

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE RECURSOS NATURALES Y PESCA  
PROCURADURIA FEDERAL DE PROTECCION AL AMBIENTE  
SUBPROCURADURIA DE RECURSOS NATURALES

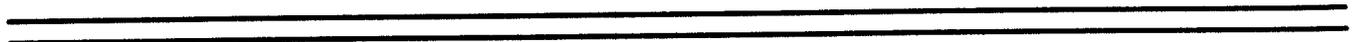
*Mortandad de tortugas marinas  
en la Laguna Ojo de Liebre*

*B. C. S.*

*Informe Técnico*

•

*1998*



## **DIRECTORIO**

**MTRO. ANTONIO AZUELA DE LA CUEVA**  
**PROCURADOR FEDERAL DE PROTECCION AL AMBIENTE**

**LIC. VICTOR RAMIREZ NAVARRO**  
**SUBPROCURADOR DE RECURSOS NATURALES**

**BIOL. JORGE LUIS JIMENEZ LOPEZ**  
**DELEGADO ESTATAL DE LA PROFEPA EN BAJA CALIFORNIA SUR**

**ING. JORGE ELIAS ANGULO**  
**SUBDIRECTOR DE AUDITORIA AMBIENTAL DE LA DELEGACION ESTATAL**

**LIC. RAFAEL VALDIVIA LOPEZ**  
**DIRECTOR GENERAL DE VERIFICACION AL ORDENAMIENTO ECOLOGICO**

**ING. JESUS CERECERO GUTIERREZ**  
**DIRECTOR DE ATENCION A CONTINGENCIAS EN LOS RECURSOS NATURALES**

	<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCION</b>		
<b>1. DESCRIPCION DEL SITIO</b>	-----	1
<b>2. HECHOS</b>	-----	4
<b>3. HIPOTESIS</b>	-----	5
<b>4. ACCIONES</b>	-----	6
4.1 Comité Científico	-----	7
4.2 Necropsias y colecta de muestras	-----	7
<b>5. RESULTADOS</b>	-----	14
5.1 Análisis de laboratorio	-----	14
5.1.1 Histopatología	-----	14
5.1.2 Toxicología	-----	15
5.1.3 Biotoxinas marinas	-----	18
5.1.4 Agua	-----	20
5.1.5 Sedimentos	-----	22
5.2 Baterías	-----	23
5.3 Laguna San Ignacio	-----	25
<b>6. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS</b>	-----	33
<b>7. CONCLUSION</b>	-----	37
<b>8. RECOMENDACIONES</b>	-----	38
<b>9. ANEXOS</b>	-----	39
Anexo 1. Reporte de la Reserva de la Biosfera "El Vizcaíno".		
Anexo 2. Denuncias presentadas por la Soc. Coop. de Producción Pesquera Biosfera del Vizcaíno y la Sociedad Coop. de Producción Pesquera Bahía Vizcaíno, S.C.L.		
Anexo 3. Minuta de la reunión del Comité Científico realizada el 8 de enero de 1998.		
Anexo 4. Informe del CRIP, La Paz.		
Anexo 5. Minuta de la reunión del Comité Estatal realizada el 14 de febrero de 1998.		
Anexo 6. Autorización para la captura de dos ejemplares vivos y protocolo de necropsias.		
Anexo 7. Resultados de la análisis de histopatología.		
Anexo 8. Resultados de los análisis de toxicología.		
Anexo 9. Resultados de los análisis de biotoxinas marinas.		
Anexo 10. Resultados de los análisis fisicoquímicos en agua de mar.		
Anexo 11. Resultados de los análisis de sedimentos.		
Anexo 12. Minuta de la reunión del Grupo de trabajo, realizada el día 29 de abril de 1998.		
Anexo 13. Resultados de los análisis de salmueras.		
Anexo 14. Minuta de la reunión del Comité Científico, realizada el día 2 de julio de 1998.		
Anexo 15. Relación de Participantes.		

## **DESCRIPCION DEL SITIO**

## 1. DESCRIPCION DEL SITIO

La Laguna Ojo de Liebre (Lámina 1), se encuentra entre los 27° 35' y los 27° 52' de latitud norte y los 113° 58' y los 114° 10' de longitud oeste, al norte del estado de Baja California Sur. Tiene una extensión de 360 Km<sup>2</sup> y se comunica al mar a través de la bahía Sebastián Vizcaíno. Tiene aproximadamente 9 Km de ancho y 48 Km de largo, con profundidades entre 6 y 12 m; albergando 5 pequeñas islas declaradas como zonas núcleo de la reserva.

Forma un complejo lagunar junto con la laguna Guerrero Negro y la Manuela, ya que los tres cuerpos de agua se interrelacionan a través de la Bahía San Vizcaíno, en la cual desembocan. Esta exhibe un canal estrecho en la parte norte denominado Canal de Ballenitas. Las tres lagunas se encuentran en la punta de un plano aluvial entre la Sierra de San Borja al Noreste y la Sierra Vizcaíno de San Andrés al sureste. Influyen en el área vientos del noreste provenientes del Pacífico.

La caracteriza un clima tipo BW (e), García (1973), cálido muy seco, con temperatura media anual sobre 22°C y media del mes mas frío de 18°C ; lluvias en verano y una oscilación termal extremosa, entre 7 y 14 °C.

Lankford (1997) la clasifica como del tipo I-C y III-A, que se refiere a :

Tipo I.- Erosión diferencial. Depresiones formadas por procesos no marinos durante el descenso del nivel del mar, inundada por transgresión del holoceno. Modificadas leves o fuertemente a partir de la estabilización del nivel del mar durante los últimos 5 mil años. La batimetría y la forma son variables ; la geomorfología es típicamente de un valle de río inundado ; se presentan principalmente a lo largo de planicies costeras anchas y de bajo relieve ; los cañones escarpados y rocosos se forman en relieves costeros altos ; hay depresiones kársticas ovaes.

C.- Valle inmaduro con barrera. Barrera física presente ; escurrimiento ausente o poco frecuente ; forma y batimetría modificada por procesos de la zona litoral (mareas, acción del viento, olas) ; energía propiciada principalmente por corrientes mareales, altas en los canales y ensenadas y baja en bajos arenosos ; usualmente hay salinidades con gradientes hiposalinos y puede llegar a existir salinidad normal.

Y para Carranza-Edwards et. al. (1975), se agrupa en la unidad V.

Unidad V. Comprende el Litoral Pacífico de la Península de Baja California; se encuentra en la vertiente occidental californiana y limita al este con el sistema californiano (Tamayo, 1970). Forma parte de la provincia fisiográfica de la Llanura Costera de Baja California (Alvarez,1962).

Según Inman y Nordstrom (1971), se trata de costas de colisión, subtipo costa de colisión continental; estas se presentan en los márgenes continentales cuando una placa continental gruesa choca con una oceánica delgada.

Geomorfológica y genéticamente (Shepard, 1973), aparecen tres clases de costas; primarias, por depositación subaérea, por vientos, costas con dunas; secundarias, por erosión del oleaje, promontorios cortados por las olas, costas de línea de playa y costas de terrazas elevadas cortadas por oleaje y terciarias, costas por depositación marina y de barrera: playa, islas, ganchos y bahías de barrera.

El tipo de sedimentos es arena fina y media en los canales; en la parte interior aparecen aluvión y arcilla. Las variaciones de temperatura y salinidad se deben a la marea. El intervalo de marea va de 1 a 3 m. Las corrientes en la parte baja muestran velocidades aproximadas de 2.5 nudos; en la media, 1.5 a 2 y en el interior de 0.33 a 1.5 nudos.

### **Situación Legal**

- El 14 de enero de 1972 fue declarada como zona de refugio para ballenas y ballenatos.
- El 11 de septiembre de 1972 fue declarada como Zona de Reserva y Refugio de Aves Migratorias y Fauna Silvestre.
- El 30 de noviembre de 1988 la zona de "El Vizcaíno" es declarada como Reserva de la Biósfera, incluyendo la Laguna Ojo de Liebre, como una de las áreas que conforman dicha Reserva.

### **Importancia Económica**

Cuerpo de agua que suministra la materia prima para constituir la empresa salinera de las más grandes del mundo en cuanto a producción de sal, de cuya actividad se basa principalmente la economía de los habitantes de Guerrero Negro. Además de esta actividad, en la Laguna se explotan especies de primerísima calidad de mercado tales como la langosta, almeja mano de león, cayo de hacha y almeja catarina; también se capturan almeja chocolata, pulpo, tiburón y especies de escama en general. Durante los meses de diciembre a marzo, incide en el área la presencia de ballena gris, lo que atrae una gran afluencia de visitantes, principalmente extranjeros para su observación, ocasionando con ello una fuerte derrama económica a la comunidad local, merced a la actividad de prestación de servicios turísticos tanto terrestres como marítimos.

La zona es un lugar muy importante para refugio de aves, toda vez que según algunas informaciones recientes, cada año llegan a invernar al lugar 35,000 gansos entre otras aves acuáticas; también sus aguas son vitales para la conservación de algunas especies consideradas amenazadas o en peligro de extinción, tales como tortugas marinas, la propia ballena gris y el lobo marino.



## HECHOS

## 2. HECHOS

La primera noticia relacionada con la mortandad de tortugas marinas en la Laguna Ojo de Liebre, llegó documentada vía fax a la Delegación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en Baja California Sur, el día 5 de enero, por la Dirección de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, ubicada en el Municipio de Mulegú, B.C.S.<sup>1</sup>

Otros comunicados<sup>2</sup> fechados el día 1º y 5 de enero, enviados a la Delegación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, por parte de organizaciones del sector pesquero de Guerrero Negro, hacen saber que el día lunes 15 de diciembre dos embarcaciones pertenecientes a la Cooperativa de Producción Pesquera "Biosfera del Vizcaíno", S.C.L., tuvieron dos avistamientos de tortugas, el primero en la zona de Punta Mariscal y el segundo en la punta sur del islote conocido regionalmente como El Alanere, observándose un ejemplar en cada sitio, ambos con comportamientos extraños y movimientos sin coordinación.

Asimismo, reportan que a partir del día 19 de diciembre comenzaron a avistar tortugas en la superficie y varadas en la orilla de la zona NE de la Laguna Ojo de Liebre, reportando este fenómeno el día 27 de diciembre a la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno.

Adicionalmente, la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Bahía Vizcaíno, S.C.L. en su comunicado antes referido, indica que en días anteriores a la mortandad de tortugas, se observó que los vasos de contención para salmueras que están cerca del Puerto el Chaparrito se encontraban vacíos siendo que diariamente los habían visto llenos, presumiéndose que el contenido de los vasos fue derramado a la Laguna Ojo de Liebre.

El 29 de enero de 1998, la Delegación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en el Estado de B.C.S., denunció los hechos de la mortandad de tortugas contra quien o quienes resulten responsables, ante la Agencia del Ministerio Público de la Federación, en La Paz, B.C.S.

---

<sup>1</sup> Anexo 1- Reporte de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno.

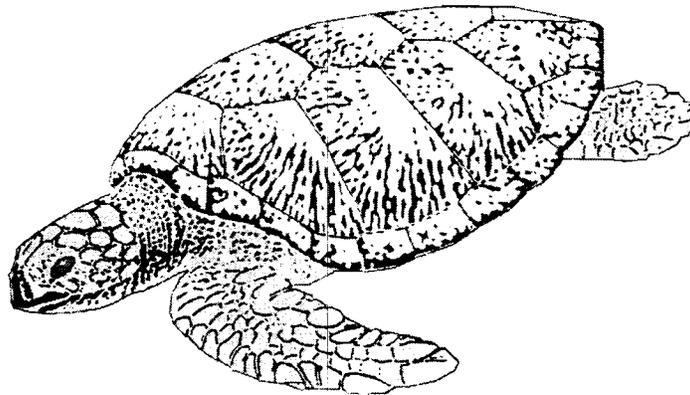
<sup>2</sup> Anexo 2- Denuncias presentadas por la Soc. Coop. de Producción Pesquera Biosfera del Vizcaíno y la Sociedad Coop. de Producción Pesquera Bahía Vizcaíno, S.C.L.

## **HIPOTESIS**

### 3. HIPOTESIS

Las hipótesis formuladas por el Comité Estatal de Atención a Contingencias en los Recursos Naturales de B.C.S. sobre las causas de la mortandad de tortugas fueron las siguientes:

- \* Marea roja.
- \* Saqueo de tortugas marinas.<sup>3</sup>
- \* Derrame de salmueras en la laguna.
- \* Fenómeno del Niño.



---

\* <sup>3</sup> En esta hipótesis los responsables habrían arrojado a la laguna las tortugas sacrificadas, al verse obligados a entrar a ella por un temporal.

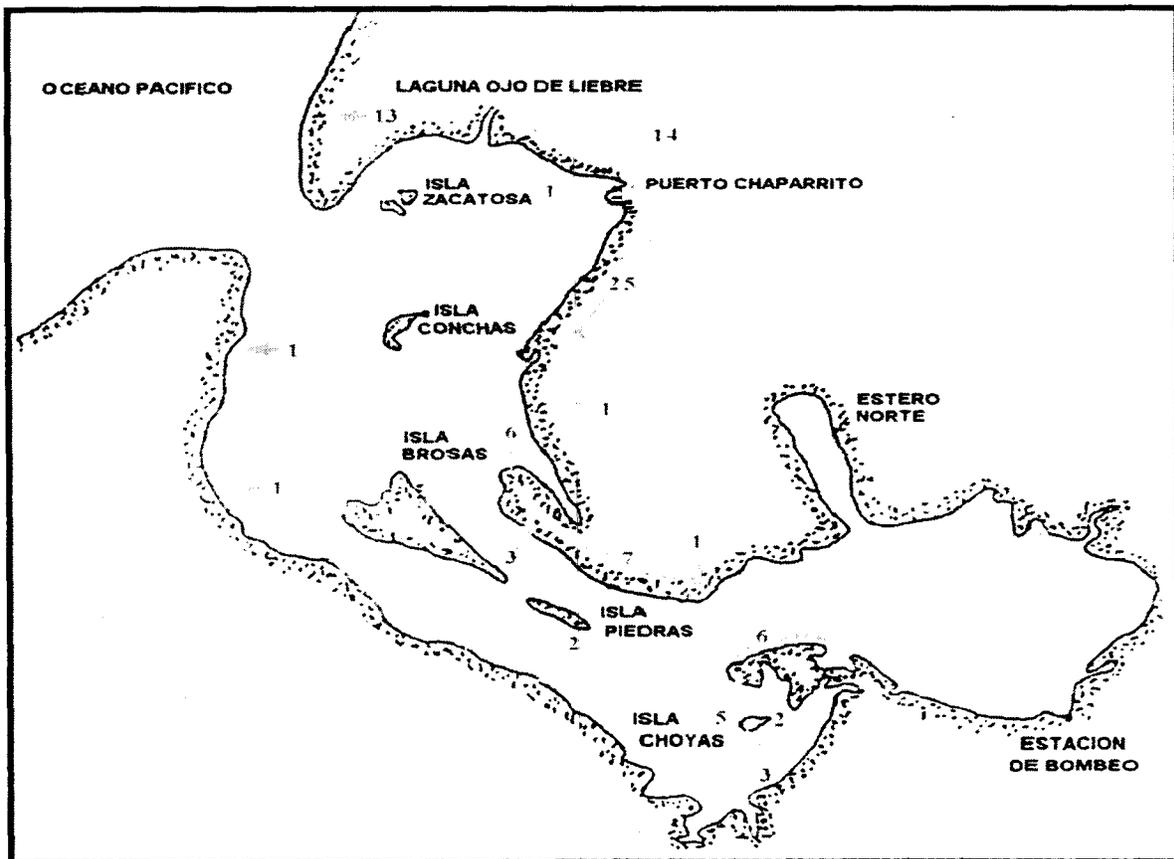
## ACCIONES

#### 4. ACCIONES

El día 28 de diciembre, personal de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno en compañía de pescadores inician recorridos acuáticos y terrestres, mismos que se intensifican el día 31 del mismo mes, incorporándose personal de la PROFEPA y de la Compañía Exportadora de Sal, concluyéndolos el día 5 de enero, fecha a la que se cuantificó y confirmó la mortandad de **94 tortugas marinas prietas (*Chelonia mydas agassizzi* según científicos extranjeros o *Chelonia agassizzi* según científicos mexicanos). 93 hembras adultas y subadultas y un macho juvenil; todos los animales se observaron en similar estado de descomposición, variando posiblemente por el tiempo que permanecieron en el agua antes de vararse en las orillas de la laguna. Se indican en la (Lámina 2) los sitios donde se localizaron los cadáveres, siendo mas abundantes en la zona este y sur de la laguna.**

No habiéndose reportado ni observado a esa fecha la mortandad masiva de alguna otra especie acuática dentro de la laguna. Adicionalmente, se solicitó información para otras áreas de interés, como la Laguna de Guerrero Negro, el campamento pesquero de Malarrimo y la Laguna de San Ignacio, resultando negativa para las tres zonas.

Lámina 2.- Sitios de localización de los cadáveres en la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S.



#### 4.1 Comité Científico<sup>4</sup>

Con fecha 8 de enero de 1998, la Delegación Estatal de La PROFEPA en el Estado de Baja California Sur, convoco a reunión del Comité Científico de Atención a Contingencias en los Recursos Naturales de B.C.S., para discutir y analizar la información disponible, así como establecer una estrategia colegiada de esclarecer fehacientemente los hechos; acordándose la integración de una comisión multidisciplinaria e interinstitucional con la participación de la SEMARNAP, PROFEPA, CRIP, CNA, y el CIBNOR, para acudir al lugar de los hechos a fin de abundar en las investigaciones y recolectar muestras en calidad y cantidad suficientes para análisis fisicoquímicos y biológicos a realizarse por laboratorios de instituciones competentes, a fin de poder determinar la causa de la mortandad de las tortugas marinas.

#### 4.2 Necropsias y colecta de muestras<sup>5</sup>

- De los cadáveres observados el día 28 de diciembre por el personal de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, a 48 de ellos les fueron tomadas medidas morfométricas ( largo y ancho curvos del caparacho ), siendo la menor de 49 X 49 cm. y la mayor de 86 X 78.5 cm., adicionalmente el referido personal realizó la necropsia de 10 individuos, destacando en el informe respectivo, como hallazgos macroscópicos lo siguiente:
  1. Congestionamiento sanguíneo en la región ventral (plastron), dando la apariencia de que estuvieron postrados sobre su vientre sin moverse durante algún tiempo.
  2. En los 10 animales se observó la primera porción del intestino delgado de color negro oscuro, muy diferente del resto del intestino que se encontró de color rosado.
  3. Aletas, cabeza, cuello, boca, esófago, estómago, aparato respiratorio, corazón, riñones y sistema genito-urinario, sin cambios patológicos aparentes (SCPA).

Se tomaron muestras en formol al 10% de corazón, hígado, pulmón, traquea. Intestino delgado, estómago, grasa y músculo, para análisis histopatológicos; además se realizó biopsia de piel de 25 cadáveres para estudios genéticos en colaboración con el campo tortuguero "Archelon" de Bahía de Los Angeles, B.C.

Las muestras se enviaron al Departamento de Patología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM para los análisis histopatológicos, con la finalidad de establecer daños a nivel celular a través de la técnica histológica de tinción hematoxilina - eosina.

Finalmente, el personal de la reserva en el informe de referencia comenta que :

<sup>4</sup> ANEXO 3-Minuta de la reunión del Comité Estatal (8-01-98)

<sup>5</sup> ANEXO 1- Reporte de la Reserva de la Biosfera "El Vizcaíno"

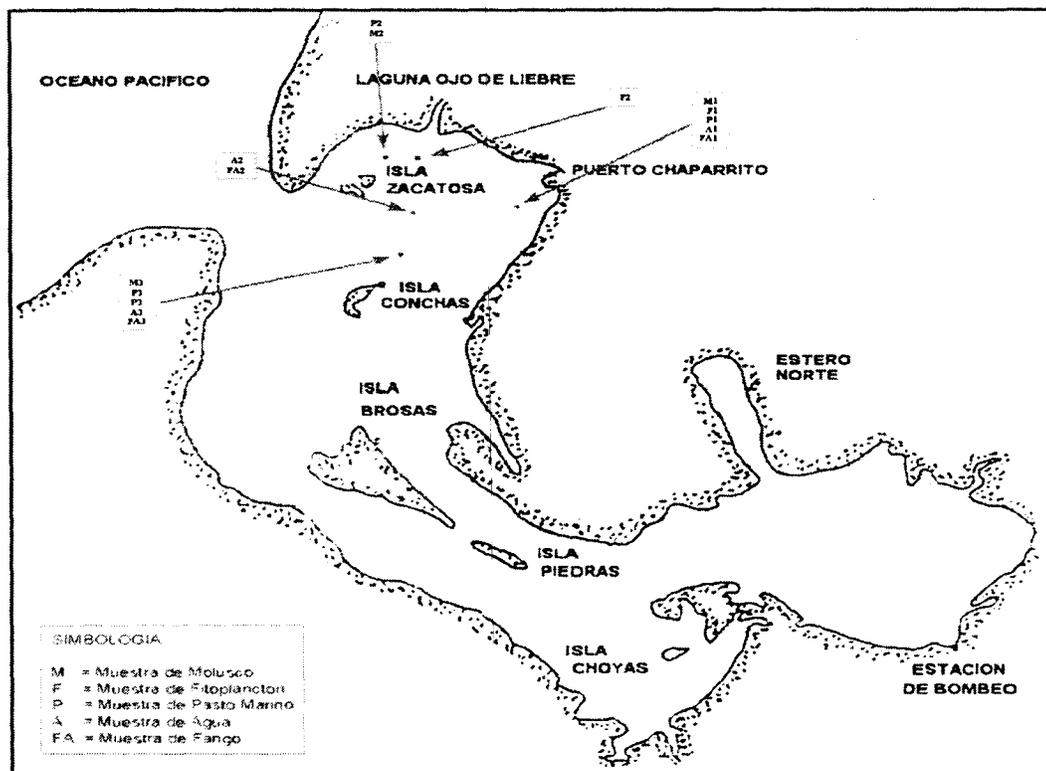
NOTA : Las estaciones de muestreo señaladas en los croquis, cuentan con su respaldo georeferenciado.

Las áreas de congestión detectadas en la región ventral, sin observarse el plastron desgastado, hace suponer el hecho de que los animales permanecieron algún tiempo sin moverse apoyados sobre su vientre. Estas lesiones se vieron tanto en animales flotando en la laguna como en los varados en la playa.

Los pescadores de Bahía de Los Angeles, con tradición tortuguera, comentaron de que a pesar de nunca haber visto un intestino tan negro (se les mostraron fotografías), cuando los animales son congelados, las partes del intestino con alimento se ponen rápidamente oscuras.

- Los integrantes de la comisión multidisciplinaria e interinstitucional instalada por el Comité Estatal de Atención a Contingencias, el día 9 de enero efectuaron en playa y cuerpo de agua de la laguna "Ojo de Liebre" la toma de muestras de fitoplancton, pasto marino, moluscos, agua de fondo y fango (Lámina 3), muestras que fueron enviadas a los laboratorios del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) y de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM; Adicionalmente fueron recolectado dos cadáveres de tortuga prieta, los cuales fueron congelados para su posterior envío al CRIP en LA Paz.

Lámina 3.- Localización de las estaciones del muestreo realizado por la comisión multidisciplinaria el día 9 de enero en la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S.



El personal de campo que realizo la toma de muestras, indicó haber encontrado una gran cantidad de moluscos muertos y de los encontrados vivos, reportan que la madurez de las gónadas no correspondía al período del año ya que, parecía que se estaban reponiendo de un desove, lo cual no ocurre durante el período invernal.

- Con fecha enero 12 los dos cadáveres recolectados fueron entregados en las instalaciones del CRIP en La Paz, a fin de realizar la necropsia y toma de muestras de tejidos ; trabajos que fueron realizados el día 14 de enero, dos días después de su llegada al Centro, debido fundamentalmente al estado de congelación que se encontraban y se tuvo que esperar a que se descongelaran.

Los especímenes fueron identificados como *Chelonia agassizi*. La tortuga marcada como espécimen N°. 1, fue sexado como macho juvenil en un estado de putrefacción regular, lo que permitió coleccionar cuatro juegos de muestra de corazón, pulmón, estómago, esófago, bazo, cerebro, sangre arterial, excremento y contenido estomacal, fijándose en formol al 10% solo uno de los juegos. Dos juegos de muestras en fresco se enviaron para análisis toxicológicos y determinar las concentraciones de metales pesados, a través de espectrometría de absorción atómica y generación de hidruros en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.- UNAM.

El espécimen N°. 2, se sexo como hembra adulta, con un estado muy avanzado de putrefacción, lo que impidió la toma de muestras.

Como hallazgo macroscópico, se reporta que el espécimen N°.1 presentó en el intestino delgado en el duodeno , un color negro. (Foto 1).

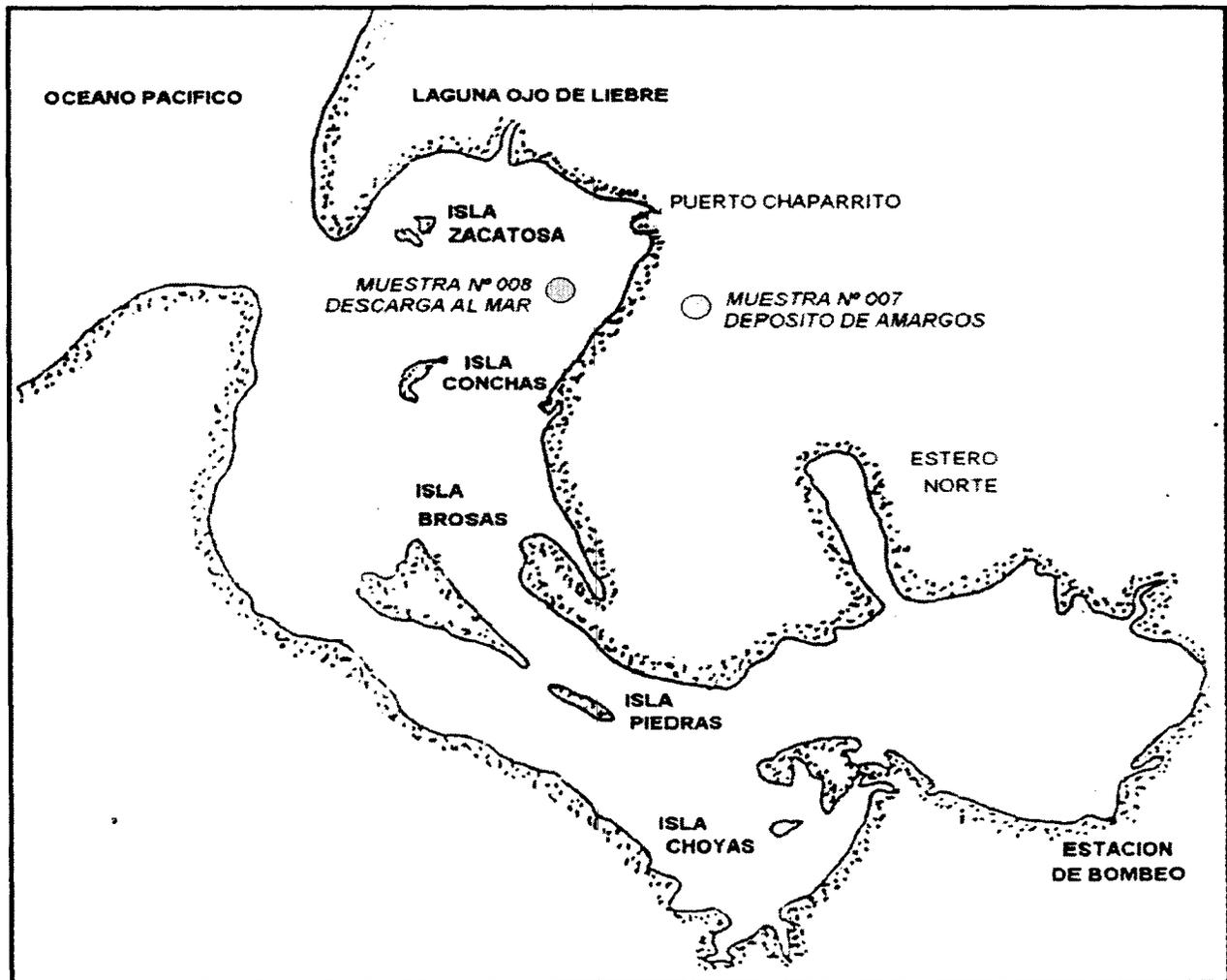
**Foto 1.-** Intestino delgado de tortuga, con porción necrosada



El informe elaborado por el CRIP<sup>6</sup> concluye que: Debido al grado de descomposición en que se encontraban los especímenes, fue imposible determinar macroscópicamente una posible causa de muerte sobre todo en la hembra. Por las características presentadas en el duodeno del ejemplar juvenil, se puede inferir que el tejido se encontraba necrosado antes de ser congelado, posiblemente debido a un congelamiento anterior.

- Con fecha 13 de enero la CNA, en los sitios denominados depósito de amargos, camino a Chaparrito y humedales, colectó muestras de agua para análisis fisicoquímicos (Lámina 4).

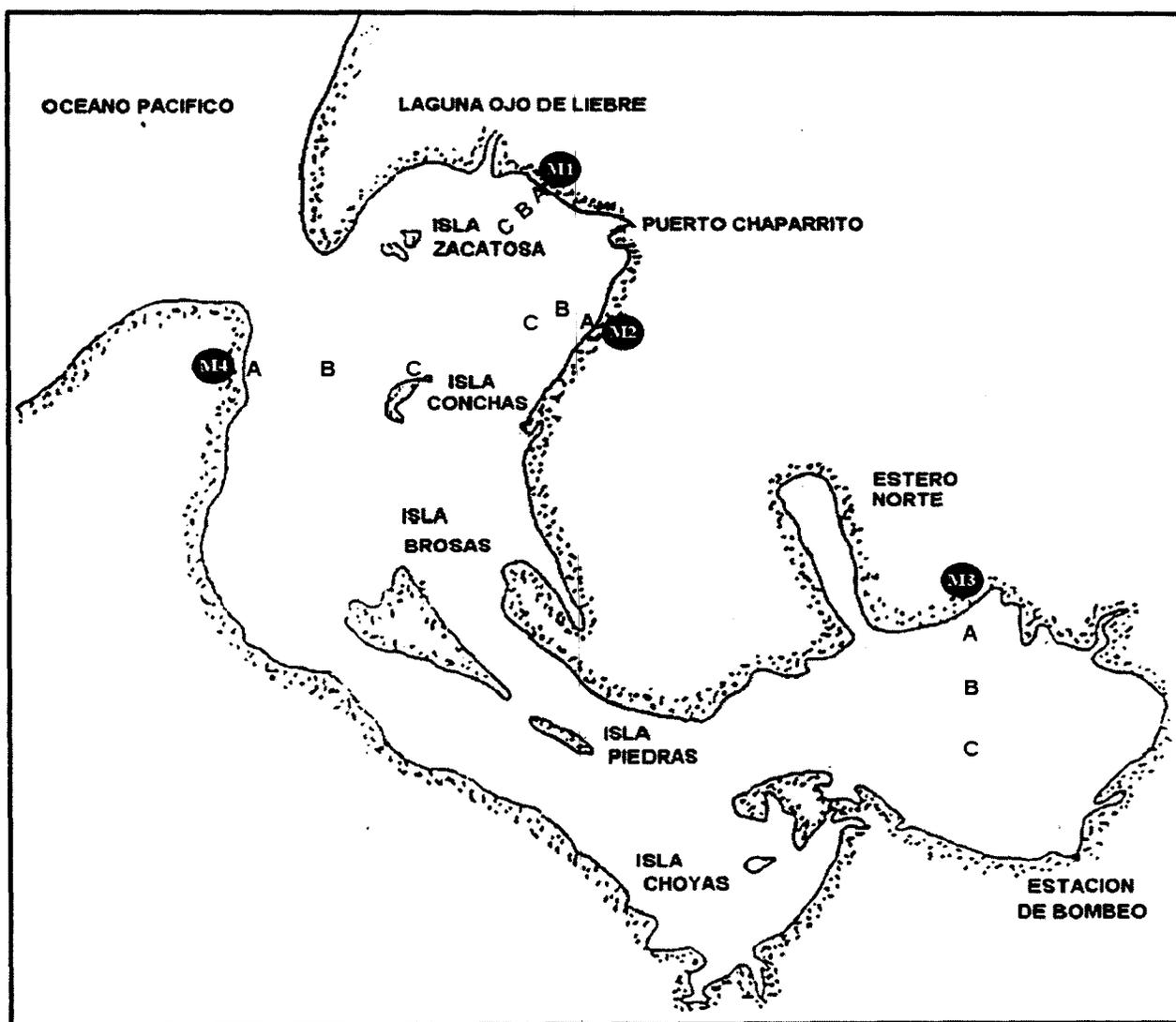
Lámina 4.- Localización de las estaciones del muestreo de agua realizado por la CNA el día 13 de enero en la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S.



<sup>6</sup> ANEXO 4.-Informe del CRIP La Paz.

- A fin de determinar mediante análisis de laboratorio las concentraciones de metales pesados en sedimentos, los días 10 y 11 de febrero, personal técnico de la Delegación Estatal de la PROFEPA, de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno y CNA realizaron el muestreo de sedimentos en diversos puntos (Lámina 5) de la Laguna Ojo de Liebre

Lámina 5.- Localización de las estaciones del muestreo de sedimentos realizado los días 10 y 11 de febrero en la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S.



Las muestras obtenidas fueron enviadas al laboratorio de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM.

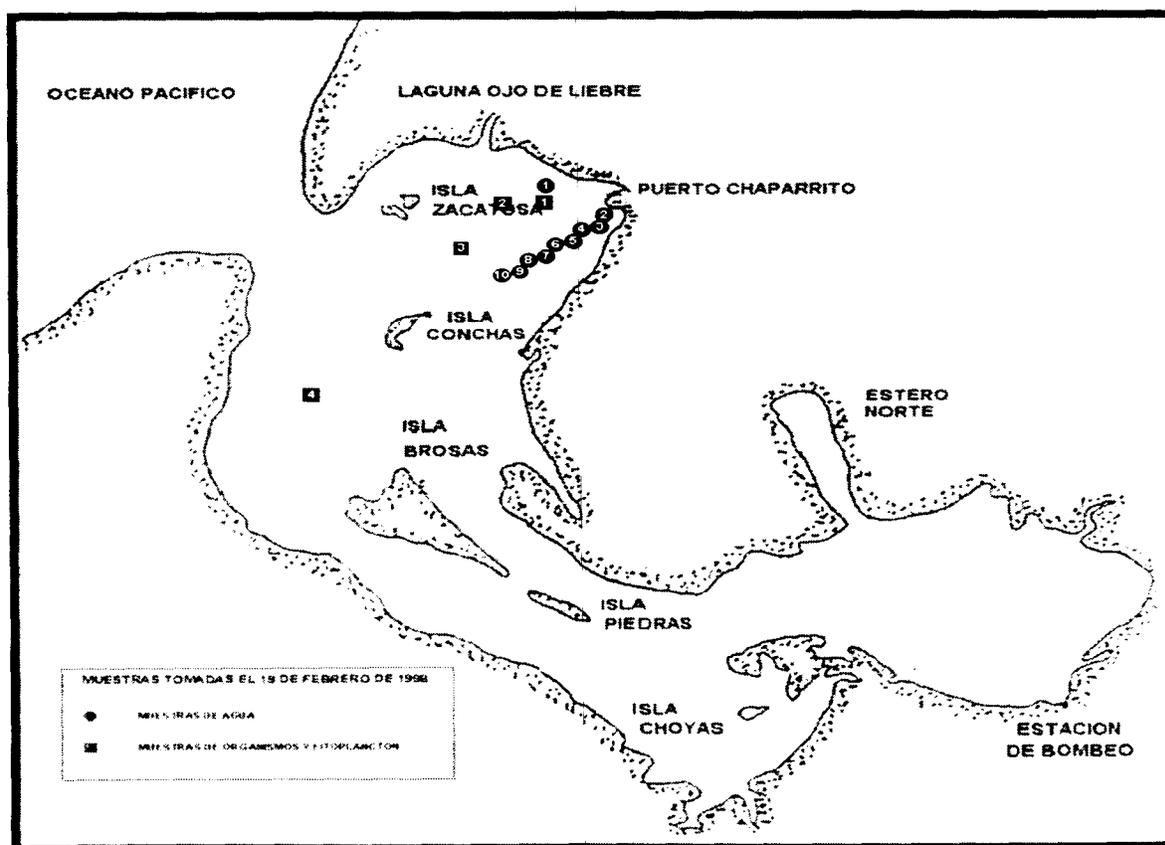
El personal comisionado reportó que en el punto de muestreo M1B, bajo una torre de señalamiento marítimo se observaron 75 acumuladores o baterías eléctricas tipo automotriz, de desecho.

Ante la gravedad del caso, la Subprocuraduría de Recursos Naturales, instruyó a la Delegación Estatal de la PROFEPA en B.C.S. para iniciar las verificaciones e inspecciones necesarias y levantar el acta y procedimiento administrativo correspondiente.

Como resultado de lo anterior, se confirmó que la Empresa Exportadora de Sal tiene a su cargo el mantenimiento y funcionamiento de las torres de señalamiento marítimo en el canal de navegación de la laguna, por lo que se procedió el día 18 de febrero a realizar la inspección de campo.

- En seguimiento a los acuerdos derivados de la reunión del Comité Estatal de Atención a Contingencias, celebrada el día 14 de febrero en las instalaciones del CIBNOR de La Paz, B.C.S.,<sup>7</sup> personal de PROFEPA, CNA, CIBNOR y del CRIP, durante los días 18 y 19 de febrero procedieron a la colecta de muestras de agua de fondo y organismos (Lámina 6), a fin de ampliar los análisis de laboratorio para determinar la causa de la mortandad de las tortugas.

Lámina 6.- Localización de las estaciones del muestreo de agua de fondo y organismos realizado los días 18 y 19 de febrero en la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S.



<sup>7</sup> ANEXO 5.- Minuta de la reunión del Comité Estatal, realizada el día 14 de febrero de 1998

- En razón de que se requirió de mayor Información para identificar los niveles de toxicidad en Quelonios se consideró la conveniencia de capturar dos ejemplares vivos aparentemente sanos, con la finalidad de sacrificarlos y analizar órganos y tejidos que puedan indicar entre otros, el valor de concentraciones de sodio, magnesio y selenio en animales en buen estado y comparar los resultados obtenidos de muestras colectadas de organismos que aparecieron muertos.

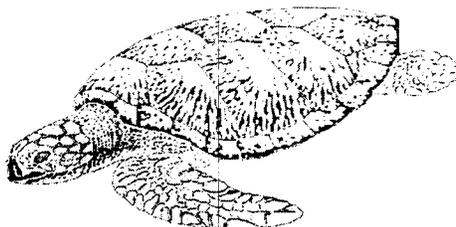
En virtud de ello, la PROFEPA solicitó a la Dirección General de Administración de Pesquerías de la Subsecretaría de Pesca de la SEMARNAP, permiso<sup>8</sup> para capturar los referidos organismos, habiéndose autorizado la captura mediante permiso N°. 280198-213-03, con vigencia del 28 de enero al 27 de febrero de 1998.

Con el auxilio de personal de La Reserva de la Biosfera y pescadores, los organismos fueron capturados vivos los días 16 y 17 de febrero, manteniéndolos en corral dentro del cuerpo de agua hasta el día 21 del mismo mes, fecha en que fueron sacrificados. Se realizó la necropsia, asentándose todos los datos en el formato de protocolo, se tomaron muestras de todos los órganos enviándose frescas y fijadas en formol, al los laboratorios de Toxicología y Patología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - UNAM.

- Con referencia a hecho reportado por los pescadores en relación a varamiento del barco camaronero frente a la entrada de la laguna, se confirmó que se trata de la embarcación "Atila", propiedad de Embarcaciones Vero, S.A. de Mazatlán, Sin. Las actas levantadas por la Secretaría de Marina y la PROFEPA, confirman que el varamiento ocurrió en fecha posterior a la aparición de los cadáveres en la laguna.

Adicionalmente, en el período comprendido del 1º al 31 de diciembre, la PROFEPA inspeccionó 125 embarcaciones camaroneras, verificándose que todas ellas contaban con el excluidor de tortugas.

Finalmente , en consulta realizada con la Secretaría de Marina, ésta informa que la Capitanía de Puerto en Guerrero Negro, tiene registrado en el mes de diciembre el arribo de 27 embarcaciones, en el período del 3 al 12 de dicho mes.



<sup>8</sup> ANEXO 6.-Autorización para la captura de dos ejemplares vivos y protocolos de necropsias.

## RESULTADOS

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Análisis de laboratorio

137 muestras de agua, sedimentos salmueras, tejidos y organismos demandaron realizar 275 análisis en las áreas de física, química, bacteriología, patología, histología y toxicología, destacando los realizados en los laboratorios de las instituciones que en el cuadro N° 1 se señalan.

Adicionalmente, se realizaron una serie de consultas con especialistas en quelonios; con el Laboratorio de Fisicoquímica Marina, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM y con el laboratorio forense del United States Fish and Wildlife Service, entre otros

**Cuadro N° 1**

INSTITUCION	TIPO DE ANALISIS					
	TOXICOLÓGICO	HISTOPATOLÓGICO	BIOTOXINAS MARINAS	AGUA	SEDIMENTOS	SALMUERAS
FMVZ-UNAM						
CIBNOR						
CNA.- LA PAZ						
CIEMAD- IPN						

#### 5.1.1 Histopatología<sup>9</sup>

Las muestras de tejido (cuadro 2), colectadas por el personal de la reserva de la Biosfera El Vizcaíno, de las necropsias realizadas a 10 cadáveres y las correspondientes a las de los organismos capturados vivos, con fecha 15 de enero y 25 de febrero respectivamente, se enviaron al Departamento de Patología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM para los análisis histopatológicos, con la finalidad de establecer daños a nivel celular a través de la técnica histológica de tinción hematoxilina - eosina.

<sup>9</sup> ANEXO 7.-Resultados de los análisis de Histopatología

**Cuadro 2.-** Relación de muestras de tejidos fijadas en formol al 10% remitidas al Laboratorio de Patología de la FMVyZ-UNAM.

MUESTRA	Tejidos obtenidos de cadáveres	Tejidos de ejemplares capturados vivos	
		HEMBRA	MACHO
Corazón	X	X	X
Pulmón - traquea	X	X	X
Tiroides		X	X
Baso		X	X
Hígado	X	X	X
Páncreas		X	X
Riñón		X	X
Estómago	X	X	X
Duodeno		X	X
Testículo			X
Utero		X	
Esófago		X	
Vejiga		X	
Intestino delgado	X		
Grasa	X		
Músculo	X		

Con relación a las muestras correspondientes a los cadáveres, el Departamento de Patología informó que: *en todos los cortes revisados de los diferentes tejidos se encontraron avanzados cambios autolíticos, sin embargo, en un corte de hígado se encontró esteatosis (lipidosis) moderada, difusa*, indicativa de una lipoperoxidación. El resto de los tejidos analizados tuvieron cambios que corresponden a una descomposición posmortem avanzada.

Por lo que respecta a los resultados de los análisis practicados a las muestras correspondientes a los ejemplares vivos, el Departamento de Patología informó que: *En todos los cortes revisados no se detectaron daños celulares a nivel microscópico, lo que supone que los organismos sacrificados se encontraban sanos.*

### 5.1.2 Toxicología<sup>10</sup>

Las muestras de tejido (Cuadro N° 3), colectadas por el personal del CRIP de las necropsias realizadas a 2 cadáveres y las correspondientes a los organismos capturados vivos, se enviaron al Departamento de Toxicología-UNAM el día 15 de enero y 25 de febrero respectivamente, con la finalidad de realizar análisis toxicológicos para la determinación de concentraciones de metales pesados, a través de espectometría de absorción atómica y generación de hidruros.

<sup>10</sup> ANEXO 8- Resultados de los análisis de Toxicología.

**Cuadro 3.-** Relación de muestras de tejidos sin conservador remitidas al Laboratorio de Toxicología de la FMVyZ-UNAM.

MUESTRA	Tejidos obtenidos de cadáveres		Tejidos de ejemplares capturados vivos	
	Juvenil	Hembra	HEMBRA	MACHO
Corazón	X		X	X
Pulmón - traquea			X	X
Tiroides			X	X
Baso			X	X
Hígado	X		X	X
Páncreas			X	X
Riñón	X		X	X
Estómago			X	X
Duodeno			X	X
Utero			X	
Esófago			X	
Vejiga			X	
Cerebro	X			
Escremento	X			
Sangre	X			
Contenido estomacal	X	X		
Inicio de intestino	X			
Baso	X			

Referente a la muestras de tejidos correspondientes a los cadáveres a los que se les realizó la necropsia en las instalaciones del CRIP en LA Paz, el informe emitido por el laboratorio de toxicología señala que: *El estado avanzado de descomposición de la mayoría de las muestras no permitió su utilización.*

Asimismo, al inspeccionar la muestra de contenido estomacal se identificó como un contenido sanguinolento que se asocia con una gastritis hemorrágica de estos animales.

En análisis realizado a muestras de contenido estomacal, hígado y riñón, se obtuvieron las siguientes concentraciones:

MUESTRA	Plomo	Selenio	Magnesio	Sodio	Potasio
37 - Hígado	4,805	376	214	2,029	1,610
38 - Hígado	2,735	257	199	2,077	1,404
39 - Riñón	1,250	523	180	2,212	799
40-Cont. estomacal	1,130	158	260	2,463	1,360

Pb, As y Se ng/G ; Mg, Na, y K ug/g ; Base Húmeda.

El laboratorio no emite ningún diagnóstico, en razón de que se desconocen parámetros bajo los cuales se puedan comparar los valores obtenidos.

Por lo anterior, fue que se consideró la conveniencia de capturar dos ejemplares vivos aparentemente sanos, con la finalidad de sacrificarlos y analizar órganos y tejidos que nos pudieran indicar el valor de concentraciones de sodio y magnesio en animales en buen estado y comparar los resultados de muestras colectadas de organismos que aparecieron muertos.

Los resultados comparativos de los análisis realizados a muestras de tejidos correspondientes a los cadáveres y de organismos capturados vivos, se muestran en el cuadro N° 4.

**Cuadro N° 4.-** Valores comparativos de los análisis realizados en tejidos de cadáveres y de organismos capturados vivos

MUESTRA	PLOMO	SELENIO	MAGNESIO	SODIO	POTASIO
<b>Cadáveres</b>					
37 - Hígado	4,805	376	214	2,029	1,610
38 - Hígado	2,735	257	199	2,077	1,404
39 - Riñón	1,250	523	180	2,212	799
40-Cont. estomacal	1,130	158	260	2,463	1,360
<b>Capturadas</b>					
142-M1 Hígado	1,604	786	79.1	1,406	2,848
142-M1 Riñón	1,236	15,447	42.2	2,026	2,639
142-M2 Hígado	626	5,969	77.7	1,419	2,704
142-M2 Riñón		1,321	52.7	1,982	2,393

Resultados Pb y Se, ng/g ;Mg, Na y K ug/g (base húmeda)

Técnica utilizada : Espectrometría de emisión y absorción atómica y con generación de hidruros.

Con respecto a las diferencias encontradas de elementos minerales en tejidos de animales capturados vivos y encontrados muertos, destaca lo siguiente :

El plomo resultó tres veces más alto en hígado de los animales muertos ; el selenio estuvo diez veces más bajo, el magnesio dos veces más alto. En general las concentraciones de selenio se encontraron mas elevadas en los riñones que en el hígado. La disminución en el contenido de selenio puede ser causada por estrés o por el consumo de selenio debido a fenómenos de oxidación por agentes externos. Esto indica un proceso de estress asociado con un fenomeno de lipoperoxidacion y desequilibrio ostmótico.

En relación al sodio, este se encontró dos veces más alto en los animales muertos y el potasio a la mitad de la concentración que la encontrada en los animales capturados vivos, Visto de otra manera, la proporción sodio-potasio (Na/K) esta invertida en los animales muertos en relación a los animales vivos en todos los tejidos.

Las muestras de moluscos, arrojaron valores en los rangos siguientes :Sodio de 9,036 a 22,358 ppm ; potasio de 11,927 a 20,884 ppm, magnesio de 1,642 a 3,431 ppm, Selenio de 490 a 3,860 ppb ; mercurio de 105 a 3112 ppb. y el arsénico se encontró en concentraciones en el rango de 11,957 a 49,338 ppb.

Concentración de minerales en moluscos.-(As,Se y Hg en ng/g ; Na, K y Mg en ug/g, base seca.)

MUESTRA	MOLUSCO	As	Na	K	Mg	Se	Hg
237	Mano de león	11957	10669	15807	1818	1900	117.2
238	Callo de hacha	24723	14010	18616	1642	1935	3112.0
239	Al. Chocolate	19465	16252	11927	1925	2893	
240	Al. Catarina	18415	12941	14682	1917	2310	272.4
241	Mano de león	20635	17670	20884	2011	2343	128.0
242	Caracol	49338	22358	13985	3126	3860	105.0
243	Caracol	41523	9036	15819	3431	490	126.9

### 5.1.3 Biotoxinas marinas<sup>11</sup>

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.- CIBNOR, se le enviaron muestras de tejidos, sedimentos, fitoplancton y pastos marinos, para la determinación de toxinas solubles en grasa y análisis cuantitativos y cualitativos de fitoplancton y sedimentos.

ORGANO	CIBNOR (La Paz)	
	Laboratorio de biotoxinas marinas	
Hígado	†	
Corazón	†	
Riñón	†	
Sangre	†	
Cerebro	†	
Contenido estomacal	†	
Fitoplancton	†	
Pastos	†	
Sedimentos	†	

Las muestras de tejidos de tortuga (cerebro, corazón, riñón, hígado y sangre) fueron analizados para determinar la presencia de biotoxinas de origen marino de tipo liposoluble, ya que el avanzado estado de descomposición de los tejidos impidió la búsqueda de compuestos hidrosolubles, por la presencia de compuestos tóxicos derivados del proceso de putrefacción (aminas biogénicas). **Los resultados de dichos análisis fueron consistentemente negativos.**

La metodología utilizada consistió en el bioensayo en ratón según Yasumoto (Yasumoto *et al.*, 1978) y la cromatografía en HPLC de acuerdo a lo descrito por Luckas y Hummert (1996). Las muestras de excremento, fango y de contenido estomacal no fueron analizadas, la primera por el reducido volumen (menor a 1 gramo) y las otras por el avanzado estado de descomposición. Cabe hacer notar que el contenido estomacal presentaba un aspecto sanguinolento.

<sup>11</sup> ANEXO 9.-Resultados de los análisis de biotoxinas marinas.

Las muestras de fitoplancton colectadas en enero 9 y febrero 18 fueron analizadas mediante microscopía de luz; las muestras de enero 9 estaban etiquetadas como Fitoplancton 1, Fitoplancton 2 y Agua de fondo.

En general se observó una escasa cantidad de fitoplancton en las tres muestras. La muestra F1 esta compuesta principalmente por diatomeas (predominando *Navicula sp.*, *Coscinodiscus sp.* y *Fragilaria sp.*) y cianobacterias filamentosas (*Oscillatoria sp.*). La muestra F2, se parece a la primera en el contenido y abundancia de diatomeas. Adicionalmente se encontraron algunos ejemplares de *Prorocentrum gracile* y *Prorocentrum emarginatum*, organismos característicos del bentos de zonas estuarinas. La muestra F3 al igual que las anteriores esta representada por diatomeas, predominando *Fragilaria sp.* y *Navicula sp.* Es muy importante mencionar que esta muestra presentaba como característica que mas del 90 % de las células aparecían como células crenadas (reducción del volumen celular por perdida de agua de manera brusca). *Las manifestaciones observadas sugieren que las muestras fueron sometidas a estrés salino en el sitio de origen.*

Por lo que respecta a las muestras colectadas en febrero 18, se tiene:

Muestras 1a y 1b, se observo mayormente la presencia de diatomeas, sobre todo los géneros *Rizosolenia sp.* y *Chaetoceros sp.*, algunos tintínidos y los dinoflagelados *Ceratium furca*, *C. horridum* y *C. tripos*.

Muestras 2a y 2b, además de lo reportado para las muestras 1a y 1b, se evidenció la presencia de *Coscinodiscus sp.*, *Navicula sp.* y *Talassionema sp.*

Muestras 3a y 3b, se observaron *Rizosolenia sp.*, una diatomea fragilariacea, *Navicula sp.*, *Cylindrotheca closterium*, *Ceratium furca*, *Hetreocapsa niei* y una pequeña cadena de 4 células de un dinoflagelado del género *Alexandrium sp.* (El género se considera como tóxico). Muestras 4a y 4b, presentaron diatomeas principalmente *Rizosolenia sp.*, *Nitzschia sp.* y *Fragilariacea*.

Las primeras muestras (enero 9) enseñaban una reducida diversidad (dinoflagelados 2 géneros, diatomeas 3 géneros, cianobacterias 1 genero), así como una reducida biomasa en el fitoplancton. En el muestreo realizado cinco semanas después, aumento el índice de diversidad ( dinoflagelados 6 géneros, diatomeas 7 géneros) así como la biomasa.

Aun cuando las observaciones no fueron realizadas de manera cuantitativa, fue evidente la diferencia en el numero de organismos observados. Adicionalmente es muy importante remarcar el hecho de haber encontrado una mayoría de los organismos observados en la muestras de agua de fondo, colectadas en enero 9, presentando una morfología compatible con un proceso brusco de desecación o mas propiamente de choque hiperosmótico.

Estos resultados en conjunto hacen evidente que tanto biomasa como diversidad de especies estaban drásticamente reducidos en lo general y que se han recuperado paulatinamente en el periodo entre los dos muestreos.

Pastos marinos.- En el momento de la toma de las primeras muestras (Enero 9), una de ellas contenía pastos marinos. Estos se observaron en bastante mal estado, secos y sin evidencias de crecimiento radicular o con nuevos brotes de tallo.

Sedimentos.- En el análisis de muestras de sedimento tomadas en varias zonas de la laguna se observó una distribución homogénea de diatomeas tanto en número como en especie en toda la profundidad de los núcleos analizados, lo que sugiere que por un periodo prolongado de tiempo no se han manifestado fenómenos de explosión de crecimiento de algún organismo del fitoplancton, tomando a las diatomeas como indicador.

#### 5.1.4 Agua<sup>12</sup>

De las muestras obtenidas por la CNA, en los sitios denominados depósito de amargos, camino a Chaparrito (muestra 007), humedales (Muestra 008), y las correspondientes a las diez de agua de mar, los análisis fisicoquímicos realizados arroja los resultados que se indican en los cuadros 6 y 7.

**Cuadro 6 .-** Resultados de los análisis fisicoquímicos, realizados en muestras colectadas el día 9 de enero.

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADOS		METODO DE PRUEBA
		MUESTRA 007	MUESTRA 008	
Ph	Unida pH	6.6	6.8	NMX-AA-008
Conductividad	µMhos/cm	59,000	56,500	NMX-AA-093
Sólidos disueltos totales	mg/lit.	53,100	50,850	Por cálculo
Fluoruros	mg/lit.	0.22	0.21	NMX-AA-...
Fosfatos totales	mg/lit.	0.07	0.06	NMX-AA-...
Ortofosfatos	mg/lit.	0.03	0.03	NMX-AA-...
Nitrógeno amoniacal	mg/lit.	0	0	NMX-AA-...
Nitrógeno orgánico	mg/lit.	18.70	18.70	NMX-AA-...
Nitritos	mg/lit.	0.011	0.010	NMX-AA-...

<sup>12</sup> ANEXO 10- Resultados de los análisis fisicoquímicos en agua de mar.

**Cuadro 7.-** Resultado de los análisis fisicoquímicos de agua de mar realizados a muestras colectadas el 19 de febrero.

No de muestra	pH	Temp. °C	Cond. µ Mhos/cm	SDT mg/lit	Dureza			Ca mg/lit	Mg mg/lit	Na mg/lit	Alcalinidad mg/lit		Acidez mg/lit		Cl mg/lit	SO4 mg/lit	CO3 mg/lit	HCO3 mg/lit	FI mg/lit
					Tot	Ca	Mg				F	AM	F	AM					
1	8.00	19.00	52,722.00	42,212.00	5,922.80	980.00	4,942.80	312.80	1,206.00	9,382.78	12	115.00	0	0	21,352.60	2,720.30	24	103.00	2.05
2	8.00	19.00	52,722.00	42,649.00	5,834.40	1,274.00	4,560.40	510.60	1,113.00	9,424.90	14	114.00	0	0	21,595.24	2,626.20	28	100.00	1.98
3	8.00	19.00	52,722.00	41,768.00	5,922.80	1,568.00	4,354.80	628.50	1,063.00	9,385.02	15	114.00	0	0	21,595.24	2,516.40	30	99.00	1.92
4	8.20	19.00	52,722.00	43,186.00	5,834.40	1,372.00	4,462.40	549.90	1,089.00	9,425.27	13	119.00	0	0	21,837.88	2,445.80	26	106.00	1.94
5	8.30	19.00	52,722.00	44,300.00	5,569.20	1,176.00	4,393.20	411.30	1,072.00	9,547.53	15	117.00	0	0	25,234.89	2,685.40	30	102.00	1.98
6	8.20	23.00	52,722.00	40,508.00	6,011.20	1,274.00	4,737.20	510.60	1,156.00	9,342.90	13	119.00	0	0	20,867.31	2,634.00	26	106.00	2.00
7	8.10	23.00	52,722.00	40,360.00	5,038.80	1,274.00	3,764.80	510.60	918.60	9,793.90	14	116.00	0	0	21,109.95	2,469.40	28	102.00	2.00
8	8.20	23.00	52,722.00	40,336.00	6,895.20	1,175.00	5,719.20	471.30	1,395.00	8,932.53	13	112.00	0	0	21,109.95	2,673.20	26	99.00	2.04
9	8.25	23.00	52,722.00	45,012.00	6,718.40	1,274.00	5,444.40	510.60	1,328.00	9,014.90	14	116.00	0	0	21,352.60	2,743.80	28	102.00	1.97
10	8.20	23.00	52,722.00	39,826.00	5,922.80	1,078.00	4,844.80	432.10	1,162.00	9,383.15	13	117.00	0	0	21,546.71	2,665.40	26	104.00	1.99

Al analizar cronológicamente los valores reportados en las primeras muestras colectadas en el mes de enero y las posteriores del 19 de febrero se destaca el que:

Los valores de conductividad encontrados en la muestra 007 corresponden a 59000 para los amargos y 56000 para la muestra 008 tomada en la zona de mar, contra un promedio de 52000 reportados para la muestreo del 19 de febrero. Esto nos indica que la conductividad (y por ello la salinidad) se encontraba elevada en los primeros días del mes de enero, disminuyendo notoriamente en el transcurso del tiempo.

Esto contrasta notoriamente con la literatura citada (Alvarez borrego et al) que indica que si bien la salinidad de la Laguna Ojo de Liebre es mas elevada que en las zonas costeras de manera natural, sufre fluctuaciones en su concentración, siendo mas elevada en verano (36-39%) y mas baja en invierno (32%). Esto indicaría que la tendencia de enero a junio sería la elevación de la concentración y no la disminución de la misma, lo que sugiere que esta anomalía observada se debe a la dilución de un aporte puntual de elevada concentración salina.

En el análisis pormenorizado de los datos obtenidos en el muestreo del 19 de febrero, teniendo que el valor de la conductividad eléctrica es constante y corresponde a un rango de salinidad del 32%, las lecturas alcanzadas de calcio y magnesio se encontraron por encima de los valores de referencia.

### 5.1.5 Sedimentos<sup>13</sup>

De los muestreos de sedimentos tomados los días 10 y 11 de febrero en diferentes puntos de la Laguna Ojo de Liebre, los análisis realizados por el laboratorio de toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, para determinar las concentraciones de minerales Cuadro 8 , arrojan los siguientes resultados.

**Cuadro 8 .-** Resultados de los análisis de sedimentos colectados en la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S.

K, Mg, Na, Fe, Se. ug/g (ppm) base seca. Arsénico ng/g (ppb)						
Muestra	Potasio	Magnesio	Sodio	Hierro	Arsénico	Selenio
<b>M1As</b>	639	1376	3589	673	1.164	6080
m	590	1008	3525	606	2.230	5800
p	267	1866	2802	694	1.918	195.8
<b>M1Bs</b>	378	366	2593	513	1.017	86.2
m	653	1477	3935	655	1.918	4245
p	500	1063	2726	606		31350
<b>M1Cs</b>	506	1759	2214	626	.620	25900
m	515	2460	8016	566	2.094	5075
p	518	2313	3388	658	5.553	170
<b>M2As</b>	801	2088	3925	751	.839	19250
m	451	696	3543	575		47750
p	278	419	2562	470	.440	1135
<b>M2Bs</b>						10220
m	600	1629	3050	764	1.009	340
p	815	2350	4939	707	2.145	
<b>M2Cs</b>	716	3798	3568	638		54450
m	904	1200	3647	711	1.064	4628
p	796	1958	4109	722	1.352	1775
<b>M3As</b>	613	1569	2801	540		
m	669	1678	3560	557	.897	10150
p	677	1758	3214	592	1.308	142
<b>M3Bs</b>	1219	3061	6560	726	2.475	285
m	530	1862	3271	669	2.014	897
p	436	1583	4508	535	3.726	11250
<b>M3Cs</b>	1370	4363	9226	695	3.500	1374
m	1111	4749	6145	660	9.292	315
p	897	4177	7762	656	4.292	1375
<b>M4As</b>	267	689	829	628	1.103	81
m	406	1628	3492	640	1.488	10
p	418	2077	3551	588	.552	14925
<b>M4Bs</b>	552	1670	3878	585	.629	5230
m	636	714	3835	606	1.250	42
p	287	2103	3359	566	1.910	315
<b>M4Cs</b>	563	1779	3317	618	1.571	13450
m	407	2297	2294	582	1.823	156
p	473	1279	2797	674	1.698	124

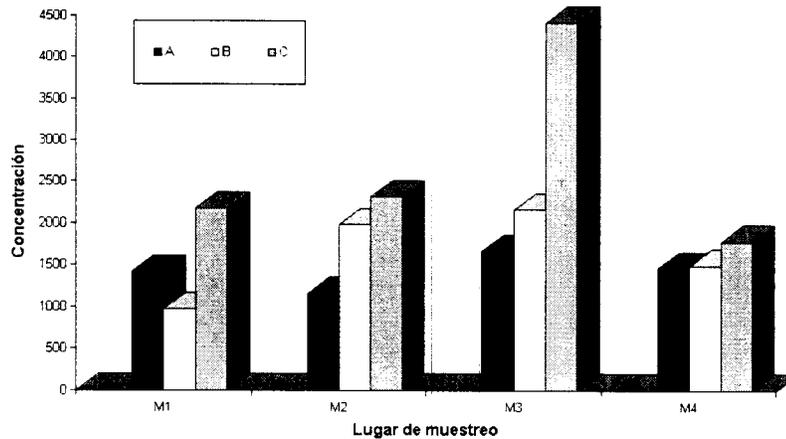
s= Superior, m= Medio, P= Profundo. Con referencia al contenido de la muestra en el nucleador.

<sup>13</sup> ANEXO 11.- Resultados de los análisis de sedimentos.

Los valores alcanzados en sodio se encuentran en el rango de 829 en el punto de muestreo M4As a 9,226 en el punto de muestreo M3s, los de potasio en el rango de 267 en el punto de muestreo M1Ap y M 4As a 1,370 en el punto de muestreo M3Cs, Magnesio en el rango de 366 en el punto M1Bs a 4363 en el punto M3Cs, hierro de 470 en el punto M2Ap a 764 en el punto M2Bm y arsénico de .440 a 9.292, ppm. base seca

Se observó que las concentraciones mas elevadas de Magnesio, corresponde a los sitios de muestreo M2 y M3, localizados en las proximidades de la planta lavadora de la empresa Exportadora de Sal, S.A. y estero norte, en contraste con los valores más bajos que corresponden al sitio M4, entrada de la laguna.

**Concentración de Mg (mg/kg) en sedimentos de la laguna Ojo de Liebre, BCS**



Adicionalmente, el nucleador con el contenido de los sedimentos muestreados para efecto de los análisis, se dividió en tres perfiles : superior, medio y profundo, destacando el hecho de que los valores más altos de las concentraciones de los diferentes minerales corresponden al perfil superior, lo que es sugerente de una aportación externa.

## 5.2 Baterías eléctricas.

Con fecha 18 de febrero personal técnico de la delegación estatal de la PROFEPA en B.C.S., realizó visita de inspección en las instalaciones de la Empresa Exportadora de Sal, S.A. efectuando recorridos de campo principalmente en el cuerpo de agua de la Laguna Ojo de Liebre, habiéndose extraído 287 acumuladores del fondo del cuerpo de agua en los sitios en que se tienen las torretas de señalamiento marino (Lámina N° 7),

Lámina 7.- Sitios de la Laguna Ojo de Liebre en que se localizaron 287 baterías eléctricas

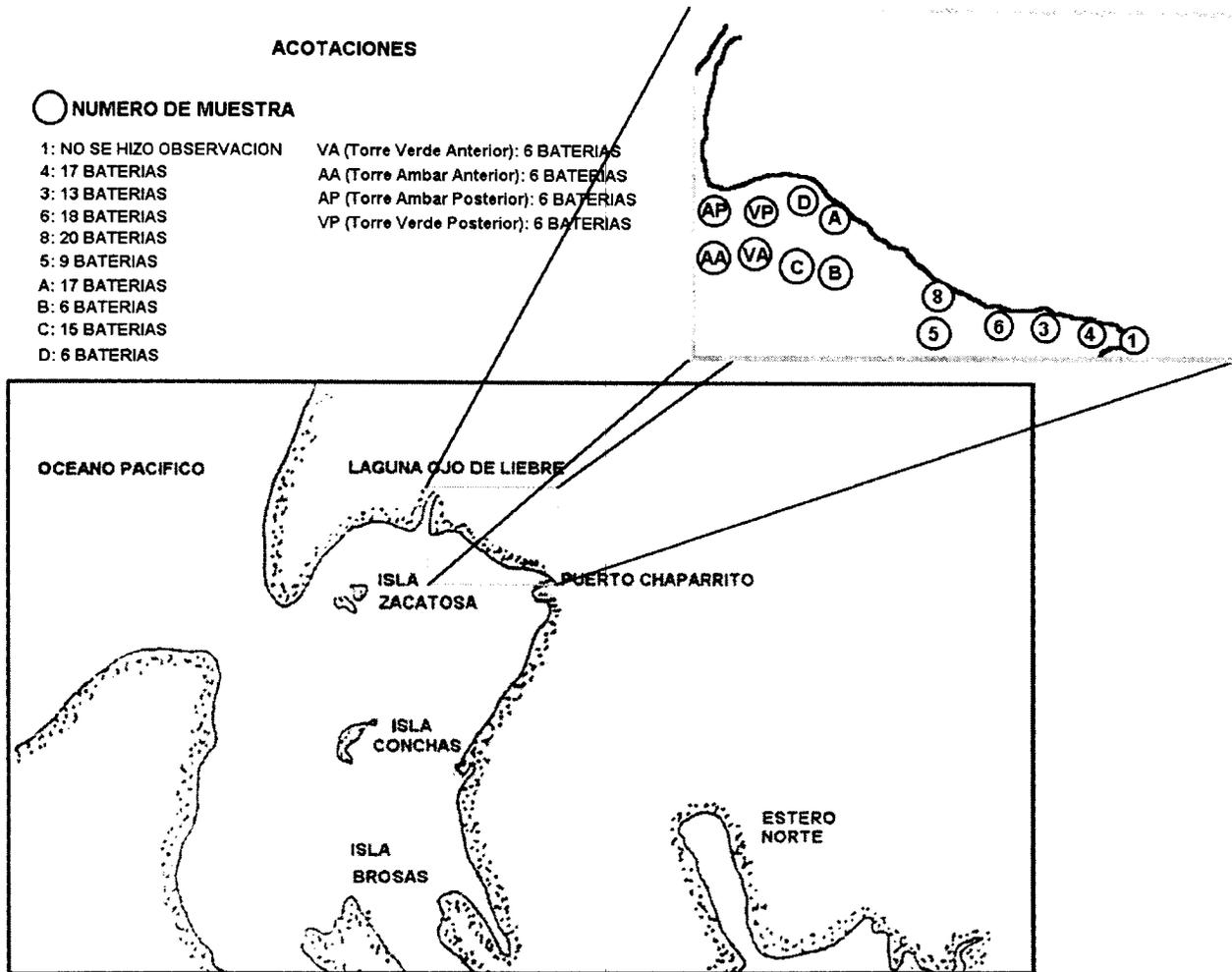
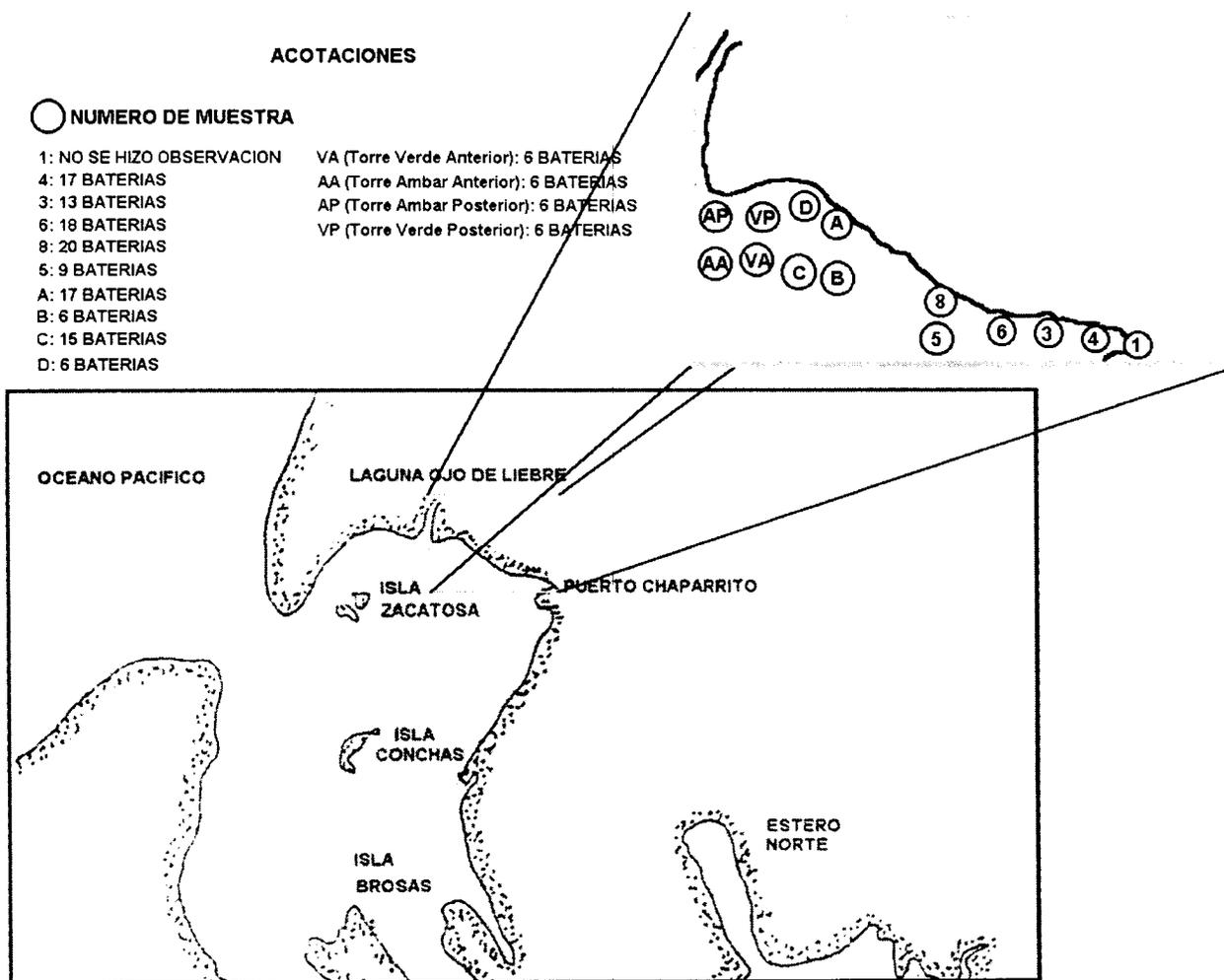


Lámina 7.- Sitios de la Laguna Ojo de Liebre en que se localizaron 287 baterías eléctricas



En consulta realizada con el fabricante **Saft Nife Inc.** en Valdosta, Ga. nos informa que :

- ◇ Las baterías descargadas son residuos peligrosos bajo las normas de la RCRA.
- ◇ Las baterías no tóxicas se identifican con letras color verde que las distingue de las tóxicas con letras color negro, mismas que se fabricaban hasta 1988.

Bajo esta información se caracterizaron las baterías extraída, de las cuales 70 piezas corresponden a las tóxicas fabricadas por Edison Carbonaire ; tipo de batería que ya no se fabrica.

La procuraduría Federal de Protección al Ambiente continúa con el procedimiento administrativo.

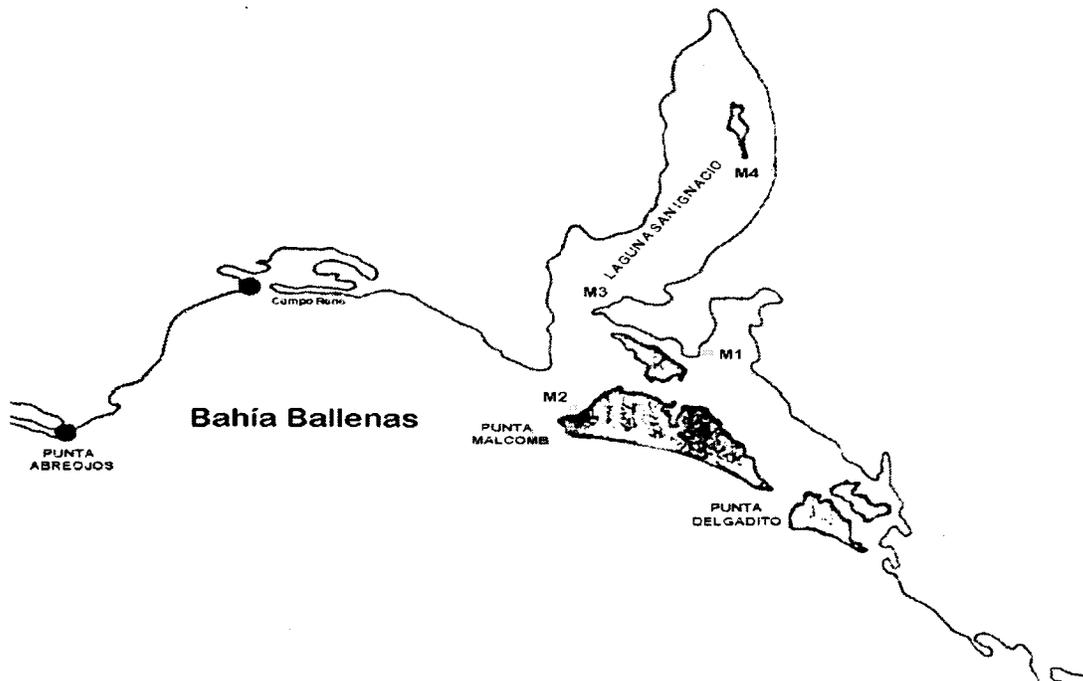
### 5.3 Laguna San Ignacio

Con los resultados alcanzados al día 29 de abril<sup>14</sup>, en las investigaciones y los análisis fisicoquímicos y biológicos para la determinación de las causas que originaron la mortandad de tortugas, en reunión efectuada en esa fecha, el grupo de trabajo multidisciplinario-interinstitucional concluye preliminarmente que:

Los valores encontrados de elementos minerales en los tejidos de tortugas y moluscos, si bien en forma individual no son responsables de una intoxicación, en conjunto al estar presentes en concentraciones varias veces diferentes ( en exceso o deficiencia) , indican un desequilibrio capaz de producir intoxicación. Por lo que la opinión preliminar del grupo fue en el sentido de que se registró un aporte puntual de agua hipersalina con otros minerales, siendo la causa de la mortandad de las tortugas.

A efecto de ratificar o rectificar los resultados de los análisis fisicoquímicos y biológicos alcanzados y con ello emitir el dictamen final, el grupo acordó coleccionar el mismo número y tipo de muestras en la Laguna de San Ignacio, B.C.S., a manera de control negativo; por lo que una vez definidos los protocolos para tomar las muestras de agua de fondo , moluscos, fitoplancton, pastos marinos, sedimentos y salmueras en la Laguna Ojo de Liebre, con fecha 5 de mayo fueron efectuadas las colectas en los sitios que se señalan en las Láminas N° 8, N° 9 y N° 10, habiéndose remitido para los análisis respectivos a los laboratorios de la CNA y del CIBNOR en La Paz; del IPN y los de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM.

**Lámina 8.-** Localización de las estaciones del muestreo de sedimentos realizado el día 5 de mayo, en la Laguna San Ignacio, B.C.S.



<sup>14</sup> ANEXO 12.- Minuta de la reunión del Grupo interdisciplinario-interinstitucional, celebrada el 04-29-98  
Comité Científico de Atención a Contingencias  
en los Recursos Naturales de B.C.S.

Lámina 9.- Localización de las estaciones del muestreo de agua y organismos realizado el día 5 de mayo, en la Laguna San Ignacio, B.C.S.

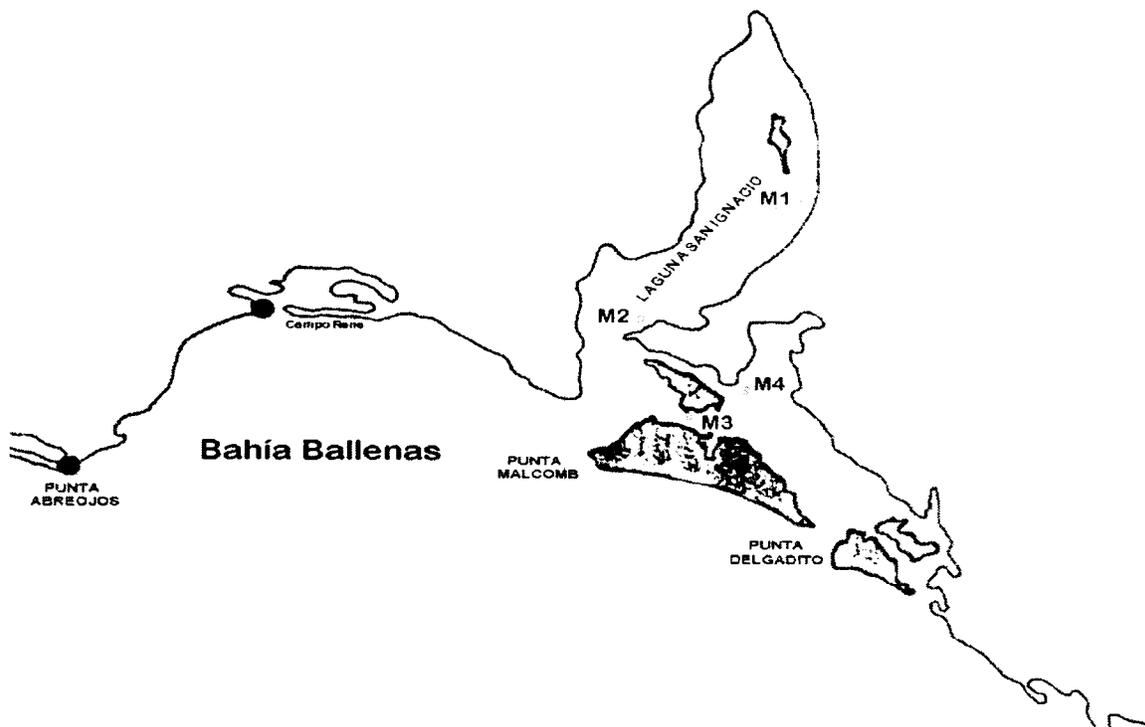
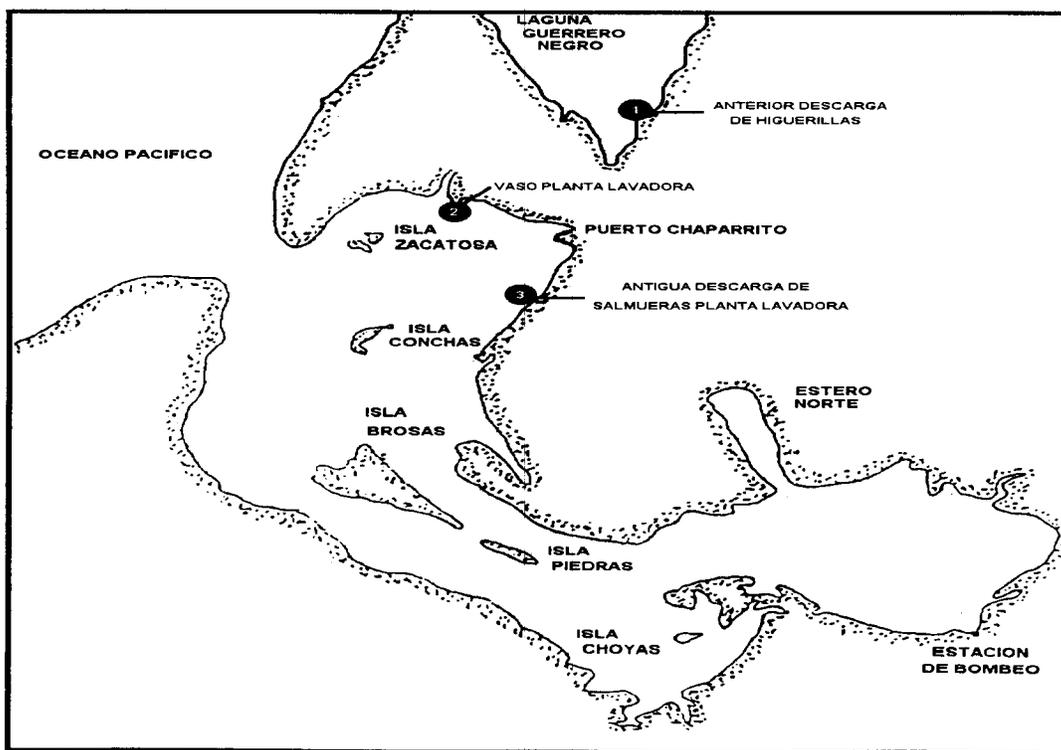


Lámina 10.- Localización de las estaciones del muestreo de salmueras realizado el día 4 de mayo en las instalaciones de la empresa Exportadora de Sal.



## Resultados

### Biotoxinas<sup>15</sup>

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, le fueron remitidos 12 lotes de muestras colectadas en diferentes sitios de la laguna San Ignacio, 8 de las cuales correspondieron a fitoplancton, 2 a pastos marinos y 2 consistentes en moluscos, de acuerdo al siguiente detalle.

MUESTRA	CONTENIDO
M1A	4 moluscos : 1 almeja catarina, 1 callo de hacha y 2 almeja roñosa
M1A	Fitoplancton con fijador
M1C	Fitoplancton sin fijador
M2A	4 Moluscos : 1 pata de mula, 1 almeja chocolata, 1 caracol tornillo y 1 caracol brocado
M2A	Abundante pasto marino
M2B	Fitoplancton sin fijador
M2C	Fitoplancton con fijador
M3A	Fitoplancton sin fijador
M3C	Fitoplancton con fijador
M4A	Poco pasto marino
M4A	Fitoplancton sin fijador
M4C	Fitoplancton con fijador

Fitoplancton.- Las muestras fijadas como frescas, fueron analizadas mediante microscopía de luz con los siguientes resultados : Muestras M1A y M1C : Se observó principalmente la presencia de diatomeas, sobre todo de los géneros *Navicula sp.*, *Nitzchia sp.*, *Chaetoceros sp.*, *Fragilariopsis sp.* Abundantes organismos cocolitofóridos y gran cantidad de zooplancton.

Muestras M2B y M2C : La imagen es similar a las muestras anteriores, pero predomina el zooplancton sobre diatomeas. Se observaron abundantes algas filamentosas.

Muestras M3A y M3C : Se observaron principalmente copépodos y diatomeas, predominando *Nitzchia sp.* y *Scrippsiela trocoidea*. Se observó la presencia de dinoflagelados *Amphidinium sp.*

Muestra M4A y M4C : La imagen es similar a las muestras anteriores, predominando el zooplancton sobre diatomeas.

Pastos.- Las muestras de pastos fueron analizadas agitando una porción de los pastos en una bolsa de plástico con un poco de agua de mar, para liberar organismos adheridos en la superficie de las plantas. Posteriormente, los lavados fueron analizados como las muestras de fitoplancton, obteniendo resultados similares para ambas muestras : Predominando las diatomeas.

Moluscos.- Los moluscos fueron analizados para determinar la presencia de toxinas de tipo paralítico (PSP) y diarréico (DSP) mediante bioensayos en ratón *con resultados consistentemente negativos.*

<sup>15</sup> ANEXO 9.- Resultados de Biotoxinas marinas.

Aparentemente, la red de fitoplancton estaba dañada porque se observó principalmente la presencia de organismos de gran talla, siendo notoria la ausencia de tallas medianas y pequeñas. Tal vez la abundancia de zooplancton sea la causa de la ruptura de la malla del colector. Sin embargo, es notable la abundancia de biomasa de fitoplancton y zooplancton presente en las muestras. Esta llegó a ser tan abundante que la producción de sulfhidrilos fue extremadamente alta aún cuando las muestras fueron mantenidas en refrigeración

Las muestras de pastos procedentes de la laguna San Ignacio se mostraban abundantes y vigorosos, con tallos turgentes y notorio crecimiento reciente, *haciendo evidente que provienen de una ambiente sano.*

Los resultados que indican la ausencia de toxinas tipo PSP y DSP en los moluscos correlacionan adecuadamente con los resultados obtenidos en el análisis de las muestras de fitoplancton, los cuales no evidenciaron la presencia de organismos productores de dichas toxinas.

### Agua<sup>16</sup>

De las muestras obtenidas en los cuatro sitios de muestreo de agua de mar superficial y de fondo para análisis fisicoquímicos, en el cuadro N° 9 se muestran los resultados obtenidos.

**Cuadro 9.-** Resultado de los análisis fisicoquímicos de agua de mar, en muestras colectadas en la Laguna San Ignacio.

Parámetro	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Norma Utilizada
pH	8.85	8.68	8.58	8.59	NMX-AA-8
Conductividad	56854 µmhos/cm	56172 µmhos/cm	55335 µmhos/cm	57722 µmhos/cm	NMX-AA-93
Sólidos disueltos totales	45972 mg/L	42492 mg/L	39500 mg/L	41404 mg/L	NMX-AA-34
Dureza total	7250 mg CaCO <sub>3</sub> /L	6750 mg CaCO <sub>3</sub> /L	6450 mg CaCO <sub>3</sub> /L	6550 mg CaCO <sub>3</sub> /L	NMX-AA-72
Dureza de calcio	4225 mg CaCO <sub>3</sub> /L	3225 mg CaCO <sub>3</sub> /L	3850 mg CaCO <sub>3</sub> /L	4025 mg CaCO <sub>3</sub> /L	NMX-AA-72
Dureza de magnesio	3025 mg CaCO <sub>3</sub> /L	3025 mg CaCO <sub>3</sub> /L	2600 mg CaCO <sub>3</sub> /L	2525 mg CaCO <sub>3</sub> /L	NMX-AA-72
Calcio	447 mg/L	488 mg/L	479 mg/L	492 mg/L	S.M.-3500-B
Magnesio	1088 mg/L	1140 g/L	1113 mg/L	1122 mg/L	S.M.-3500-B
Sodio	10860 mg/L	11670 mg/L	10810 mg/L	11320 mg/L	S.M.-3500-B
Alcalinidad a la fenolftaleína	0 mg CaCO <sub>3</sub> /L	NMX-AA-16			
Alc. al naranja de metilo	153 mg CaCO <sub>3</sub> /L	168 mg CaCO <sub>3</sub> /L	142 mg CaCO <sub>3</sub> /L	146 mg CaCO <sub>3</sub> /L	NMX-AA-16
Acidez a la fenolftaleína	40 mg CaCO <sub>3</sub> /L	40 mg CaCO <sub>3</sub> /L	36 mg CaCO <sub>3</sub> /L	36 mg CaCO <sub>3</sub> /L	NMX-AA-16
Acid. al naranja de metilo	0 mg CaCO <sub>3</sub> /L	NMX-AA-16			
Cloruros	21761 mg/L	20319 mg/L	19205 mg/L	19991 mg/L	NMX-AA-73
Sulfatos	2896 mg/L	2791 mg/L	3425 mg/L	2687 mg/L	SM4500-SO <sub>4</sub> -E
Carbonatos	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L	0 mg/L	NMX-AA-16
Bicarbonatos	205 mg/L	187 mg/L	173 mg/L	178 mg/L	NMX-AA-16
Fluoruros	0.74 mg/L	0.76 mg/L	0.74 mg/L	0.77 mg/L	SM4500-F-C
Ortofosfatos totales	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	NMX-AA-29
Nitrogeno amoniacal	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	NMX-AA-26
Nitrogeno orgánico total	3.18 mg/L	3.19 mg/L	4.78 mg/L	3.19 mg/L	NMX-AA-26
Nitritos	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	NMX-AA-26

N.D. = No Detectado

<sup>16</sup> Anexo 10.- Resultados de los análisis fisicoquímicos de agua de mar.

Para la interpretación de la conductividad eléctrica y por ello la salinidad, nos indica que esta corresponde a la época (mayo) y que las lecturas alcanzadas de calcio y magnesio se encontraron dentro de los valores de referencia. Destaca el hecho de que el valor de la conductividad eléctrica obtenida en la laguna San Ignacio en el mes de mayo, es muy similar a la que se obtuvo en los análisis de Ojo de Liebre en el mes de enero.

### Toxicología<sup>17</sup>

Organismos.- Para los análisis toxicológicos, le fueron remitidos al Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM 3 lotes de muestras, obteniéndose los resultados que se señalan en el cuadro N° 10.

**Cuadro N° 10.-** Concentración de minerales en moluscos de San Ignacio  
 (As, Se y Hg en ng/g ; Na, K, y Mg en ug/g, base seca)

MUESTRA	ORGANISMO	As	Na	K	Mg	Se	Hg
276	C. hacha v.	39000	20625	12200	745	2825	
276	C. hacha m.	19600	12125	16975	682		1275.0
277	Alm. radiata		24225	18850	845	1373	
278	P. mula	30500	19400	15600	765	549	7.7
279	Alm. Chirla	35202	7641	7500	1829	1786	81.2
280	C. hacha m.	45500	12825	19725	690	1557	235.0
280	C. hacha v.			13775	705	477	41.6
281	Alm. chocolata	39125	30775		857	2847	41.6
282	Alm. blanca	54750	18225	10875	807	1015	51.6
283	P. mula	35059	21330		839	1202	
284	Caracol	87488	8078		787	168	46.5

En el análisis comparativo practicado a los moluscos, en los de Ojo de Liebre, en el promedio obtenido, se observa un incremento del 129% en Mg ; del 153% en Hg ; de 78% en Se y del 11% en K al compararse con los de San Ignacio.

Sedimentos.- Los cuatro núcleos de muestras de sedimentos, obtenidos el día 5 de mayo en igual número de sitios de muestreo en la laguna San Ignacio, se remitieron al Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM, señalándose en el Cuadro N° 11, los valores obtenidos.

<sup>17</sup> ANEXOS 8 y 11.- Resultados de Toxicología y sedimentos.

Cuadro 11.- Resultados de los análisis de sedimentos colectados en la San Ignacio, B.C.S.

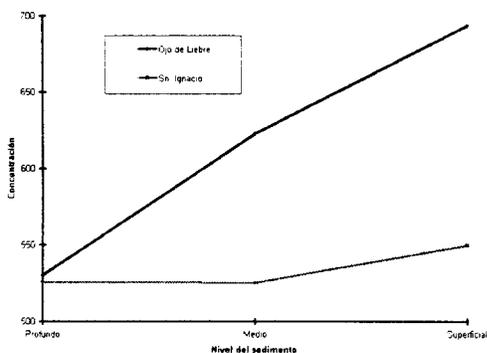
K, Mg, Na, Fe, Se. ug/g (ppm) base seca. Arsénico ng/g (ppb)

MUESTRA	As	Na	K	Mg	Se	Hg
<b>M 1s</b>	1171	3357	584	1398	153.1	DSD
m	1179	3060	582	1515	105.8	DSD
p	1233	4035	732	1573	154.4	DSD
<b>M 2s</b>	2950	2313	378	1364	210.9	DSD
m	2950	3188	452	1776	270.8	DSD
p	2763	3045	513	1524	190.2	DSD
<b>M 3s</b>		2841			192.7	DSD
m	2771	10297	401	1547	221.6	DSD
p	2823	9952	402	2639	233.8	DSD
<b>M 4s</b>	3541	4900	687	1254	187.2	DSD
m	3002	4288	665	1988	235.4	DSD
p	3256		456	1566	2322.2	DSD

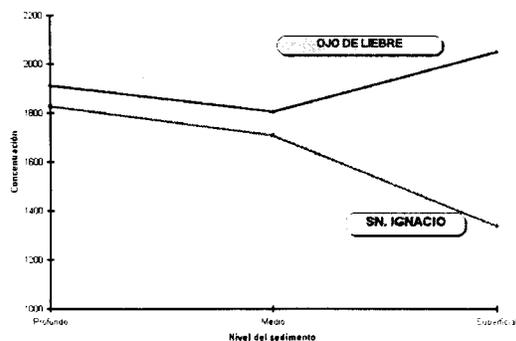
s= Superior, m= Medio, P= Profundo. Con referencia al contenido de la muestra en el nucleador

Para la interpretación comparativa del contenido de K y Mg de los análisis de sedimentos entre Ojo de Liebre y de San Ignacio se colectaron muestras en puntos estratégicos y cada muestra se subdividió en superficial media y profunda. En las muestras agrupadas por superficial, media y profunda; al interpretar el contenido de K y Mg se observa un incremento importante en la parte superficial de Ojo de Liebre comparado con las de San Ignacio, lo que indica un aporte externo.

Contenido promedio de K (mg/kg) en sedimentos de las lagunas Ojo de Liebre y San Ignacio, BCS



Concentración promedio Mg (mg/kg) en sedimentos de las lagunas Ojo de Liebre y San Ignacio, BCS



**Salmueras.**<sup>18</sup>- Para realizar los análisis Fisicoquímicos y de metales, al Laboratorio del Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo-IPN, se le remitieron tres muestras de salmuera obtenidas en los sitios denominados : Anterior descarga de Higuierillas hacia laguna Guerrero Negro (M1); Vaso cristizador de planta lavadora en Chaparrito, orientación Laguna Ojo de Liebre y Laguna Guerrero Negro (M2); y Vaso asentador de dragados con salmueras de planta lavadora (M3).

Los análisis se llevaron a cabo de acuerdo a la metodología establecida por la CNA y apegados al protocolo del SINALP, indicándose en el cuadro N° 12 los resultados de los análisis.

**Cuadro 12.-** Contenido de metales pesados así como aniones y cationes en las muestras de salmueras analizadas. ( mg/litro de salmuera)

PARAMETRO	MUESTRA M1	MUESTRA M2	MUESTRA M3	NORMA MEX.
Floruros	11.30	5.44	8.82	S.M. 1500F-C
Antimonio	4.56	6.91	5.92	S.M. 355-B
Arsénico	3.81	4.45	4.04	S.M.3500-B
Cadmio	0.44	1.39	1.23	NMX-AA-51
Cromo total	2.90	2.19	2.40	NMX-AA-51
Cobalto	2.08	6.30	5.37	S.M. 3500-B
Cobre	0.47	0.52	0.52	NMX-AA-51
Hierro	0.29	1.57	1.23	NMX-AA-51
Plomo	2.85	3.11	3.32	S.M. 3500-B
Zinc	0.40	0.44	0.49	NMX-AA-51
<b>Magnesio</b>	<b>38,950.00</b>	<b>7,350.00</b>	<b>12,140.00</b>	S.M. 3500-B
Manganeso	0.61	0.95	0.97	S.M. 3500-B
<b>Mercurio</b>	<b>40.60</b>	<b>95.40</b>	<b>61.70</b>	S.M. 3500-B
Molibdeno	3.99	4.26	5.70	S.M. 3500-B
Níquel	1.52	3.99	4.02	NMX-AA-51
<b>Potasio</b>	<b>25,100.00</b>	<b>3,900.00</b>	<b>7,400.00</b>	S.M. 3500-B
Selenio	8.09	11.56	9.91	S.M. 3500-B
<b>Sodio</b>	<b>60,000.00</b>	<b>86,500.00</b>	<b>100,000.00</b>	S.M. 3500-B
Titanio	5.96	6.72	6.22	S.M. 3500-B
Calcio	17.00	22.40	18.90	S.M. 3500-b

Los resultados arrojan altos valores en las concentraciones de varios elementos minerales, los presentes (Floruros, Magnesio, Mercurio, Plomo, Arsénico, Potasio y Sodio), que impactarán la salud de diversos organismos en contacto con la salmuera, lo que confirma que estas aguas de mar hipersalinas resultan de alto riesgo para la vida acuática.

<sup>18</sup> Anexo13.- Resultados de los análisis de salmueras.

Corroborando lo anterior, el hecho registrado el día primero de mayo y verificado por personal técnico de campo de la delegación de la POFEPA en el estado de B.C.S., referente a un derrame del vaso S/N concentrador de salmueras llamado de "loza de lavado", que vertió en dos horas una cantidad aproximada de 16,000 metros cúbicos de salmuera, con 27° Bahome de sal, por un canal de enfriamiento hacia la Laguna Guerrero Negro, ocasionando en el canal la mortandad de peces conocidos como lisas o lisetas (*Mugil cephalus*)

Muestras de agua y organismos fueron analizados en los laboratorios del CIBNOR y en los de Toxicología y Patología de la Facultad de medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, obteniéndose lo siguiente:

Las observaciones realizadas a muestras de agua indican la ausencia de organismos dinoflagelados y solo la presencia de organismos resistentes a condiciones hipersalinas como *Tetrasebnis sp.* y *Dunaliella sp.*, así como algunas diatomeas. Lo que sugiere un cambio rápido de las concentraciones salinas de la masa de agua al haber ocasionado el colapso de los organismos de cuerpo blando y no resistentes a choques osmóticos pronunciados.

Las lesiones observadas en los peces indican con bastante claridad, la presencia de lesiones ocasionadas por un choque osmótico muy pronunciado en los organismos,, ocasionando un daño profundo en las branquias, impidiendo la oxigenación, al tiempo que la ruptura de los eritocitos en los capilares de las lamelas branquiales multiplica el efecto, al ocluir los capilares y reducir la circulación sanguínea. La entrada de altas concentraciones de sales al tracto digestivo de los peces, amen de una disrpción pronunciada en la estructura del epitelio estomacal e intestinal debe por necesidad, haber provocado la salida de considerables cantidades de fluidos hacia el lumen del tracto digestivo, ocasionando con ello, el colapso de la estructura de los órganos internos y la fragmentación subsecuente.

Todas las lesiones descritas son letales por necesidad, no pudiendo discriminar si la muerte se presenta por asfixia o por la hipovolemia ocasionada por la perdida de fluidos a través de las paredes intestinal y estomacal, aunada a la hemorragia interna causada por la fragmentación de los órganos.

Atribuyéndose como causa de la mortandad a la Elevación de la concentración salina del medio acuático, misma que destruyó selectivamente a los organismos sensibles a la misma, como dinoflagelados y peces.

## 5.4 Análisis y discusión de los resultados

- La morfometría de los ejemplares indica que los animales afectados fueron subadultos y adultos. Los 61 animales marcados se clasificaron como hembras, tomando como indicador la longitud de la cola. El congestionamiento sanguíneo en la región del plastrón indica que estuvieron en decúbito ventral por algún tiempo, la cual es una posición normal que adoptaría el animal en caso de tener un problema en el mar y flotar de manera superficial o sub-superficialmente. El resto del organismo no presenta cambios patológicos aparentes al exterior (tomando en cuenta que algunos animales fueron atacados por carroñeros).
- No es de extrañar, ya que es característico de los quelonios, que los grupos avistados estén compuestos principalmente de hembras adultos y subadultos. El comportamiento de los machos adultos es solitario, ya que buscan a las hembras únicamente durante los periodos de apareamiento frente a las playas de desove. La información sugiere que el evento afectó a un agrupamiento natural de organismos y no de manera selectiva a una subpoblación de ellos.
- En los cadáveres que se practicaron necropsias, la boca y el esófago no presentaron cambios patológicos aparentes, tres animales presentaron alimento en el estómago y otros contenían una secreción sanguinolenta.
- En 11 de 12 cadáveres se observó la parte inicial del intestino delgado de color negro oscuro, contrastando con el resto del intestino que se encontró de color rosado normal, a excepción de algunas manchas oscuras debidas a cambios *post-mortem*, desconociéndose a la fecha la causa de esta necrosidad, que si bien se consideró como producto de una congelación, en contraparte esto mismo se observó en el intestino de uno de los organismos capturados vivo.
- Las muestras de fitoplancton obtenidas en Enero 9 y Febrero 18 en la laguna Ojo de Liebre presentan características diferentes entre si, siendo además notoriamente diferentes de lo que se observa en la laguna San Ignacio.

En la laguna Ojo de Liebre, las primeras muestras enseñaban una reducida diversidad (dinoflagelados 2 géneros, diatomeas 3 géneros, cianobacterias 1 genero), así como una reducida biomasa en el fitoplancton. En el muestreo realizado cinco semanas después, aumento el índice de diversidad ( dinoflagelados 6 géneros, diatomeas 7 géneros) así como la biomasa. Aun cuando las observaciones no fueron realizadas de manera cuantitativa, fue evidente la diferencia en el numero de organismos observados.

Adicionalmente es muy importante remarcar el hecho de haber encontrado una mayoría de los organismos observados en la muestras de agua de fondo, colectadas en Enero 10, presentando una morfología compatible con un proceso brusco de desecación o mas propiamente de choque hiperosmótico. Estos resultados en conjunto hacen

evidente que tanto biomasa como diversidad estaban drásticamente reducidos en lo general y que se han recuperado paulatinamente en el periodo entre los dos muestreos.

Por otro lado, en la laguna San Ignacio, la ausencia de abundantes números de dinoflagelados indica que aparentemente, la red de fitoplancton estaba dañada porque se observó principalmente la presencia de organismos de gran talla, siendo notoria la ausencia de tallas medianas y pequeñas. Tal vez la abundancia de zooplancton sea la causa de la ruptura de la malla del colector.

Sin embargo, es notable la abundante biomasa y diversidad del fitoplancton y zooplancton presente en las muestras (dinoflagelados 1 genero, diatomeas 6 géneros, zooplancton 4-5 géneros). Esta llegó a ser tan abundante que la descomposición y producción de sulfhidrilos fue extremadamente alta aún cuando las muestras fueron mantenidas en refrigeración.

Los resultados que indican la ausencia de toxinas de tipo PSP y DSP en los moluscos colectados en la laguna San Ignacio, correlacionan adecuadamente con los resultados obtenidos en el análisis de las muestras de fitoplancton, los cuales no evidenciaron la presencia de organismos productores de dichas toxinas.

En el momento de la toma de las primeras muestras (Enero 10), una de ellas contenía pastos marinos. Estos se observaron en bastante mal estado, secos y sin evidencias de crecimiento radicular o con nuevos brotes de tallo. En contraste, las muestras de pastos procedentes de la laguna San Ignacio (Mayo 3) se mostraban abundantes y vigorosos, con los tallos turgentes y notorio crecimiento reciente, haciendo evidente que provienen de un ambiente sano, sin embargo, es importante considerar que fueron tomados 4 meses después.

- El análisis realizado a las muestras de sedimento, confirma el hecho de descartar la posibilidad de que el evento se ocasionara por la presencia de una floración anómala de fitoplancton tóxico, ya que no existen rastros de acumulación de organismos que confirmen esta hipótesis. Asimismo, el análisis parece indicar que la zona no es un lugar en que se manifiesten este tipo de eventos, ya que aun en estratos profundos de sedimentos no se observa la acumulación anómala de alguna especie en particular. Estos últimos resultados explican claramente la ausencia de toxinas en los tejidos obtenidos de las tortugas muertas durante el evento.
- Teniendo en cuenta los resultados de los análisis descritos y anotando que en el reporte de las necropsias macroscópicas indica el mismo grado de descomposición, esto sugiere por necesidad que se trato de un evento puntual, cuyas características pueden y deben estar asociadas a causas comunes.

Estos resultados hacen suponer que las tortugas tenían un comportamiento normal hasta antes de su muerte y que esta se presento de manera repentina y en un lapso corto de tiempo, de manera que afecto a un elevado número de organismos simultáneamente o en el mismo modo.

El denominador común en este sentido pudiera ser, ya descartado el hecho de la presencia de una marea roja de organismos tóxicos, los hábitos alimenticios. Se sabe que en su etapa subadulta y adulta, las tortugas son casi exclusivamente herbívoras, alimentándose principalmente de pastos marinos y algas (<http://www.turtles.org/hawgmd.htm>), pudiendo también consumir pequeños moluscos, esponjas y crustáceos ([http://www.gwf.org/library/ani\\_green\\_seaturtle.htm](http://www.gwf.org/library/ani_green_seaturtle.htm); [http://ananake.advanced.org/2878/tx\\_green\\_sea\\_turtle.html](http://ananake.advanced.org/2878/tx_green_sea_turtle.html)).

Entre las plantas que forman la dieta principal de *Chelonia mydas* en las costas de Baja California Sur, están los pastos marinos (*Zoostera marina*), hierba de canal (*Ruppia maritima*), algas marinas (*Fulicales*, *Gelidiales* y *Ulvales*) y hojas de mangle blanco (*Laguncularia racemosa*). (Kliffon et al., 1982).

Tanto el mangle blanco como los pastos marinos son comunes en la zona en la que ocurrió el evento, de hecho, se piensa que es por la presencia de su alimento predilecto que las tortugas acuden a la laguna Ojo de Liebre en los periodos invernales.

Sin embargo, la influencia de el evento ENSO de este año ocasionó una drástica disminución en la disponibilidad de pastos marinos y la biomasa de algas en general en esa zona. Como ejemplo de ello, se encuentran las disminuciones notables en el aprovechamiento del recurso macroalga (*Macrocystis pirifera*) reportada por los pescadores, así como la dispersión hacia el sur de especies migratorias como el ganso de collar (*Branta bernicla*), consumidor asiduo de pastos marinos, el cual en años normales toma como refugio invernal las lagunas costeras de la Península de Baja California y este año fue reportado de manera abundante en la zona de La Paz y hasta Los Cabos, B.C.S.

Esta disminución en la disponibilidad de alimento puede haber funcionado como un factor adicional que participó en el evento concentrando un gran número de ejemplares de tortuga en una zona reducida (dadas las reducidas extensiones de las praderas de pastos marinos en la zona durante es pasado invierno), en un momento determinado. Una de estas praderas esta localizada al Norte del canal, en una zona delimitada por el sitio conocido como "El chaparrito", la "Isla zacatosa" y la "Isla conchas".

- El conocimiento existente del medio ambiente marino en la región de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, permite establecer que las características físicas de la región occidental de la reserva, es decir, la costa Pacífico, presenta un movimiento cíclico de las concentraciones de la salinidad y la temperatura en el medio, siendo estas mayores en verano y más reducidas en el invierno. Si bien, las bajas profundidades de los sistemas lagunares de la Reserva, las caracterizan como zonas de evaporación y calentamiento de agua, estas interactúan con el océano abierto en función de los regímenes de mareas y mantienen el mismo comportamiento, aunque con unos valores ligeramente elevados en relación a los datos costeros (Lluch-Cota et al, 1995). Esta premisa contrasta de manera contundente con lo observado en la laguna Ojo de Liebre, en la cual se observó una disminución en la salinidad en los muestreos realizados en el periodo de estudio.

La afectación de el comportamiento normal ocasionado por el fenómeno ENSO de este año, necesariamente elevó los promedios de salinidad y temperatura en la región, mas este comportamiento esta adecuado al comportamiento global del fenómeno y aunque a la fecha se observa una relajación de las condiciones del fenómeno ENSO, esto no pudiera explicar la disminución en la salinidad en el periodo comprendido (Enero-febrero) (Lluch-Cota, S., com.pers.).

Por otro lado, el efecto del fenómeno ENSO redujo drásticamente la extensión de las praderas de pastos marinos, alimento natural de la tortuga prieta (*Chelonia mydas*), concentrando el número de ejemplares en la zona mencionada en el lapso de tiempo en que ocurrió el incremento en la salinidad.

- La diferencia en el valor (por exceso o deficiencia) de elementos minerales encontrados en lo tejidos de ejemplares vivos y muertos, indican un desequilibrio capaz de producir intoxicación.

Se asocia con lo anterior la esteatosis (lipidosis) moderada, difusa, indicativa de un proceso de estress asociado con un fenómeno de lipoperoxidacion y desequilibrio ostmótico ; y la muestra de contenido estomacal sanguinolento que se asocia con una gastritis hemorrágica.

- Teniendo como base la información obtenida de los análisis de laboratorio realizados a muestras de agua, sedimentos, fitoplancton, pastos marinos, tejidos y organismos de la laguna "Ojo de Liebre" y correlacionados con los obtenidos de la laguna de "San Ignacio", y la información existente en la literatura, es posible concluir que el factor común en los fenómenos observados es la ocurrencia de una pluma de hipersalinidad en la zona de la laguna "Ojo de Liebre" delimitada por el sitio conocido como "El Chaparrito", la "Isla Zacatosa" y la "Isla Conchas".

Este fenómeno por sí mismo afectó las comunidades del plancton destruyendo a la mayor parte de los organismos poco resistentes al estrés salino, sobre todo los organismos fitoplanctónicos.

El fenómeno que se mencionó con relación a la madurez gonádica de los moluscos y a la muerte de gran número de ellos, también puede explicarse por la presencia de un choque hipersalino, ya que esto mata a algunos organismos poco resistentes y es un eficaz mecanismo para forzar a los desoves utilizado en moluscos en cultivo.

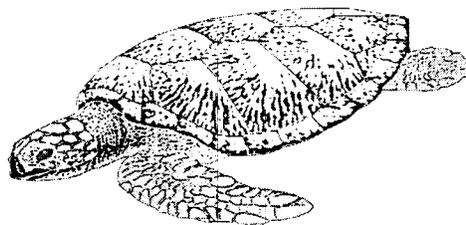
## CONCLUSION

## 6. CONCLUSION<sup>19</sup>

La articulación entre los resultados de los análisis de laboratorio realizados a muestras de agua, sedimentos, fitoplancton, pastos marinos, tejidos, organismos filtradores y salmueras, de colectas obtenidas en la laguna "Ojo de Liebre", correlacionadas a manera de control negativo con los resultados de los análisis de las muestras colectadas en la laguna "San Ignacio", permiten al Comité Científico descartar las hipótesis referentes a Marea Roja y Saqueo como causales de la mortandad.

Por todo lo anterior, se concluye que :

**Un derrame o aporte puntual con elevada concentración salina y otros minerales que provocó un choque osmótico o variación en la osmolalidad del agua de mar fue la causa de la mortandad de 94 tortugas marinas (*Chelonia mydas agasizzi* según científicos extranjeros, o *Chelonia agasizzi* según científicos mexicanos) registrada a finales del mes de diciembre de 1997 en la laguna "Ojo de Liebre", BCS.**



<sup>19</sup> ANEXO 14.- Minuta de la reunión del Comité Científico, realizada el día 2 de julio de 1998.

## **RECOMENDACIONES**

## 7. RECOMENDACIONES

Considerando lo anterior, el Comité emite a la empresa Exportadora de Sal, S.A., las siguientes recomendaciones:

- Informar de manera inmediata a las autoridades correspondientes sobre cualquier contingencia ambiental que se presente en sus instalaciones, sin importar la ubicación de las mismas, como lo establece el Artículo 17 fracciones VII y VIII del reglamento de la Ley Federal del Equilibrio Ecológico y La Protección al Ambiente.
- Implementar un programa de investigación y monitoreo a corto mediano y largo plazo, y en caso de ser necesario también un programa de restauración para detectar efectos negativos, mitigar o revertir los impactos negativos y mantener o restaurar la integridad biológica del ecosistema.
- Rendir un informe a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, sobre el manejo de las salmueras, para minimizar los daños al ambiente.
- Realizar análisis de la calidad del agua, en laboratorios certificados, los invertebrados bentónicos y la fauna marina en la laguna "Ojo de Liebre" y otras lagunas sin instalaciones salineras. Este análisis se requiere para determinar la relación entre generación de salmueras y la producción biológica.
- Detectar y controlar de manera permanente las posibles fuentes de aporte hipersalino en la laguna "Ojo de Liebre" teniendo en cuenta su composición química, concentración específica y volumen generado, de manera que se conozca el aporte total en un momento dado.
- Una vez detectadas las fuentes de aporte, evaluar de manera radial la concentración de los componentes del aporte en los sedimentos, columna de agua y organismos presentes (poniendo especial atención en los organismos sésiles), para determinar el alcance de las zonas de alto riesgo y por ello a las poblaciones en peligro.
- Determinar de manera periódica algunos parámetros físicos y químicos de la columna de agua en sitios designados como indicadores y conservar record de los mismos.
- El Grupo.- Continuar con los estudios de investigación que permitan determinar el origen de la necrosidad en el duodeno de las tortugas.
- La PROFEPA.-Divulgar los resultados alcanzados, a fin de incrementar los bancos de información.



## ANEXOS

## **ANEXO 15**

**Relación de participantes en :  
Reuniones del comité, del Grupo de trabajo interinstitucional  
y multidisciplinario, análisis de laboratorio y trabajos de campo.**

<b>Nombre</b>	<b>Dependencia o Institución</b>
1. Mtro, Antonio Azuela de la Cueva	PROFEPA
2. Lic. Víctor Ramírez Navarro	PROFEPA
3. Lic. Rafael Valdivia López	PROFEPA
4. Ing. Jesús Cerecero Gutiérrez	PROFEPA
5. Biól. Jorge L. Jiménez Lçopez	PROFEPA Delegación. B.C.S.
6. Biól. Jaime Singh Cabanillas	PROFEPA Delegación. B.C.S.
7. Ing. Jorge Elias Angulo.	PROFEPA Delegación. B.C.S.
8. Ing. J. Guadalupe Camargo A.	PROFEPA Delegación B.C.S.
9. MVZ. Jorge Valencia O.	PROFEPA Delegación B.C.S.
10. Ing. Antonio J. Díaz Rondero	PROFEPA Delegación B.C.S.
11. Alfredo Bermudez Almada	SEMARNAP Delegación B.C.S.
12. Miguel A. González de A.	SEMARNAP Delegación B.C.S.
13. Ing. Juan Antonio Angulo	Gobierno del Estado
14. Jesús Santiago Coronel	Gobierno del Estado
15. Dr. René Rosilles Martínez	FMVyZ.-UNAM.
16. C. Georgina Gluyas Millán	CRIP La Paz. -INP.
17. Biól. Esperanza Michel G	CRIP La Paz. -INP.
18. Biól. José A, Masso Rojas	CRIP La Paz. -INP.
19. Tec. Raúl Zamarron Daniel	CRIP La Paz. -INP.
20. Téc. Fernando Lucero T.	CRIP La Paz. -INP.
21. Téc. Prisciliano Méndez	CRIP La Paz. -INP.
22. Dr. José Luis Ochoa	Patología Marina.- CIBNOR.
23. Biól. Arturo Sierra Beltrán	Patología Marina.- CIBNOR.
24. Dr. Alfredo Ortega	CIBNOR
25. Ing. Adolfo Castillo Mendivil	Subgerencia Técnica, CNA La Paz.
26. Ing. Juan de J. Armenta Machado	S y C del Agua. -CNA la Paz.
27. Delfino Román Sánchez	S y C del Agua. -CNA la Paz
28. MVZ. Aarón Eslimán Salgado	Reserva de la Biosfera El Vizcaíno
29. Carlos Olivera Avila	Reserva de la Biosfera El Vizcaíno
30. Adriana Galas Valdés	Reserva de la Biosfera El Vizcaíno

## **LABORATORIOS PARTICIPANTES**

**Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.- CIBNOR.**  
**Unidad de Patología Marina**  
• **Laboratorio de Biotoxinas**

**Universidad Nacional Autónoma de México.- UNAM.**  
**Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia**  
• **Laboratorio de Toxicología**  
• **Departamento de Patología**  
**Facultad de Ciencias, Depto. de Biología**  
• **Laboratorio de Tortugas Marinas**

**Instituto Politécnico Nacional.- IPN.**  
**Centro Interdisciplinario de Investigaciones  
y Estudios Sobre Medio Ambiente y Desarrollo**

**Centro Regional de Investigaciones Pesqueras.- CRIP.**

**Comisión Nacional del Agua.- CNA.**  
**Subgerencia Técnica**  
• **Saneamiento y Calidad del Agua**

**SUBPROCURADURIA DE RECURSOS NATURALES  
DIRECCION GENERAL DE VERIFICACION AL ORDENAMIENTO ECOLOGICO**

**EL PRESENTE INFORME TECNICO FUE ELABORADO POR EL PERSONAL TECNICO  
Y DE APOYO QUE INTEGRAN LA DIRECCION DE ATENCION A CONTINGENCIAS EN  
LOS RECURSOS NATUURALES.**

**SUBDIRECCION DE PREVENCION DE RIESGOS**

**LIC. MARTHA M. JIMENEZ ROLDAN  
BIOL. JOSE A. GARCIA VAZQUEZ  
TEC. JORGE A. MENDOZA VALVERDE**

**SUBDIRECCION DE ATENCION A CONTINGENCIAS**

**BIOL. IGNACIO MILLAN TOVAR  
BIOL. OCTAVIO SALAZAR GARCIA**

**México D.F. julio de 1998**