	8,44	8,13	5,63	4,38
C 95	0,31	5,62	12,48	0,94	12,17
C 92	1,25	10,63	11,88	4,69	2,19
C 91	0,62	9,37	4,06	2,81	3,12
C 72	0,94	7,81	11,87	0,94	0,31
C 74	0	9,07	0,63	3,13	7,82
C 73	1,25	10,31	9,69	3,44	4,38
C 77	0,94	8,12	3,44	50,31	11,87
NN 65	0,31	5,62	7,5	11,56	7,81
NN 62	0,31	10,32	5,63	18,44	1,25
NN 58	0	8,75	14,06	6,56	4,99
250 Mo	0	8,12	5,62	5,93	12,17
650 Sal (2)	0	9,99	18,44	10,31	9,37
NN 66	0,63	11,26	7,82	20,03	2,19
NN 67	0,63	8,44	5	15	0,31
NN 44	0,94	7,82	9,07	6,88	17,83
650 Sal (1)	1,25	6,56	17,81	18,44	4,69
NN 45	0,31	8,75	7,18	18,74	2,81
C 103	0,94	7,49	8,13	12,49	12,8
250 Sal	1,25	6,57	17,83	18,45	4,69