

11/14/02-02062

Public Health Assessment for

EVALUACIÓN DE LA SALUD PÚBLICA
CAMPO DE BOMBARDEO DE LA ISLA DE VIEQUES
VIEQUES, PUERTO RICO
14 DE NOVIEMBRE, 2002

For Public Comment

011-70 JRS

U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES
PUBLIC HEALTH SERVICE
Agency for Toxic Substances and Disease Registry

Comment Period Ends:

27 DE ENERO DE 2003



EVALUACIÓN DE LA SALUD PÚBLICA

Evaluación De Pescados Y Mariscos

CAMPO DE BOMBARDEO DE LA ISLA DE VIEQUES

VIEQUES, PUERTO RICO

Preparado por:

Filial de Evaluación de Establecimientos Federales
División de Evaluación y Consultas de Salud
Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades

PRÓLOGO

En 1980, como parte de la Ley de Respuesta, Compensación y Responsabilidad Ambiental Integral (CERCLA, por su sigla en inglés), según enmiendas, conocida también como la Ley del *Superfondo*, el Congreso creó la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR, por su sigla en inglés). El Superfondo es un monto de dinero utilizado para investigar y, cuando fuera necesario, limpiar vertederos de desechos peligrosos. La Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA, por su sigla en inglés) trabaja con los estados individuales para investigar vertederos de desechos peligrosos. La EPA puede introducir sitios a la Lista de Prioridades Nacionales (LPN), y los califica de esta manera como beneficiarios de recursos del Superfondo para fines de limpieza.

A partir de 1986, la ley del Superfondo ha especificado que la ATSDR realice una evaluación de la salud pública en cada uno de los sitios de la Lista de Prioridades Nacionales (LPN). La evaluación determina si las personas están expuestas a sustancias peligrosas y, en tal caso, si dicha exposición es perjudicial y debe interrumpirse o reducirse. Los sitios de la Marina de los Estados Unidos que se examinan en esta evaluación de la salud pública no están incluidos en la LPN. No obstante, la ATSDR puede realizar evaluaciones de la salud pública a pedido de individuos preocupados. Estas peticiones se inician por medio de un proceso de la ATSDR denominado petición. La presente evaluación de la salud pública y otras medidas relacionadas con la salud pública de la ATSDR en curso actualmente en Vieques son resultado de una petición presentada por un residente de la Isla de Vieques, Puerto Rico.

Exposición: Como primer paso en el proceso de evaluación, los científicos de la ATSDR examinan datos ambientales de los sitios para comprobar los tipos de contaminación, la cantidad y ubicación y la manera en que las personas podrían entrar en contacto con la contaminación. En general, la ATSDR no recaba sus propios datos para las muestras ambientales sino que usualmente examina información suministrada por la EPA, otros organismos gubernamentales, empresas y el público. En los casos en que la información ambiental disponible no es suficiente, los científicos de la ATSDR indicarán los datos de muestreos adicionales necesarios.

Efectos sobre la salud: Sin embargo, si los datos ambientales revelan que las personas han estado o podrían estar en contacto con sustancias peligrosas en el sitio, los científicos de la ATSDR evalúan la posibilidad de efectos nocivos a partir de estas exposiciones. Su informe se concentra en la salud pública o las consecuencias sanitarias en la comunidad en su totalidad, en lugar de riesgos individuales. Una vez más, la ATSDR en general utiliza información científica existente, la cual puede incluir resultados de estudios médicos, toxicológicos y epidemiológicos y datos recabados en registros de enfermedades. Dado que la ciencia del saneamiento ambiental aún se encuentra en evolución, algunas veces no se cuenta con información con respecto a los efectos sobre la salud de ciertas sustancias. En tal caso, el informe sugerirá los estudios de investigación adicionales necesarios.

Conclusiones: El informe presentará conclusiones sobre el nivel de amenaza sanitaria, si existiera, que presenta un sitio y recomendará maneras a fin de interrumpir o reducir dicha amenaza. Dado que la ATSDR es primordialmente un organismo asesor, generalmente el informe identificará las medidas que debieran ser adoptadas por la EPA, por otros organismos, partes responsables o por los departamentos de investigación o educación de la ATSDR. No obstante, si la amenaza para la salud es inmediata, la ATSDR puede publicar un alerta con asesoramiento sobre la salud pública en relación con el peligro. La ATSDR también puede autorizar instrucción sanitaria o estudios pilotos con respecto a los efectos sobre la salud, estudios epidemiológicos a escala natural, registros de enfermedades, estudios de vigilancia o investigación sobre sustancias peligrosas específicas.

Proceso interactivo: El proceso de evaluación de la salud es interactivo. La ATSDR solicita y evalúa información de organismos ciudadanos, estatales y federales, empresas responsables de la limpieza del lugar y la comunidad. La ATSDR luego divulga las conclusiones. Los organismos estatales y federales examinan y presentan comentarios sobre una versión preliminar del informe a fin de garantizar que los datos que han presentado son actuales y precisos. Después de conocer las conclusiones y las recomendaciones de la ATSDR, en algunas ocasiones los organismos comenzarán a tomar medidas con respecto a la información, incluso antes de la publicación final del informe.

Comunidad: La ATSDR también desea conocer el nivel de información de los ciudadanos locales sobre el sitio y las inquietudes que tienen con respecto a los efectos sobre la salud. De este modo, durante el proceso de evaluación, la ATSDR reúne información y comentarios de las personas que residen o trabajan cerca de un sitio, incluyendo residentes de la zona, personas influyentes de la sociedad, profesionales de la salud y grupos de la comunidad. A fin de garantizar que el informe responde a las inquietudes sanitarias de la comunidad, se distribuye también una versión preliminar al público para obtener sus comentarios. En la versión final del informe se abordan los comentarios recibidos del público.

Comentarios: Si después de leer este informe, usted tiene preguntas o comentarios, lo invitamos a que se comuniquen con nosotros.

Las cartas deben dirigirse a:

Attention: Chief, Program Evaluation, Records, and Information Services Branch, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1600 Clifton Road (E-56), Atlanta, GA 30333.

ÍNDICE

PRÓLOGO	i
LISTA DE CUADROS	v
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE APÉNDICES	vi
LISTA DE ABREVIATURAS	vii
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN	4
ANTECEDENTES.....	6
<i>Uso del terreno</i>	6
<i>Demografía</i>	8
<i>Clima</i>	9
<i>Geología</i>	10
<i>Historia de las Operaciones de la Marina</i>	10
<i>Participación de la ATSDR en Vieques</i>	12
INVESTIGACIÓN ANTERIOR.....	15
MUESTREO DE PESCADOS Y MARISCOS DE LA ATSDR.....	21
<i>Localizaciones de muestreo</i>	21
<i>Métodos</i>	23
<i>Resultados</i>	25
EVALUACIÓN DE PESCADOS Y MARISCOS DE VIEQUES	29
<i>Introducción</i>	29
<i>Evaluación de la Salud Pública</i>	33
<i>¿Es perjudicial a la salud comer pescados y mariscos de Vieques?</i>	33
<i>¿Es perjudicial a la salud comer pescados y mariscos todos los días?</i>	33
<i>¿Es perjudicial a la salud comer pescados y mariscos provenientes de cualquier localización?</i>	34
<i>¿Es perjudicial a la salud comer los pescados atrapados más comúnmente y consumidos todos los días?</i>	35

PREOCUPACIONES SANITARIAS DE LA COMUNIDAD.....	36
<i>Tambores en embarcaciones hundidas de la Marina.....</i>	<i>37</i>
<i>Consumo de cofre</i>	<i>38</i>
INICIATIVA DE LA ATSDR EN PRO DE LA SALUD INFANTIL	40
CONCLUSIONES	41
PLAN DE ACCIÓN PARA LA SALUD PÚBLICA.....	43
<i>Medidas completadas.....</i>	<i>43</i>
<i>Medidas en curso</i>	<i>46</i>
PREPARADORES DEL INFORME	47
REFERENCIAS.....	48
CUADROS.....	53
FIGURAS.....	68
APÉNDICES	72

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Datos del Censo de los Estados Unidos para el año 2000 en Vieques.....	54
Cuadro 2.	Resumen de análisis de metales en cangrejos de mar realizados por Casa Pueblo de Adjuntas y la Universidad de Puerto Rico	55
Cuadro 3.	Resumen de análisis de metales en filetes de pescado realizados por la Universidad Metropolitana.....	56
Cuadro 4.	Resumen de análisis de metales en pieles de pescado realizados por la Universidad Metropolitana.....	57
Cuadro 5.	Resumen de análisis de sustancias químicas en cangrejos de mar de la ZIC y oeste de Vieques.....	58
Cuadro 6.	Resumen de análisis de cangrejos de tierra en el oeste de Vieques por parte del Servicio de Pescados y Fauna y Flora de los Estados Unidos	60
Cuadro 7.	Pescados y mariscos recogidos por la ATSDR.....	62
Cuadro 8.	Resumen de análisis químicos en pescados realizados por la ATSDR.....	63
Cuadro 9.	Resumen de análisis químicos en mariscos realizados por la ATSDR.....	65
Cuadro 10.	Resumen de análisis químicos en cofre	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación de Vieques	69
Figura 2.	Uso del terreno en Vieques	70
Figura 3.	Localizaciones de muestreo	71

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice A.	Glosario de la ATSDR de términos sobre saneamiento ambiental.....	A-1
Apéndice B.	Métodos de análisis para la investigación de pescados y mariscos por parte de la ATSDR	B-1
Apéndice C.	Condición de los arrecifes.....	C-1
Apéndice D.	Estimaciones de dosis de exposición humana y determinación de los efectos para la salud	D-1
	Cuadro D-1. Dosis de exposición para sustancias químicas por debajo de la pauta de salud oral en pescados	D-40
	Cuadro D-2. Dosis de exposición para sustancias químicas por debajo de la pauta de salud oral en mariscos.....	D-41
	Cuadro D-3. Dosis de exposición estimadas a partir del consumo de pescado ...	D-42
	Cuadro D-4. Dosis de exposición estimadas a partir del consumo de mariscos..	D-44
	Cuadro D-5. Dosis de exposición a arsénico inorgánico según la localización...	D-46
	Cuadro D-6. Dosis de exposición a arsénico para especies de mariscos	D-47
	Cuadro D-7. Dosis de exposición a cadmio según la localización	D-48
	Cuadro D-8. Dosis de exposición a cromo según la localización.....	D-49
	Cuadro D-9. Dosis diarias de cobre según la localización.....	D-50
	Cuadro D-10. Dosis de exposición a hierro según la localización.....	D-51
	Cuadro D-11. Dosis diaria de hierro según la localización.....	D-52
	Cuadro D-12. Dosis de exposición a plomo según la localización.....	D-53
	Cuadro D-13. Niveles de plomo en sangre según la localización.....	D-54
	Cuadro D-14. Dosis de exposición a mercurio según la localización.....	D-55
	Cuadro D-15. Dosis de exposición a selenio según la localización.....	D-56
	Cuadro D-16. Dosis de exposición a zinc según la localización	D-57
	Cuadro D-17. Dosis de exposición estimada a partir del consumo de la concentración máxima de cubera	D-58
	Cuadro D-18. Dosis de exposición estimada a partir del consumo de la concentración media de cubera	D-59
	Cuadro D-19. Dosis de exposición estimada a partir del consumo de cofre	D-60
	Cuadro D-20. Dosis de exposición estimada a partir del consumo de las concentraciones máximas detectadas por la Universidad Metropolitana.....	D-61
	Cuadro D-21. Dosis de exposición estimada a partir del consumo de las concentraciones medias detectadas por la Universidad Metropolitana.....	D-62
Apéndice E.	Fotografías de las especies recogidas por la ATSDR	E-1
Apéndice F.	Fotografías mencionadas en la Evaluación de la Salud Pública	F-1

LISTA DE ABREVIATURAS

AFWTF	Servicio de Capacitación de Armas de la Flota del Atlántico
ATSDR	Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades
CDC	Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades
CIIC	Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer
Conc.	concentración de sustancia química
DE	duración de la exposición
DRNA	Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico
EPA	Agencia de los Estados Unidos para la Protección del Medio Ambiente
ESP	Evaluación de la Salud Pública
FDA	Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos
FE	frecuencia de la exposición
FWS	Servicio de Pescados, Fauna y Flora de los Estados Unidos
GRA	Grupo de Respuesta Ambiental
HMX	tetranitramina de ciclotetrametileno
JCAPR	Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico
kg	kilogramos
µg/día	microgramos por día
µg/dl	microgramos por decilitro
mg	miligramos
NASD	Destacamento Naval de Apoyo de Artillería
NEC	nivel que produce efectos cancerígenos
NMR	nivel mínimo de riesgo
NSENO	Nivel sin efectos negativos observados
OMS	Organización Mundial de la Salud
PNT	Programa Nacional de Toxicología
ppm	partes por millón
RDX	trinitramina de ciclotrimetileno
RfD	dosis de referencia
tetrilo	metilo-2,4,6-trinitrofenilonitramina
TI	tasa de ingestión
TNT	2,4,6-trinitrotolueno
TP	tiempo promedio
USGS	Estudios de Geología de los Estados Unidos
ZIC	Zona de impacto de combate
ZMO	zona de maniobras oriental

RESUMEN*

Los residentes de Vieques manifestaron preocupación sobre el hecho que las actividades de entrenamiento militar en la zona de impacto de combate (ZIC) están afectando de manera nociva su salud. Estudios anteriores notificaron cierta indicación de metales pesados en pescados y mariscos, los cuales son consumidos por los residentes de Vieques. A fin de abordar esta vía, la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR, por su siglas en inglés) llevó a cabo tareas con el Grupo de Respuesta Ambiental de la Agencia de los Estados Unidos para la Protección del Medio Ambiente (GRA/EPA) a fin de recoger y analizar pescados y mariscos de las aguas costeras y de la costa cercana en Vieques para determinar si los tejidos musculares de pescados y mariscos contienen niveles de metales pesados y compuestos explosivos que afectarían de manera nociva la salud pública. Según los hábitos alimentarios informados por la Universidad Metropolitana (Caro et al. 2000) y conversaciones con los residentes de Vieques, la ATSDR recogió mero (*Epinephelus* sp.), colirrubia (*Ocyurus chrysurus*) y sama o arrayao (*Lutjanus* sp.), cotorro (familia Scaridae), ronco (*Haemulon* sp.), salmorete de altura (familia Mullidae), cangrejos de tierra (jueyes) (*Cardisoma guanhumi*), casis (carrucho) (*Strombus gigas*), y langosta marina (*Panulirus argus*) como especies atrapadas y consumidas comúnmente. Por otra parte, a fin de abordar una preocupación específica de la comunidad, la ATSDR recogió un chapín panal (*Lactophrys polygonia*) del mercado de pescados. A fines de referencia, el Apéndice E contiene fotografías de las especies de pescados recogidas.

Desde el 16 al 20 de julio de 2001, estos pescados y mariscos usualmente consumidos se recogieron en seis lugares de Vieques. Se obtuvieron pescados de arrecifes al norte de la ZIC (Localización 1), de embarcaciones hundidas de la Marina al sur de la ZIC (Localización 2) de arrecifes al sur de Esperanza (Localización 3), de arrecifes al norte de Isabel Segunda

* Para facilitar la comprensión de la audiencia a quién está dirigido, en este documento se ha utilizado la numeración decimal del sistema americano.

(Localización 4), de un mercado de pescados en Isabel Segunda (Localización 5), y de arrecifes al oeste de la Zona de Conservación de la Laguna Kiani en el sector oeste de Vieques (Localización 6). Se recogieron langostas en los lugares 1, 3 y 5; caracolas de praderas marinas ubicadas en proximidad de las localizaciones 1, 2, 3 y 6. Se recogieron cangrejos de tierra (jueyes) de las localizaciones 1, 2 y 6 y cangrejos de mar de las localizaciones 1 y 2.

Durante el muestreo, los buzos del GRA/EPA observaron que todos los lugares de análisis tenían poblaciones diversas de organismos marinos con apariencia saludable y que, con muy pocas excepciones, la mayoría de los organismos recogidos tenían aspecto saludable.

Se detectaron varios metales en los pescados y los mariscos de Vieques. Con la utilización de estos datos, la ATSDR evaluó tres situaciones específicas de exposición tanto para adultos como para niños que residen en Vieques:

1. Según la encuesta realizada por la Universidad Metropolitana, aproximadamente la mitad de los residentes de Vieques consume pescado una o dos veces por semana. No obstante, aproximadamente 16% respondió que consume pescado cinco o más veces por semana (UMET 2000). A fin de proteger tanto como fuera posible toda la población residencial, la ATSDR evaluó si el consumo de pescados y mariscos provenientes de Vieques, cotidianamente, resultará en efectos nocivos sobre la salud.
2. Metales específicos en especies individuales de pescados y mariscos variaron según el lugar (ATSDR 2002). En consecuencia, la ATSDR evaluó si el consumo de pescados y mariscos de cualquiera de los lugares de la muestra resultará en efectos nocivos sobre la salud.
3. La Universidad Metropolitana informó que la colirrubia fue la especie de pescado más comúnmente atrapada y consumida (Caro et al. 2000). Por otra parte, muchos pescadores

y residentes de Vieques también indicaron a la ATSDR que el pargo (pargo amarillo, cubera, collirubia) es la especie de pescado más comúnmente deseada, atrapada y consumida en comparación con otras especies. Por tanto, la ATSDR evaluó si el consumo de cubera a diario resultará en efectos nocivos sobre la salud.

La ATSDR concluyó que:

1. No es perjudicial a la salud el consumir una variedad de pescado y marisco todos los días.
2. No es perjudicial a la salud el consumir pescados y mariscos de cualquiera de los lugares analizados, incluso aquellos en torno a la ZIC y las dos embarcaciones blanco, hundidas, de la Marina.
3. No es perjudicial a la salud el consumir la especie más habitual, cubera, todos los días.

I. INTRODUCCIÓN

En mayo de 1999, un residente de la Isla de Vieques (Vieques), Puerto Rico, solicitó (peticionó) a la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) que determinara si sustancias peligrosas de la detonación de municiones en el campo de bombardeo de la Marina de los Estados Unidos (Marina) en la isla representan una amenaza para la salud pública. En agosto de 1999 la ATSDR realizó una visita inicial a Vieques con el propósito de reunirse con el peticionante, recorrer la isla y el campo de bombardeo y recabar datos ambientales disponibles. Como resultado de esta visita al sitio, la ATSDR aceptó la petición y desde entonces ha investigado inquietudes en relación con la salud pública asociadas con las actividades de entrenamiento de la Marina en Vieques.

La ATSDR está respondiendo a esta petición a través de una serie de evaluaciones de la salud pública (ESP). Las Evaluaciones de la Salud Pública analizan sustancias químicas que ingresan al medio ambiente, cómo se trasladan en el ambiente, y los niveles de sustancias a los que se pueden enfrentar los residentes. La ATSDR luego utiliza esta información para determinar si los residentes están expuestos a niveles de contaminación que pueden ocasionar problemas sanitarios.

La presente Evaluación de la Salud Pública aborda las implicaciones para la salud pública del consumo de pescados y mariscos provenientes de las aguas costeras y las costas próximas a Vieques. Se analizaron pescados y mariscos para determinar la presencia de compuestos explosivos y metales pesados. Los compuestos explosivos no están presentes naturalmente en pescados y mariscos, mientras que los metales pesados se detectan generalmente en tejido de pescados y mariscos porque los mariscos tienden a acumular metales que se encuentran naturalmente en el medio ambiente (ATSDR 1999a; ATSDR 2000a; EPA 2001). En consecuencia, el consumo de pescados puede constituir una fuente importante de exposición personal a metales. En realidad, muchos estados han emitido comunicaciones contra el consumo

de pescados o mariscos debido al contenido de metales (EPA 2000). La ATSDR centra esta evaluación en los tipos de pescados y mariscos que la comunidad atrapa y consume de manera generalizada (según los hábitos alimentarios informados por la Universidad Metropolitana (Caro et al. 2000) y conversaciones con los residentes de Vieques).

II. ANTECEDENTES

Vieques constituye la isla de ultramar más extensa del Estado Libre Asociado de Puerto Rico. Se extiende a lo largo de 20 millas, 4.5 millas en el punto más ancho y comprende aproximadamente 33,000 acres en superficie (51 millas cuadradas). En la Figura 1 se observa la ubicación de Vieques y las islas circundantes. Como lo ilustra la figura, la isla más próxima a Vieques es la isla principal de Puerto Rico, casi 7 millas al oeste. La isla de Culebra se encuentra en términos generales 9 millas al norte. St. Thomas, St. John, St. Croix, y otras Islas Vírgenes de los Estados Unidos se ubican 20 millas o más al noreste y sudeste de Vieques.

A. Uso del terreno

El mapa detallado en la Figura 2 ilustra el uso del terreno en Vieques. La sección occidental de Vieques comprende el Destacamento Naval de Apoyo de Artillería (NASD). Antes de mayo de 2001, la Marina utilizaba estos 8,200 acres para operaciones restringidas (por ejemplo, almacenamiento de municiones, canteras rocosas, instalaciones de comunicaciones, y edificios de apoyo de la Marina) (IT Corporation 2000). En mayo de 2001, la Marina transfirió la mayor parte del NASD a la Isla de Vieques, Puerto Rico Conservation Trust, y el Departamento del Interior de los Estados Unidos, pero retuvo aproximadamente 100 acres de las anteriores tierras del NASD para establecimientos de radares y comunicaciones (Marina 2001a). Parte de las zonas de NASD se arrendaron a campesinos locales para el pastoreo de ganado y otros fines agrícolas (consulte Fotografía 1).

Los 7,000 acres centrales de Vieques albergan a toda la población residencial de la isla, en gran parte en las ciudades de Isabel Segunda y Esperanza. Los usos del terreno de Vieques comprenden usos residenciales, agrícolas, comerciales e industriales. En el pasado, la caña de azúcar era el principal cultivo de la isla. Otros cultivos han incluido cocos, granos, batatas, aguacates, bananas y papayas. En la década de 1960 y 1970, la fabricación fue importante para la

economía, a partir de 1969 con la construcción de la planta de General Electric (Bermudez 1998). Pero en la actualidad, las actividades de fabricación en la isla son mínimas. No obstante, Isabel Segunda y Esperanza son sedes de flotas pesqueras comerciales y, en los últimos tiempos, el turismo ha aumentado su importancia para la economía.

La Marina es propietaria en la actualidad de aproximadamente la mitad oriental de Vieques, la cual se divide en dos secciones: la Zona de Maniobras Oriental (ZMO) y el Servicio de Capacitación de Armas de la Flota del Atlántico (AFWTF). La ZMO incluye aproximadamente 11,000 acres ubicados inmediatamente al este de las tierras residenciales. La Marina utiliza la ZMO periódicamente para varias actividades de entrenamiento para combate, como la realización de ejercicios de aterrizaje en la costa y capacitación en armas ligeras (CH2MHILL y Baker 1999; IT Corporation 2000). El Campamento García, donde están emplazados Infantes de Marina y personal de la Marina de manera provisional en Vieques, se encuentra dentro de la ZMO (consulte la Fotografía 2). Al este de la ZMO se ubica el AFWTF (3,600 acres), que se divide en tres secciones más pequeñas de tierra:

- La sección occidental del AFWTF se conocía anteriormente como la Zona de Impacto de Superficie. Con anterioridad a 1978, el área se utilizó como una zona de impacto para artillería. La vegetación es densa y carece prácticamente de urbanización, con excepción de caminos de tierra, unos pocos puestos y torres de observación, y el puesto de observación principal (OP-1), ubicado en el Cerro Matías en la zona oriental (consulte las Fotografías 3 y 4).
- La sección media del AFWTF es la Zona de Impacto de Combate (ZIC), conocida también generalmente como el campo de bombardeo. Esta extensión de aproximadamente 900 acres contiene los blancos para el bombardeo aéreo y naval. La ZIC tiene una baja densidad de vegetación y no contiene estructuras—solo excedente de

equipos (por ejemplo, tanques, aviones pequeños y remolques) que la Marina utiliza como blancos (consulte Fotografías 5 y 6).

- El extremo oriental del AFWTF es la Zona de Conservación Punta Este. A fin de preservar los hábitats de matorrales de bosques y árboles perennes característicos de tierras altas, no se llevan a cabo operaciones de la Marina en esta pequeña sección de tierra. Diferentes animales, incluidas golondrinas de mar rosadas y tortugas marinas, visitan y anidan en el mencionado lugar (consulte Fotografía 7).

B. Demografía

La ATSDR examina datos demográficos (es decir, información sobre la población) a fin de determinar la cantidad de personas presuntamente expuestas a sustancias químicas en el medio ambiente y determinar la presencia de poblaciones sensibles, como mujeres en edad fecunda, niños pequeños y ancianos. Los datos demográficos también ofrecen detalles sobre la movilidad de la población que, a su vez, ayuda a la ATSDR a evaluar cuánto tiempo los residentes podrían haber estado expuestos a sustancias químicas en el medio ambiente.

El Cuadro 1 resume los datos demográficos de la Oficina de Censo de los Estados Unidos para el año 2000. Como lo indica el cuadro, el Censo del año 2000 informó que 9,106 personas residen en Vieques. Esta cifra incluye a residentes de zonas residenciales y propiedad de la Marina. El Cuadro 1 también especifica la cantidad de residentes en tres poblaciones presuntamente sensibles. De acuerdo con varios recuentos anecdóticos, la población de Vieques no es altamente móvil; muchos son residentes permanentes de la isla.

Como se mencionó anteriormente, la mayoría de los residentes de Vieques habitan en las dos ciudades más grandes de la isla, Isabel Segunda y Esperanza (consulte Fotografías 8 y 9). A pesar de que estas ciudades están ubicadas relativamente cerca de la propiedad de la Marina, se

encuentran a varias millas de la ZIC. Aproximadamente 7.9 millas de tierras propiedad de la Marina ofrecen una barrera entre la ZIC y las zonas pobladas de Vieques.

C. Clima

Vieques se ubica en la trayectoria de los vientos alisios del este (es decir vientos con dirección este a oeste). El clima es tropical-marino con temperaturas que alcanzan un promedio de aproximadamente 79° grados Fahrenheit (26.3° Celsio). Anualmente, la temperatura oscila entre un promedio de 76° Fahrenheit (24.6° Celsio) en febrero y 82° Fahrenheit (28° Celsio) en agosto. El nivel medio de precipitaciones es aproximadamente 45 pulgadas anuales. La sección occidental de la isla recibe más lluvias (aproximadamente 50 pulgadas anuales) que la sección oriental (aproximadamente 25 pulgadas anuales). La estación de las lluvias se extiende de agosto a noviembre mientras que el resto del año es más seco. Las tormentas tropicales son comunes de junio a noviembre (NCDC 1985-1994; Torres-González 1989).

Tormentas de Polvo del África

Con el fenómeno natural de las tormentas de polvo del África, Vieques, así como la sección continental de Puerto Rico y otras islas del Caribe, recibe en el verano un aumento de partículas de polvo en suspensión. Todos los años, grandes cantidades de polvo del Desierto del Sahara y la región de Sahel en el África se transportan a gran altitud al Mar Caribe y el sudeste de los Estados Unidos. Estas tormentas de polvo pueden transportar minerales, sustancias químicas, bacterias, esporas de hongos, y presuntamente virus e insectos. Estudios recientes han comenzado a vincular la salud en deterioro de los arrecifes de corales con hongos y bacterias encontrados en el polvo africano (por ejemplo, el hongo del suelo, *Aspergillus*, produce una enfermedad en los abanicos de mar; USGS 2000). Los presuntos efectos nocivos para la salud a raíz de las tormentas de polvo de África se abordarán en la Sección Preocupaciones Sanitarias de la Comunidad en la Evaluación de la Salud Pública sobre Evaluación de las Vías Aéreas.

D. Geología

Vieques se formó a partir de roca ígnea y volcánica, principalmente granodiorita, diorita de cuarzo y algunas lavas que originaron el lecho de roca de la isla. Este lecho de roca está expuesto

Los depósitos aluviales son sedimentos depositados por agua que fluye. Generalmente comprenden una mezcla de grava, arena, cieno y arcilla.

y meteorizado en la mayor parte de la mitad occidental y en la sección central de la mitad oriental de la isla. Como consecuencia de la meteorización del lecho de roca, grava y arenas se escurren cuesta abajo durante tormentas. Con el transcurso de los años, este material se ha acumulado en valles

próximos al océano, formando depósitos aluviales (consulte la definición en el recuadro de texto). Otras secciones de Vieques poseen depósitos marinos antiguos que datan de épocas cuando la isla estaba sumergida. En la actualidad, estos depósitos revelan zonas con cierta cantidad de piedra caliza, piedra arenisca, formaciones de cieno y otras rocas sedimentarias en la superficie. La Evaluación de la Salud Pública de la ATSDR centrada en la vía del suelo describe la geología y los suelos de Vieques en mayor detalle (ATSDR 2001b).

E. Historia de las Operaciones de la Marina

La Marina ha ocupado partes de Vieques desde 1941. En 1960, la Marina estableció blancos en Vieques y comenzó prácticas de bombardeo (Marina 1990). El uso de la ZIC para entrenamiento aire-tierra y embarcación–costa aumentó después del cierre del campo de Isla Culebra a mediados de la década de 1970.

Se han utilizado muchos tipos diferentes de municiones explosivas y no explosivas (por ejemplo, bombas, bengalas, cohetes, proyectiles, y armas ligeras) en Vieques. La Evaluación de la Salud Pública de la ATSDR centrada en la vía del suelo describe los tipos de artillería militar en mayor detalle (ATSDR 2001b). En general, los ejercicios de entrenamiento de la Marina son más

frecuentes en febrero y agosto, con un número menor de ejercicios en abril, mayo, noviembre y diciembre. Los datos estadísticos sobre la utilización del campo de tiro desde 1983 a 1999 indican que la Marina y otras partes llevaron a cabo ejercicios en Vieques entre 159 y 228 días por año, sin una variación considerable en el número total de días de un año a otro. En promedio, se utilizaron 1,862 toneladas de artillería en Vieques anualmente entre 1983 y 1998. En promedio, esta artillería contuvo 353 toneladas altamente explosivas (Marina 1999). La Evaluación de la Salud Pública de la ATSDR centrada en la vía del suelo describirá el uso de artillería en Vieques en mayor detalle.

Comúnmente se utilizaron dos tipos de explosivos en Vieques (Young 1978). Un explosivo se fabrica a partir de compuestos orgánicos nitrados (es decir, solo carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno). Ejemplos incluyen 2,4,6- trinitrotolueno (TNT), tetranitramina de ciclotetrametileno (RDX), tetranitramina de ciclotetrametileno (HMX), tetrilo, Explosivo D, Composición B (RDX y TNT), Octol (HMX y TNT), y Composición A-3 (RDX y cera). El segundo tipo de explosivos contiene aluminio además de compuestos orgánicos nitrados. Ejemplos incluyen tritonal (TNT y aluminio), H-6 (TNT, RDX y aluminio) y torpex (TNT, RDX y aluminio).

No se han utilizado municiones vivas en Vieques desde el 19 de abril de 1999, cuando dos bombas de 500 libras se lanzaron accidentalmente en proximidades de un puesto de observación (OP-1) en la ZIC, y se mató a un guardia civil. En enero de 2000, se tomó la decisión de que la Marina reanudara el entrenamiento en Vieques. El entrenamiento está limitado a 90 días de entrenamiento por año y el uso de municiones no explosivas solamente. En mayo de 2000, la Marina reanudó el entrenamiento.

F. Participación de la ATSDR en Vieques

Desde la recepción en 1999 de la petición solicitando una evaluación de cuestiones de salud pública en Vieques, la ATSDR ha trabajado intensamente a fin de caracterizar el grado de la contaminación ambiental así como los presuntos efectos sobre la salud y responder a las necesidades de la comunidad. A continuación se resume la participación anterior de la ATSDR en Vieques:

- *Visitas a los sitios.* Desde 1999, equipos de científicos de la ATSDR y especialistas en participación comunitaria han visitado Vieques más de 10 veces. Estas visitas incluyeron familiarización con el sitio, identificación de inquietudes sanitarias, recabación de información pertinente sobre el sitio y recolección de pescados y mariscos para el análisis. Durante dos de las visitas a los sitios, el personal de la ATSDR recorrió ampliamente el anterior NASD, ZMO y AFWTF, lo cual incluyó una visita terrestre y aérea a la ZIC.
- *Participación en la comunidad.* La definición de las inquietudes de la comunidad es un paso esencial en el proceso de evaluación de la salud pública. A fin de definir cuestiones de salud ambientales específicas y preocupantes, la ATSDR se reunió varias veces con personas, familias y muchos otros residentes de Vieques. La ATSDR se reunió también con funcionarios elegidos, médicos, enfermeras, educadores de escuelas, pescadores, líderes de grupos de mujeres, farmacéuticos y empresarios. Entre otros temas de discusión, la ATSDR indagó cómo el organismo puede suministrar información sobre salud pública más eficazmente a la comunidad. La ATSDR planea continuar con estas actividades de participación en la comunidad en Vieques.
- *Educación de salud.* Durante el proceso de participación comunitaria, la ATSDR ha trabajado con médicos, enfermeras y funcionarios de escuelas para suministrar materiales

educativos y respaldar la salud pública general de los residentes de Vieques. A la fecha, el organismo ha celebrado cuatro talleres para médicos y un taller de capacitación para enfermeras que cubren los diferentes aspectos del saneamiento ambiental, incluidos procesos para registrar una historia de exposición. El organismo ha facilitado también sesiones de educación para la comunidad sobre cáncer. La ATSDR procura ofrecer sesiones educativas adicionales que abordarán temas como calidad del aire y asma, nutrición y bienestar y salud ambiental.

Además de la lista anterior de actividades en Vieques, la ATSDR ha evaluado las siguientes cuestiones de salud pública:

- En octubre de 2001, la ATSDR publicó una Evaluación de la Salud Pública que aborda la contaminación en aprovisionamientos de agua potable y aguas subterráneas (ATSDR 2001a). Este informe concluyó que el aprovisionamiento público de agua potable en Vieques no representa un riesgo para la salud pública. No obstante, contenido alto de nitratos y nitritos, posiblemente a raíz de contaminación agrícola, en un pozo privado de agua potable indica una inquietud sanitaria para niños y mujeres embarazadas si bebieron agua de ese pozo. El informe evalúa estas cuestiones sanitarias en mayor detalle. Se pueden obtener copias comunicándose con la ATSDR (1-888-42-ATSDR) y en depósitos de registros sobre Vieques. Los depósitos se encuentran en la Biblioteca Pública (Calle Carlos Lebrum, Vieques), El Fideicomiso de Conservación E Historia (Calle Flamboyán, Vieques), y la Facultad de Salud Pública de la Universidad de Puerto Rico (San Juan, Puerto Rico).

- En julio de 2001, la ATSDR, la Facultad de Medicina Ponce y los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) patrocinaron un grupo de examen de expertos a fin de abordar si existía una asociación entre lugar de residencia (Vieques o Playa Ponce) y cambios cardiovasculares morfológicos entre los pescadores. Un segundo examen por

parte de los expertos no reveló indicaciones de función cardíaca anormal atribuible al engrosamiento del pericardio. El informe que resume el examen del panel de expertos se publicó en octubre de 2001 (ATSDR y PSM 2001). Se pueden obtener copias comunicándose con la ATSDR (1-888-42-ATSDR).

- La ATSDR continúa con la evaluación de las implicaciones para la salud pública de la exposición a suelos en Vieques. En una Evaluación de la Salud Pública publicada para comentarios del público en octubre de 2001, la ATSDR abordó exposiciones que la población residencial podría típicamente sufrir así como exposiciones que podrían hacer padecido las personas que residieron en la ZIC entre abril de 1999 y mayo de 2000 (ATSDR 2001). El mencionado documento concluyó que no existen pruebas que los residentes estén expuestos a niveles dañinos de contaminación en el suelo.

- La ATSDR continúa evaluando las implicaciones para la salud pública de la exposición a contaminantes atmosféricos. Otra Evaluación de la Salud Pública, la Evaluación de la Vía del Aire, abordará cuestiones sanitarias presuntas que resultan de las emisiones atmosféricas de la ZIC, incluido polvo en el viento y el uso de bombas de práctica, bombas que no han estallado y otras muchas municiones.

III. INVESTIGACIÓN ANTERIOR

La presente sección de la Evaluación de la Salud Pública resume investigación anteriormente llevada a cabo en Vieques que se relaciona directamente con el muestreo de pescados y mariscos realizado por la ATSDR y el GRA/EPA. La próxima sección de la Evaluación de la Salud Pública (Sección IV) ofrece más detalles sobre la iniciativa para el muestreo de la ATSDR.

- A. Biomagnificación de metales carcinógenos en tejido de cangrejo, Vieques, Puerto Rico** escrito por Arturo Massol Deyá, Ph.D. y Elba Díaz, M.S. Casa Pueblo de Adjuntas y Universidad de Puerto Rico. 12 de enero, 2000.

Resumen

En noviembre de 1999, los investigadores de Casa Pueblo de Adjuntas, en cooperación con el Departamento de Biología de Recinto Mayaguez en la Universidad de Puerto Rico, tomaron muestras en cangrejos de mar machos (*Uca pugnax rapax*) provenientes de las Lagunas Icacos y Anones en la ZIC y en Puerto Mosquito al este de Esperanza. El propósito de la investigación fue evaluar el transporte presunto de metales desde la zona de impacto de combate a otros ecosistemas.

Los investigadores recogieron “cerca de 35” cangrejos de mar en cada lugar. Analizaron sus extremidades (palancas y patas) de manera separada del cuerpo (caparazón y contenidos internos) con respecto al contenido de cadmio, cromo, cobalto, cobre, plomo, manganeso, níquel y zinc.

Consulte un resumen de los resultados en el Cuadro 2.

Los investigadores compararon los niveles de los metales pesados detectados en cangrejos de mar en la Laguna Icacos con los niveles en los sedimentos y notificaron

biomagnificación (consulte la definición en el recuadro de texto) del cadmio. Observaron

La biomagnificación es un aumento en la concentración de una sustancia química a medida que la sustancia avanza en la cadena alimentaria.

también que la concentración media de cadmio excede los niveles críticos de preocupación para la ingesta de calcio según la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Conclusiones

Esta investigación determinó que los cangrejos de mar presentaron rastros de metales pesados. No obstante, no se tiene información que los cangrejos de mar son una especie consumida por los residentes de Vieques. Si bien los datos de este informe pueden ser útiles para evaluar la contaminación ecológica, su utilidad es limitada cuando se procura extrapolar en la cadena alimentaria humana. A fin de evaluar las exposiciones humanas a mariscos de tierra comestibles, la ATSDR tomó muestras y analizó cangrejos de tierra (una especie que se sabe es consumida por los residentes) durante la investigación sobre pescados y mariscos en julio de 2001. El resto de esta Evaluación de la Salud Pública describe en detalle la iniciativa de muestreo de la ATSDR (Sección IV) y evalúa si el consumo de cangrejos de tierra (jueyes), entre otras especies de pescados y mariscos, resultará en efectos dañinos para la salud (Sección V).

B. Encuesta Toxicológica de Metales Pesados en Poblaciones de Peces, Isla de Vieques escrito por Doris A. Caro, Ph.D.; Mei-Ling Nazario, y Noel Diaz. Universidad Metropolitana. Junio de 2000.

Resumen

Entre diciembre de 1999 y abril de 2000, los investigadores de la Facultad de Asuntos Ambientales de la Universidad Metropolitana recogieron pescados de los mercados de pescados en las costas norte y sur (Esperanza) de Vieques y del mercado de pescados de Parquera en Lajas en la costa oriental de la masa territorial de Puerto Rico. El foco de la investigación fue

identificar contaminación presunta con metales pesados en especies de pescados que son consumidos en general por los residentes de Vieques.

A fin de investigar las especies consumidas con mayor frecuencia, los investigadores administraron un cuestionario a los residentes de Vieques formulando preguntas sobre sus hábitos alimentarios. Cincuenta y un residentes respondieron al cuestionario. De estos, 10 personas (19.6%) informaron que consumían pescado nunca u ocasionalmente, 24 personas (47%) 1–2 veces por semana, 9 personas (17.6%) 3–4 veces por semana, y 8 personas (15.7%) cinco o más veces por semana. Según las respuestas a los cuestionarios, las especies de pescado consumidas con mayor frecuencia incluyen: colirrubia (*Ocyurus chrysurus*), mero cabrilla (*Epinephelus guttatus*), peje puerco (*Balistes* sp.), sierra (*Scomberomorus regalis*), capitán (no identificado), cotorro (familia Scaridae), chapín (*Lactophrys* sp.), bonito (*Euthynnus pelamis*), negra (*Lutjanus buccanella*), dolorado (no identificado), chillo (*Lutjanus vivanus*), boquicolorao/ronco (*Haemulon plumieri*), y sama (*Lutjanus analis*).

Los investigadores recogieron un total de 78 pescados—35 pescados de mercados en el norte de Vieques, 17 pescados de mercados en Esperanza, y 26 pescados de mercados en la zona de Parquera en el territorio de Puerto Rico. Las especies incluyeron: arrayao (*Lutjanus synagris*), boquicolorao, colirrubia, cotorro azul (*Scarus coeruleus*), cotorro rojo (*Sparisoma viride*), cotorro verde (*Sparisoma aurofrenatum*), mero cabrilla, mero mantequilla (*Epinephelus fulvus*), y salmorete de altura (familia Mullidae). Se analizaron filetes de pescado y muestras de piel en cuanto a la presencia de arsénico, cadmio, plomo, mercurio, selenio y zinc.

Los investigadores concluyeron que “de acuerdo con los datos obtenidos...no pudimos verificar nuestra hipótesis de presunta bioacumulación en los pescados...no existe una relación clara entre el peso y el tamaño de los pescados y su contenido de metales” (Caro et al. 2000). Informaron “concentraciones altas” de arsénico, mercurio, selenio y zinc; pero concentraciones bajas o

inexistentes de cadmio y plomo en las muestras de tejido de los pescados. Consulte un resumen de los resultados analíticos en los Cuadros 3 y 4.

Conclusiones

Esta investigación suministró información valiosa sobre los hábitos alimentarios de los residentes de Vieques, específicamente la frecuencia con que las personas consumen pescados y las especies que consumen. Esta información se utilizó durante la evaluación de la salud pública de la ATSDR. Por otra parte, la ATSDR evaluó si las concentraciones notificadas resultarían en efectos dañinos para la salud de las personas que consumen pescado de los mercados analizados¹. Según estos datos, la ATSDR determinó que es inocuo comer pescado a diario de los mercados en el norte de Vieques, Esperanza, y la zona de Parquera en el territorio de Puerto Rico (es decir, todas las concentraciones informadas por la Universidad Metropolitana son demasiado bajas para constituir una preocupación sanitaria). Consulte la Sección V. Evaluación de Pescados y Mariscos de Vieques y el Apéndice D a fin de obtener mayores detalles sobre los métodos y los supuestos que la ATSDR utilizó para estimar dosis de exposición humana y determinar efectos sobre la salud.

El empleo del término “concentración alta” es relativo a la base de comparación (es decir, el punto de comparación para la concentración). La ATSDR concluyó que las concentraciones de sustancias químicas no son altas cuando se las compara con valores sanitarios. Mientras tanto, la Universidad Metropolitana utilizó una base diferente para la comparación cuando notificaron los resultados.

¹No se mencionó en el estudio por parte de Caro et al. 2000 si las concentraciones se informaron como concentraciones de peso húmedo o concentraciones de peso seco; la ATSDR presume que se trató de concentraciones de peso húmedo.

C. Investigación de cangrejos de tierra (jueyes) y cangrejos de mar en el oeste de Vieques por parte del Servicio de Pescados y Fauna y Flora de los Estados Unidos (informe en curso)

Resumen

En julio de 2001, el personal del Servicio de Pescados, Fauna y Flora de los Estados Unidos (FWS, por su sigla en inglés) analizó cangrejos de tierra y cangrejos de mar de dos unidades para la gestión de residuos sólidos en el oeste de Vieques (ex NASD) y del Refugio Nacional de Fauna y Flora Sandy Point en St. Croix, a manera de control. Las muestras analizaron el cuerpo completo y para determinar la presencia de plaguicidas y metales. El propósito de la investigación fue recoger datos preliminares sobre el nivel de contaminación en la base de la presa (cangrejos de tierra y cangrejos de mar) para algunas aves acuáticas (por ejemplo, garzas y garcetas). El FWS se encuentra en el proceso de generar un informe formal y ha publicado las conclusiones en entrevistas de prensa (San Juan Star 2002). Suministraron los datos analíticos a la ATSDR para su inclusión en la presente evaluación de la salud (FWS 2001a, 2001b). Consulte en los Cuadros 5 y 6 los resúmenes de los datos sobre cangrejos de mar y cangrejos de tierra, respectivamente.

Conclusiones

La mencionada investigación estableció que los cangrejos de mar y los cangrejos de tierra contenían algunos metales pesados y plaguicidas. Los resultados no estuvieron a disposición

Se trata de un protocolo estándar para analizar el cuerpo completo de organismos cuando se evalúan inquietudes ecológicas y las porciones de filetes/comestibles cuando se evalúan inquietudes con respecto a la salud humana.

antes del muestreo por parte de la ATSDR en julio de 2001. De acuerdo con los objetivos de esta investigación, los datos del informe son útiles para evaluar la contaminación ecológica. No obstante, esta investigación no puede convertirse fácilmente para evaluar la salud humana porque

los cangrejos de mar no son una especie consumida por las personas. Del mismo modo, las concentraciones pueden no ser aplicables a lo que las personas consumen porque se analizó el cuerpo completo (por ejemplo, se incluyeron en el análisis partes que no son consumidas, como el caparazón)². A fin de evaluar la exposición presunta a personas, la ATSDR tomó muestras y analizó secciones comestibles (es decir, la carne) de los cangrejos de tierra durante la investigación de pescados y mariscos de julio en 2001. El resto de esta Evaluación de la Salud Pública describe en detalle las iniciativas para el muestreo de la ATSDR (Sección IV) y evalúa si el consumo de cangrejos de tierra, entre otras especies de pescados y mariscos, resultará en efectos dañinos para la salud (Sección V).

²La Academia Nacional de Ciencias observa que existen límites en lo que respuesta al grado de utilidad de evaluar las inquietudes sanitarias a partir de análisis realizados en porciones no comestibles de organismos o en el cuerpo entero (EPA 2000).

IV. MUESTREO DE PESCADOS Y MARISCOS DE LA ATSDR

Los residentes de Vieques están preocupados que las actividades de entrenamiento militar en la ZIC impactan adversamente en la salud. Estudios anteriores han notificado niveles “elevados” de metales pesados en pescados y mariscos de Vieques (consulte la Sección III). Las personas que regularmente consumen pescados y mariscos pueden estar expuestas a estas sustancias químicas. El propósito de las actividades de muestreo y análisis de la ATSDR fue determinar si los tejidos musculares de pescados y mariscos consumidos generalmente contienen niveles de metales pesados y compuestos explosivos que afectarían perjudicialmente la salud pública³. A fin de contribuir con las actividades, la ATSDR trabajó con el Grupo de Respuesta Ambiental de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (GRA/EPA) a fin de recoger y analizar pescados y mariscos de las aguas costeras y terrenos costeros cercanos en Vieques.

A. Localizaciones de Muestreo

Se recogieron pescados y mariscos en seis localizaciones en Vieques (consulte la Figura 3). Los siguientes lugares se eligieron para representar zonas productivas de pesca en torno a la isla (Ecología y Medio Ambiente 1986 según se cita en Marina 2000b):

- *Localización 1.* Se recogieron pescados y mariscos de dos arrecifes pequeños, cercanos a la costa al norte de la ZIC en el extremo oriental de Vieques. La superficie total incluida en la iniciativa de muestreo (las secciones combinadas de cada arrecife muestreadas realmente por buzos) fue aproximadamente de 12,000 metros cuadrados. Por otra parte,

³El propósito del muestreo y la evaluación sanitaria de la ATSDR es abordar toda contaminación química presunta en los pescados y los mariscos; en consecuencia, esta evaluación de la salud pública no se centra en ninguna condición biológica presunta (por ejemplo, toxinas presentes naturalmente en pescados, enfermedades, parásitos o bacterias) que pueda afectar los pescados y los mariscos de Vieques.

se recogieron caracolas del lecho de pradera marina y cangrejos en el extremo norte de la ZIC.

- *Localización 2.* Comprendió dos embarcaciones anteriores de la Marina que se habían utilizado para práctica de blancos militares (una barcaza y una embarcación, a aproximadamente 100 metros de distancia), próximas a la costa al sur de la ZIC en la sección este de Vieques. La superficie total incluida en la iniciativa de muestreo fue aproximadamente 10,000 metros cuadrados. Por otra parte, se recogieron caracolas del lecho de pradera marina y cangrejos de la costa occidental de Bahía Salina del Sur en el AFWTF.
- *Localización 3.* Comprendió tres arrecifes cerca de la costa al sur de la ciudad de Esperanza en la costa sur de Vieques. Se recogieron pescados en el Arrecife Bucky y el Arrecife Patti, y caracolas en el lecho de pradera marina al norte del Arrecife Arena. La superficie total incluida en la iniciativa de muestreo fue de aproximadamente 15,000 metros cuadrados.
- *Localización 4.* Se recogieron pescados de dos arrecifes próximos a la costa al noroeste de la ciudad de Isabel Segunda en la costa norte de Vieques y del Espigón Mosquito al oeste de Isabel Segunda (consulte la Fotografía 10). La superficie total incluida en la iniciativa de muestreo fue aproximadamente 15,000 metros cuadrados.
- *Localización 5.* Mercado de pescados en la ciudad de Isabel Segunda. No se procuró verificar la zona en la cual se atraparon los pescados y las langostas, a pesar de que el personal del mercado afirmó que todos los pescados y las langostas vendidas en el mercado se atraparon localmente.

- **Localización 6.** Los pescados se recogieron en un arrecife cerca de la costa sin nombre en el extremo sudoeste de Vieques, en proximidades de la Zona de Conservación Monte Pirata. Se recogieron caracolas de un lecho de pradera marina 500 metros al noreste del arrecife. La superficie total incluida en las actividades de muestreo fue de aproximadamente 15,000 metros cuadrados. Por otra parte, se atraparon cangrejos de tierra de la Zona de Conservación de la Laguna Kiani en el extremo occidental de Vieques.

B. Métodos

Especies Recogidas

En cada una de las localizaciones, el personal de operaciones procuró atrapar (o comprar, en el caso del mercado de pescado) cinco piezas representativas de los siguientes tipos de pescados a ser analizados: colirrubia (*Ocyurus chrysurus*)/sama o arrayao (*Lutjanus* sp.), mero/mero cabrilla /rock hind/mero mantequilla (*Epinephelus* sp.), ronco (*Haemulon* sp.), cotorro (familia Scaridae), y salmorete de altura (familia Mullidae). Por otra parte, el personal de operaciones intentó atrapar o comprar cinco piezas de casis (carrucho) (*Strombus gigas*) y langosta marina (*Panulirus argus*) en cada localización de muestreo. Se determinó que estos pescados y mariscos eran generalmente atrapados y consumidos por los residentes de Vieques, según la investigación llevada a cabo por la Universidad Metropolitana (Caro et al. 2000) y conversaciones con el solicitante y los residentes de Vieques. Además, a fin de abordar una preocupación específica de la comunidad, la ATSDR recogió un cofre alveolado/chapin panal (*Lactophrys polygonia*) del mercado de pescados.

El personal de operaciones planeaba recoger una cantidad suficiente de piezas de cangrejo de tierra azul (*Cardisoma guanhumi*) en la costa, adyacente a las localizaciones 1, 2 y 6 y cangrejos de mar (*Uca* sp.) junto a las localizaciones 1 y 2 en respuesta a los requisitos de masa de tejido

para cinco replicas de los análisis químicos deseados⁴. Por razones de seguridad, los técnicos de la Marina recogieron esos cangrejos en la ZIC y los transfirieron a personal de operaciones el mismo día que fueron recogidos. Se determinó que los cangrejos de tierra eran especies consumidas por los residentes de Vieques, mientras que no se tiene información que los cangrejos de mar constituya una especie que es consumida.

El Cuadro 7 resume las especies de pescados y mariscos que se recogieron de cada lugar de muestreo. Para referencia, el Apéndice E contiene fotografías de las especies recogidas.

Garantía de la Calidad y Control de la Calidad

Los datos utilizados en esta investigación satisfacen las normas establecidas de la EPA en cuanto a garantía de la calidad adecuada y medidas de control para procedimientos de muestreo, procedimientos de la cadena de custodia, procedimientos de laboratorio, y notificación de datos. Los métodos analíticos y los límites de detección establecidos para esta investigación fueron congruentes con los objetivos del estudio y fueron suficientes para permitir una evaluación conservadora de las implicaciones sanitarias. El Apéndice B contiene detalles adicionales con respecto a los métodos de muestreo para la investigación sobre pescados y mariscos de la ATSDR.

⁴Originalmente, la ATSDR planificó recoger cangrejos de tierra azules y cangrejos de mar de las seis localizaciones de muestreo. Sin embargo, debido a las restricciones de tiempo y problemas logísticos enfrentados durante el muestreo, se decidió limitar la recolección a estos lugares clave.

C. Resultados

Salud General de los Organismos

Todos los organismos recogidos fueron examinados físicamente de manera breve. No obstante, en los boquicoloraos (*H. plumieri*) recogidos en el mercado de pescados ya se habían limpiado las cavidades intestinales antes de la venta; en consecuencia, no fue posible realizar un examen interno. Todos los organismos recogidos de las localizaciones de muestreo tuvieron aspecto saludable. Pocos tuvieron alguna deformidad o parásitos obvios, con la excepción de lo siguiente:

- Se observó que un ronco blanco francés proveniente de la localización 6 tenía una aleta anal deformada. No se pudo determinar la causa de la deformidad (heredad o defecto de crecimiento). Se observó que una especie de pescado *cabrilla* (*Epinephelus cruentatus*) recogido en la localización 3 tenía un estómago hundido, pero no se pudo determinar la causa.

- Parásitos externos e internos son comunes en peces de arrecifes, y en cantidades bajas no indican un sistema estresado. Se presentó un caso único de un pez con parásitos externos (isópodos en la cavidad de las agallas de un ronco azul de la localización 3) y se observó que tres pescados presentaron parásitos internos (gusanos no identificados en la cavidad peritoneal de dos mero cabrillas del mercado de pescados y un mero mantequilla de la localización 6).

Análisis químicos

Nota explicativa: Los promedios se calcularon mediante concentraciones detectadas solamente y no tuvieron en cuenta valores no detectados. A pesar de que esto tiende a sobreestimar los valores medios reales, la ATSDR decidió basar sus evaluaciones de salud en los promedios más conservadores para proteger más la salud pública.

Compuestos explosivos

Se analizaron tejidos de pescados y mariscos para detectar la presencia de compuestos explosivos. No se observaron compuestos explosivos en tejidos de pescado de ninguna de las localizaciones de muestreo. De las 42 muestras de mariscos, solo cangrejos de mar contuvieron un compuesto explosivo⁵ (HMX; consulte el Cuadro 5). No se detectaron compuestos explosivos en muestras de caracolas, langostas o cangrejos de tierra de ninguna de las localizaciones (consulte el Cuadro 9).

Metales

Se analizaron tejidos de pescados y mariscos en cuanto a la presencia de metales pesados. El hallazgo de metales pesados en pescados y mariscos no es exclusivo para Vieques. Según la geología y la composición química de la zona, se pueden encontrar diferentes metales en concentraciones diversas (por ejemplo, EPA 2001). Si los niveles son demasiado altos y representan una preocupación sanitaria, los organismos de la salud publican advertencias en contra del consumo de pescados o mariscos. De los metales pesados, el mercurio es la sustancia química preocupante en el mayor número de estados (EPA 2000).

⁵Accidentalmente se omitió enjuagar a los cangrejos de mar para eliminar la arena y la suciedad antes de colocarlos en recipientes de muestra. Las concentraciones detectadas tal vez no representen precisamente los niveles de HMX en cangrejos de mar, sino que las concentraciones podrían estar artificialmente elevadas debido a la contaminación externa con arena y suciedad.

- *Pescados.* Se detectó calcio, magnesio, potasio, selenio y sodio en todas las muestras de pescado. Cromo, cobre y zinc se detectaron también frecuentemente (en más de 90% de las muestras). Aluminio, arsénico, bario y mercurio se detectaron en 72–78% de las muestras. Manganeso y hierro se detectaron en 65% y 60% de las muestras, respectivamente. Plomo y berilio se detectaron en 35% y 19% de las muestras, respectivamente. Cadmio, cobalto, níquel, plata y vanadio se detectaron de manera infrecuente (en menos de 10% de las muestras) y antimonio y talo no se detectaron en pescados. En el Cuadro 8 se resumen las gamas, promedios y frecuencia de las detecciones.

- *Mariscos.* Se detectó calcio, cobre, magnesio, potasio, selenio, sodio y zinc en cada una de las muestras de mariscos y, con frecuencia, se detectó también cromo (95% de las muestras). Se detectó aluminio, arsénico, bario, hierro y manganeso en 64–89% de las muestras. Se detectó cadmio, mercurio, plata y vanadio en 34–55% de las muestras. Con menor frecuencia se detectó berilio, cobalto y plomo (en menos de 25% de las muestras). No se detectó antimonio, níquel y talo en mariscos. En el Cuadro 9 se resumen las gamas, los promedios y la frecuencia de las detecciones.

- *Cangrejos de mar.* No se detectó antimonio, berilio, plomo, mercurio y talo en cangrejos de mar y se detectó níquel en 50% de las muestras⁶. Los metales restantes se detectaron en cada una de las muestras compuestas de cangrejos de mar. En el Cuadro 5 se resumen los resultados bajo la Zona de Impacto de Combate.

⁶Accidentalmente se omitió enjuagar a los cangrejos de mar para eliminar la arena y la suciedad antes de colocarlos en recipientes de muestra. Las concentraciones detectadas tal vez no representen precisamente los niveles de metales en cangrejos de mar, sino que las concentraciones podrían estar artificialmente elevadas debido a la contaminación externa.

Metilmercurio

Se analizó una muestra de tejido de cada una de las cuatro especies (mero cabrilla, ronco, colirrubia y langosta marina) recogidas del mercado de pescados (localización 5) en cuanto a la presencia de metilmercurio. Se detectó metilmercurio en concentraciones de 0.02–0.08 ppm (partes por millón) en pescados y 0.019 ppm en mariscos. Los resultados se resumen en los Cuadros 8 y 9.

¿Son los niveles de mercurio más altos en pescados de Vieques?

Dada su persistencia en el medio ambiente y la propiedad bioacumulativa, el mercurio es el contaminante primario que determina los comunicados sobre pescados—aproximadamente 75% de los comunicados sobre pescados se relacionan con la contaminación con mercurio (EPA 2002). En general, los niveles de mercurio medidos en los pescados recogidos en Vieques fueron aproximadamente iguales a aquellos del territorio principal de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. En Vieques, el nivel medio de mercurio fue 0.12 ppm. Los niveles medios de mercurio encontrados en las mismas especies de pescado proveniente de Puerto Rico y las Islas Vírgenes oscilaron entre 0.07 y 0.70 (Burger et al. 1992). Es interesante también observar que las personas que consumen pescado de Vieques recibirán aproximadamente una cantidad de mercurio tan alta como las personas que consumen conserva de atún (según un estudio de la FDA que data de 1991, la concentración media de mercurio en conserva de atún es 0.17 ppm; Yess 1993 según se cita en ATSDR 1999a).

V. EVALUACIÓN DE PESCADOS Y MARISCOS DE VIEQUES

A. Introducción

¿Qué significa exposición?

Las Evaluaciones de la Salud Pública de la ATSDR están determinadas por exposición o contacto. Las sustancias químicas liberadas al medio ambiente tienen el potencial de producir efectos nocivos para la salud. No obstante, *una emisión no siempre resulta en una exposición*. Las personas pueden solamente estar expuestas a una sustancia química si entran en contacto con esa sustancia química. Si nadie entra en contacto con una sustancia química, no hay exposición, de esta manera no pueden ocurrir efectos para la salud. A menudo el público en general no tiene acceso al área donde tiene lugar la emisión ambiental; no obstante, es importante determinar si las sustancias químicas se desplazan por el medio ambiente a lugares en que las personas podrían entrar en contacto con ellas.

Los medios en los cuales una sustancia química avanza por el medio ambiente y la manera en que las personas entran en contacto con la sustancia química, definen una *vía* de exposición. La ATSDR identifica y evalúa vías de exposición considerando cuántas personas podrían entrar en contacto con una sustancia química. En la presente evaluación de la salud pública, la ATSDR evalúa exposiciones a partir del consumo de pescados y mariscos presuntamente contaminados provenientes de las aguas costeras y terrenos cercanos a la costa de Vieques.

Si alguien está expuesto, ¿se enferma?

La exposición no siempre produce efectos dañinos para la salud. El tipo y la gravedad de los efectos sobre la salud que ocurren en una persona a partir del contacto con una sustancia química dependen de la concentración de la exposición (la cantidad), la frecuencia y la duración de la exposición (cuánto tiempo) y la multiplicidad de la exposición (combinación de sustancias químicas). Una vez que ocurre la exposición, características como edad, sexo, situación nutricional, genética, estilo de vida y estado de salud de la persona expuesta influyen en la manera en que esa persona absorbe, distribuye, metaboliza y excreta la sustancia química. En conjunto, estos factores y características determinan los efectos sobre la salud que pueden resultar de exposición a una sustancia química en el medio ambiente.

Existe incertidumbre considerable con respecto al nivel verdadero de exposición a la contaminación ambiental. A fin de tener en cuenta esta incertidumbre y proteger la salud pública, los científicos de la ATSDR generalmente utilizan estimaciones altas y pesimistas del nivel de exposición para determinar la factibilidad de efectos dañinos para la salud. La ATSDR utilizó los siguientes métodos conservadores durante esta evaluación de la salud pública:

- La ATSDR evaluó exposición humana a partir del consumo de pescados y mariscos provenientes de Vieques diariamente (es decir, 365 días al año) a pesar de que un estudio anterior de la Universidad Metropolitana demostró que solo 16% de los residentes de Vieques consumen pescado cinco veces o más por semana (Caro et al. 2000).
- La ATSDR calculó promedios mediante el uso de concentraciones detectadas solamente y no tuvo en cuenta valores no detectados. Esto tiende a sobreestimar los verdaderos valores promedio.

- Al estimar la cantidad de arsénico inorgánico, la forma más dañina, en el arsénico total en pescados y mariscos, la ATSDR presumió que 20% del arsénico total detectado fue en la forma inorgánica, a pesar de que la FDA recomienda que 10% del arsénico total se considere inorgánico y una cantidad tan baja como 1% puede ser inorgánica (ATSDR 2000a; Francesconi y Edmonds 1997; NAS 2001b; FDA 1993).

En consecuencia, los niveles estimados de exposición son mucho más altos que los niveles a los cuales las personas están realmente expuestas. Si los niveles de exposición indican que efectos dañinos para la salud son posibles, se lleva a cabo un examen más detallado de la exposición, en combinación con información científica de la bibliografía toxicológica y epidemiológica sobre los efectos para la salud de la exposición a sustancias peligrosas.

¿Qué situaciones de exposición se analizaron en la presente evaluación de la salud pública?

La ATSDR centró la presente evaluación de la salud en muestras comestibles en cuya recolección la ATSDR trabajó conjuntamente con el GRA/EPA en julio de 2001 en seis localizaciones en Vieques y alrededores, incluidas cinco familias de pescados comúnmente atrapados y consumidos y tres especies de mariscos (consulte el Cuadro 7). Los cangrejos de mar no se incluyeron en la evaluación de la salud porque según entiende la ATSDR, los cangrejos de mar no constituyen una especie que las personas consuman. Cada una de las otras especies fue considerada una representación equitativa de los pescados o los mariscos que son consumidos directamente por los residentes de Vieques.

La ATSDR evaluó varios casos hipotéticos diferentes de consumo según la ingesta de pescados y mariscos de una persona. De acuerdo con el estudio llevado a cabo por la Universidad Metropolitana, casi la mitad de los residentes de Vieques consume pescados una o dos veces por semana. No obstante, aproximadamente 16% respondió que consume pescados cinco veces o más por semana (UMET 2000). En consecuencia, a fin de representar la variabilidad en los

hábitos alimentarios, la ATSDR estimó la exposición a partir del consumo de pescados o mariscos 7 días a la semana, 5 días a la semana, 4 días a la semana, 2 días a la semana y 1 día a la semana. En primer término se evaluó el caso hipotético que contempló el consumo de pescados o mariscos 7 días a la semana. Si este nivel de ingesta reveló un riesgo presunto para la salud, la ATSDR determinó lo que debiera ser un nivel de consumo sin riesgos.

Metales particulares en especies individuales oscilaron según la localización (ATSDR 2002). De esta manera, es posible que si una persona come de manera regular pescados o mariscos atrapados en un lugar único, a diferencia de lugares múltiples, el nivel de ingesta de metales puede ser diferente al promedio (bien más alto o bien más bajo que el promedio). En consecuencia, además de determinar una exposición general para las personas que consumen pescados y mariscos de diferentes lugares en torno a Vieques, la ATSDR examinó también si el consumo de pescados o mariscos de un lugar específico produciría efectos nocivos para la salud de las personas.

La Universidad Metropolitana interrogó a los residentes de Vieques sobre los tipos de pescados que consumen y notificó que el colirrubia era la especie de pescado consumida con mayor frecuencia (Caro et al. 2000). Mediante conversaciones con varios pescadores y residentes de Vieques, incluido el solicitante, la ATSDR confirmó que las cuberas se encontraron entre las especies más deseadas, atrapadas y consumidas en comparación con otras especies de pescado. En consecuencia, la ATSDR consideró también una situación específica en que las personas comían cuberas a diario.

A manera de referencia, el Apéndice A es un glosario de términos ambientales y de salud y el Apéndice D describe en mayor detalle los métodos y las presunciones utilizadas por la ATSDR en la estimación de las dosis de exposición humana y la determinación de los efectos para la salud.

B. Evaluación de la Salud Pública***¿Es perjudicial a la salud comer pescados y mariscos de Vieques?***

No, los pescados y los mariscos de Vieques no son dañinos a la salud por el consumo. A pesar de que se detectaron varios metales en algunos de los pescados y los mariscos, las concentraciones presentes fueron muy bajas para constituir una preocupación sanitaria en prácticamente todas las situaciones de exposición evaluadas. El Apéndice D describe en mayor detalle la manera en que la ATSDR llegó a esta conclusión.

¿Es perjudicial a la salud comer pescados y mariscos todos los días?

No, no es dañino consumir a diario una variedad de pescados y mariscos provenientes de Vieques. La ATSDR evaluó esta situación hipotética específica en detalle en el Apéndice D y determinó que el consumo de una variedad de pescados y mariscos no resultaría en efectos adversos para la salud o un aumento en el riesgo de padecer cáncer.

Niveles de arsénico en langostas

En el Apéndice D, la ATSDR evaluó concentraciones de arsénico en langostas en detalle habida cuenta de su tendencia a almacenar arsénico presente naturalmente en el medio ambiente (la investigación ha demostrado que los organismos marinos tienden a acumular arsénico que está presente naturalmente en el agua de mar y los alimentos, en lugar de acumular solamente arsénico debido a contaminación local; Eisler

Los niveles de arsénico en pescados y mariscos son generalmente del orden de 4–5 ppm, pero pueden alcanzar 170 ppm (Bennett 1986; NAS 1977b; Schroeder y Balassa 1966 según se cita en ATSDR 2000a). De acuerdo con un estudio del Servicio Nacional de Pesquerías Marinas, niveles medios de arsénico en langostas oscilan entre 10 y 20 ppm (FDA 1993). Sin embargo, la FDA observa que en algunos casos los niveles de arsénico en langostas pueden superar 100 ppm (Benson y Summons 1981; Bohn 1975; LeBlanc y Jackson 1973 según se cita en FDA 1993). En comparación, los niveles de arsénico en langostas provenientes de Vieques oscilaron entre 23.4 y 48.3 ppm y promediaron 32.9 ppm.

1994 según se cita en ATSDR 2000a). Las langostas de Vieques no contuvieron niveles de arsénico más altos que el nivel de preocupación de la FDA para el consumo medio (76 ppm; FDA 1993). No obstante, sobre la base de una situación de exposición hipotética (consumo de langostas provenientes de Vieques todos los días), mediante presunciones altamente conservadoras (la ATSDR presumió que 20% del arsénico total se encuentra en forma inorgánica), la ATSDR determinó que el consumo de más de dos comidas con langosta todas las semanas durante 70 años podría teóricamente producir efectos dañinos para la salud. No obstante, este resultado es cuestionable porque (1) existe gran incertidumbre en torno al nivel en el cual se detectan efectos sobre la salud y (2) según la investigación científica, la cantidad de arsénico presente en las langostas provenientes de Vieques es suficientemente baja para controlarse por medio de procesos metabólicos normales en el cuerpo (ATSDR 2000a). Consulte el tratamiento del arsénico en el Apéndice D para obtener detalles adicionales.

La ATSDR concluye que las langostas provenientes de Vieques son inocuas para el consumo y solo en casos hipotéticos altamente improbables con varios niveles de conservadurismo incorporados a la evaluación podrían los niveles de arsénico en langostas constituir un problema para personas que consumen más de dos comidas de langosta por semana durante la vida.

¿Es perjudicial a la salud comer pescados y mariscos provenientes de cualquier localización?

No, el consumo de pescados y mariscos provenientes de todas las zonas que fueron muestreadas por la ATSDR no presenta riesgos. A pesar que se detectaron algunos metales en concentraciones más altas en diferentes lugares, ninguno fue tan alto que la ATSDR prevé efectos adversos para la salud en personas que pueden exclusivamente comer pescados o mariscos de un lugar único (por ejemplo, solo del mercado de pescados o solo de áreas en torno a la ZIC). En otras palabras, a pesar de que existen diferencias en las cargas corporales de los pescados y los mariscos entre las localizaciones, estas diferencias son demasiado pequeñas para repercutir en la salud pública.

¿Es perjudicial a la salud comer los pescados atrapados más comúnmente y consumidos todos los días?

La ATSDR determinó que no es perjudicial consumir pargo (cubera, colirrubia), el cual según se informa, es la especie más apetecible y consumida con mayor frecuencia, a diario. Hacia el final del Apéndice D, la ATSDR describe en mayor detalle la manera en que se llegó a esta conclusión.

VI. PREOCUPACIONES SANITARIAS DE LA COMUNIDAD

Una parte integral del proceso de evaluación de la salud pública es abordar las preocupaciones de la comunidad en relación con el saneamiento ambiental. La ATSDR ha trabajado y continuará trabajando con la comunidad a fin de definir cuestiones sanitarias específicas motivo de preocupación. En varios viajes a la isla, la ATSDR se ha reunido con una serie de personas y organizaciones, incluyendo funcionarios locales, médicos, enfermeras, farmacéuticos, líderes de grupos de mujeres, educadores de escuela, pescadores y empresarios. La ATSDR se ha reunido también con familias individuales. La reunión con miembros de la comunidad provenientes de un amplio espectro es esencial a fin de determinar cuestiones sanitarias que constituyen motivo de preocupación y evaluar las cuestiones de saneamiento ambiental en Vieques.

Cuestiones generales de preocupación sanitaria en relación con la exposición al suelo, aguas subterráneas y agua potable pública en Vieques se abordaron en evaluaciones de la salud pública anteriores (ATSDR 2001a, 2001b). Otra evaluación de la salud pública se centrará en el tratamiento de cuestiones sanitarias presuntas a raíz de emisiones atmosféricas de la ZIC. Por otra parte, un grupo de examen de expertos trató la cuestión de la existencia de una asociación entre el lugar de residencia y las modificaciones cardiovasculares morfológicas entre los pescadores (ATSDR y PSM 2001). La presente sección de la evaluación de la salud pública aborda preocupaciones comunitarias adicionales en relación con la evaluación de pescados y mariscos.

1. Inquietud: Tambores en embarcaciones hundidas de la Marina

En noviembre de 1999, el Gobierno de Puerto Rico contrató a una firma legal, la cual contrató a la Universidad de Georgia, para examinar la salud de los arrecifes de corales. Durante la investigación informaron observar dos embarcaciones hundidas en la Bahía Salina del Sur (al sur de la ZIC) que tenían cientos de tambores de 55 galones con contenido desconocido. La comunidad expresó preocupación que sustancias desconocidas podrían estar escapándose de estos tambores y contaminando la biota marina.

A fin de abordar esta inquietud, la ATSDR muestreó y analizó pescados y mariscos en torno a las dos embarcaciones hundidas en julio de 2001 como localización de muestreo 2. A pesar de la presencia simultánea de artillería sin explorar, ambas embarcaciones albergaban una población diversa de peces aparentemente saludables y corales de cabeza pequeña y estaban rodeadas por un gran halo y un lecho de pasto de tortuga sano (consulte el Apéndice C para obtener detalles adicionales). Por otra parte, los pescados y los mariscos recogidos en la localización 2 no contienen niveles de metales o compuestos explosivos que afectarán negativamente la salud de alguna persona que consuma pescados y mariscos provenientes de esta zona (consulte Evaluación de la Salud Pública (Sección VB) y Apéndice D para obtener detalles adicionales).

La Marina y el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico condujeron entrevistas con el personal y analizaron los antecedentes en documentos de las embarcaciones hundidas. El personal observó que a pesar de numerosas operaciones de sobrevuelo, nadie observó ninguna pérdida de material residual, marea negra o frentes de los naufragios (Marina 2000a). El comité investigativo trazó una hipótesis que los tambores de 55 galones estaban llenos de aire y colocados a bordo para aumentar la flotabilidad a fin de mantener a las embarcaciones a flote tanto tiempo como fuera posible (Marina 2000a). Una segunda teoría es que, además de utilizarse para flotabilidad prevista adicional, los tambores de 55 galones estaban llenos con

arena o agua de mar y utilizados como lastre a fin de redistribuir el peso de la embarcación (es decir, agregar estabilización) después de realizar varias modificaciones para retirar gran parte de la superestructura, armamento y componentes pesados de ingeniería (Geo-Marine 2002).

En 2001, la Marina realizó una investigación en el lugar y caracterizó los organismos biológicos a fin de evaluar la salud de las especies marinas en las embarcaciones y alrededores y evaluar las repercusiones presuntas en la biota circundante (Geo-Marine 2002). La conclusión general fue que las embarcaciones hundidas y sus contenidos no tienen un efecto adverso en el ecosistema de arrecifes de corales, en cambio actúan como un hábitat artificial productivo para los arrecifes. La Marina suministrará estos resultados a la EPA, que conjuntamente con la Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico (JCAPR), determinará si se justifica realizar análisis adicionales.

La Marina y el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico condujeron entrevistas con el personal y analizaron los antecedentes en documentos de las embarcaciones hundidas. El personal observó que a pesar de numerosas operaciones de sobrevuelo, nadie observó ninguna pérdida de material residual, marea negra o frentes de los naufragios (Marina 2000a). El comité investigativo concluyó que las embarcaciones fueron hundidas para ser utilizadas como blancos durante ejercicios que tuvieron lugar al menos hace 20 años y que los tambores de 55 galones fueron colocados a bordo para aumentar la flotabilidad a fin de mantener a las embarcaciones a flote tanto tiempo como fuera posible (Marina 2000a). La Marina se ha comprometido a documentar adicionalmente las condiciones ambientales de las embarcaciones hundidas y suministrará los resultados a la EPA, que conjuntamente con la Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico (JCAPR), determinará si se justifica realizar análisis adicionales.

2. Inquietud: Consumo de Cofre (Chapín)

Durante la visita a Vieques, la ATSDR se reunió con el solicitante, quien al momento, solicitó específicamente a la ATSDR que recogiera y analizara cofre (familia Ostraciidae; por ejemplo,

chapín) del mercado de pescados. A pedido de la ATSDR, el solicitante ha compilado una lista de pescados atrapados y consumidos en Vieques e informado que *Chapín* es la especie preferida para el relleno de pastelillos. Al observar que los resultados y las conclusiones serían limitados, la ATSDR aceptó recoger una muestra representativa. Se compró un chapín (*Lactophrys polygonia*) en el mercado de pescados para análisis. Los resultados se presentan en el Cuadro 10.

De los pescados analizados por la ATSDR, chapín tuvo las concentraciones más altas de arsénico (29.3 ppm) y selenio (2.5 ppm). Cabe destacar que no es inusual que diferentes muestras de la misma especie contengan concentraciones químicas que difieren; por tanto, otras muestras de chapín pueden contener niveles más altos o más bajos de estas sustancias químicas. No obstante, el consumo de chapín con los niveles detectados no se prevé que resulte en efectos nocivos para la salud (consulte detalles adicionales en el Apéndice D sobre los métodos y las presunciones que utilizó la ATSDR para estimar las dosis de exposición humana y determinar los efectos para la salud).

Los miembros de la comunidad pueden dirigir inquietudes sanitarias adicionales a:

*Program Evaluation and Records Information Services Branch
ATSDR, Division of Health Assessment and Consultation
Attn: Isla de Vieques, Puerto Rico
1600 Clifton Road, NE (E-56)
Atlanta, Georgia 30333*

Los miembros de la comunidad pueden también comunicarse telefónicamente con los representantes regionales de la ATSDR en Nueva York, Nueva York, al (212) 637-4307 o llamar al número telefónico gratuito, 1-888-42-ATSDR.

VII. INICIATIVA DE LA ATSDR EN PRO DE LA SALUD INFANTIL

La ATSDR reconoce que los lactantes y los niños pueden ser más sensibles a la contaminación de sus alimentos que los adultos porque los niños son más pequeños, con lo cual la exposición durante la infancia resulta en dosis más altas de exposición química por peso corporal. Dado que los niños pueden padecer daño permanente si estos factores producen exposición tóxica durante etapas críticas del desarrollo, la ATSDR está comprometida a evaluar los intereses especiales en localizaciones como Vieques, como parte de su Iniciativa en pro de la Salud Infantil.

La ATSDR evaluó específicamente la exposición de los niños y determinó que pueden consumir pescados y mariscos provenientes de Vieques de manera segura.

VIII. CONCLUSIONES

Mediante su programa de análisis y evaluación de la salud pública, la ATSDR ha trazado las siguientes conclusiones en lo que respecta a los pescados y los mariscos de Vieques:

- La ATSDR concluye que las exposiciones a contaminantes en pescados y mariscos no se manifiestan a niveles que se prevé producirán efectos nocivos para la salud y, por tanto, el sitio no representa un riesgo para la salud pública. Dado que la exposición es aun posible a estos niveles bajos, la ATSDR ha categorizado el consumo de pescados y mariscos como que *“no constituye un riesgo aparente para la salud pública”*.
- Durante la toma de muestras en julio de 2001, se observó el aspecto y la salud general de los arrecifes en todos los lugares de muestreo. Si bien no se recabaron datos cuantitativos, se observó que todas los lugares de muestreo parecieron albergar poblaciones diversas, saludables de organismos marinos y que los arrecifes se encontraban en buena condición
- El personal de operaciones examinó brevemente cada muestra de pescados y mariscos e informó que con muy pocas excepciones, los organismos recogidos parecían tener aspecto saludable.
- Se detectaron varios metales en algunos pescados y mariscos de Vieques. No obstante, las concentraciones presentes fueron demasiado bajas para constituir una preocupación sanitaria.
- Dado que los metales individuales en las especies individuales variaron según el lugar, la ATSDR evaluó si el consumo de pescados o mariscos provenientes de cualquier lugar específico podría producir efectos nocivos para la salud de las personas. Las

concentraciones presentes en cada lugar fueron demasiado bajas para constituir una preocupación sanitaria.

- La Universidad Metropolitana informó que colirrubia fue la especie de pescado consumida más comúnmente (Caro et al. 2000). Por otra parte, muchos pescadores y residentes de Vieques también indicaron a la ATSDR que el pargo (cubera, colirrubia) era la especie de pescado más deseada generalmente, atrapada y consumida en comparación con otras especies. Por tanto, la ATSDR evaluó la situación específica de personas que consumen colirrubia todo los días y concluyó que las concentraciones químicas presentes en la colirrubia (cubera) eran demasiado bajas para constituir una preocupación sanitaria.

- Los miembros de la comunidad manifestaron su inquietud con respecto al impacto presunto en la biota marina en las inmediaciones de dos embarcaciones hundidas de la Marina al sur de la ZIC. Se recogieron pescados y mariscos en torno a las dos embarcaciones hundidas y se analizaron durante la iniciativa para muestreo de la ATSDR. La ATSDR concluyó que las concentraciones químicas en los pescados y los mariscos recogidos en esta área eran demasiado bajas para constituir una preocupación sanitaria.

- El solicitante solicitó específicamente a la ATSDR que recogiera y analizara cofre (por ejemplo, chapín) del mercado de pescados. Se compró un cofre alveolado para análisis. Según las concentraciones detectadas de sustancias químicas, el consumo de chapín con los niveles detectados no se prevé que produzca efectos nocivos para la salud.

IX. PLAN DE ACCIÓN PARA LA SALUD PÚBLICA

El Plan de Acción para la Salud Pública de Vieques contiene una descripción de las medidas tomadas y las que serán tomadas por la ATSDR, la Marina, la EPA, USGS, la Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico (JCAPR) y el Departamento de Salud de Puerto Rico. El propósito del Plan de Acción para la Salud Pública es garantizar que esta evaluación de la salud pública no solo identifique riesgos para la salud pública sino que también suministre un plan de acción para mitigar y prevenir efectos adversos para la salud humana que resulten de la exposición a sustancias peligrosas en el medio ambiente. Las medidas de salud pública completadas, en curso y recomendadas son las siguientes:

Medidas completadas:

- En agosto de 1999, la ATSDR realizó una visita inicial a Vieques con el propósito de reunirse con el peticionante, recorrer la isla y el campo de bombardeo y recabar datos ambientales disponibles. Como resultado de esta visita al sitio, la ATSDR aceptó la petición del residente e inició el proceso de evaluación de la salud pública.
- En junio y octubre de 2000, la ATSDR discutió con los prestadores de asistencia sanitaria local sus inquietudes sobre la salud pública y suministró capacitación con respecto a la manera de evaluar médicamente las exposiciones ambientales. Durante estas visitas, la ATSDR se reunió con muchos residentes de la isla con el propósito de discutir inquietudes de salud.
- En septiembre de 2000, la ATSDR se reunió con varios organismos, incluidos el Departamento de Salud de Puerto Rico, la JCAPR, EPA, US Geological Survey, y la Marina, para recabar datos y discutir el alcance y la naturaleza de las investigaciones de la

ATSDR. La ATSDR también se reunió con el solicitante para visitar varios sitios en Vieques y actualizar al peticionante sobre las iniciativas.

- En marzo de 2001, la ATSDR celebró una sesión de disponibilidad pública para reunirse individualmente con miembros de la comunidad con respecto a los resultados de la evaluación del agua potable y las aguas subterráneas en Vieques.
- En abril de 2001, la ATSDR recorrió Vieques por tierra y por aire con el propósito principal de identificar zonas propicias para tomar muestras de pescados y mariscos lejos de la costa de Vieques.
- En junio de 2001, la Marina, la ATSDR, y los contratistas de ambas recogieron muestras de aire en Vieques a fin de caracterizar los niveles de contaminación atmosférica durante ejercicios de bombardeo aire a tierra.
- En julio de 2001, la ATSDR, la Facultad de Medicina Ponce, y los CDC patrocinaron un grupo de examen de expertos a fin de abordar si existía una asociación entre lugar de residencia (Vieques o Playa Ponce) y cambios cardiovasculares morfológicos entre los pescadores.
- La ATSDR trabajó con GRA/EPA para recoger y analizar pescados y mariscos en las aguas costeras y las zonas costeras cercanas de Vieques en julio de 2001. En ese momento, la ATSDR se reunió también con el solicitante para suministrar una actualización sobre los esfuerzos de la ATSDR.
- En septiembre de 2001, la ATSDR realizó actividades adicionales con la participación de la comunidad para informar a los participantes sobre el alcance de las investigaciones de la ATSDR y obtener contribuciones adicionales de la comunidad. Se celebraron cursos de

capacitación continua e instrucción sobre salud pública dirigidos a enfermeras de Vieques y se suministró instrucción sobre saneamiento ambiental a padres de la zona y estudiantes secundarios

- En octubre de 2001, la ATSDR publicó la evaluación de la salud pública para la Evaluación de las Fuentes de Agua Potable y Vía de Aguas Subterráneas (ATSDR 2001a). Este informe concluyó que el aprovisionamiento de agua potable público en Vieques no representa un riesgo para la salud pública. No obstante, niveles altos de nitratos y nitritos, más probablemente resultado de la contaminación agrícola, en un pozo de agua potable privado, indican una preocupación sanitaria para niños y mujeres embarazadas si bebieron agua de ese pozo.
- En octubre de 2001, la ATSDR publicó un resumen del examen del grupo de expertos sobre la posibilidad de una asociación entre lugar de residencia y modificaciones cardiovasculares morfológicas entre los pescadores (ATSDR y PSM 2001). El grupo determinó que el estudio bien realizado no reveló ninguna indicación de función cardíaca anormal atribuible al engrosamiento del pericardio.
- En octubre de 2001, la ATSDR publicó la versión para comentarios públicos de la Evaluación de la Salud Pública para la Evaluación de la Vía del Suelo (ATSDR 2001b). Este documento concluyó que no existen pruebas que los residentes estén expuestos a niveles nocivos de contaminación en suelos.
- En noviembre de 2001, la Marina realizó una investigación en el lugar y caracterizó los organismos biológicos a fin de evaluar la salud de las especies marinas sobre y en torno a las embarcaciones hundidas de la Marina y evaluar las repercusiones presuntas en la biota circundante. La EPA y la JCAPR examinarán los resultados y determinarán si se justifica realizar análisis adicionales.

Medidas en curso:

- La ATSDR continúa reuniéndose con diferentes miembros y organizaciones de la comunidad para recibir inquietudes e intercambiar información. Esta iniciativa continuará durante todo el proceso de evaluación de la salud pública.
- La ATSDR continuará reuniéndose con prestadores locales de atención sanitaria para discutir preocupaciones sanitarias para la comunidad y ofrecer materiales didácticos a fin de abordar las necesidades de salud de la comunidad
- El Departamento de Salud de Puerto Rico está trabajando en Vieques y en Puerto Rico en general para reunir información sobre la incidencia del cáncer en Puerto Rico y en Vieques. La información se agregará a la información actual del registro de información sobre cáncer
- La ATSDR examinará la información del registro de casos de cáncer y los datos recabados por el Departamento de Salud de Puerto Rico. La información se evaluará en lo que respecta a vías presuntas de exposición ambiental.

PREPARADORES DEL INFORME

Jeffrey Kellam, M.S.
Geólogo
Filial de Evaluación de Establecimientos Federales
División de Evaluación y Consultas de Salud

Gary Campbell, Ph.D.
Científico de Salud Ambiental, Jefe de Sección
Filial de Evaluación de Establecimientos Federales
División de Evaluación y Consultas de Salud

Michelle Arbogast, M.S.
Científico Ambiental
Eastern Research Group

Grupo de Análisis en el Terreno

Gregory Zarus, M.S.
Científico Atmosférico
Filial de Investigaciones y Consulta sobre Exposición
División de Evaluación y Consultas de Salud

Alan Humphrey
Científico Ambiental
Grupo de Respuesta Ambiental de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos

Daniel Cooke, M.S.
Científico Marino
Lockheed Martin

REFERENCIAS

- La Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades (ATSDR). 1990. Toxicological profile for cobre. Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos; Atlanta, Georgia. Diciembre de 1990.
- ATSDR. 1994. Toxicological profile for zinc. Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos; Atlanta, Georgia. Mayo de 1994.
- ATSDR. 1999a. Toxicological profile for mercurio. Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos; Atlanta, Georgia. Marzo de 1999.
- ATSDR. 1999b. Toxicological profile for cadmiun. Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos; Atlanta, Georgia. Julio de 1999.
- ATSDR. 1999c. Toxicological profile for lead. Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos; Atlanta, Georgia. Julio de 1999.
- ATSDR. 2000a. Toxicological profile for arsenic. Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos; Atlanta, Georgia. Septiembre de 2000.
- ATSDR. 2000b. Toxicological profile for chromium. Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos; Atlanta, Georgia. Septiembre de 2000.
- ATSDR. 2001a. Evaluación específica de la salud pública: evaluación de las fuentes de agua potable y las vías de aguas subterráneas, Isla de Vieques, Puerto Rico. División de Evaluación y Consultas de Salud; Atlanta, Georgia. 16 de octubre de 2001.
- ATSDR. 2001b. Evaluación de la salud pública: evaluación del suelo, Isla de Vieques, Puerto Rico. División de Evaluación y Consultas de Salud; Atlanta, Georgia. 23 de octubre de 2001.
- ATSDR. 2001c. Toxicological profile for selenium. Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos; Atlanta, Georgia. Septiembre de 2001.
- ATSDR. 2002. Exposure Investigation. Isla de Vieques: Edible Fish. Vieques, Puerto Rico. División de Evaluación y Consultas de Salud; Atlanta, Georgia. 20002.
- ATSDR y la Facultad de Medicina Ponce (PSM). 2001. Resumen para el Estudio sobre Corazón de Vieques: Grupo de Examen de Expertos para una reunión celebrada el 12 y 13 de julio de 2001. Disponible en URL: <http://www.atsdr.cdc.gov/NEWS/viequesheartreport.html>.

Austin Nutritional Research (ANR). 2001. Guía de referencia para minerales. Disponible en URL: <http://www.realtime.net/anr/minerals.html>. Última consulta 19 de septiembre de 2001.

Bermudez W. 1998. Brief history of Vieques. Disponible en URL: <http://www.vieques-island.com/hisindx.html>.

Burger J, Cooper K, Saliva J, Gochfeld D, Lipsky D, y Gochfeld M. 1992. Mercury Bioaccumulation in Organisms from Three Puerto Rican Estuaries. *Environmental Monitoring and Assessment* 22:181-197. 1992.

Caro DA, Nazario M, Diaz N. 2000. Toxicological Survey of Heavy Metals in Fish Populations, Vieques Island. Universidad Metropolitana, Facultad de Asuntos Ambientales. Junio de 2000.

CH2MHILL y Baker Environmental, Inc. (Baker). 1999. Results of the hydrogeologic investigation: Vieques Island, Puerto Rico. 4 de noviembre, 1999.

Colin PL. 1978. Caribbean Reef Invertebrates and Plants. T.F.H. Publications, Inc. Ltd., Neptune City, NJ.

Departamento de la Marina (Marina), División del Atlántico. 1990. Water quality study at the US Atlantic Fleet Weapons Training Facility, Isla de Vieques, Puerto Rico: Septiembre de 1990.

Marina. 2000a. Finding of no significant impact for inert naval surface fire support, air-to-ground bombing, amphibious landings, and simulated mine warfare training, to include August composite training unit exercise (COMPTUEX) Inner Range, Vieques, Puerto Rico. 27 de julio, 2000.

Comandante de la Marina (Marina), División del Atlántico, Naval Facilities Engineering Command. 2000b. Environmental Assessment for Transfer of the Naval Ammunition Support Detachment Property, Vieques, Puerto Rico. Noviembre de 2000. Disponible en URL: www.navyvieques.navy.mil/navyvieques.default.htm.

Marina. 2001a. Installation restoration program: Hoja Informativa de la Comunidad. Destacamento Naval de Apoyo de Artillería de los Estados Unidos, Isla de Vieques, Puerto Rico. Edición Número 2. Abril de 2001.

Eisenstein RS and Blemings KP. 1998. Iron regulatory proteins, hierro responsive elements and hierro homeostasis. *The Journal of Nutrition* 128: 2295-2298.

Agencia para la Protección del Medio Ambiente (EPA). 1991a. Toxicological review of cadmium. Washington, DC. Enero de 1991.

- EPA. 1991b. Toxicological review of selenio and compounds. Washington, DC. Junio de 1991.
- EPA. 1998. Toxicological review of hexavalent chromium. Washington, DC. Agosto de 1998.
- EPA/Environmental Response Team (ERT). 1998. Fish Handling and Processing. Revision 0.0. Standard Operating Procedure #2039. 10 de abril, 1998.
- EPA. 2000. Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories. Volumen 1: Fish Sampling and Analysis. Noviembre 2000. Disponible en URL: <http://www.epa.gov/OST/fish/guidance.html>.
- EPA. 2001. Base de Dato Nacional para la Evaluación Costera. Environmental Monitoring and Assessment Program. Última revisión: 30/7/2001. Disponible en URL: <http://www.epa.gov/emap>.
- EPA. 2002. Actualización: National Listing of Fish and Wildlife Advisories. Mayo de 2002. Disponible en URL: <http://www.epa.gov/waterscience/fish/advisories/factsheet.pdf>.
- Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA). 1993. Guidance document for arsenic in shellfish. Departamento de Salud y Servicio Sociales, Servicio de Salud Pública, Administración de Alimentos y Medicamentos, Centro para la Inocuidad de los Alimentos y la Nutrición Aplicada. Washington, DC. Enero de 1993. Disponible en URL: <http://www.foodsafety.gov/~frf/guid-as.html>.
- FDA. 1997. Preventing iron poisoning in children. Publicación de antecedentes de la FDA. 15 de enero de 1997. Disponible en URL: <http://vm.cfsan.fda.gov/~dms/>.
- Feron VJ, Jonker D, Groten JP, Horbach GJMJ, Cassee FR, Schoen ED, Opdam JJG. 1993. Combination technology: From challenge to reality. *Toxicology Tribune* 14: 1-3.
- Servicio de Pescados y Fauna y Flora de Estados Unidos (FWS). 2001a. Analytical reports for pesticide sampling in land crabs and fiddler crabs in west Vieques. 19 de octubre, 2001.
- FWS. 2001b. Analytical reports for inorganic sampling in land crabs and fiddler crabs in west Vieques. 24 de octubre, 2001.
- Francesconi KA and Edmonds JS. 1997. Arsenic and marine organisms. *Advances in Inorganic Chemistry* 44:147-189.
- Geo-Marine, Inc. 2002. Ex-USS Killen Site Investigation and Biological Characterization, Isla de Vieques, Estación Naval Roosevelt Roads, Puerto Rico. Junio de 2002.

Humann P. 1994. Reef Fish Identification; Florida, Caribbean, Bahamas. New World Publications, Inc., Jacksonville, FL.

IT Corporation (IT). 2000. Comando de Ingeniería de la Base Naval de la División del Atlántico. Air dispersion modeling and related analyses for Inner Range operations, Vieques, Puerto Rico. Knoxville, TN: Febrero de 2000.

Jones AB and Slotten DG. 1996. Mercury Effects, Sources, and Control Measures. A Special Study of the San Francisco Estuary Regional Monitoring Program. San Francisco Estuary Institute, Richmond, CA.

Kurtzweil P. 1993. Daily values encourage health diet. Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos. Mayo de 1993. Disponible en URL: <http://www.fda.gov/fdac/special/foodlabel/dvs.html>.

Massol Deyá A and Díaz E. 2000a. Biomagnification of Carcinogenic Metals in Crab Tissue, Vieques, Puerto Rico. Casa Pueblo de Adjuntas. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario Mayaguez, Departamento de Biología. 12 de enero, 2000.

McRoy CP and Helfferich C. 1977. Seagrass Ecosystems: A Scientific Perspective. Marcel Dekker, Inc. New York, New York.

Academia Nacional de Ciencias (NAS). 2001a. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. National Academy Press. Washington, DC. 2001. Disponible en URL: <http://books.nap.edu/books/0309072794/html/index.html>.

NAS. 2001b. Arsenic in Drinking Water: Actualización 2001. National Academy Press. Washington, DC. 2001. Disponible en URL: <http://books.nap.edu/books/0309076293/html/index.html>.

Centro Nacional de Datos Climáticos (NCDC). 1994. Annual climatological resumen for Vieques Island, Puerto Rico: Mayo de 1985 a enero de 1994.

Marina – consulte Departamento de la Marina

San Juan Star. 2002. Ecologist: Toxic chemicals found in Vieques crabs. página 5. 30 de mayo, 2002.

Seed J, Brown R, Olin P, Stephen S, and Foran JA. 1995. Chemical Mixtures: Current Risk Assessment Methodologies and Future Directions. Regulatory Toxicology and Pharmacology 22:76-94.

Torres-Gonzalez S. 1989. Reconnaissance of the ground-water resources of Vieques Island, Puerto Rico. US Geological Survey, Informe 86-4100. San Juan, Puerto Rico: 1989.

Oficina de Censo de los Estados Unidos. 2000. Censo de población y vivienda: Archivo de cinta resumen: Summary Tape File. Departamento de Comercio de los Estados Unidos. 2000.

United States Geological Survey (USGS). 2000. African dust causes widespread environmental distress. Abril 2000. Disponible en URL: <http://coastal.er.usgs.gov/african-dust/events.html>.

Young GA. 1978. Environmental dispersion of the products of explosions of conventional ordnance at Vieques Island, Centro de Armas de Superficie Naval: 28 de agosto, 1978.

Zieman JC and Zieman RT. 1989. The Ecology of the Seagrass Meadows of the West Coast of Florida: A Community Profile. Informe Biológico del Servicio de Pescados y Fauna y Flora de los Estados Unidos 85(7.25).

CUADROS

Cuadro 1. Datos del Censo de los Estados Unidos para el año 2000 en Vieques

Parámetro	Número de residentes	Porcentaje del total de residentes
Residentes totales	9,106	100%
Hombres	4,512	50%
Mujeres	4,594	50%
Mujeres en edad fecunda (15-44)	1,701	19%
Niños (de 6 años de edad y menores)	1,001	11%
Ancianos (de 65 años de edad y mayores)	1,263	14%

Fuente: Oficina de Censo de los Estados Unidos 2000

Notas: De acuerdo con los datos del censo para el año 2000, 2,366 familias vivían en Vieques. Los datos del censo para el año 2000 incluyen residentes de los terrenos de la Marina y las zonas residenciales.

Cuadro 2. Resumen de análisis de metales en cangrejos de mar realizados por Casa Pueblo de Adjuntas y la Universidad de Puerto Rico

Metal	Concentración media en extremidades de cangrejos (ppm)		Concentración media en cuerpos de cangrejos (ppm)	
	Puerto Mosquito	Laguna Icaco	Puerto Mosquito	Laguna Icaco
Cadmio	1.74	4.77	2.24	8.05
Cromo	25.48	23.07	40.27	40.70
Cobalto	12.17	9.82	10.32	35.69
Cobre	49.94	51.18	381.75	499.91
Plomo	ND	ND	ND	ND
Manganeso	86.56	37.17	199.96	97.75
Níquel	17.15	7.02	21.81	18.95
Zinc	62.99	61.91	120.80	75.59

Fuente: Massol Deyá y Díaz 2000a

Notas: Los promedios se informan en concentraciones de peso seco.
ND = no detectado

Cuadro 3. Resumen de Análisis de Metales en Filetes de Pescado Realizados por la Universidad Metropolitana

Metal	Norte de Vieques			Esperanza			Parquera (Puerto Rico continental)		
	Gama (ppm)	Promedio (ppm)	Frecuencia de detecciones	Gama (ppm)	Promedio (ppm)	Frecuencia de detecciones	Gama (ppm)	Promedio (ppm)	Frecuencia de detecciones
Arsénico	0.02–7.2	0.81	35/35	0.15–1.41	0.52	17/17	0.14–4.2	1.2	22/26
Cadmio	ND	ND	0/35	ND	ND	0/17	0.028	0.028	1/26
Plomo	ND	ND	0/35	0.2	0.2	1/17	ND	ND	0/26
Mercurio	0.004–0.1	0.024	28/35	0.008–0.38	0.02	16/17	0.002–0.052	0.011	17/26
Selenio	0.12–1.3	0.6	35/35	0.17–0.83	0.49	17/17	0.1–0.5	0.24	25/26
Zinc	1.2–9.1	3.8	35/35	3.3–8.2	5.4	17/17	0.7–6.2	3.0	26/26

Fuente: Caro et al. 2000

Nota: No se mencionó en el estudio si las concentraciones se informaron como concentraciones de peso húmedo o concentraciones de peso seco.
ND = no detectado

Cuadro 4. Resumen de Análisis de Metales en Piel de Pescado Realizados por la Universidad Metropolitana

Metal	Norte de Vieques			Esperanza			Parquera (Puerto Rico continental)		
	Gama (ppm)	Promedio (ppm)	Frecuencia de detecciones	Gama (ppm)	Promedio (ppm)	Frecuencia de detecciones	Gama (ppm)	Promedio (ppm)	Frecuencia de detecciones
Arsénico	0.07–4.46	0.58	32/35	0.19–1.7	0.73	17/17	0.07–10	1.4	24/26
Cadmio	ND	ND	0/35	ND	ND	0/17	ND	ND	0/26
Plomo	0.024–3.23	0.44	8/35	0.046–0.865	0.36	3/17	0.04–0.88	0.27	6/26
Mercurio	0.002–0.12	0.026	22/35	0.004–0.063	0.02	10/17	0.003–0.06	0.017	14/26
Selenio	0.076–1.35	0.67	34/35	0.127–0.93	0.44	9/17	0.14–1.34	0.39	22/26
Zinc	0.5–28.7	11.4	34/35	7.2–23.3	13.1	17/17	4.4–59.2	13.2	26/26

Fuente: Caro et al. 2000

Nota: No se mencionó en el estudio si las concentraciones se informaron como concentraciones de peso húmedo o concentraciones de peso seco.
ND = no detectado

Cuadro 5. Resumen de Sustancias Químicas en Cangrejos de Mar de la ZIC y Oeste de Vieques

Sustancia química	Zona de impacto de combate			Oeste de Vieques		
	Gama (ppm)	Promedio (ppm)	Frecuencia de detecciones	Gama (ppm)	Promedio (ppm)	Frecuencia de detecciones
<i>Metales</i>						
Aluminio	65–240	146	4/4	736–1,250	993	2/2
Antimonio	ND	ND	0/4	NM	NM	NM
Arsénico	6.6–8.8	7.8	4/4	12.0–12.2	12.1	2/2
Bario	11–43	25.0	4/4	55.8–63.5	59.7	2/2
Berilio	ND	ND	0/4	ND	ND	0/2
Boro	NM	NM	NM	21.4–23.2	22.3	2/2
Cadmio	0.13–1.0	0.56	4/4	0.115–1.0	0.56	2/2
Calcio	110,000–160,000	132,500	4/4	159,000–175,000	167,000	2/2
Cromo	0.49–3.8	1.59	4/4	1.11–1.56	1.34	2/2
Cobalto	0.27–0.34	0.29	4/4	0.549	0.549	1/2
Cobre	78–180	131	4/4	127–203	165	2/2
Hierro	33–550	328	4/4	384–1,240	812	2/2
Plomo	ND	ND	0/4	0.667–11.7	6.18	2/2
Magnesio	9,300–13,000	11,325	4/4	13,700–14,800	14,250	2/2
Manganeso	4.3–16	10.9	4/4	49.6–63.1	56.4	2/2
Mercurio	ND	ND	0/4	0.0678–0.0725	0.0702	2/2
Molibdeno	NM	NM	NM	1.04–1.56	1.3	2/2
Níquel	0.98–1.0	0.99	2/4	ND	ND	0/2
Fósforo	NM	NM	NM	6,750–7,900	7,325	2/2
Potasio	6,800–7,500	7,200	4/4	4,900–5,410	5,155	2/2
Selenio	1.2–2.4	1.9	4/4	1.27–1.35	1.31	2/2
Plata	0.21–0.37	0.32	4/4	NM	NM	NM
Sodio	12,000–14,000	13,250	4/4	154,000–177,000	165,500	2/2
Estroncio	NM	NM	NM	2,480–2,550	2,515	2/2
Azufre	NM	NM	NM	5,080–6,080	5,580	2/2
Talo	ND	ND	0/4	NM	NM	NM
Vanadio	0.34–1.1	0.65	4/4	1.55–2.63	2.09	2/2
Zinc	86–97	91	4/4	78.6–95.0	86.8	2/2

Sustancia química	Zona de impacto de combate			Oeste de Vieques		
	Gama (ppm)	Promedio (ppm)	Frecuencia de detecciones	Gama (ppm)	Promedio (ppm)	Frecuencia de detecciones
<i>Plaguicidas</i>						
p,p'-DDE	NM	NM	NM	0.178	0.178	1/2
<i>Compuestos explosivos</i>						
HMX	0.81-0.97	0.90	4/4	NM	NM	NM

Fuentes: ZIC: Análisis de la ATSDR y GRA/EPA 2001; Oeste de Vieques: FWS 2001a, 2001b.

Notas: Los valores se notificaron en concentraciones de peso seco.

Accidentalmente se omitió enjuagar a los cangrejos de mar para eliminar la arena y la suciedad antes de colocarlos en recipientes de muestra.

La ATSDR analizó también cangrejos de mar en la zona de impacto de combate en cuanto a la presencia de RDX, 1,3-dinitrobenceno, 2,4-dinitrotolueno, 2,6-dinitrotolueno, 2-amino-4,6-dinitrotolueno, 4-amino-2,6-dinitrotolueno, nitrobenceno, nitroglicerina, 2-nitrotolueno, 3-nitrotolueno, 4-nitrotolueno, tetralo, 1,3,5-trinitrobenceno, y 2,4,6-trinitrotolueno. Para todas las muestras, las sustancias químicas encontradas se situaron por debajo de los límites de detección.

El Servicio de Pescados y Fauna y Flora de los Estados Unidos también analizó cangrejos de mar en el oeste de Vieques en cuanto a la presencia de HCB, PCB-1242, PCB-1248, PCB-1254, PCB-1260, PCB-total, BHC alfa, clordano alfa, BHC beta, cis-nonacloro, BHC delta, dieldrina, endrina, BHC gama, clordano gama, epóxido heptacloro, mirex, o,p'-DDD, o,p'-DDE, o,p'-DDT, oxiclordano, p,p'-DDD, p,p'-DDT, toxafeno y trans-nonacloro. Para todas las muestras, las sustancias químicas encontradas se situaron por debajo de los límites de detección.

ND = no detectado

NM = no muestreado

Cuadro 6. Resumen de análisis de cangrejos de tierra en el oeste de Vieques por parte del Servicio de Pescados y Fauna y Flora de los Estados Unidos

Sustancia química	Oeste de Vieques			St. Croix (control)		
	Gama (ppm)	Promedio (ppm)	Frecuencia de detecciones	Gama (ppm)	Promedio (ppm)	Frecuencia de detecciones
<i>Metales</i>						
Aluminio	213–399	303	4/4	128–192	160	3/3
Arsénico	1.06–1.89	1.58	4/4	1.53–2.8	2.17	3/3
Bario	15–143	68.5	4/4	6.66–10.3	8.78	3/3
Berilio	ND	ND	0/4	ND	ND	0/3
Boro	3.75–6.89	5.03	4/4	4.38–9.55	6.46	3/3
Cadmio	0.0337–0.656	0.196	4/4	0.0228–0.0402	0.0315	2/3
Calcio	43,080–65,600	51,820	4/4	43,750–51,520	48,227	3/3
Cromo	0.365–0.699	0.556	4/4	0.284–0.342	0.321	3/3
Cobalto	0.21–0.31	0.28	3/4	ND	ND	0/3
Cobre	28.2–44.4	37.2	4/4	23.5–39.7	30.6	3/3
Hierro	116–306	185	4/4	17.8–23.7	21	3/3
Plomo	0.291–2.05	0.799	4/4	0.287–0.366	0.333	3/3
Magnesio	3,770–5,617	4,651	4/4	3,815–4,563	4,147	3/3
Manganeso	9.15–24.1	17.5	4/4	3.81–4.52	4.16	3/3
Mercurio	0.0081–0.0216	0.0125	4/4	0.0091–0.0145	0.0124	3/3
Molibdeno	ND	ND	0/4	ND	ND	0/3
Níquel	0.172–0.418	0.297	4/4	ND	ND	0/3
Fósforo	2,686–3,145	2,815	4/4	2,838–3,316	3,147	3/3
Potasio	1,920–2,175	2,023	4/4	1,903–2,240	2,092	3/3
Selenio	0.0697–0.165	0.124	4/4	0.0732–0.143	0.105	3/3
Sodio	5,019–6,027	5,336	4/4	5,040–5,710	5,301	3/3
Estroncio	475–959	659	4/4	556–747	671	3/3
Azufre	1,410–1,926	1,669	4/4	1,575–1,965	1,759	3/3
Vanadio	0.445–0.64	0.518	4/4	ND	ND	0/3
Zinc	35.5–87.5	52.3	4/4	33.6–47.6	38.7	3/3
<i>Plaguicidas</i>						
p,p'-DDE	0.13	0.13	1/4	ND	ND	0/3
p,p'-DDT	0.028	0.028	1/4	ND	ND	0/3

Fuentes: FWS 2001a, 2001b

Notas:

Valores se notificaron en concentraciones de peso húmedo.

HCB, PCB-1242, PCB-1248, PCB-1254, PCB-1260, PCB-total, BHC alfa, clordano alfa, BHC beta, cis-nonacloro, BHC delta, dieldrina, endrina, BHC gama, clordano gama, epóxido heptacloro, mirex, o,p'-DDD, o,p'-DDE, o,p'-DDT, oxiclordano, p,p'-DDD, p,p'-DDT, toxafeno y trans-nonacloro. Para todas las muestras, las sustancias químicas encontradas se situaron por debajo de los límites de detección.

ND = no detectado

Cuadro 7. Pescados y Mariscos Recogidos por la ATSDR

Grupo taxonómico	Nombre en latín	Loc. #1	Loc. #2	Loc. #3	Loc. #4	Loc. #5	Loc. #6
Mero cabrilla	<i>Epinephelus guttatus</i>	5	1	0	5	5	3
Rock Hind	<i>Epinephelus adscensionis</i>	0	4	4	0	0	0
Graysby	<i>Epinephelus cruentatus</i>	0	0	1	0	0	0
Mero mantequilla	<i>Epinephelus fulvus</i>	0	0	0	0	0	2
Total # Familia Serranidae		Total = 5					
Schoolmaster Snapper	<i>Lutjanus apodus</i>	0	3	2	0	0	0
Cubera plateada	<i>Lutjanus griseus</i>	0	2	1	0	0	0
Colirrubia	<i>Ocyurus chrysurus</i>	0	0	1	2	5	3
Total # Familia Lutjanidae		Total = 0	Total = 5	Total = 4	Total = 2	Total = 5	Total = 3
Cotorro rojo	<i>Sparisoma viride</i>	4	1	5	4	0	5
Cotorro verde	<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	1	3	0	1	0	0
Cotorro rojo	<i>Sparisoma rubripinne</i>	0	1	0	0	0	0
Total # Familia Scaridae		Total = 5	Total = 5	Total = 5	Total = 5	Total = 0	Total = 5
Boquicolorao	<i>Haemulon plumieri</i>	0	2	0	0	5	0
Ronco español	<i>Haemulon macrostomum</i>	0	0	1	0	0	0
Ronco azul	<i>Haemulon sciurus</i>	5	3	4	0	0	0
Ronco francés	<i>Haemulon flavolineatum</i>	0	0	0	0	0	4
Total # Familia Haemulidae		Total = 5	Total = 5	Total = 5	Total = 0	Total = 5	Total = 4
Salmorete de altura amarillo	<i>Mulloidichthys martinicus</i>	0	0	3	0	0	1
Salmorete de altura manchado	<i>Pseudupeneus maculatus</i>	1	0	0	0	0	0
Total # Familia Mullidae		Total = 1	Total = 0	Total = 3	Total = 0	Total = 0	Total = 1
Cofre alveolado	<i>Lactophrys polygonia</i>	0	0	0	0	1	0
Casis	<i>Strombus gigas</i>	5	5	5	0	0	5
Langosta marina	<i>Panulirus argus</i>	1	0	1	0	5	0
Cangrejo de tierra azul	<i>Cardisoma guanhumi</i>	5	5	0	0	0	1
Cangrejo de mar	<i>Uca sp.</i>	2	2	0	0	0	0

Nota:

Los cangrejos de tierra azules y los cangrejos de mar se incluyen en la lista según el número de muestras de tejido analizadas, no por la cantidad de piezas atrapadas. La carne de varios cangrejos de tierra fue compuesta hasta que se obtuvo una cantidad suficiente de carne. Los cangrejos de mar se analizaron *en masse* a fin de garantizar la recolección de una muestra suficiente para el análisis.

Cuadro 8. Resumen de Análisis Químicos en Pescados Realizados por la ATSDR

Sustancia química	Gama (ppm)	Promedio (ppm)	Frecuencia de detecciones
<i>Metales</i>			
Aluminio	2.59–14	7.66	75/104
Antimonio	ND	ND	0/104
Arsénico	0.5–29.3	3.95	76/104
Bario	0.06–6.59	0.24	80/104
Berilio	0.01–0.02	0.016	20/104
Cadmio	0.08	0.08	1/104
Calcio	71.3–5,330	777	104/104
Cromo	0.05–1.99	0.16	98/104
Cobalto	0.06–0.11	0.08	7/104
Cobre	0.11–8.21	0.56	97/104
Hierro	1.9–57.8	6.81	62/104
Plomo	0.16–1.94	0.27	36/104
Magnesio	257–648	330	104/104
Manganeso	0.11–3.09	0.33	68/104
Mercurio	0.02–0.33	0.12	81/104
Metilmercurio	0.02–0.08	0.05	3/3
Níquel	0.35–1.28	0.81	2/104
Potasio	3,230–7,340	3,870	104/104
Selenio	0.63–2.48	0.98	104/104
Plata	0.07–0.11	0.08	4/104
Sodio	214–2,590	468	104/104
Talo	ND	ND	0/104
Vanadio	0.09	0.09	1/104
Zinc	0.54–24.7	3.13	99/104
<i>Compuestos explosivos</i>			
1,3-Dinitrobenceno	ND	ND	0/104
2,4-Dinitrotolueno	ND	ND	0/104
2,6-Dinitrotolueno	ND	ND	0/104
2-amino-4,6-Dinitrotolueno	ND	ND	0/104
4-amino-2,6-Dinitrotolueno	ND	ND	0/104
HMX	ND	ND	0/104
Nitrobenceno	ND	ND	0/104
Nitroglicerina	ND	ND	0/104

Sustancia química	Gama (ppm)	Promedio (ppm)	Frecuencia de detecciones
2-Nitrotolueno	ND	ND	0/104
3-Nitrotolueno	ND	ND	0/104
4-Nitrotolueno	ND	ND	0/104
RDX	ND	ND	0/104
Tetrilo	ND	ND	0/104
1,3,5-Trinitrobenceno	ND	ND	0/104
2,4,6-Trinitrotolueno	ND	ND	0/104

Notas: Los promedios se calcularon utilizando valores detectados solamente.
Los valores se informaron en concentraciones de peso húmedo.
ND = no detectado

Cuadro 9. Resumen de Análisis Químicos en Mariscos Realizados por la ATSDR

Sustancia química	Gama (ppm)	Promedio (ppm)	Frecuencia de detecciones
<i>Metales</i>			
Aluminio	3.2–43.9	15.5	26/38
Antimonio	ND	ND	0/38
Arsénico	1.15–48.3	11.1	28/38
Bario	0.09–7.25	2.21	26/38
Berilio	0.014–0.018	0.016	5/38
Cadmio	0.2–0.69	0.36	21/38
Calcio	146–7,020	2,090	38/38
Cromo	0.076–1.29	0.19	36/38
Cobalto	0.063–0.088	0.079	7/38
Cobre	1.35–17.6	7.83	38/38
Hierro	1.62–162	36.3	14/22
Plomo	0.17–0.57	0.25	9/38
Magnesio	251–4,350	1,820	38/38
Manganeso	0.16–5.06	2.49	34/38
Mercurio	0.018–0.049	0.031	16/38
Metilmercurio	0.019	0.019	1/1
Níquel	ND	ND	0/38
Potasio	2,510–4,540	3,440	38/38
Selenio	0.43–1.16	0.8	38/38
Plata	0.07–0.19	0.1	13/38
Sodio	1,140–4,100	2,330	38/38
Talo	ND	ND	0/38
Vanadio	0.051–0.27	0.11	16/38
Zinc	5.41–96.6	30.1	38/38
<i>Compuestos explosivos</i>			
1,3-Dinitrobenceno	ND	ND	0/38
2,4-Dinitrotolueno	ND	ND	0/38
2,6-Dinitrotolueno	ND	ND	0/38
2-amino-4,6-Dinitrotolueno	ND	ND	0/38
4-amino-2,6-Dinitrotolueno	ND	ND	0/38
HMX	ND	ND	0/38
Nitrobenceno	ND	ND	0/38
Nitroglicerina	ND	ND	0/38

Sustancia química	Gama (ppm)	Promedio (ppm)	Frecuencia de detecciones
2-Nitrotolueno	ND	ND	0/38
3-Nitrotolueno	ND	ND	0/38
4-Nitrotolueno	ND	ND	0/38
RDX	ND	ND	0/38
Tetrilo	ND	ND	0/38
1,3,5-Trinitrobenceno	ND	ND	0/38
2,4,6-Trinitrotolueno	ND	ND	0/38

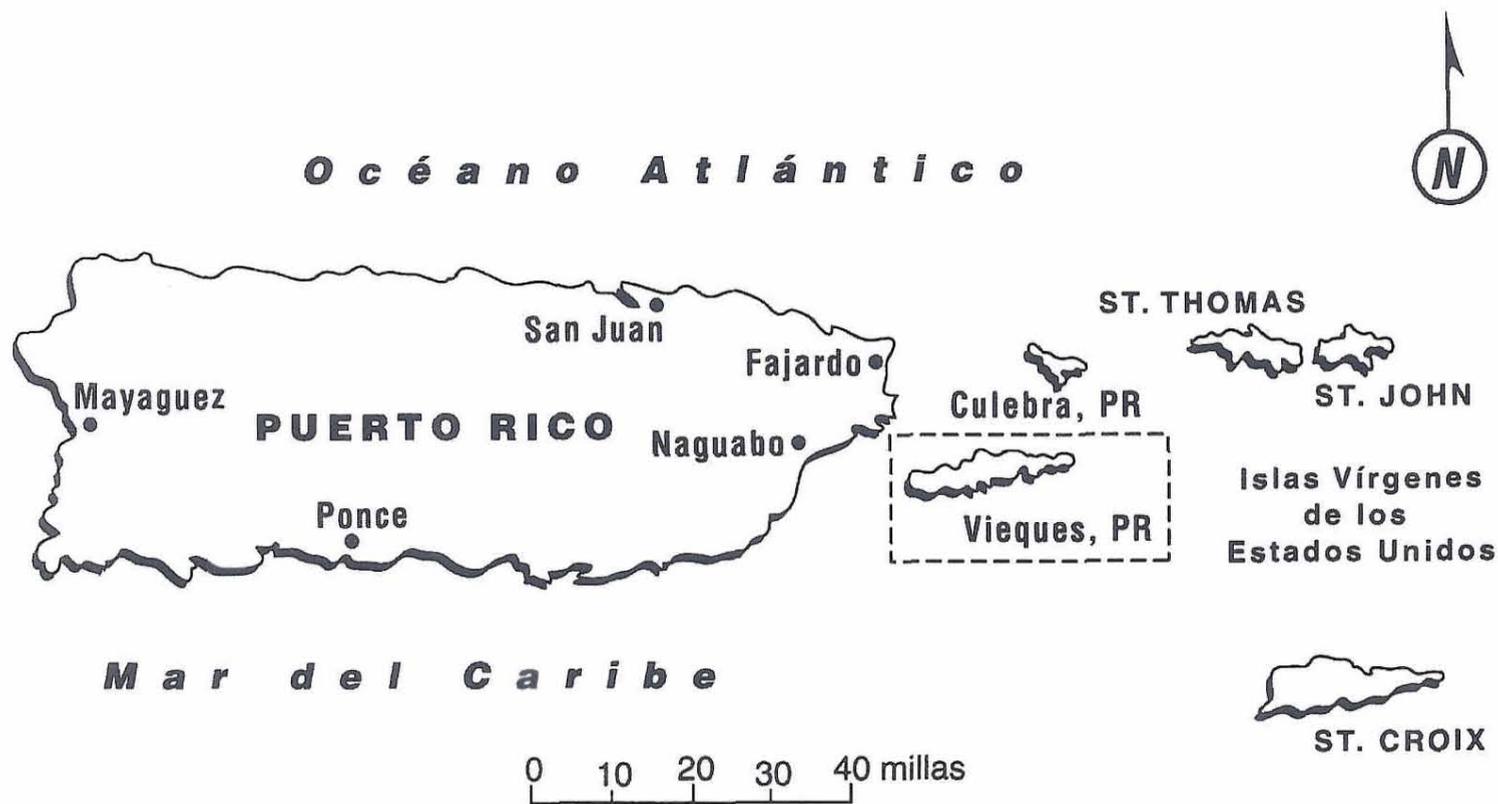
Notas: Este cuadro incluye exclusivamente los resultados para especies comestibles de mariscos. Consulte un resumen de datos sobre cangrejos de mar en el Cuadro 5.
 Los promedios se calcularon utilizando valores detectados solamente.
 Los valores se notifican en concentraciones de peso húmedo.
 Los resultados no detectados para dieciséis muestras de hierro se consideraron inútiles durante el proceso de validación porque el hierro demostró una fuerte interferencia en el análisis de las muestras (probablemente debido a la alta concentración de calcio).
 ND = no detectado

Cuadro 10. Resumen of Análisis Químicos en Cofre

Sustancia química	Concentración (ppm)	Frecuencia de detecciones	Sustancia química	Concentración (ppm)	Frecuencia de detecciones
<i>Metales</i>			<i>Compuestos explosivos</i>		
Aluminio	4.3	1/1	1,3-Dinitrobenceno	ND	0/1
Antimonio	ND	0/1	2,4-Dinitrotolueno	ND	0/1
Arsénico	29.3	1/1	2,6-Dinitrotolueno	ND	0/1
Bario	0.15	1/1	2-amino-4,6-Dinitrotolueno	ND	0/1
Berilio	ND	0/1	4-amino-2,6-Dinitrotolueno	ND	0/1
Cadmio	ND	0/1	HMX	ND	0/1
Calcio	360	1/1	Nitrobenceno	ND	0/1
Cromo	0.08	1/1	Nitroglicerina	ND	0/1
Cobalto	ND	0/1	2-Nitrotolueno	ND	0/1
Cobre	0.36	1/1	3-Nitrotolueno	ND	0/1
Hierro	ND	0/1	4-Nitrotolueno	ND	0/1
Plomo	ND	0/1	RDX	ND	0/1
Magnesio	338	1/1	Tetrilo	ND	0/1
Manganeso	ND	0/1	1,3,5-Trinitrobenceno	ND	0/1
Mercurio	ND	0/1	2,4,6-Trinitrotolueno	ND	0/1
Níquel	ND	0/1	Notas: Los valores se notifican en concentraciones de peso húmedo. ND = no detectado		
Potasio	3,825	1/1			
Selenio	2.5	1/1			
Plata	ND	0/1			
Sodio	743	1/1			
Talo	ND	0/1			
Vanadio	ND	0/1			
Zinc	3.2	1/1			

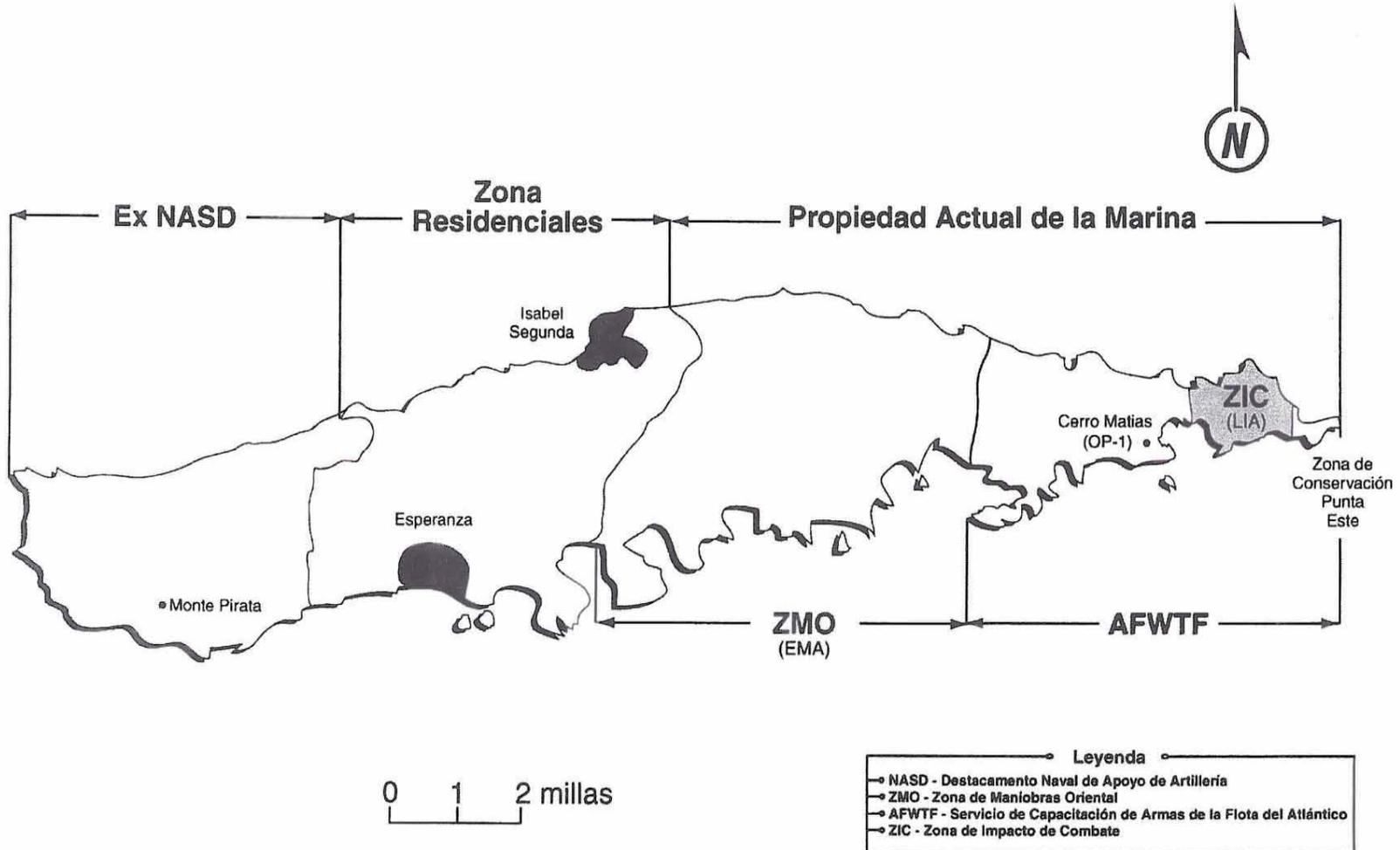
FIGURAS

Figura 1. *Ubicación de Vieques*



Referencia: Torres-Gonzalez 1989

Figura 2. Uso del Terreno en Vieques

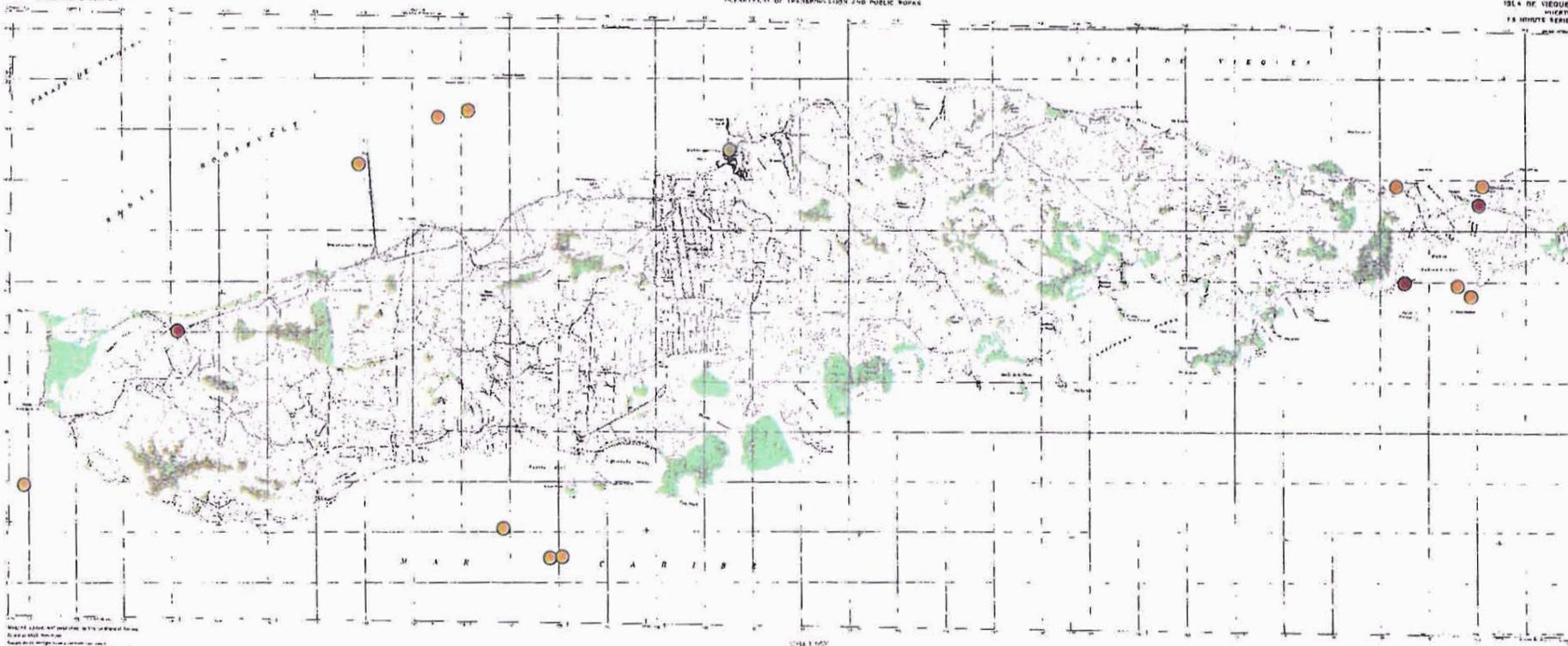




UNITED STATES
DEPARTMENT OF THE INTERIOR
GEOLOGICAL SURVEY

COMMONWEALTH OF PUERTO RICO
DEPARTMENT OF TRANSPORTATION AND PUBLIC WORKS

1914 RE. VIEQUES
PUERTO RICO
1:250,000



Scale 1:250,000
Vertical datum: 1988 mean sea level
Horizontal datum: North American 83
Projection: UTM
Zone: 18N
Datum: North American 83
Units: Meters

Scale 1:250,000

Evaluación de Pescados en Vieques

Isla de Vieques, Puerto Rico

MAPA DE ZONAS CERCANAS

Leyenda

- Localización para la Recolección de Cangrejos
- Lugar de Buceo
- Mercado de Pescado

3000 0 3000 6000 Pies

APÉNDICES

Apéndice A

Glosario de la ATSDR de Términos sobre Saneamiento Ambiental

Absorción: Manera en que una sustancia química ingresa a la sangre de una persona como consecuencia de la ingestión de un contaminante, el contacto con la piel o la respiración del mismo.

**Agencia para la Protección
del Medio Ambiente de los Estados**

Unidos (EPA): Organismo federal que formula y pone en vigencia leyes ambientales con el propósito de proteger el medio ambiente y la salud pública.

Agente

carcinógeno: Toda sustancia que produce tumores o cáncer según se demuestra en estudios experimentales.

ATSDR: Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades). La ATSDR es un organismo federal de salud en Atlanta, Georgia, que aborda cuestiones de sustancias peligrosas y vertederos de desechos. La ATSDR ofrece información a las personas sobre sustancias químicas peligrosas en el medio ambiente y la manera de protegerse del contacto con este tipo de sustancias.

Biota: Término utilizado en la salud pública para referirse a cosas que las personas consumen —incluyendo animales, pescados y plantas.

Cáncer: Grupo de enfermedades que ocurren cuando células en el cuerpo se tornan anormales y crecen, o se multiplican, fuera de control.

**Coefficiente de
seguridad:**

Denominado también **factor de incertidumbre**. Cuando los científicos no poseen suficiente información para decidir si una exposición será nociva para las personas, utilizan “coeficientes de seguridad” y fórmulas en lugar de la información que desconocen. Estos factores y fórmulas pueden contribuir a determinar la cantidad de una sustancia química que probablemente no sea nociva para las personas.

Concentración: Cantidad de una sustancia presente en un cierto volumen de suelo, agua, aire o alimento.

Contaminante: Consulte **Contaminante ambiental**.

Contaminante ambiental: Sustancia (química) que ingresa a un sistema (persona, animal o el medio ambiente) en cantidades más altas a las del **Nivel de trasfondo** o las previsiones.

Criterios pertinentes a los riesgos para la salud pública:

Categorías de la evaluación de la salud pública para un sitio que determinan si las personas podrían verse afectadas por condiciones existentes en el sitio. Todas ellas se definen en el Glosario, a saber:

1. Riesgo urgente para la salud pública
2. Riesgo para la salud pública
3. Riesgo indeterminado para la salud pública
4. Riesgo no aparente para la salud pública
5. Sin riesgo para la salud pública

Desechos peligrosos: Sustancias que se emitieron o arrojaron al medio ambiente y, en ciertas condiciones, podrían ser nocivas para las personas que entran en contacto con ellas.

Dosis: Cantidad de una sustancia a la que una persona puede estar expuesta, usualmente a diario. La dosis a menudo se explica como “cantidad de sustancia(s) por peso corporal por día”.

Dosis de referencia (RfD): Una estimación, con coeficientes de seguridad (consulte **coeficiente de seguridad**) incorporados, de la exposición diaria durante la vida de poblaciones humanas a un riesgo presunto que no es probable que sea dañino para la persona.

Dosis / Respuesta: Relación entre la cantidad de la exposición (dosis) y el cambio resultante en la función corporal o la salud.

Duración: Cantidad de tiempo (días, meses, años) que una persona está expuesta a una sustancia química.

- Epidemiología:** Estudio de los diferentes factores que determinan la frecuencia, la cantidad y las personas que contraerán una enfermedad.
- Efecto adictivo:** Respuesta a una combinación de sustancias químicas, o una combinación de sustancias, que podría preverse si los efectos conocidos de las sustancias químicas individuales, en dosis específicas, se suman conjuntamente.
- Efecto adverso para la salud:** Modificación en la función corporal o las estructuras celulares que puede resultar en enfermedades o problemas de salud.
- Efecto antagonista:** Respuesta a una combinación de sustancias químicas o una combinación de sustancias **menor** de lo previsto si los efectos conocidos de las sustancias químicas individuales, en dosis específicas, se suman conjuntamente.
- Efecto para la salud:** La ATSDR solo aborda **efectos adversos para la salud** (consulte la definición en este glosario).
- Efecto sinérgico:** Efecto sobre la salud a partir de una exposición a más de una sustancia química, cuando una de las sustancias químicas empeora el efecto de otra sustancia química. El efecto combinado de las sustancias químicas actuando de manera conjunta es mayor que los efectos de las sustancias químicas actuando individualmente.
- Estadística:** Disciplina del proceso matemático que recoge, analiza y resume datos o información.
- Evaluación de la exposición:** Proceso para identificar las maneras en que las personas entran en contacto con sustancias químicas, la frecuencia y la duración del contacto con las sustancias químicas y las cantidades de sustancias con las cuales entran en contacto.
- Evaluación de la salud pública:** Informe o documento que analiza sustancias químicas en un vertedero de residuos peligrosos e informa si las personas podrían sufrir efectos adversos a partir del contacto con esas sustancias químicas. La evaluación de la salud pública también informa si se necesitan medidas adicionales con relación con la salud pública.

Exposición:	Contacto con una sustancia química. (Consulte Ruta de exposición para obtener información sobre las tres maneras en que las personas pueden entrar en contacto con sustancias.)
Exposición aguda:	Contacto con una sustancia química que ocurre una vez o solo durante un período limitado de tiempo. La ATSDR define las exposiciones agudas como exposiciones que pueden perdurar por un máximo de 14 días.
Exposición crónica:	Contacto con una sustancia o sustancia química durante un período prolongado de tiempo. La ATSDR considera <i>crónicas</i> las exposiciones de más de un año de duración.
Factor de incertidumbre:	Consulte Coefficiente de seguridad .
Frecuencia:	Cuán a menudo una persona está expuesta a una sustancia química con el transcurso del tiempo; por ejemplo, todos los días, una vez por semana, dos veces al mes.
Frente:	Una línea o columna de aire o agua que contiene sustancias químicas y que se desplaza desde la fuente hacia áreas más alejadas. Un frente puede ser una columna o nubes de una chimenea o fuentes de agua subterránea contaminada (como lagos, estanques y arroyos).
Fuente (de contaminación):	El lugar del que proviene una sustancia química, como un vertedero, un estanque, un arroyo, un incinerador, un tanque o un contenedor. La fuente de contaminación es la primera parte de la Ruta de exposición .
Ingestión:	Tragar algo, como cuando se come o bebe. Es una de las maneras en que una sustancia química puede ingresar al cuerpo humano (consulte Ruta de exposición).
Inhalación:	Respiración. Es una de las maneras en que una sustancia química puede ingresar al cuerpo humano (consulte Ruta de exposición).

Ley de Respuesta, Compensación y Responsabilidad Ambiental Integral

(CERCLA): CERCLA entró en vigencia en 1980. Se conoce también como el Superfondo. Esta ley se relaciona con emisiones de sustancias peligrosas al medio ambiente y la eliminación de estas sustancias y de vertederos de residuos peligrosos. La ATSDR fue creada por esta ley y tiene a su cargo el análisis de las cuestiones sanitarias en conexión con vertederos de desechos peligrosos.

LNP: Lista Nacional de Prioridades (parte del Superfondo). Lista elaborada por la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA) de los sitios de residuos peligrosos más serios, descontrolados o abandonados en el país. Un sitio de la LNP debe limpiarse o evaluarse para determinar si existe un riesgo para las personas de exposición a sustancias químicas provenientes del lugar.

Medios

ambientales: Generalmente se refiere al aire, el agua y el suelo en el que se encuentran sustancias químicas de interés. En algunas ocasiones se refiere a las plantas y los animales consumidos por los seres humanos. Los **medios ambientales** constituyen la segunda parte de una **Vía de exposición**.

NEC: Nivel que produce efectos cancerígenos. Dosis que produce aumentos importantes en la incidencia de cánceres o tumores.

Nivel de trasfondo: Una cantidad media o prevista de una sustancia química en un medio ambiente determinado. También, cantidades de sustancias químicas que ocurren naturalmente en un medio ambiente determinado.

NMR: Nivel Mínimo de Riesgo. Estimación de exposición humana diaria —por una vía y período de tiempo especificados— a una dosis de sustancia química que probablemente no posea un riesgo mensurable de efectos nocivos no cancerígenos. Un NMR no debe utilizarse como predicción de efectos adversos para la salud.

NSENO: Nivel Sin Efectos Negativos Observados. La dosis más alta de una sustancia química en un estudio, o grupo de estudios, que no produjo efectos adversos para la salud de personas o animales.

Población: Grupo de personas que residen en una zona determinada o la cantidad de personas en una zona determinada.

Poblaciones especiales:

Personas que pueden ser más sensibles a las exposiciones químicas debido a ciertos factores como edad, una enfermedad que ya padecen, ocupación, sexo o ciertos comportamientos (como tabaquismo). Los niños, las mujeres embarazadas y personas mayores a menudo se consideran poblaciones especiales.

Población receptora:

Personas que residen o trabajan en la vía de una o más sustancias químicas y que podrían entrar en contacto con ellas (consulte **Vía de exposición**).

Preocupación:

Convicción o preocupación que sustancias químicas en el medio ambiente pueden ocasionar daño a las personas.

Punto de exposición:

El lugar donde una persona puede entrar en contacto con un medio ambiental contaminado (aire, agua, alimentos o suelo). Por ejemplo: el área de un parque de recreación que tiene suelo contaminado, un manantial contaminado que se emplea para agua potable, el lugar donde se cultivan frutas o verduras en suelo contaminado o el patio en el que una persona podría respirar aire contaminado.

Riesgo indeterminado para la salud pública:

La categoría se utiliza en documentos de evaluación de la salud pública de la ATSDR para sitios sobre los que falta información importante (inexistente o aún no se ha recogido) sobre exposiciones a sustancias químicas en relación con el sitio.

Riesgo no aparente para la salud pública:

La categoría se utiliza en documentos de evaluación de la salud pública de la ATSDR para sitios donde tal vez se manifestó exposición a sustancias químicas específicas del sitio en el pasado o aún ocurre en la actualidad pero las exposiciones no se manifiestan a niveles en que se anticipan efectos adversos para la salud.

Riesgo para la salud pública:

La categoría se utiliza en evaluaciones de la salud pública para sitios que poseen ciertas características físicas o indicios de exposición de carácter crónica a sustancias químicas en relación con el sitio que podrían producir efectos adversos para la salud.

Riesgo urgente para la salud pública:

Esta categoría se utiliza en documentos de evaluación de la salud pública de la ATSDR para a sitios que presentan ciertas características físicas o datos contundentes de exposición a corto plazo (menos de un año) a sustancias químicas relacionadas con el sitio que podrían producir de la ATSDR para sitios que presentan ciertas características físicas o pruebas de exposición a sustancias químicas en relación con el sitio, por un lapso breve (menos de un año), que podrían resultar en efectos adversos para la salud y necesitan intervención pronta para evitar la exposición de las personas.

Ruta de exposición:

La manera en que una sustancia química puede ingresar al cuerpo de una persona. Existen tres rutas de exposición:

- respiración (denominada también inhalación),
- comer o beber (denominado también ingestión), y
- cuando algo entra en contacto con la piel (denominado también contacto cutáneo).

Sin riesgo para la salud pública:

La categoría se utiliza en documentos de evaluación de la salud pública de la ATSDR para sitios sobre los que existen datos acerca de la inexistencia de exposición a sustancias químicas asociadas con el sitio.

Tóxico:

Dañino. Toda sustancia o sustancia química puede ser tóxica en una dosis (cantidad) determinada. La dosis es lo que determina el daño presunto de una sustancia química y si hace que alguien contraiga una enfermedad.

Toxicología:

Estudio de los efectos nocivos de sustancias químicas en seres humanos o animales.

Tumor:

Crecimiento anormal de tejido o células que han formado un nódulo o masa.

Vía de exposición: Descripción de la manera en que una sustancia química se desplaza desde su fuente (donde comenzó) hasta el lugar y la manera en que las personas pueden entrar en contacto con la sustancia química (o exponerse a ella).

La ATSDR determina que una vía de exposición incluye 5 partes:

1. Fuente de contaminación,
2. Medios ambientales y mecanismo de transporte,
3. Punto de exposición,
4. Ruta de exposición, y
5. Población receptora.

Cuando las 5 partes de una vía de exposición están presentes, se denomina **Vía de exposición completa**. Estos 5 términos se definen en el presente glosario.

Vía de exposición completa:

Consulte **Vía de exposición**.

Apéndice B

Métodos de Análisis para la Investigación de Pescados y Mariscos por Parte de la ATSDR

Técnicas de Muestreo

En cada localización, personal de operaciones recogió pescados y mariscos por medio de los siguientes métodos:

- *Caza con arpón.* Los buzos utilizaron arpones, con la ayuda de aparatos submarinos para respiración autónomos (SCUBA, por su sigla en inglés), para recoger pescados. Cuando fue posible, los buzos procuraron atrapar a los peces por el abdomen a fin de evitar dañar la carne del cuerpo (consulte la Fotografía 11).

- *Cañas de pescar.* Mientras se encontraban a bordo de embarcaciones de apoyo de superficie, el personal de operaciones utilizó cañas de pescar con calmares como carnada.

Captura manual. Las langostas y las caracolas se atraparon con la mano, mientras buceaban o hacían SCUBA. Los cangrejos de mar se recogieron también con la mano.

- *Trampas.* Trampas de madera grande con el empleo de fruta (por ejemplo, mangos) como carnada se utilizaron para capturar cangrejos de tierra (consulte la Fotografía 12).

- *Compra en el terreno.* El personal de operaciones compró pescados y langostas en un mercado local de pescados. No se realizó ningún intento por verificar el área en la cual se atraparon los pescados y los mariscos, si bien el personal del mercado afirmó que los pescados y las langostas comercializados en el mercado se atraparon localmente.

Los pescados se identificaron mediante la guía práctica “Reef Fish Identification; Florida, Caribbean, Bahamas” (Humann 1994) y los invertebrados se identificaron mediante la guía práctica “Caribbean Reef Invertebrates and Plants” (Colin 1978).

Se procuró recoger organismos de aproximadamente el mismo tamaño (por especie) en cada lugar de manera que las concentraciones finales de tejido fueran comparables. Dado que los arrecifes en torno a Vieques son objeto de gran cantidad de actividades de pesca, muchos de los pescados y los mariscos recogidos por el personal de operaciones fueron pequeños, y no fue posible recoger cinco piezas de cada una de las especies en todos los lugares de muestreo, como se planeó originalmente. A pesar de que la colirrubia se incluyó en una lista como el pescado más comúnmente atrapado y consumido en Vieques (Caro et al. 2000), se vieron pocas colirrubias en todos los lugares de muestreo, y aquellas a las que fue posible acercarse fueron bastante pequeñas (menos de 30 cm).

Se observaron las regulaciones con respecto al tamaño del Consejo de Administración Pesquera del Caribe cuando fue posible (consulte el recuadro para obtener más detalles). Dado que el viaje para muestreo en el terreno se programó para mediados de julio, durante la estación

<u>Especie</u>	<u>Reglamento</u>
colirrubia	longitud total mínima = 12 pulgadas [30 centímetros (cm)]
casis	longitud total mínima = 9 pulgadas (23 cm), con más de 3/8 pulgada (1 cm) en grosor de los labios
langosta marina	longitud mínima del caparazón = 3.5 pulgadas (9 cm)

cerrada para la recolección de casis y cangrejos de tierra, el personal de operaciones no pudo respetar las reglamentaciones estacionales. No obstante, el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico otorgó permiso para recoger estas especies.

Recolección de Organismos

Se recogieron pescados y mariscos utilizando la embarcación para fletamento de buceo comercial, “Moonglow”, operada por Blue Caribe Dive Center, en Esperanza, Vieques (consulte

la Fotografía 13). El capitán realizó sugerencias en cuanto a arrecifes específicos en los lugares de muestreo deseados. Los nombres de los arrecifes, cuando se conocían, fueron suministrados por el capitán del barco. Zonas desconocidas para el capitán o no nombradas en las cartas náuticas fueron asignados nombres (para los fines de este estudio) por parte del personal de operaciones. La latitud y la longitud del centro aproximado de cada lugar de muestreo se determinó mediante una unidad del sistema de determinación de posición (GPS) puesta a disposición en la embarcación de buceo contratada. Los pescados y los mariscos se recogieron desde el 16 al 20 de julio de 2001. Los lugares de muestreo se describen en la Figura 3.

- En el primer día de muestreo, el personal de operaciones viajó a la localización 3. Se realizaron inmersiones en el Arrecife Bucky y Patti, los cuales son generalmente visitados por buceadores, con fines recreativos, y pescadores. Los pescados se recogieron con el uso de arpones y una sola langosta fue atrapada con la mano.

- En el segundo día de muestreo, el personal de operaciones viajó a la localización 2. Se realizaron inmersiones en dos embarcaciones hundidas de la Marina que se habían utilizado para práctica de blancos. Se recogieron pescados con el uso de arpones y cañas de pescar y las caracolas se recogieron con la mano. El personal en el terreno no logró recoger langostas en la localización 2. Se recogieron cangrejos de tierra y cangrejos de mar de la zona costera adyacente a los dos naufragios.

- Durante el tercer día de muestreo, el personal de operaciones viajó a la localización 1. Se realizaron inmersiones en dos arrecifes pequeños, sin nombre. El primer arrecife sin nombre pequeño (ZIC norte 1) era visible desde la superficie, dado que la cresta del arrecife estaba parcialmente descubierto por la marea baja. El otro arrecife (ZIC norte 2) se ubicó mediante el arrastre de un buzo con una embarcación (consulte la Fotografía 14). Los pescados se recogieron con el uso de arpones y cañas de pescar, las langostas y las

caracolas se recogieron con la mano. Los cangrejos de tierra y los cangrejos de mar se recogieron desde la zona costera adyacente al arrecife pequeño en la ZIC norte 1.

- En el cuarto día de muestreo, el personal de operaciones viajó a la localización 4. Se realizaron inmersiones en dos arrecifes sin nombre (Isabel 1 e Isabel 2) y bajo un muelle cerca del final del Espigón Mosquito. Se recogieron pescados con el uso de arpones y cañas de pescar. El personal en el terreno no logró recoger langostas y caracolas de la localización 4.
- En el quinto día de muestreo, el personal de operaciones se dividió en dos grupos. El primer grupo viajó a las localizaciones 3, 5 y 6. En la localización 6, se realizaron inmersiones en un arrecife sin nombre (Extremo Occidental). Se recogieron pescados con el uso de arpones y caracolas de un lecho marino cercano a mano. El personal de operaciones no logró recoger langostas en el lugar 6. En el viaje de regreso del lugar 6 a Esperanza, el personal de operaciones se detuvo en la localización 3 (Arrecife Arena) para recoger caracolas. El segundo equipo recuperó cangrejos de tierra que se habían atrapado el día anterior en tierra en proximidad de la localización 6 y se compraron pescados en un mercado de pescados en Isabel Segunda (localización 5).

Muestreo de Tejido

Los pescados se procesaron de acuerdo con el Procedimiento Estándar de la EPA # 2039 *Fish Handling and Processing (Manejo y Procesamiento de Pescados)* (GRA/EPA 1998). Se pesó cada pescado, midió en cuanto a la longitud total y se observó externa e internamente en cuanto a

La ATSDR tiene información que algunos residentes de Vieques pueden comer más que el filete de un pescado (por ejemplo, los residentes pueden utilizar el pescado completo para hacer caldo). No obstante, las espinas y los órganos del pescado no se consumen generalmente. La ATSDR decidió tomar muestras en filetes de pescado para evaluar el potencial de exposición máximo a sustancias químicas en pescado. Este procedimiento tiende a ser más sensible que el análisis de pescado completo, el cual puede diluir las concentraciones. Por otra parte, toma de muestras de filetes de pescado, la ATSDR sigue el protocolo estándar para evaluaciones de la salud humana y permite una comparación de estos resultados con otros estudios.

anormalidades obvias (por ejemplo, neoplasmas, parásitos, deformidades) (consulte las Fotografías 15 y 16). Se filetearon los pescados, con cuidado para no incluir ninguna parte de la carne que se había dañado con el arpón, y una muestra del filete se cubrió con una envoltura plástica, se colocó en una bolsa de plástico sellable y se sumergió en hielo húmedo hasta que pudiera congelarse (en menos de 6 horas). En algunas ocasiones se recogieron filetes de los dos lados del pescado a fin de obtener suficiente masa de tejido para fines analíticos.

Se pesó cada una de las langostas enteras, se midió la longitud del caparazón y se observaron externamente si existían anormalidades obvias. Los abdómenes de langostas (es decir, las colas) se separaron del caparazón y se retiró la carne. Toda la muestra de carne de la cola se cubrió en envoltura plástica, se colocó en una bolsa de plástico, y se sumergió en hielo húmedo hasta que pudiera congelarse (en menos de 6 horas).

Se pesó cada caracola (en su caparazón), se midió la longitud total del caparazón, y se observaron si existían anormalidades externas e internas obvias (consulte Fotografías 17 y 18). Se retiraron las caracolas de los caparazones mediante la perforación del caparazón en la tercera voluta de aguja; se cortó la unión del animal con un cuchillo para filete y se retiró al animal del caparazón por su opérculo, boca y ojos y órganos internos, se cubrió con envoltura plástica, se colocó en una bolsa plástica y se sumergió en hielo húmedo hasta que pudiera congelarse (en menos de 6 horas).

Se registró el sexo de los cangrejos de tierra y se retiró carne de cangrejo de los chelipeds y el cuerpo (consulte Fotografías 19 y 20). Dado que la carne fácilmente obtenible de un cangrejo único no era suficiente para satisfacer la cantidad de muestra necesaria para los análisis químicos, se combinó la carne de varios cangrejos hasta que se obtuvo una cantidad satisfactoria. Las muestras compuestas de cangrejo de tierra se realizaron a partir de una cantidad igual de cangrejos machos y hembras. La carne se cubrió con envoltura plástica, se colocó en una bolsa plástica y se sumergió en hielo húmedo hasta que pudiera congelarse (en menos de 6 horas).

Se analizaron cangrejos de mar en cuanto a cargas corporales completas; por tanto, se pesaron *en masse* a fin de garantizar la recolección de una muestra suficiente para el análisis. Si bien no se pesaron o midieron los cangrejos de mar individualmente, se tomó nota de anomalías externas obvias. Accidentalmente se omitió enjuagar a los cangrejos de mar para eliminar la arena y la suciedad antes de colocarlos en recipientes de muestra. La muestra compuesta de cangrejos se colocó en una bolsa plástica y se sumergió en hielo húmedo hasta que pudiera congelarse (en menos de 6 horas).

Análisis de Tejido

Todas las muestras de tejido se enviaron en hielo seco, con entrega al día siguiente al laboratorio subcontratado de la EPA, Compuchem, para análisis de los metales pesados, compuestos explosivos, lípidos porcentuales y humedad porcentual. Se analizaron muestras de tejido de un gramo para metales pesados de acuerdo con el Método 6010B de la EPA (mediante el empleo de espectrometría por emisión atómica de plasma de argón acoplada inductivamente y absorción atómica de covapor; la descripción del método puede encontrarse en la siguiente URL:

<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/6010b.pdf>). Se analizaron muestras de tejido de dos gramos para detectar la presencia de compuestos explosivos de acuerdo con el Método de la EPA 8330 (mediante el empleo de cromatografía líquida de alta efectividad; la descripción del método puede encontrarse en la siguiente URL:

<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/8330.pdf>). Un espécimen de cada una de las cuatro especies adquiridas en el mercado de pescados (mero cabrilla, boquicolorao, colirrubia, y langosta marina) se presentó a Brooks Rand Ltd. para análisis separado del metilmercurio. El metilmercurio se determinó con el uso del método Brooks Rand BR-0011 (mediante el empleo de etilación de fase acuosa, recolección con trampa de Tenax, separación con cromatógrafo gaseoso, descomposición isotérmica, y detección espectroscópica fluorescente atómica con vapor frío).

Control de la Calidad

Un validador de tercera parte calificado, Response, Engineering and Analytical Contract (REAC), validó los resultados de los laboratorios.

Análisis de metales. Se realizaron duplicaciones de punta de matriz/punta de matriz para análisis de metales. Las recuperaciones porcentuales oscilaron entre 42 y 118; 272 valores se ubicaron dentro de límites de control de calidad aceptables. Las diferencias porcentuales relativas oscilaron entre cero y dos; los 136 valores se encontraron dentro de límites aceptables de control de calidad. Se analizaron los duplicados de laboratorio, las diferencias porcentuales relativas oscilaron entre cero y 154. Se analizó una muestra de control de laboratorio estándar para cada paquete de datos; las recuperaciones porcentuales oscilaron entre 54 y 116.

Análisis de explosivos. Se realizaron duplicaciones de punta de matriz/punta de matriz para los análisis de sustancias explosivas. Las recuperaciones porcentuales oscilaron entre 0 y 142; 178 ó 192 valores se encontraron dentro de límites de control de calidad aceptables. Las diferencias porcentuales relativas oscilaron entre cero y 101; 88 de 93 valores se encontraron dentro de límites de control de calidad aceptables. Se analizó una muestra de control estándar para cada lote. Las recuperaciones porcentuales oscilaron entre 8 y 154; 90 de 96 valores se encontraron dentro de límites de control de calidad aceptables. A cada muestra se agregó 1,4-dinitrobenceno (sustituto) antes de la extracción. Las recuperaciones del porcentaje sustituto oscilaron entre 63 y 158; 153 de 154 valores se encontraron dentro de límites de control de calidad aceptables. Los datos relacionados con el único compuesto explosivo detectado, HMX, se ubicó entre límites aceptables de control de calidad.

Apéndice C

Condición de los Arrecifes

El Científico Marino principal las siguientes condiciones generales de los arrecifes durante el muestreo de pescados y mariscos por parte del GRA/EPA. Se trata de un buzo certificado con más de 20 años de experiencia en buceo en arrecifes de corales, con capacitación formal en el Laboratorio de las Indias Occidentales (St. Croix, Islas Vírgenes de los Estados Unidos) en buceo científico, biología de arrecifes de corales y ecología marina tropical. Durante su carrera ha realizado más de 500 inmersiones en arrecifes del Caribe y lechos de praderas marinas en los Cayos de la Florida, las Islas Vírgenes de los Estados Unidos y Británicas, las Islas Caymán, St. Martin, y Vieques. Su Maestría se concentró en tensiones naturales y antropogénicas a lechos de praderas marinas y evaluación de la dinámica de población de tortugas marinas verdes residentes. Por otra parte, administró un laboratorio de toxicología acuática que estudió los efectos de la contaminación ambiental sobre peces de agua dulce y de mar, invertebrados y plantas y colaboró con el Servicio Nacional de Parques y la EPA en estudios para el monitoreo de las enfermedades de corales en St. John y St. Croix, respectivamente.

Aspectos Generales

Al comparar las localizaciones de muestreo, es importante observar que las diversas localizaciones tuvieron profundidades variadas, estructuras de fondo (por ejemplo, arrecife, escombros, restos de naufragios), corrientes y presiones de pesca. Todas las descripciones del aspecto y la salud general de las localizaciones de muestreo son subjetivas. No se recogieron datos cuantitativos sobre los números de especies o piezas de cada especie de corales o pescados observados. En general, aparentemente todos los lugares de muestreo albergaban poblaciones diversas, sanas, de organismos marinos. La impresión de cada uno de los buzos fue que los arrecifes se encontraban en buena condición y que los pescados tenían aspecto sano.

Todos los arrecifes y las estructuras en cuyos límites se encontraron lechos de praderas marinas estaban rodeados por un “halo” de arena y luego un lecho de pradera marina que estuvo dominado por pasto de tortuga (*Thalassia testudinum*). El halo es una característica típica de arrecifes y estructuras submarinas producido por organismos de pastoreo (más comúnmente el erizo de mar, *Diadema antillarum*) que abandonan el refugio del arrecife por la noche para alimentarse en los lechos de praderas marinas circundantes (consulte la Fotografía 21). La falta de un halo sería indicativo de la ausencia de los organismos que pastan. El pasto de tortuga es la especie clímax en la sucesión desde arena desnuda hasta algas, praderas marinas; y un lecho denso de pasto de tortuga es una indicación de un sistema maduro, saludable (McRoy y Helfferich 1977; Zieman y Zieman 1989).

En las localizaciones 1, 2 y 6, se encontraron muchos caparazones de caracolas perforados por los pescadores que quitaron la carne y botaron los caparazones antes de abandonar el área. Algunos de los caparazones perforados no tuvieron claramente el tamaño legal. La localización 3 tenía una población sana de caracolas, seguramente porque era significativamente más profunda y, por lo tanto, menos accesible que las otras localizaciones.

En todas las localizaciones de muestreo había abundantes peces, con buena salud aparentemente; pero en general eran pequeños y cautelosos con los buzos. Piezas más grandes parecieron ser objeto de mucha pesca en los arrecifes en torno a Vieques.

En el lugar del Espigón Mosquito, se encontraron los restos de una tortuga de mar verde carneada recientemente (*Chelonia mydas*). La tortuga era bastante pequeña, definitivamente inmadura, y lo que se dejó fue el plastrón, aún conectado a las aletas frontales. Dado que la tortuga de mar verde es una especie en vías de extinción y está protegida por la ley federal, el descubrimiento se informó al Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico. Si bien las tortugas de mar verdes son residentes comunes de los lechos de praderas marinas en el Caribe,

estuvieron conspicuamente ausentes en los lechos de praderas marinas durante las inmersiones realizadas para este estudio.

Localización 1

El primer arrecife sin nombre visitado en la costa norte de la ZIC fue un arrecife pequeño, de escasa profundidad, bien desarrollado, denominado “ZIC Norte 1” por parte del personal de operaciones. El arrecife era de escasa profundidad, de 5 metros a emergente, compuesto por corales de cabeza grande (por ejemplo, *Montastrea* sp. y *Diploria* sp.) y corales blandos (por ejemplo, gorgónidos y abanicos de mar), con mucha estructura (lugares de ocultamiento para organismos de arrecifes) (consulte las Fotografías 22, 23 y 24). El arrecife estuvo rodeado por un halo y un lecho de pasto de tortuga. Se recogieron las caracolas en el pasto de tortuga, pero fueron muy escasas y solo se encontraron unos pocos especímenes de tamaño legal. Artillería sin explotar fue visible en el lecho de pradera marina.

El segundo arrecife sin nombre visitado en la costa norte de la ZIC fue un arrecife pequeño, tipo barrera, que se extiende de este a oeste, aproximadamente 250 metros de una isla pequeña y denominado “ZIC Norte 2” por el personal de operaciones. El arrecife era de escasa profundidad, hasta una profundidad de 7 metros, pero con un relieve relativamente alto (3 a 5 metros de la arena) y buena estructura. El aspecto del arrecife fue bueno, con una población diversa de corales y pescados. En el lado de la costa del arrecife, había un halo delgado y un lecho de pasto de tortuga saludable. No se observó artillería en esta zona. El personal de operaciones no realizó inmersiones en el lado hacia el mar del arrecife.

Localización 2

La primera de las dos embarcaciones anteriores de la Marina visitadas en la costa sur de la ZIC fue una barcaza que se había quebrado en muchos pedazos durante su uso como blanco para

ejercicios de entrenamiento militares. La barcaza está sumergida en aproximadamente 8 metros de agua y alberga una población variada de peces, los cuales tenían aspecto sano. Una sección de la barcaza tenía un relieve alto (aproximadamente a 5 metros de la arena) pero los costados blandos y la sección superior de la barcaza no ofrecían ningún hábitat. Sin embargo, se observaron docenas de varios tipos diferentes de pescados dentro de esa sección de la barcaza. Las otras secciones de la barcaza oscilaron entre placas planas y secciones quebradas con muchas estructuras para hábitats de pescados. Había una distribución irregular de corales de cabeza pequeña (por ejemplo, *Montastrea* sp., y *Diploria* sp.) sobre las superficies del naufragio expuestas a corrientes y luz solar. El aspecto de todos los corales observados fue saludable. El naufragio estaba rodeado por un gran halo y un lecho de pasto de tortuga saludable. Municiones sin explotar constituyeron un panorama común en torno al naufragio y en torno al lecho de pradera marina circundante.

La segunda de las dos embarcaciones de la Marina visitadas en la costa sur de la ZIC fue un naufragio que ya no tenía el aspecto de una embarcación, pero que se había transformado en una estructura grande que ofrecía hábitat para peces. Ubicada a aproximadamente 100 metros al sudeste de la barcaza, la embarcación se encuentra también en aproximadamente 8 metros de agua y alberga una población variada de peces aparentemente saludables. La embarcación tenía un relieve alto (aproximadamente 5 a 6 metros de la arena), con muchas estructuras para hábitat de peces. Había una distribución desigual de corales de cabeza pequeña y sanos sobre las superficies del naufragio que estaban expuestas a corrientes y luz solar (consulte Fotografías 25 y 26). El naufragio estaba rodeado por un gran halo y un lecho de pasto de tortuga saludable. Se recogieron caracolas en la zona del halo y en el lecho de praderas marinas. Municiones sin explotar constituyeron un panorama común en torno al naufragio y en el lecho de pradera marina circundante.

Localización 3

El primer arrecife visitado en la costa sur cerca de la ciudad de Esperanza fue el Arrecife Bucky. El arrecife se encontraba a una profundidad aproximada de 18 metros y tenía relieve alto (5 a 7 metros de la arena), con muchas estructuras. El arrecife parecía encontrarse en buenas condiciones, con una población diversa de corales y peces. La parte superior del arrecife comprendía principalmente corales blandos (por ejemplo, por ejemplo, gorgónidos y abanicos de mar) intercalados con corales de cabeza pequeña, mientras que la base del arrecife tenía numerosos orificios y salientes debilitadas para hábitat de los peces. El fondo del océano cerca del arrecife comprendía arena gruesa con algunos restos de corales.

El segundo arrecife visitado en la costa sur cerca de Esperanza fue el Arrecife Patti. El arrecife tenía aproximadamente 10 metros de profundidad y un perfil más bajo que el Arrecife Bucky, con corales de cabeza aislados y menos estructuras. Había muchos corales blandos saludables y una variedad amplia de peces. El arrecife estaba disperso en una gran área y el fondo del océano estaba compuesto de arena y grava. La mayoría de los peces observados en este arrecife eran pequeños, probablemente como resultado de la falta de lugares apropiados como refugio de predadores.

La tercera zona visitada fue una zona de praderas marinas hacia la costa del Arrecife Arena, en aproximadamente 15 metros de agua. El lecho de pradera marina era poco denso, pero había unas cuantas caracolas grandes en el lugar.

Localización 4

El primer arrecife visitado en la costa norte cerca de la ciudad de Isabel Segunda fue un arrecife sin nombre que el personal de operaciones denominó “Isabel 1”. El arrecife era de escasa profundidad, de 5 metros a emergente, y se trató de una estructura similar al Arrecife Patti, con

un perfil bajo y muchos corales blandos saludables. Los corales de cabeza aislados y varios peces tenían aspecto saludable. El arrecife se encontraba disperso en una gran zona y el fondo comprendía arena y escombros (consulte Fotografía 27).

El segundo arrecife visitado en la costa norte cerca de la ciudad de Isabel Segunda no tenía nombre tampoco, y fue denominado “Isabel 2” por el personal de operaciones. El arrecife crecía en una pendiente gradual que se elevaba desde una llanura arenosa a aproximadamente 13 metros de profundidad hasta aproximadamente 3 metros de profundidad. La llanura arenosa tenía el halo típico lejos del arrecife y hacia el lecho de praderas marinas. El arrecife tenía muchas estructuras y una población diversa, saludable de corales duros y blandos y peces (consulte Fotografías 28 y 29).

La tercera localización visitada en la costa norte cerca de Isabel Segunda fue el Espigón Mosquito. El espigón es una gran estructura de tierra que se extiende aproximadamente media milla al norte desde la costa. A fin de dar cabida a embarcaciones grandes, un muelle se extiende hacia el oeste, cerca del final del espigón, mar adentro aproximadamente 13 metros. El buceo para la recolección de pescados se limitó a la zona bajo el muelle. El muelle tenía muchas estructuras, principalmente escombros de cemento, al comienzo y albergaba una gran población de peces pequeños. Hacia el final del muelle, había una estructura muy pequeña en el fondo, además de los pilares del muelle. No había corales duros, a pesar de que los pilares mostraban encrustación casi completa con una población diversa de invertebrados y vida vegetal.

Localización 6

El arrecife sin nombre visitado en el extremo oeste de la isla se encontró al sudoeste de la Zona de Conservación Monte Pirata, denominada “Extremo Occidental” por el personal de operaciones, y a 20 metros de profundidad. Se trató de un arrecife del tipo espolón y ranura con relieve bajo (a menos de 3 metros de la arena), pero con muchas estructuras para peces. Los

arrecifes del tipo espolón y ranura se caracterizan por una serie de espolones de corales largos (≥ 100 metros), generalmente estrechos (≤ 7 metros de ancho), con un canal de arena desnuda entre cada espolón (≤ 7 metros de ancho). El arrecife tenía poblaciones diversas, de aspecto saludable de corales y peces. Los extremos superiores de los espolones tenían muchos corales blandos y corales de cabeza pequeña, y el fondo de los espolones tenía muchos orificios pequeños y socavaciones para hábitats de peces.

Se recogieron caracolas de un lecho de pasto de tortuga saludable, aproximadamente 500 metros al noreste del arrecife en casi 7 metros de agua. Las caracolas eran abundantes pero la mayoría de los animales visibles tenía un tamaño inferior al legal.

Apéndice D

Estimaciones de Dosis de Exposición Humana y Determinación de los Riesgos para la Salud

Aspectos Generales de la Metodología de la ATSDR para Evaluar los Riesgos Presuntos para la Salud Pública

A fin de evaluar exposición a partir del consumo de pescados y mariscos provenientes de Vieques, la ATSDR derivó dosis de exposición y las comparó con pautas sanitarias. La ATSDR también evaluó datos toxicológicos pertinentes a fin de obtener información sobre la toxicidad de sustancias químicas de interés. La exposición a ciertas sustancias químicas no siempre resulta en efectos dañinos para la salud. El tipo y la gravedad de los efectos para la salud previstos dependen de la concentración de la exposición, la toxicidad de la sustancia química, la frecuencia y la duración de la exposición y la multiplicidad de exposiciones.

Derivación de dosis de exposición

Las dosis de exposición se expresan en miligramos por kilogramo por día (mg/kg/día). Cuando se estiman las dosis de exposición, los asesores en salud analizan concentraciones químicas a las que podrían haber estado expuestas las personas, conjuntamente con el período de tiempo y la frecuencia de la exposición. Colectivamente, estos factores influyen en la respuesta fisiológica de un individuo a la exposición química y resultados presuntos. La ATSDR utilizó información específica del sitio sobre la frecuencia y la duración de exposiciones. Por otra parte, la ATSDR empleó varias presunciones conservadoras para la exposición a fin de estimar las exposiciones.

Se utilizó la siguiente ecuación para calcular la ingesta de sustancias químicas al consumir pescados y mariscos:

$$\text{Dosis de exposición estimada} = \frac{\text{Conc.} \times \text{TI} \times \text{FE} \times \text{DE}}{\text{PC} \times \text{TM}}$$

donde:

Conc.: Concentración de sustancias químicas en partes por millón (ppm, que es también mg/kg)

TI: Tasa de ingestión: adulto = 0.227 kilogramos (kg)* de pescados o mariscos por día; niño = 0.1135 kg de pescados o mariscos por día **

FE: Frecuencia de exposición o número de exposiciones por año de exposición:
365 días/año para personas que consumen pescados o mariscos 7 veces por semana
260 días/año para personas que consumen pescados o mariscos 5 veces por semana
208 días/año para personas que consumen pescados o mariscos 4 veces por semana
104 días/año para personas que consumen pescados o mariscos 2 veces por semana
52 días/año para personas que consumen pescados o mariscos 1 vez por semana

DE: Duración de la exposición: adulto = 70 años; niño = 6 años

PC: Peso corporal: adulto = 70 kg; niño = 16 kg

TM: Tiempo medio, o período durante el cual se promediaron las exposiciones acumulativas (6 años ó 70 años x 365 días/año)

*0.227 kg equivale a una comida de 8 onzas.

**0.1135 kg equivale a una comida de 4 onzas.

Empleo de dosis de exposición para evaluar presuntos riesgos para la salud

La ATSDR analiza el peso de las pruebas de datos toxicológicos, médicos y epidemiológicos a fin de determinar si las exposiciones podrían asociarse con efectos nocivos para la salud (no cancerígenos y cancerígenos). Como parte de este proceso, la ATSDR examina datos relevantes sobre los efectos para la salud a fin de determinar si las dosis estimadas pueden producir efectos

nocivos para la salud. Como un primer paso en la evaluación de los efectos no cancerígenos, la ATSDR compara dosis de exposición estimadas con valores conservadores de pautas sanitarias, incluidos niveles mínimos de riesgo (NMR) de la ATSDR y dosis de referencia (RfD) de la EPA. Los NMR y las RfD son estimaciones de exposición humana diaria a una sustancia que improbablemente produzca efectos no cancerígenos en un lapso determinado de tiempo. *Dosis de exposición estimadas inferiores a estos valores no se consideran motivo de inquietud sanitaria.* A fin de maximizar la protección de la salud humana, los NMR y las RfD poseen factores de incertidumbre o coeficientes de seguridad incorporados, con lo cual estos valores son considerablemente inferiores a los niveles a los cuales se han observado efectos para la salud. El resultado es que incluso si una dosis de exposición es más alta que los NMR o la RfD, no necesariamente significa que ocurrirán efectos nocivos para la salud.

Sin embargo, si se exceden los valores orientativos para la salud, la ATSDR examina los niveles de los efectos para la salud mencionados en la bibliografía científica y analiza más completamente el potencial de la exposición. La ATSDR analiza estudios en las personas disponibles así como estudios experimentales en animales. Esta información se utiliza para describir el potencial de una sustancia específica de ocasionar enfermedades y comparar estimaciones de dosis específicas a los sitios con dosis que según estudios aplicables producen enfermedades (conocido como el margen de exposición). En conexión con los efectos cancerígenos, la ATSDR compara una dosis de exposición estimada durante toda la vida a niveles de efectos cancerígenos disponibles (NEC), que son dosis que producen aumentos significativos en la incidencia del cáncer o los tumores, y examina estudios de genotoxicidad para comprender aun más el grado en el que una sustancia química puede relacionarse con casos de cáncer. Este proceso permite a la ATSDR ponderar las pruebas disponibles a la luz de incertidumbres y ofrecer perspectiva sobre la posibilidad de resultados nocivos para la salud bajo condiciones específicas de los sitios.

Cuando se comparan las dosis estimadas de exposición a niveles reales de efectos para la salud en la bibliografía científica, la ATSDR estima dosis sobre la base de casos hipotéticos de exposición más reales que se usarán para fines comparativos. En este nivel de evaluación, *una concentración media*⁷ se utiliza para calcular dosis de exposición a fin de determinar una exposición más probable. Se escoge este enfoque porque es altamente improbable que alguien ingiera pescados o mariscos con la concentración máxima a diario durante un período prolongado de tiempo porque no todos los pescados o mariscos contienen la concentración máxima detectada de ninguna sustancia química dada. Por tanto, es más probable que se ingieran con el transcurso del tiempo pescados o mariscos que contienen una gama de concentraciones. Por otra parte, varias sustancias químicas (por ejemplo, arsénico, hierro y plomo) no se detectaron en todas las muestras recogidas. En consecuencia, los pescados o mariscos sin ninguna contaminación por sustancias químicas pueden también consumirse.

Empleo de otros métodos en la evaluación de riesgos presuntos para la salud

Cuando se aborda la cuestión de la exposición al plomo, la ATSDR utiliza un segundo enfoque además de los métodos tradicionales descritos anteriormente. Una parte sustancial de los datos sobre los efectos para la salud humana del plomo se expresan en términos de nivel de plomo en sangre en lugar de dosis de exposición. De esta manera, la ATSDR creó un enfoque secundario para utilizar análisis de regresión con parámetros de captación específicos para los medios a fin de estimar el nivel de plomo en sangre acumulado que podría resultar de la exposición a un nivel dado de contaminación. Esto se obtiene multiplicando la concentración detectada por un factor de pendiente específica a los medios, el cual es 0.24 microgramos por decilitro ($\mu\text{g}/\text{dl}$) por ppm

⁷ Los promedios se calcularon mediante concentraciones detectadas solamente y no tienen en cuenta valores no detectados. A pesar de que esto tiende a sobreestimar los valores medios reales, la ATSDR decidió basar las evaluaciones de la salud en los promedios más conservadores a fin de proteger más la salud pública.

de plomo en pescados consumidos (ATSDR 1999c). Los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) han determinado que se observarán efectos para la salud más probablemente si los niveles de plomo en sangre se encuentran en 10 $\mu\text{g}/\text{dl}$ o más.

Fuentes para pautas sanitarias

Según mandato del Congreso, la ATSDR prepara perfiles toxicológicos para sustancias peligrosas que se encuentran en sitios contaminados. Estos perfiles toxicológicos se utilizaron para evaluar presuntos efectos para la salud del consumo de pescados y mariscos provenientes de Vieques. Los perfiles toxicológicos de la ATSDR están disponibles en la Internet en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html> o comunicándose con el Servicio Nacional de Información Técnica (NTIS, por sus siglas en inglés) al 1-800-553-6847. La EPA también formula pautas para los efectos sobre la salud y, en algunos casos, la ATSDR utilizó pautas de la EPA para evaluar los presuntos efectos para la salud. Estas pautas se encuentran en el Sistema Integrado de Información sobre Riesgos (IRIS, por sus siglas en inglés) de la EPA —una base de datos sobre efectos para la salud humana que podrían resultar de la exposición a varias sustancias que se encuentran en el medio ambiente. IRIS está disponible en Internet en <http://www.epa.gov/iris>. A fin de obtener más información sobre IRIS, comuníquese con la línea directa de IRIS de la EPA al 1-301-345-2870 o envíe un mensaje a Hotline.IRIS@epamail.epa.gov.

Evaluación de los Riesgos para la Salud en Relación con el Consumo de Pescados y Mariscos Provenientes de Vieques

Sustancias químicas no detectadas

Antimonio, talo, RDX, HMX, 1,3,5-trinitrobenceno, 1,3-dinitrobenceno, 2,4,6-dinitrobenceno, 2,4,6-trinitrotolueno, tetrilo, nitrobenceno, 2,4-dinitrotolueno, 2,6-dinitrotolueno, 2-amino-4,6-dinitrotolueno, 4-amino-2,6-dinitrotolueno, 2-nitrotolueno, 3-nitrotolueno, 4-nitrotolueno, y nitroglicerina se analizaron pero no se detectaron en ninguna de las muestras de pescados o mariscos (consulte Cuadros 8 y 9). Por otra parte, no se detectó níquel en mariscos (consulte el Cuadro 9). En consecuencia, ninguna de estas sustancia química constituyen una preocupación para la salud de las personas que consumen pescados y mariscos en torno a Vieques y no se tratarán en mayor detalle.

Sustancias químicas sin pautas sanitarias

Los nutrientes esenciales (por ejemplo, calcio, magnesio, potasio y sodio) son minerales importantes que mantienen funciones vitales básicas; por tanto, se recomienda el consumo de ciertas dosis a diario. Dado que estas sustancias químicas son necesarias para la vida, no existen NMR y RfD para ellas. Se encuentran en muchos alimentos, como leche, bananas y sal de mesa. El consumo de estos nutrientes esenciales en las concentraciones encontradas en los pescados y mariscos de Vieques no producirá efectos nocivos para la salud y no se tratan en mayor detalle.

Sustancias químicas por debajo de las pautas sanitarias para todos los casos hipotéticos de exposición

La ATSDR derivó dosis de exposición conservadoras para los metales detectados en muestras comestibles mediante el empleo de concentraciones máximas encontradas en pescados y mariscos en la ecuación incluida anteriormente en la sección *Derivación de dosis de exposición* y mediante la comparación de las dosis de exposición estimadas a valores estándar de la pauta sanitaria (NMR y RfD). Con el empleo de la concentración detectada máxima para el caso hipotético de la exposición diaria, las dosis de exposición resultantes aluminio, bario, berilio, cobalto, manganeso, plata, and vanadio se encontraron por debajo de las pautas sanitarias tanto para pescados como para mariscos. Por otra parte, cadmio, níquel, y zinc se encontraron por debajo de las pautas sanitarias en pescados⁸ (consulte los Cuadros D-1 y D-2 para pescados y mariscos, respectivamente). En consecuencia, ninguna de estas sustancias químicas se detectaron a un nivel de preocupación sanitaria en pescados y mariscos provenientes de Vieques y no se tratarán en mayor detalle.

Sustancias químicas por encima de las pautas sanitarias para uno o más casos hipotéticos de exposición

Uno o más casos hipotéticos de exposición para arsénico, cadmio (en mariscos), cromo, cobre, hierro, mercurio, selenio y zinc (en mariscos) resultaron en dosis de exposición más altas que la pauta sanitaria para la sustancia química específica (consulte Cuadros D-3 y D-4 sobre dosis estimadas de esos metales en pescados y mariscos, respectivamente). No obstante, dosis de exposición calculadas más altas que las pautas sanitarias no significan automáticamente que se manifestarán efectos nocivos para la salud. En cambio, indican que la ATSDR debe examinar en

⁸No se detectó níquel en mariscos. Dosis estimadas para el zinc se encontraron por encima de pautas sanitarias en mariscos.

mayor detalle los niveles de efectos nocivos informados en la bibliografía científica y examinar más exhaustivamente el potencial de exposición. El resto de este apéndice evalúa en mayor detalle estos metales y su potencial de exposición razonable. Se incluye también el plomo en este análisis porque no existe una pauta sanitaria para este metal. Se incluyen a continuación evaluaciones específicas de sustancias químicas.

Arsénico

Si bien el arsénico elemental está presente naturalmente en algunas sustancias, el arsénico se encuentra generalmente en el medio ambiente en dos formas —inorgánico (arsénico combinado con oxígeno, cloro y azufre) y orgánico (arsénico combinado con carbono e hidrógeno). Las formas orgánicas del arsénico son generalmente menos tóxicas que las formas inorgánicas (ATSDR 2000a). El arsénico se encuentra en la mayoría de los alimentos, con los productos de mar, especialmente los mariscos, con las concentraciones más altas (FDA 1993). En consecuencia, la ingesta de pescados y mariscos que contienen arsénico constituye una de las maneras para que esta sustancia ingrese al cuerpo. No obstante, la mayor parte del arsénico en pescados y mariscos es la forma orgánica menos dañina (Cullen 1998; Dabeka et al. 1993; Eisler 1994; Gebel et al. 1998b según se cita en ATSDR 2000a; FDA 1993).

Una vez que ingresa al cuerpo, el hígado modifica parte del arsénico inorgánico para convertirlo en la forma orgánica menos dañina (es decir, metilación). Este proceso es eficaz siempre que la dosis de arsénico inorgánico permanezca por debajo de 0.05 mg/kg/día (ATSDR 2000a). Tanto las formas inorgánica como orgánica del arsénico abandonan el cuerpo en la orina. Estudios han demostrado que 45–85% del arsénico se elimina en uno a tres días (Buchet et al. 1981a; Crecelius 1977; Mappes 1977; Tam et al. 1979b según se cita en ATSDR 2000a); no obstante, cierta cantidad permanecerá durante varios meses o más.

Dado que el arsénico inorgánico es mucho más nocivo que el arsénico orgánico, la ATSDR basó su evaluación de la salud en los niveles de arsénico inorgánico presentes. En pescados y mariscos, generalmente cerca de 1-20% del arsénico total se encuentra en la forma inorgánica más dañina (ATSDR 2000a; Francesconi y Edmonds 1997; NAS 2001b; FDA 1993). La Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) propone que 10% del arsénico total se calcule como arsénico inorgánico en lugar de realizar análisis específicamente para el arsénico inorgánico (FDA 1993). A fin de adoptar una actitud conservadora, la ATSDR utilizó un factor de conversión de 20% en el numerador de la ecuación de la dosis descrita en la sección *Derivación de dosis de exposición* para calcular la dosis estimada a partir de la exposición a arsénico inorgánico en pescados y mariscos de Vieques (es decir, la ATSDR asumió de manera conservadora que 20% del arsénico total detectado fue arsénico inorgánico).

Efectos no cancerígenos para la salud

La exposición diaria a las concentraciones medias de arsénico (promedios = 4.0 ppm en pescados y 11.1 ppm en mariscos) en pescados y mariscos de una variedad de localizaciones resultará en dosis de exposición de 0.0026–0.0072 mg/kg/día para adultos y 0.0057–0.0157 mg/kg/día para niños. El consumo de la concentración media de arsénico de cualquiera de las localizaciones resultará en dosis de exposición que oscilan entre 0.0008 y 0.0206 mg/kg/día para adultos y 0.0018 y 0.045 mg/kg/día para niños (consulte el Cuadro D-5). Como se mencionó anteriormente, el metabolismo (es decir, la manera en que se descompone en el cuerpo) de arsénico inorgánico se ha estudiado extensivamente en seres humano y animales. Las dosis estimadas de la ATSDR se encuentran ampliamente por debajo de aquellas que inhiben la capacidad del cuerpo para desintoxicarlo o modificarlo a formas no dañinas (dosis mayores de 0.05 mg/kg/día inhiben la desintoxicación). En consecuencia, la cantidad de arsénico que una

persona consume en pescados y mariscos provenientes de Vieques debe controlarse mediante procesos metabólicos normales en el cuerpo.

No obstante, ciertas indicaciones en la bibliografía científica señalan que determinados efectos para la salud dérmica podrían resultar del consumo de una dosis más baja de arsénico—se notificó hiperkeratosis e hiperpigmentación en personas expuestas a 0.014 mg/kg/día de arsénico en el agua potable durante más de 45 años (Tseng et al. 1968 según se cita en ATSDR 2000a). Sin embargo, existe gran incertidumbre en torno a la dosis informada. Dado que las estimaciones sobre el consumo de agua y el arsénico en el régimen alimentario son altamente inciertas en este estudio y en otros similares, algunos científicos sostienen que los efectos notificados pueden estar relacionados en realidad con dosis superiores a 0.014 mg/kg/día. En especial, el grado total de la ingesta de arsénico de fuentes alimentarias y la condición sanitaria de la población de estudio no están bien documentados.

Las dosis estimadas de exposición para el consumo diario de mariscos con la concentración media de arsénico superan el nivel de efectos para la salud de 0.014 mg/kg/día para el mercado de pescados (Localización 5) y los casos hipotéticos generales de exposición (consulte Cuadro D-5). El promedio desproporcionadamente alto de arsénico observado en el mercado de pescados se debe a las langostas recogidas en esa localización. Como se muestra en el recuadro de texto, los mariscos atrapados en Vieques revelaron niveles notablemente diferentes de contaminación total con arsénico, con langostas que tienen holgadamente las cargas más altas de arsénico en el cuerpo. Por tanto, la ATSDR evaluó la exposición a arsénico inorgánico para especies individuales. Como se muestra en el Cuadro D-

<u>Especie</u>	<u>Gama de arsénico Concentraciones</u>
Langosta*	23.4–48.3 ppm
Caracola	1.2–7.1 ppm
Cangrejo de tierra	0.0–2.6 ppm

*De acuerdo con una encuesta del Servicio Nacional de Pesquerías Marinas de 1978, niveles medios de arsénico en langostas oscilan entre 10 y 20 ppm (FDA 1993). No obstante, la FDA observa que en algunos casos los niveles de arsénico pueden superar 100 ppm porque las langostas tienden a almacenar arsénico en sus cuerpos (Benson y Summons 1981; Bohn 1975; LeBlanc y Jackson 1973 según se cita en FDA 1993).

6, todas las dosis estimadas se encuentran dentro de la capacidad del cuerpo para metabolizar arsénico (es decir, las dosis son inferiores a 0.05 mg/kg/día), a pesar de que algunos de los casos hipotéticos sobre consumo más frecuentes para langostas se ubican por encima del nivel de efectos para la salud de 0.014 mg/kg/día. Por ello, la ATSDR determinó la cantidad de langosta que podría consumirse de manera segura dada la concentración media de arsénico en langostas provenientes de Vieques. Sobre la base de presunciones altamente conservadoras, la ATSDR no prevé efectos no cancerígenos para la salud en personas que consumen hasta dos comidas con langosta por semana.

Habida cuenta que el metabolismo del arsénico se ha estudiado adecuadamente en personas y las dosis de exposición estimadas para el consumo de pescados y mariscos se encuentran dentro de la capacidad del cuerpo para metabolizar arsénico, la ATSDR no prevé que las personas que consumen pescados y mariscos, provenientes de Vieques, contaminados con arsénico padezcan efectos no cancerígenos adversos para la salud.

Efectos cancerígenos para la salud

El Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos, el Centro Internacional para Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC), el Programa Nacional de Toxicología (PNT), y la EPA han determinado independientemente que el arsénico inorgánico es carcinógeno para las personas (ATSDR 2000a). Se notificaron casos de cáncer de piel para personas expuestas a 0.014 mg/kg/día de arsénico en el agua durante más de 45 años (Tseng et al. 1968 según se cita en ATSDR 2000a). Como se explicó anteriormente, los científicos sostienen que este NEC puede estar subestimado (es decir, dosis relacionadas con cáncer pueden ser más altas en realidad). NEC adicionales en la bibliografía generalmente oscilaron entre 0.01 y 0.05 mg/kg/día (ATSDR 2000a).

El consumo de la concentración media de arsénico inorgánico en pescados y mariscos provenientes de Vieques a diario se considera que resulta en una dosis para toda la vida de 0.0008–0.0052 mg/kg/día para pescados y 0.0018–0.0206 mg/kg/día para mariscos (consulte exposición en adultos en el Cuadro D-5). El consumo de pescados contaminados con arsénico no incrementará su riesgo de padecer cáncer. No obstante algunos de los casos hipotéticos de exposición presentados en el Cuadro D-5 para mariscos produjeron dosis más altas que algunos de los NEC. Como se explicó en la sección de efectos no cancerígenos para la salud, las langostas tuvieron cargas de arsénico sustancialmente más altas que las caracolas y los cangrejos de tierra. Por tanto, la ATSDR evaluó la exposición a arsénico inorgánico para cada especie individual de mariscos. Como se muestra en el Cuadro D-6, el consumo de caracolas y cangrejos de tierra no aumentará su riesgo de padecer cáncer. No obstante, algunos de los casos hipotéticos de consumo más frecuentes para langostas se encuentran por encima de los niveles que producen efectos para la salud de 0.01 mg/kg/día. Por ello, la ATSDR determinó la cantidad de langosta que se podría consumir de manera segura dada la concentración media de arsénico en langostas provenientes de Vieques. Sobre la base de presunciones altamente conservadoras (la ATSDR consideró que 20% del arsénico total se encuentra en forma inorgánica), la ATSDR no prevé efectos cancerígenos para la salud en personas que consumen hasta dos comidas con langosta por semana.

Cabe destacar que los niveles de arsénico en langostas recogidas en Vieques se encuentran por debajo de la pauta de la FDA para el arsénico total (es decir, 76 ppm; FDA 1993). ¿Por qué entonces la evaluación de la ATSDR muestra el potencial de efectos para la salud si se consumen langostas más de dos veces por semana? A pesar de esto, la ATSDR recomendó no consumir langostas más de dos veces por semana. Esta contradicción aparente es una función de las presunciones sobre exposición utilizadas por cada organismo, principalmente tasas de ingesta diferentes. La FDA considera que la población en general consume una cantidad determinada de langosta por semana y basa su nivel de acción (76 ppm) en esa presunción. En términos generales, su presunción es que las personas, en promedio, comerán una porción de 8 onzas de langosta semana de por medio. La ATSDR enfocó esto de manera levemente diferente—determinamos la concentración media (32.9 ppm) y a partir de allí decidimos la cantidad de langosta con este nivel de arsénico que podría consumirse de manera segura bajo nuestra propia evaluación *altamente conservadora* (dos porciones de 8 onzas por día).

Cadmio

En términos generales, las principales fuentes de exposición al cadmio son a través del consumo de cigarrillos y, en un menor grado, la ingestión de alimentos contaminados con cadmio. No obstante, solo aproximadamente 5 a 10% del cadmio ingerido es absorbido en realidad por el cuerpo; la mayor parte se excreta en las heces (McLellan et al. 1978; Rahola et al. 1973 según se cita en ATSDR 2000b). El cadmio que es absorbido ingresa a los riñones y el hígado. No obstante, una vez absorbido, tiende a permanecer en el cuerpo durante años. El cuerpo modifica la mayor parte del cadmio a una forma que no es dañina, pero si se absorbe demasiado cadmio, el hígado y los riñones no pueden convertirlo completamente a la forma inocua (Goyer et al. 1989; Kotsonis y Klaassen 1978; Sendelbach y Klaassen 1988 según se cita en ATSDR 2000b).

Efectos no cancerígenos para la salud

El cadmio se detectó solamente por encima de pautas sanitarias en mariscos (es decir, los pescados no contuvieron niveles de cadmio por encima de la preocupación sanitaria). La pauta sanitaria oral para el cadmio se basa en un modelo toxicokinético que predice que no se producirán efectos adversos para la salud de personas expuestas de manera crónica a 0.01 mg/kg/día de cadmio en los alimentos (USEPA 1985 según se cita en EPA 1991a).

La exposición diaria a la concentración media de cadmio (promedio general = 0.36 ppm) en mariscos de diferentes lugares producirá dosis de exposición de 0.0012 mg/kg/día para adultos y 0.0026 mg/kg/día para niños. El consumo de la concentración media en mariscos de alguna de las localizaciones producirá dosis de exposición que oscilan entre 0.0009 y 0.0016 mg/kg/día para adultos y entre 0.0019 y 0.0035 mg/kg/día para niños (consulte el Cuadro D-7). El consumo incluso de la concentración más alta de cadmio detectada en mariscos de manera cotidiana producirá dosis estimadas más bajas que el NSENO mencionado anteriormente (dosis de

exposición = 0.0022 mg/kg/día para adultos y 0.0049 mg/kg/día para niños; consulte el Cuadro D-4). En consecuencia, las concentraciones de cadmio en pescados y mariscos provenientes de Vieques se encuentran por debajo de niveles que constituyen una preocupación para la salud en cuanto a efectos no cancerígenos.

Efectos cancerígenos para la salud

Estudios del cadmio en personas y animales no han determinado un aumento en el cáncer, no obstante, se necesita más investigación antes de alcanzar una conclusión definitiva sobre si el cadmio produce o no cáncer. Como enfoque conservador, el CIIC ha determinado que el cadmio es carcinógeno para las personas. El Departamento de Salud y Servicios Sociales prevé de manera razonable que el cadmio es carcinógeno. La EPA ha determinado que el cadmio, cuando se inhala, es un carcinógeno humano probable (ATSDR 1999b). La exposición durante toda la vida a la concentración media de cadmio en pescados y mariscos de Vieques tampoco se prevé que producirá también un aumento en el cáncer porque las dosis previstas para toda la vida (0.00026 mg/kg/día para pescados—consulte exposición de adultos en el Cuadro D-1, y 0.0009–0.0016 mg/kg/día para mariscos—consulte exposición de adultos en el Cuadro D-7) son inferiores al nivel que produce efectos cancerígenos (NEC) (tasas incrementadas de adenomas de próstata se manifestaron en ratas a partir de la exposición a 3.5 mg/kg/día de cadmio en alimentos; Waalkes y Rehm 1992 según se cita en ATSDR 1999b). En consecuencia, las concentraciones de cadmio se encuentran también por debajo de niveles de preocupación sanitaria en cuanto a efectos cancerígenos.

Cromo

El cromo se presenta en tres formas principales —cromo 0, cromo III (conocido también como cromo trivalente), y cromo VI (conocido también como cromo hexavalente). El cromo VI es

más dañino que el cromo III, nutriente esencial requerido por el cuerpo. A pesar de que parte o todo el cromo detectado en pescados y mariscos provenientes de Vieques podría ser cromo III; a manera de enfoque conservador a la evaluación de la salud, la ATSDR consideró que todo el cromo fue del tipo más dañino, cromo VI.

El Consejo Nacional de Investigación recomienda que los adultos consuman 50–200 µg de cromo III todos los días y ha establecido ingestas inocuas y adecuadas diarias en la dieta de 10–80 µg para niños (NRC 1989 según se cita en ATSDR 2000b).
--

El cromo VI es absorbido más fácilmente que el cromo III; por tanto, el consumo de pescados y mariscos que contienen cromo puede producir el ingreso de formas dañinas de cromo en el cuerpo. No obstante, una vez dentro del cuerpo, el cromo IV más dañino se convierte en el nutriente esencial, cromo III. Por otra parte, la mayor parte del cromo ingerido abandonará el cuerpo en las heces en el lapso de unos pocos días y nunca ingresará al torrente sanguíneo. Solo una cantidad muy pequeña (0.4 a 2.1%) de cromo puede atravesar las paredes del intestino e ingresar al torrente sanguíneo (Anderson et al. 1983; Anderson 1986; Donaldson y Barreras 1966 según se cita en ATSDR 2000b).

Efectos no cancerígenos para la salud

La pauta sanitaria oral para el cromo IV se basa en un estudio en el cual no se notificaron efectos adversos para la salud de animales expuestos a 2.5 mg/kg/día de cromo VI en el agua potable (MacKenzie et al. 1958 según se cita en EPA 1998). El consumo de pescados o mariscos provenientes de Vieques de manera cotidiana resultará en dosis de cromo mucho más bajas que este NSENO y no producirá efectos adversos para la salud.

La exposición diaria a las concentraciones medias de cromo (promedios = 0.16 ppm en pescados y 0.19 ppm en mariscos) en pescados y mariscos de diferentes localizaciones producirá dosis de exposición de 0.0005–0.0006 mg/kg/día para adultos y 0.0011–0.0013 mg/kg/día para niños. El consumo de la concentración media en cualquier localización resultará en dosis de exposición

que oscilan entre 0.0003 y 0.0012 mg/kg/día para adultos y de 0.0007–0.0027 mg/kg/día para niños (consulte el Cuadro D-8). Incluso del consumo de la concentración más alta de cromo detectada en pescados y mariscos de manera cotidiana producirá dosis estimadas con órdenes de magnitud inferiores al NSENO mencionado anteriormente (dosis de exposición = 0.0042–0.0065 mg/kg/día para adultos y 0.0092–0.0141 mg/kg/día para niños; consulte los Cuadros D-3 y D-4). En consecuencia, las concentraciones de cromo en pescados y mariscos provenientes de Vieques se encuentran muy por debajo de niveles que constituyen una preocupación sanitaria en cuanto a efectos no cancerígenos.

Efectos cancerígenos para la salud

El Departamento de Salud y Servicios Sociales ha determinado que ciertos compuestos de cromo VI son agentes carcinógenos conocidos para las personas cuando se inhalan. El CIIC ha determinado que el cromo VI es un agente carcinógeno para las personas y el cromo 0 y el cromo III no son clasificables en cuanto a su carcinogenicidad. La EPA ha expresado que el cromo VI en el aire es carcinógeno pero las pruebas no son concluyentes para determinar si el cromo VI y el cromo III en los alimentos y el agua son carcinógenos para las personas (ATSDR 2000b). En consecuencia, a pesar de la clasificación de carcinogenicidad, el consumo de pescados y mariscos con cromo no se prevé que produzca un incremento en los casos de cáncer porque los datos científicos disponibles sugieren que la exposición oral al cromo no resultará en cáncer. Estudios en animales que incluyen la ingestión de cromo no han determinado datos concluyentes sobre la carcinogenicidad. Por ello, las concentraciones de cromo se encuentran también por debajo de niveles de preocupación sanitaria en cuanto a efectos cancerígenos.

Cobre

Una vez ingerido, el cobre es absorbido por el estómago y el intestino delgado como cobre iónico o ligado a aminoácidos. Muchos factores afectan la absorción del cobre: (1) competencia con otros metales, como cadmio y zinc (Davies y Campbell 1977; Hall et al. 1979 según se cita en ATSDR 1990); (2) la cantidad de cobre en el estómago (Farrer y Mistilis 1967; Strickland et al. 1972 según se cita en ATSDR 1990); (3) ciertos componentes del régimen alimentario, y (4) la forma de cobre. Después de la absorción, el cobre es transportado al hígado mediante el ligado libre a albúmina del plasma y aminoácidos (Marceau et al. 1970 según se cita en ATSDR 1990). El hígado transforma el cobre en una glicoproteína (ceruloplasmina) y la libera al plasma. Aproximadamente 72% del cobre se excreta en las heces a través de la bilis (Bush et al. 1955 según se cita en ATSDR 1990).

El cobre es esencial para la buena salud porque ayuda a absorber y utilizar el hierro y producir

<u>Grupo</u>	<u>Nivel recomendado de cobre en la dieta</u>
varones adultos	0.90 mg/día
mujeres adultas	0.90 mg/día
mujeres embarazadas	1.00 mg/día
niños (1-3 años)	0.34 mg/día
niños (4-8 años)	0.44 mg/día
niños (9-13 años)	0.70 mg/día
niños (14-18 años)	0.89 mg/día
<u>Grupo</u>	<u>Ingesta adecuada</u>
lactantes (0-6 meses)	0.20 mg/día
lactantes (7-12 meses)	0.22 mg/día

Fuente: NAS 2001a

hemoglobina, la cual transporta oxígeno en el cuerpo (ANR 2001). No obstante, si bien el cuerpo es muy bueno para regular la cantidad de cobre que ingresa al torrente sanguíneo, ingestas únicas o diarias muy grandes pueden producir efectos adversos para la salud (ATSDR 1990). La Academia Nacional de Ciencias informa que no se observaron efectos adversos en dosis de 10 mg/día (NAS 2001a).

Son muy escasos los estudios toxicológicos y epidemiológicos disponibles para el cobre y aquellos que están disponibles presentan diseño defectuoso e incluyen solo a unas pocas personas (NAS 2001a). En consecuencia, en comparación, la ATSDR calculó un consumo diario de cobre

en pescados y mariscos con la ecuación modificada de la dosis en la Sección *Derivación de dosis de exposición* ($Dosis = Conc. \times TI$) y comparó esta dosis diaria al nivel determinado por la Academia Nacional de Ciencias como inocuo (10 mg/día).

La exposición a las concentraciones medias de cobre (promedios = 0.56 ppm en pescados y 7.8 ppm en mariscos) en pescados y mariscos de una variedad de lugares aumentará el consumo diario de cobre de un niño en 0.06–0.89 mg/día y el consumo diario de un adulto en 0.13–1.77 mg/día. El consumo de la concentración media de cobre de cualquiera de las localizaciones resultará en aumentos en la dosis diaria de 0.1 a 2.36 mg/día para adultos y de 0.05 a 1.18 mg/día para niños (consulte el Cuadro D-9). El consumo incluso de la concentración máxima de cobre solo aumentará el consumo diario de un niño de 0.9 a 2.0 mg/día y el consumo diario de un adulto de 1.9 a 4.0 mg/día.

La ingesta media de cobre en los Estados Unidos en los alimentos es aproximadamente 1.0–1.6 mg/día (NAS 2001a). En consecuencia, los aumentos diarios relativamente pequeños en el consumo (a partir del consumo de pescados y mariscos provenientes de Vieques) no aumentarán seguramente la dosis diaria de una persona por encima del NSENO de la Academia Nacional de Ciencias de 10 mg/día. Por otra parte, el consumo de pescados y mariscos ayudará a una persona a consumir la ingestión de alimentos recomendada para el cobre. Por lo tanto, las concentraciones de cobre en pescados y mariscos provenientes de Vieques no se prevé que produzcan efectos adversos para la salud.

Hierro

El hierro es un mineral importante que contribuye al mantenimiento de las funciones vitales básicas. Se combina con proteínas y cobre para formar hemoglobina, la cual transporta oxígeno en la sangre desde los pulmones a otras partes del cuerpo, incluido el corazón. También ayuda

en la formación de mioglobina, la cual suministra oxígeno a los tejidos musculares (ANR 2001). Si la cantidad de hierro no es suficiente, el cuerpo no puede producir suficiente hemoglobina o mioglobina para preservar la vida. La anemia con carencia de hierro es una afección que ocurre cuando el cuerpo no recibe suficiente hierro.

La pauta sanitaria oral para el hierro se basa en datos sobre el consumo en la dieta recogidos como parte del Segundo Estudio Nacional para Examen de la Salud y la Nutrición de la EPA en el cual no se relacionaron efectos adversos para la salud con las ingestas medias de hierro de 0.15–0.27 mg/kg/día. Se determinó que estos niveles son suficientes para la protección contra la carencia de hierro, pero también son lo suficientemente bajos para no producir efectos dañinos para la salud.

Academia Nacional de Ciencias Nivel recomendado de hierro	
Grupo	en la dieta
niños	10 mg/día
adultos >50 años	10 mg/día
varones adultos	10 mg/día
mujeres <50 años	15 mg/día
mujeres embarazadas	30 mg/día
Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA)	
Grupo	Consumo diario de referencia
Adultos	18 mg/día
Niños ≥4 años	18 mg/día
Fuentes: FDA 1997; Kurtzweil 1993	

La exposición diaria a las concentraciones medias (promedios = 6.8 ppm en pescados y 36.3 ppm en mariscos) de hierro en pescados y mariscos de diferentes localizaciones resultará en dosis de exposición de 0.022–0.118 mg/kg/día para adultos y 0.048–0.258 mg/kg/día para niños. El consumo de la concentración media de hierro de cualquiera de las localizaciones resultará en dosis de exposición que oscilan entre 0.005 y 0.169 mg/kg/día para adultos y entre 0.011 y 0.37 mg/kg/día para niños (consulte el Cuadro D-10). Algunas de las dosis estimadas para mariscos superan levemente los NSENO de 0.15 a 0.27 mg/kg/día. No obstante, las dosis estimadas que exceden levemente los NSENO no indican la inminencia de un efecto adverso para la salud porque estos niveles determinan un nivel en el cual **no** se observan efectos adversos para la salud.

Por otra parte, es considerablemente improbable que alguien consuma mariscos a diario, en lugar de una variedad de alimentos. Además, el cuerpo utiliza un mecanismo homeostático a fin de mantener las cargas de hierro a nivel constante a pesar de las variaciones en el régimen alimentario (Eisenstein y Blemings 1998).

En general, no se considera que el hierro produzca efectos perjudiciales para la salud con excepción de su ingestión en dosis extremadamente grandes, como es el caso de una ingestión accidental de medicamentos. Por tanto, intoxicación aguda por hierro se ha notificado en niños menores de 6 años de edad que han accidentalmente recibido una sobredosis de complementos que contienen hierro para adultos. De acuerdo con la FDA, dosis mayores a 200 mg por evento podrían intoxicar o matar a un niño (FDA 1997). Dosis de esta magnitud generalmente son el resultado de la ingestión por parte de niños de píldoras de hierro. En comparación, la ATSDR calculó un consumo diario a partir de la exposición a la concentración media de hierro en pescados y mariscos con el empleo de una ecuación modificada para la dosis descrita en la sección *Derivación de dosis de exposición* ($\text{Dosis} = \text{Conc.} \times \text{TI}$).

La exposición a la concentración media de hierro (promedios = 6.8 ppm en pescados y 36.3 ppm en mariscos) en pescados y mariscos de diferentes localizaciones aumentará el consumo diario de hierro por parte de un niño de 0.8 a 4.1 mg/día y el consumo diario de un adulto de 1.5 a 8.2 mg/día. El consumo de la concentración media de hierro de cualquier localización producirá aumentos en la dosis diaria de 0.4 a 11.8 mg/día para adultos y de 0.2–5.9 mg/día para niños (consulte el Cuadro D-11).

El consumo medio diario de hierro en la dieta es aproximadamente 11–13 mg/día para niños de 1 a 8 años de edad, 13–20 mg/día para adolescentes de 9 a 18 años de edad, 16–18 mg/día para varones adultos, y 12 mg/día para mujeres adultas (NAS 2001a). En consecuencia, los aumentos diarios en el consumo (a partir del consumo de pescados y mariscos provenientes de Vieques) no

harán probablemente que la dosis diaria de una persona exceda los niveles conocidos que inducen la intoxicación (por ejemplo, mayores a 200 mg/evento). Por otra parte, el consumo de pescados y mariscos ayudará a una persona a satisfacer las ingestas recomendadas para el régimen alimentario en cuanto a hierro. En consecuencia, la ATSDR no prevé que las personas que consumen pescados y mariscos provenientes de Vieques padezcan efectos adversos para la salud.

Plomo

El consumo de plomo en pescados y mariscos llevará al ingreso de cierta cantidad de plomo en el cuerpo y el torrente sanguíneo. La cantidad de plomo que ingresa al cuerpo depende de la edad de la persona dado que es mayor la cantidad de plomo que ingresa a la sangre en los niños en comparación con los adultos (Alexander et al. 1974; Blake et al. 1983; James et al. 1985; Rabinowitz et al. 1980; Ziefler et al. 1978 según se cita en ATSDR 1999c). En el lapso de unas pocas semanas, 99% de la cantidad de plomo absorbido por adultos abandonará el cuerpo en la orina o las heces (Rabinowitz et al. 1977 según se cita en ATSDR 1999c), mientras que solo aproximadamente 68% del plomo que ingresa en el organismo de niños abandonará sus cuerpos (Ziegler et al. 1978 según se cita en ATSDR 1999c). Una vez en el cuerpo, el plomo llegará a tejidos blandos, como el hígado, los riñones, los pulmones, el cerebro, el bazo, los músculos y el corazón. Después de muchas semanas de exposición continua, la mayor parte del plomo se desplaza desde los tejidos blandos a los huesos y los dientes. En los adultos, aproximadamente 94% de la cantidad total de plomo en el cuerpo se encuentra en los huesos. En los niños, aproximadamente 73% del plomo en el cuerpo se almacena en los huesos (Barry 1975 según se cita en ATSDR 1999c).

Efectos no cancerígenos para la salud

Los efectos para la salud de la exposición crónica al plomo no se han documentado en las personas. No obstante, no se observaron efectos adversos en animales expuestos crónicamente a 0.57–27 mg/kg/día de plomo (ATSDR 1999c). El consumo de pescados y mariscos provenientes de Vieques cotidianamente producirá dosis de plomo mucho más bajas que aquellas de los NSENO.

La exposición diaria a las concentraciones medias de plomo (promedios = 0.27 ppm en pescados y 0.25 ppm en mariscos) en pescados y mariscos de una variedad de localizaciones producirá dosis de exposición de 0.0008–0.0009 mg/kg/día para adultos y 0.0018–0.0019 mg/kg/día para niños. El consumo de la concentración media de plomo de cualquier lugar producirá dosis de exposición que oscilan entre 0.0006–0.0034 mg/kg/día para adultos y de 0.0012–0.0075 mg/kg/día para niños (consulte el Cuadro D-12). El consumo a diario incluso de la concentración más alta de plomo detectada en pescados y mariscos producirá dosis estimadas mucho más bajas que los NSENO de 0.57–27 mg/kg/día (dosis de exposición = 0.0018–0.0063 mg/kg/día para adultos y 0.0040–0.0138 mg/kg/día para niños; consulte Cuadros D-3 y D-4).

A fin de evaluar más plenamente la exposición crónica en adultos y niños, la ATSDR determinó que el nivel de plomo en sangre que se prevé resultará de la exposición al plomo en pescados y mariscos provenientes de Vieques con el empleo de la fórmula descrita en la Sección *Empleo de otros métodos en la evaluación de riesgos presuntos para la salud*. La exposición a las concentraciones medias de plomo en pescados y mariscos provenientes de diferentes localizaciones se estima que producirá niveles de plomo en sangre de 0.06 µg/dl—muy inferiores al nivel de preocupación de los CDC (10 µg/dl). El consumo de la concentración media de plomo de cualquier lugar producirá niveles de plomo en sangre que oscilan entre 0.04 y 0.25 µg/dl (consulte el Cuadro D-13). Incluso si se consume a diario la concentración más alta de plomo se

producirán niveles muy bajos de plomo en sangre (0.14–0.47 µg/dl). En consecuencia, las concentraciones de plomo en pescados y mariscos provenientes de Vieques se encuentran muy por debajo de niveles que constituyen preocupación sanitaria en cuanto a efectos no cancerígenos.

Efectos cancerígenos para la salud

A pesar de que algunas pruebas en animales han demostrado que se desarrollan tumores renales si se administran dosis grandes de plomo a los animales, no existen datos contundentes que el plomo produzca cáncer en las personas. No obstante, según la investigación disponible, el Departamento de Salud y Servicios Sociales ha determinado que puede razonablemente preverse que acetato de plomo y fosfato de plomo producen cáncer. A fin de evaluar los aumentos presuntos en el cáncer a partir de la exposición al plomo, la ATSDR comparó la exposición a lo largo de la vida para adultos (0.0006–0.0034 mg/kg/día para pescados y 0.0006–0.0009 mg/kg/día para mariscos; consulte la exposición de adultos en el Cuadro D-12) a los NEC informados en la bibliografía (presentaron adenomas tubulares renales y carcinomas en animales expuestos a 27 a 371 mg/kg/día de plomo en alimentos y agua; ATSDR 1999c). Pero habida cuenta de las dosis altas de plomo utilizadas, la ATSDR advierte sobre el uso de estos estudios en animales para predecir si el cáncer ocurrirá realmente en las personas. Incluso en tal instancia, los NEC son mucho más altos que las dosis previstas como resultado de una exposición durante toda la vida al plomo en pescados y mariscos provenientes de Vieques. En consecuencia, las concentraciones de plomo están también por debajo de los niveles que constituyen una preocupación sanitaria en cuanto a efectos cancerígenos.

Mercurio

El mercurio se encuentra naturalmente en el medio ambiente en varias formas diferentes: mercurio metálico (conocido también como mercurio elemental), mercurio inorgánico y mercurio orgánico. El mercurio metálico es la forma pura del mercurio. El mercurio inorgánico se forma cuando el mercurio metálico se combina con elementos como cloro, azufre u oxígeno. Cuando el mercurio se combina con el carbono, se forma el mercurio orgánico. Microorganismos (bacterias y hongos) y procesos naturales pueden cambiar la forma en la que se encuentra el mercurio. El compuesto de mercurio orgánico más común generado mediante estos procesos es el metilmercurio.

Las diferentes formas del mercurio se absorben y distribuyen de diversas maneras en el cuerpo.

- Cuando se ingieren cantidades pequeñas de mercurio metálico, solo aproximadamente 0.01% del mercurio ingresará al cuerpo a través del estómago o los intestinos (Sue 1994; Wright et al. 1980 según se cita en ATSDR 1999a). Se puede absorber más mercurio metálico si la persona padece una afección del tracto gastrointestinal. La cantidad pequeña de mercurio metálico que ingresa al cuerpo se acumulará en los riñones y el cerebro, donde se convierte rápidamente en mercurio inorgánico. Puede permanecer en el cuerpo durante semanas o meses, pero la mayor parte del mercurio se excreta finalmente en la orina, las heces y la respiración exhalada.

- Usualmente, menos de 10% del mercurio inorgánico se absorbe a través del estómago y los intestinos. Pero se ha informado que hasta 40% puede absorberse en el tracto intestinal (Clarkson 1971; Morcillo y Santamaria 1995; Nielson y Anderson 1990. 1992; Piotrowski et al. 1992 según se cita en ATSDR 1999a). Una vez que se encuentra en el cuerpo, una cantidad pequeña del mercurio inorgánico puede convertirse en mercurio

metálico, el cual se excretará o almacenará según se describió anteriormente. El mercurio inorgánico ingresa al torrente sanguíneo y avanza a muchos tejidos diferentes, pero en gran parte se acumulará en los riñones. El mercurio inorgánico no ingresa fácilmente al cerebro. Puede permanecer en el cuerpo durante varias semanas o meses y se excreta en la orina, las heces y la respiración exhalada.

- El metilmercurio es el compuesto de mercurio orgánico más estudiado. Se absorbe fácilmente en el tracto gastrointestinal (se absorbe aproximadamente 95%) y puede ingresar fácilmente al torrente sanguíneo (Aberg et al 1969; Al-Shahristani et al. 1976; Miettinen 1973 según se cita en ATSDR 1999a). Se traslada rápidamente a varios tejidos y el cerebro, donde el metilmercurio puede convertirse en mercurio inorgánico, el cual puede permanecer en el cerebro durante períodos prolongados. Lentamente, con el transcurso de los meses, el metilmercurio dejará el cuerpo, en gran parte como mercurio inorgánico en las heces.

La forma orgánica del mercurio es mucho más dañina que las formas metálica e inorgánica. En el tejido de peces, el mercurio está presente predominantemente como metilmercurio (cerca de 85%), la forma más tóxica (Jones 1996). En consecuencia, a fin de adoptar un criterio conservador, la ATSDR consideró que todo el mercurio detectado en pescados y mariscos era metilmercurio. La pauta sanitaria oral para el metilmercurio se basa en un estudio en el cual las personas expuestas a 0.0013 mg/kg/día de metilmercurio en sus alimentos no padecieron ningún efecto adverso para la salud (Davidson et al. 1998 según se cita en ATSDR 1999a). El consumo de pescados y mariscos provenientes de Vieques producirá dosis de mercurio muy inferiores que este NSENO y no producirá efectos nocivos para la salud.

La exposición diaria a las concentraciones medias de mercurio (promedios = 0.12 ppm en pescados y 0.03 ppm en mariscos) en pescados y mariscos de diferentes localizaciones producirá

dosis estimadas del orden de 0.0001–0.0004 mg/kg/día para adultos y 0.0002–0.0009 mg/kg/día para niños. El consumo de la concentración media de mercurio de cualquiera de las localizaciones producirá dosis de exposición que oscilan entre 0.0001 y 0.0005 mg/kg/día para adultos y de 0.0001 a 0.0011 mg/kg/día para niños (consulte el Cuadro D-14). Todas las dosis de exposición se encuentran por debajo del NSENO de 0.0013 mg/kg/día.

Por otra parte, se trata de un cálculo muy conservador con respecto a la exposición al mercurio porque generalmente cerca de 85% del mercurio total en pescados es metilmercurio, la forma orgánica más prevalente del mercurio (Jones 1996). No obstante, en este análisis, solo 36-78% del mercurio total fue metilmercurio (se analizaron tres pescados y una langosta tanto para el mercurio total como para el metilmercurio). Las personas que consumen pescados y mariscos provenientes de Vieques están expuestas en realidad a una cantidad más baja de la forma nociva del mercurio que lo calculado por la ATSDR. En consecuencia, las concentraciones de mercurio presentes en los pescados y los mariscos provenientes de Vieques se encuentran muy por debajo de los niveles que constituyen una preocupación para la salud.

Selenio

El selenio es un nutriente esencial que protege las membranas celulares; es un antioxidante en la vitamina E, y disminuye el riesgo de cáncer y enfermedad cardíaca (ANR 2001). El Consumo de Referencia en el Régimen Alimentario para el mantenimiento de la buena salud es 55 µg/día (NAS 2000 según se cita en ATSDR 2001c). No obstante, el consumo de una cantidad demasiado alta de selenio podría producir efectos nocivos para la salud.

Estudios sobre absorción en las personas notificaron que 80%–97% del selenio ingerido se absorbe en el sistema gastrointestinal (Griffiths et al 1976; Martin et al. 1989a; Thomson 1974; Thomson y Stewart 1974; Thomson et al. 1977 según se cita en ATSDR 2001c). En

consecuencia, el consumo de pescados o mariscos con niveles elevados hará que una cierta cantidad de selenio ingrese al cuerpo y el torrente sanguíneo. Una vez en el cuerpo, el selenio tiende a encontrarse en las concentraciones más altas en el hígado y los riñones (Cavalieri et al. 1966; Heinrich and Kelsey 1955; Jereb et al. 1975; Thomson y Stewart 1973 según se cita en ATSDR 2001c). En el lapso de 24 horas, la mayor parte del selenio abandonará el cuerpo en la orina, las heces y en un menor grado a través de la transpiración (Kuikka and Nordman 1978; Levander et al. 1987; Thomson y Stewart 1974 según se cita en ATSDR 2001c). Durante la primera semana de exposición, aproximadamente la mitad del selenio abandonará el cuerpo todos los días. Después de la primera semana, el selenio se elimina más lentamente (Thomson y Stewart 1974 según se cita en ATSDR 2001c).

La pauta sanitaria oral para el selenio se basa en dos estudios en los cuales no se notificaron efectos adversos para la salud en personas que estuvieron expuestas a 0.015 mg/kg/día de selenio en sus alimentos a lo largo de la vida y efectos dérmicos (selenosis: mudanza de las uñas y cabello quebradizo) se observaron en personas expuestas a 0.023 mg/kg/día de selenio (Yang y Zhou 1994 según se cita en ATSDR 2001c; Yang et al. 1989b según se cita en EPA 1991b). El consumo a diario de pescados o mariscos provenientes de Vieques producirá dosis de selenio más bajas que los NSENO y el nivel de efectos para la salud y no producirá efectos dañinos para la salud.

La exposición diaria a las concentraciones medias de selenio (promedios = 0.98 ppm en pescados y 0.8 ppm en mariscos) en pescados y mariscos de diferentes localizaciones producirá dosis de exposición del orden de 0.0026–0.0032 mg/kg/día para adultos y 0.0057–0.007 mg/kg/día para niños. El consumo de la concentración media de selenio de cualquier localización producirá dosis de exposición que oscilan entre 0.0024 y 0.0037 mg/kg/día para adultos y entre 0.0052 y 0.0082 mg/kg/día para niños (consulte el Cuadro D-15). Todas estas dosis de exposición se encuentran muy por debajo del NSENO mencionado anteriormente (0.015 mg/kg/día). En consecuencia, las

concentraciones de selenio en pescados y mariscos provenientes de Vieques se encuentran por debajo de niveles que constituyen preocupación sanitaria.

Zinc

El zinc es un nutriente esencial necesario para el crecimiento normal del cuerpo, la formación de los huesos, el desarrollo del cerebro, la respuesta conductual, la reproducción, el desarrollo del feto, la función sensorial, la función inmunológica, la estabilidad de membranas y la cicatrización de heridas. Una cantidad muy baja de zinc puede deteriorar la salud, ocasionar problemas reproductivos y disminuir la resistencia a enfermedades (ATSDR 1994).

Grupo	Nivel recomendado de zinc en la dieta Dietary
lactantes (0-1 año)	5 mg/día
niños (1-10 años)	10 mg/día
varones (11-51+ años)	15 mg/día
mujeres (11-51+ años)	12 mg/día
mujeres embarazadas	15 mg/día
mujeres lactantes	19 mg/día (primeros 6 meses) 16 mg/día (siguientes 6 meses)

Fuente: NAS/NRC 1989b según se cita en ATSDR 1994

La absorción de zinc en las personas (8–81%) varía con la cantidad de zinc ingerida y la cantidad y el tipo de alimentos consumidos (Aamodt et al. 1983; Hunt et al. 1991; Istfan et al. 1983; Reinhold et al. 1991; Sandstrom y Abrahamson 1989; Sandstrom y Cederblad 1980; Sandstrom y Sandberg 1992 según se cita en ATSDR 1994). El cuerpo utiliza un

mecanismo homeostático para controlar la absorción de zinc en el sistema gastrointestinal (Davies 1980 según se cita en ATSDR 1994). Las personas con niveles adecuados de zinc en el régimen alimentario tienden a absorber 20–30% del zinc ingerido, mientras que las personas con carencias de zinc absorben más (Johnson et al. 1988; Spencer et al. 1985 según se cita en ATSDR 1994). El zinc es uno de los metales traza más abundantes en el cuerpo. Los músculos y los huesos contienen aproximadamente 90% (60% y 30%, respectivamente) de la cantidad total de zinc en el cuerpo (Wastney et al. 1986 según se cita en ATSDR 1994). El zinc se encuentra también en el hígado, el sistema gastrointestinal, los riñones, la piel, los pulmones, el cerebro, el

corazón, el páncreas, la próstata, la retina y la esperma (Bentley y Gribb 1991; Drinker y Drinker 1928; Forssen 1972; He et al. 1991; Llobet et al. 1988a según se cita en ATSDR 1994).

El zinc solo se detectó por encima de las pautas sanitarias en mariscos (es decir, los pescados no tuvieron niveles de zinc por encima de lo que constituye preocupación sanitaria). La pauta sanitaria oral para el zinc se basa en un estudio en el cual los efectos sanitarios hematológicos (por ejemplo, actividad disminuida de superóxido dismutasa, hematocritos y ferritina) se observaron cuando las personas recibieron dosis de 0.83 mg/kg/día de zinc en forma de cápsulas durante 10 semanas (Yadrick et al. 1989 según se cita en ATSDR 1994 y EPA 1992) y es respaldada por otros muchos estudios que investigaron efectos de la complementación con zinc (Black et al. 1988; Chandra 1984; Festa et al. 1985; Fischer et al. 1984; Hooper et al. 1980; L'Abbe y Fischer 1984a,b; Pennington et al. 1989; Prasad et al. 1978; Simko et al. 1984 según se cita en EPA 1992). El consumo de pescados de Vieques a diario resultará en dosis de zinc más bajas que este nivel de efectos para la salud, y no ocasionará efectos dañinos para la salud.

La exposición diaria a la concentración media de zinc en mariscos (promedio general = 30.1 ppm) de una variedad de localizaciones resultará en dosis de exposición de 0.098 mg/kg/día para adultos y 0.214 mg/kg/día para niños. El consumo de la concentración media de zinc de cualquiera de las localizaciones producirá dosis de exposición que oscilan entre 0.026 y 0.147 mg/kg/día para adultos y entre 0.057 y 0.321 mg/kg/día para niños (consulte el Cuadro D-16). Todas estas dosis de exposición se encuentran por debajo del nivel de efectos para la salud mencionados anteriormente (0.83 mg/kg/día). Además, como se mencionó anteriormente, el cuerpo controla la absorción de zinc para mantener las cargas corporales a un nivel constante. En consecuencia, las concentraciones de zinc en pescados y mariscos provenientes de Vieques se encuentran por debajo de niveles que constituyen una preocupación sanitaria.

Sustancias químicas múltiples

Muchos estudios, incluidos aquellos llevados a cabo por el Programa Nacional de Toxicología en los Estados Unidos y el Instituto de Investigación sobre Nutrición y Alimentos TNO en los Países Bajos, entre otros, generalmente respaldan la conclusión que si cada sustancia química individual tiene una concentración que probablemente no producirá efectos adversos para la salud (como ocurre en Vieques), no se prevé que exposiciones a sustancias químicas constituyan una preocupación sanitaria (para exámenes, consulte Seed et al. 1995; Feron et al. 1993).

Caso especial: Cubera

La Universidad Metropolitana informó que la colirrubia fue la especie de pescado más consumida generalmente (Caro et al. 2000). Después de hablar con varios pescadores y residentes de Vieques, incluido el solicitante, la ATSDR también descubrió que la cubera fue la especie más codiciada comúnmente, atrapada y consumida en comparación con otras especies. En consecuencia, la ATSDR consideró también una situación en la cual personas comían cuberas a diario y evaluaron este caso hipotético especial con el uso de la misma metodología que se utilizó anteriormente para personas que consumen una variedad de especies de pescado.

Sustancias químicas no detectadas

Antimonio, cadmio, talo, vanadio, HMX, RDX, 1,3,5-trinitrobenceno, 1,3-dinitrobenceno, 2,4,6-dinitrobenceno, 2,4,6-trinitrotolueno, tetralo, nitrobenceno, 2,4-dinitrotolueno, 2,6-dinitrotolueno, 2-amino-4,6-dinitrotolueno, 4-amino-2,6-dinitrotolueno, 2-nitrotolueno, 3-nitrotolueno, 4-nitrotolueno, y nitroglicerina se analizaron pero no se detectaron en la cubera. Por tanto, ninguna de estas sustancias químicas constituyen una preocupación sanitaria para las personas que consumen cubera de Vieques.

Sustancias químicas sin pautas sanitarias

Nutrientes esenciales (por ejemplo, calcio, magnesio, potasio y sodio) son minerales importantes que mantienen las funciones vitales básicas; en consecuencia, ciertas dosis se recomiendan de manera cotidiana. Dado que estas sustancias químicas son necesarias para la vida, no existen NMR y RfD para ellas. Se encuentran en muchos alimentos, como leche, bananas y sal de mesa. El consumo de estos nutrientes esenciales en las concentraciones encontradas en cuberas no producirán efectos adversos para la salud.

Sustancias químicas por debajo de las pautas sanitarias

Con el empleo de la concentración máxima detectada en la cubera y considerando que la cubera se consume todos los días, las dosis de exposición resultantes para aluminio, bario, berilio, cromo, cobalto, hierro, manganeso, níquel, plata y zinc se encontraron por debajo de las pautas sanitarias conservadoras (consulte el Cuadro D-17). En consecuencia, ninguna de estas sustancias químicas se detectaron en un nivel que constituye una preocupación sanitaria en la cubera.

Sustancias químicas por encima de las pautas sanitarias

El consumo de cubera con la concentración máxima de arsénico, cobre, mercurio y selenio todos los días resultó en dosis de exposición más altas que las pautas sanitarias (consulte el Cuadro D-17). Por otra parte, dado que no se cuenta con una pauta sanitaria para el plomo, la ATSDR examinó en mayor detalle los niveles de efectos dañinos notificados en la bibliografía científica y examinó más minuciosamente la presunta exposición para estas cuatro sustancias químicas y el plomo. La toxicología y los efectos sanitarios de cada una de estas sustancias químicas se han explicado en mayor detalle anteriormente en este apéndice.

Arsénico

El consumo de cubera de Vieques todos los días producirá dosis de exposición al arsénico de 0.0037 mg/kg/día para adultos y 0.008 mg/kg/día para niños (consulte el Cuadro D-18). Estas dosis se encuentran dentro de la capacidad del cuerpo (es decir, menos de 0.05 mg/kg/día) para metabolizar el arsénico en formas no peligrosas y son inferiores que el nivel que produce efectos para la salud de 0.014 mg/kg/día. Por otra parte, la dosis de exposición durante toda la vida para adultos (0.0037 mg/kg/día) se encuentra bien por debajo del NEC informado en la bibliografía (0.01 a 0.05 mg/kg/día). En consecuencia, las concentraciones de arsénico en la cubera se encuentran bien por debajo de niveles que constituyen una preocupación sanitaria para efectos en la salud no cancerígenos y cancerígenos.

Cobre

El consumo de cubera en Vieques aumentará el consumo diario de cobre de un niño en 0.12 mg/día y el consumo diario de un adulto en 0.23 mg/día (consulte el Cuadro D-18). Estos incrementos diarios relativamente pequeños en el consumo no aumentarán probablemente la dosis diaria de una persona por encima del NSENO de la Academia Nacional de Ciencias de 10 mg/día. En consecuencia, las concentraciones de cobre en cuberas no se prevé que produzcan efectos adversos para la salud.

Plomo

El consumo de cubera proveniente de Vieques todos los días resultará en dosis de exposición menores a los NSENO de 0.57–27 mg/kg/día (0.0007 mg/kg/día para adultos y 0.0015 mg/kg/día para niños; consulte el Cuadro D-18). Por otra parte, el nivel de plomo en sangre resultante se

estima en 0.05 µg/dl, muy por debajo del nivel de preocupación de los CDC (10 µg/dl). Finalmente, la exposición durante toda la vida para adultos (0.0007 mg/kg/día) es órdenes de magnitud por debajo del NEC informado en la bibliografía (27 a 371 mg/kg/día). En consecuencia, las concentraciones de plomo en cubera se encuentran muy por debajo de los niveles de preocupación sanitaria para efectos no cancerígenos y cancerígenos de la salud.

Mercurio

El consumo de cubera proveniente de Vieques todos los días resultará en dosis de exposición al mercurio (0.0002 mg/kg/día para adultos y 0.0004 mg/kg/día para niños; consulte el Cuadro D-18) inferiores al NSENO de 0.0013 mg/kg/día. En consecuencia, las concentraciones de mercurio en cuberas están muy por debajo de los niveles que constituyen una preocupación sanitaria.

Selenio

El consumo de cuberas de Vieques todos los días resultará en dosis de exposición al selenio (0.0036 mg/kg/día para adultos y 0.0079 mg/kg/día para niños; consulte el Cuadro D-18) por debajo del nivel en el cual se observan efectos adversos de 0.015 mg/kg/día. En consecuencia, las concentraciones de selenio en cuberas están muy por debajo de niveles que constituyen una preocupación para la salud.

Caso especial: Cofre

Durante la visita a Vieques, la ATSDR se reunió con el solicitante, que al momento, solicitó específicamente a la ATSDR que recogiera y analizara cofre del mercado de pescados. A pedido de la ATSDR, el solicitante había compilado una lista de pescados atrapados y consumidos en Vieques e informó que *Chapin* (por ejemplo, *trunkfish and cowfish*) son los pescados preferidos

para utilizarlos como relleno en pastelillos. Al darse cuenta que los resultados y las conclusiones serían limitadas⁹, la ATSDR compró un cofre alveolado (*Lactophrys polygonia*) del mercado de pescados para análisis.

Sustancias químicas no detectadas

Antimonio, berilio, cadmio, cobalto, hierro, plomo, manganeso, mercurio, níquel, plata, talo, vanadio, HMX, RDX, 1,3,5-trinitrobenceno, 1,3-dinitrobenceno, 2,4,6-dinitrobenceno, 2,4,6-trinitrotolueno, tetrilo, nitrobenceno, 2,4-dinitrotolueno, 2,6-dinitrotolueno, 2-amino-4,6-dinitrotolueno, 4-amino-2,6-dinitrotolueno, 2-nitrotolueno, 3-nitrotolueno, 4-nitrotolueno y nitroglicerina se analizaron pero no se detectaron (consulte el Cuadro 10). En consecuencia, ninguna de estas sustancias químicas se detectó a un nivel que constituye una preocupación sanitaria en esta muestra representativa.

Sustancias químicas sin pauta sanitaria

Los nutrientes esenciales (por ejemplo, calcio, magnesio, fósforo, potasio y sodio) son minerales importantes que mantienen funciones vitales básicas; por tanto, se recomienda el consumo de ciertas dosis a diario. Dado que estas sustancias químicas son necesarias para la vida, no existen NMR y RfD para ellas. Se encuentran en muchos alimentos, como leche, bananas y sal de mesa. El consumo de estos nutrientes esenciales no producirá efectos nocivos para la salud.

⁹ No es inusual que diferentes muestras de la misma especie o familia contengan concentraciones variadas de sustancias químicas; en consecuencia, otras muestras de cofre pueden contener niveles más altos o más bajos de esas sustancias químicas. No existen datos suficientes de esta muestra sobre los cuales basar ninguna decisión sobre salud significativa para el consumo de cofre.

Sustancias químicas por debajo de las pautas sanitarias

Con el empleo de la concentración detectada en la muestra representativa de chapín y considerando que el cofre se consume todos los días, la dosis de exposición resultante para cromo y cobre se encontró por debajo de las pautas sanitarias conservadoras (consulte el Cuadro D-19). En consecuencia, ninguna de estas sustancias químicas se detectaron a un nivel que constituye una preocupación sanitaria.

Sustancias químicas por encima de las pautas sanitarias

El consumo de boxfish con las concentraciones máximas de arsénico y selenio detectadas en la muestra de chapín representativa resultó en dosis de exposición más altas que las pautas sanitarias (consulte el Cuadro D-19). En consecuencia, la ATSDR examinó en mayor detalle los niveles de efectos dañinos informados en la bibliografía científica y examinó más minuciosamente la presunta exposición para estas dos sustancias químicas. La toxicología y los efectos sanitarios de cada una de estas sustancias químicas se han explicado en mayor detalle anteriormente en este apéndice.

Arsénico

El consumo de cofre todos los días con niveles de arsénico similares a aquellos encontrados en la muestra representativa del chapín resultará en dosis de exposición a arsénico de 0.019 mg/kg/día para adultos y 0.042 mg/kg/día para niños (consulte el Cuadro D-19). Estas dosis se encuentran dentro de la capacidad del cuerpo (es decir, inferiores a 0.05 mg/kg/ día) para metabolizar arsénico en formas no dañinas, pero son levemente más altas que el nivel de efectos para la salud 0.014 mg/kg/día. No obstante, como se manifestó anteriormente, existe gran incertidumbre en torno a esta dosis notificada y algunos científicos sostienen que los efectos informados pueden en

realidad estar asociados con dosis mayores a 0.014 mg/kg/día. La dosis de exposición durante toda la vida para adultos se encuentra dentro de la gama de NEC informada en la bibliografía (0.01 a 0.05 mg/kg/día). No obstante, la dosis estimada se basa en una situación de exposición hipotética (consumo de cofre proveniente de Vieques todos los días), con la utilización de presunciones altamente conservadoras (la ATSDR consideró que 20% del arsénico total se encuentra en la forma inorgánica).

Habida cuenta que el metabolismo del arsénico se ha estudiado profundamente en personas y las dosis de exposición estimadas se encuentran dentro de la capacidad del cuerpo para metabolizar arsénico, la ATSDR no prevé que las personas que consumen cofre con niveles de arsénico similares padecerán efectos adversos para la salud. Por otra parte, la muestra representativa de chapín no contuvo niveles más elevados de arsénico que el nivel de preocupación de la FDA para el consumo medio (76 ppm; FDA 1993). Sobre la base de esta muestra de chapín, cofre es inocuo para el consumo y solo en casos hipotéticos altamente improbables con varios niveles de conservadurismo incorporados a la evaluación serían los niveles de arsénico un problema para las personas que consumen dos comidas con cofre por semana durante toda una vida.

Selenio

El consumo de cofre todos los días con concentraciones de selenio similares a la muestra representativa de chapín resultará en dosis de exposición de 0.008 mg/kg/día para adultos y 0.018 mg/kg/día para niños (consulte el Cuadro D-19). Ambas dosis se encuentran por debajo del nivel de efectos para la salud de 0.023 mg/kg/día. En consecuencia, las concentraciones de selenio se encuentran por debajo de límites de preocupación sanitaria.

Evaluación de preocupaciones sanitarias con el empleo de datos sobre filetes de pescados provenientes de la Universidad Metropolitana

La Universidad Metropolitana (Caro et al. 2000) analizó filetes de pescado en cuanto a la presencia de arsénico, cadmio, plomo, mercurio, selenio, y zinc (consulte el Cuadro 3).

Sustancias químicas por debajo de las pautas sanitarias

Con el empleo de la concentración máxima detectada por la Universidad Metropolitana y considerando que se consume pescado todos los días, las dosis de exposición resultantes para cadmio y zinc se encontraron por debajo de las pautas sanitarias conservadoras (consulte el Cuadro D-20). En consecuencia, estas dos sustancias químicas no se detectaron a un nivel que constituye una preocupación sanitaria.

Sustancias químicas por encima de las pautas sanitarias

El consumo de cubera con la concentración máxima de arsénico, mercurio y selenio todos los días resultó en dosis de exposición más altas que las pautas sanitarias (consulte el Cuadro D-20). Por otra parte, dado que una pauta sanitaria no está disponible para el plomo, la ATSDR examinó en mayor detalle los niveles de efectos dañinos informados en la bibliografía científica y examinó más plenamente el potencial de exposición para estas tres sustancias químicas y el plomo. La toxicología y los efectos para la salud de cada una de estas sustancias químicas se ha explicado en mayor detalle anteriormente en este apéndice.

Arsénico

El consumo de pescado todos los días proveniente de mercados de pescados en Vieques y la zona de Parquera en el territorio principal de Puerto Rico resultará en dosis de exposición a arsénico de 0.0008 mg/kg/día para adultos y 0.0017 mg/kg/día para niños (consulte el Cuadro D-21). Estas dosis se encuentran dentro de la capacidad del cuerpo (es decir, inferiores a 0.05 mg/kg/día) para metabolizar arsénico en formas no dañinas y son inferiores al nivel de efectos para la salud de 0.014 mg/kg/día. Por otra parte, la dosis de exposición durante toda la vida para adultos (0.0008 mg/kg/día) se encuentra muy por debajo de los NEC informados en la bibliografía (0.01 a 0.05 mg/kg/día). En consecuencia, las concentraciones de arsénico se encuentran muy por debajo de niveles que constituyen una preocupación sanitaria en cuanto a efectos no cancerígenos y cancerígenos.

Plomo

El consumo de pescado todos los días resultará en dosis de exposición inferiores a los NSENO de 0.57–27 mg/kg/día (0.0006 mg/kg/día para adultos y 0.0014 mg/kg/día para niños; consulte el Cuadro D-21). Por otra parte, el nivel resultante de plomo en sangre se estima en 0.05 µg/dl, muy por debajo del nivel de preocupación de los CDC (10 µg/dl). Finalmente, la dosis de exposición para toda la vida para adultos (0.0006 mg/kg/día) equivale a órdenes de magnitud por debajo de los NEC informados en la bibliografía (27 to 371 mg/kg/día). En consecuencia, las concentraciones de plomo en pescados recogidos en mercados de pescados en Vieques y la zona de Parquera en el territorio de Puerto Rico se encuentran muy por debajo de niveles que constituyen una preocupación sanitaria en cuanto a efectos no cancerígenos y cancerígenos para la salud.

Mercurio

El consumo de pescado todos los días proveniente de mercados de pescados en Vieques y la zona de Parquera en el territorio principal de Puerto Rico resultará en dosis de exposición al mercurio (0.0001 mg/kg/día para adultos y 0.0002 mg/kg/día para niños; consulte el Cuadro D-21) inferiores a los NSENO de 0.0013 mg/kg/día. En consecuencia, las concentraciones de mercurio se encuentran muy por debajo de niveles que constituyen una preocupación sanitaria.

Selenio

El consumo de pescado todos los días resultará en dosis de exposición al selenio (0.0019 mg/kg/día para adultos y 0.0043 mg/kg/día para niños; consulte el Cuadro D-21) inferiores a los NSENO de 0.015 mg/kg/día. En consecuencia, las concentraciones de selenio en pescados provenientes de mercados de pescados en Vieques y la zona de Parquera en el territorio principal de Puerto Rico se encuentran muy por debajo de niveles que constituyen una preocupación sanitaria.

Cuadro D-1. Dosis de Exposición para Sustancias Químicas por Debajo de la Pauta de Salud Oral en Pescados

Sustancia química	Concentración máxima detectada (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)		Pauta de salud oral (mg/kg/día)	Base para la pauta sanitaria
		Adulto	Niño		
Aluminio	13.5	0.0438	0.0958	1.0	RfD crónica
Bario	6.59	0.0214	0.0467	0.07	RfD crónica
Berilio	0.02	0.00006	0.00014	0.001	NMR crónico
Cadmio	0.08	0.00026	0.00057	0.001	RfD crónica(alimentos)
Cobalto	0.11	0.0004	0.0008	0.02	RfD crónica
Manganeso	3.09	0.0100	0.0219	0.14	RfD crónica(alimentos)
Níquel	1.28	0.0042	0.0091	0.02	RfD crónica
Plata	0.11	0.0004	0.0008	0.005	RfD crónica
Vanadio	0.09	0.0003	0.0006	0.007	RfD crónica
Zinc	24.7	0.0801	0.1752	0.3	NMR/RfD crónico

Notas: Las dosis de exposición se calcularon mediante el empleo de 365 días/año para FE en la fórmula descrita en la sección *Derivación de dosis de exposición* de este apéndice: $(\text{Conc.} \times \text{TI} \times \text{FE} \times \text{DE}) / (\text{PC} \times \text{TM})$.

Cuadro D-2. Dosis de Exposición para Sustancias Químicas por Debajo de la Pauta de Salud Oral en Mariscos

Metal	Concentración máxima detectada (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)		Pauta de salud oral (mg/kg/día)	Base para la pauta sanitaria
		Adulto	Niño		
Aluminio	43.9	0.1424	0.3114	1.0	RfD crónica
Bario	7.25	0.0235	0.0514	0.07	RfD crónica
Berilio	0.02	0.00006	0.00014	0.001	NMR crónico
Cobalto	0.09	0.0003	0.0006	0.02	RfD crónica
Manganeso	5.06	0.0164	0.0359	0.14	RfD crónica (alimentos)
Plata	0.19	0.0006	0.0013	0.005	RfD crónica
Vanadio	0.27	0.0009	0.0019	0.007	RfD crónica

Nota: Las dosis de exposición se calcularon mediante el empleo de 365 días/año para FE en la fórmula descrita en la sección *Derivación de dosis de exposición* de este apéndice: $(\text{Conc.} \times \text{TI} \times \text{FE} \times \text{DE}) / (\text{PC} \times \text{TM})$.

Cuadro D-3. Dosis de Exposición Estimadas a Partir del Consumo de Pescado

Metal	Nivel de exposición	Concentración máxima detectada (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)		Pauta de salud oral (mg/kg/día)	Base para la pauta sanitaria
			Adulto	Niño		
Arsénico	7 días/semana	29.25	0.095*	0.207*	0.0003	NMR/RfD crónicos
	5 días/semana	29.25	0.068*	0.148*	0.0003	NMR/RfD crónicos
	4 días/semana	29.25	0.054*	0.118*	0.0003	NMR/RfD crónicos
	2 días/semana	29.25	0.027*	0.059*	0.0003	NMR/RfD crónicos
	1 día/semana	29.25	0.014*	0.030*	0.0003	NMR/RfD crónicos
Cromo	7 días/semana	1.99	0.0065*	0.0141*	0.003	RfD crónica (CrVI)
	5 días/semana	1.99	0.0046*	0.0101*	0.003	RfD crónica (CrVI)
	4 días/semana	1.99	0.0037*	0.0180*	0.003	RfD crónica (CrVI)
	2 días/semana	1.99	0.0018	0.0040*	0.003	RfD crónica (CrVI)
	1 día/semana	1.99	0.0009	0.0020*	0.003	RfD crónica (CrVI)
Cobre	7 días/semana	8.21	0.027	0.058*	0.04	RfD crónica
	5 días/semana	8.21	0.019	0.041*	0.04	RfD crónica
	4 días/semana	8.21	0.015	0.033	0.04	RfD crónica
	2 días/semana	8.21	0.008	0.017	0.04	RfD crónica
	1 día/semana	8.21	0.004	0.008	0.04	RfD crónica
Hierro	7 días/semana	57.78	0.19	0.41*	0.3	RfD crónica
	5 días/semana	57.78	0.13	0.29	0.3	RfD crónica
	4 días/semana	57.78	0.11	0.23	0.3	RfD crónica
	2 días/semana	57.78	0.05	0.12	0.3	RfD crónica
	1 día/semana	57.78	0.03	0.06	0.3	RfD crónica
Plomo	7 días/semana	1.94	0.0063	0.0138	NA	NA
	5 días/semana	1.94	0.0045	0.0098	NA	NA
	4 días/semana	1.94	0.0036	0.0078	NA	NA
	2 días/semana	1.94	0.0018	0.0039	NA	NA
	1 día/semana	1.94	0.0009	0.0020	NA	NA
Mercurio, total	7 días/semana	0.33	0.00107*	0.00234*	0.0003	NMR crónico (MeHg)
	5 días/semana	0.33	0.00076*	0.00167*	0.0003	NMR crónico (MeHg)
	4 días/semana	0.33	0.00061*	0.00133*	0.0003	NMR crónico (MeHg)
	2 días/semana	0.33	0.00030	0.00067*	0.0003	NMR crónico (MeHg)
	1 día/semana	0.33	0.00015	0.00033*	0.0003	NMR crónico (MeHg)

Metal	Nivel de exposición	Concentración máxima detectada (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)		Pauta de salud oral (mg/kg/día)	Base para la pauta sanitaria
			Adulto	Niño		
Metilmercurio	7 días/semana	0.082	0.00027	0.00058*	0.0003	NMR crónico
	5 días/semana	0.082	0.00019	0.00042*	0.0003	NMR crónico
	4 días/semana	0.082	0.00015	0.00033*	0.0003	NMR crónico
	2 días/semana	0.082	0.00008	0.00017	0.0003	NMR crónico
	1 día/semana	0.082	0.00004	0.00008	0.0003	NMR crónico
Selenio	7 días/semana	2.48	0.0080*	0.0176*	0.005	NMR/RfD crónicos
	5 días/semana	2.48	0.0057*	0.0125*	0.005	NMR/RfD crónicos
	4 días/semana	2.48	0.0046	0.0100*	0.005	NMR/RfD crónicos
	2 días/semana	2.48	0.0023	0.0050	0.005	NMR/RfD crónicos
	1 día/semana	2.48	0.0011	0.0025	0.005	NMR/RfD crónicos

* La exposición estimada supera la pauta sanitaria; no obstante, una dosis de exposición que es más alta que el NMR o la RfD no necesariamente resulta en efectos dañinos para la salud. Estos metales se evalúan en mayor detalle.

Nota: Las dosis de exposición se calcularon mediante el empleo de la fórmula descrita en la sección *Derivación de dosis de exposición* de este apéndice: $(\text{Conc.} \times \text{TI} \times \text{FE} \times \text{DE}) / (\text{PC} \times \text{TM})$.

Cuadro D-4. Dosis de Exposición Estimadas a Partir del Consumo de Mariscos

Metal	Nivel de exposición	Concentración máxima detectada (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)		Pauta de salud oral (mg/kg/día)	Base para la pauta sanitaria
			Adulto	Niño		
Arsénico	7 días/semana	48.28	0.157*	0.342*	0.0003	NMR/RfD crónicos
	5 días/semana	48.28	0.112*	0.244*	0.0003	NMR/RfD crónicos
	4 días/semana	48.28	0.0892*	0.195*	0.0003	NMR/RfD crónicos
	2 días/semana	48.28	0.045*	0.098*	0.0003	NMR/RfD crónicos
	1 día/semana	48.28	0.022*	0.049*	0.0003	NMR/RfD crónicos
Cadmio	7 días/semana	0.69	0.0022*	0.0049*	0.001	RfD crónica(alimentos)
	5 días/semana	0.69	0.0016*	0.0035*	0.001	RfD crónica(alimentos)
	4 días/semana	0.69	0.0013*	0.0028*	0.001	RfD crónica(alimentos)
	2 días/semana	0.69	0.0006	0.0014*	0.001	RfD crónica(alimentos)
	1 día/semana	0.69	0.0003	0.0007	0.001	RfD crónica(alimentos)
Cromo	7 días/semana	1.29	0.0042*	0.0092*	0.003	RfD crónica (CrVI)
	5 días/semana	1.29	0.0030	0.0065*	0.003	RfD crónica (CrVI)
	4 días/semana	1.29	0.0024	0.0052*	0.003	RfD crónica (CrVI)
	2 días/semana	1.29	0.0012	0.0026	0.003	RfD crónica (CrVI)
	1 día/semana	1.29	0.0006	0.0013	0.003	RfD crónica (CrVI)
Cobre	7 días/semana	17.6	0.057*	0.124*	0.04	RfD crónica
	5 días/semana	17.6	0.041*	0.089*	0.04	RfD crónica
	4 días/semana	17.6	0.032	0.071*	0.04	RfD crónica
	2 días/semana	17.6	0.016	0.035	0.04	RfD crónica
	1 día/semana	17.6	0.008	0.018	0.04	RfD crónica
Hierro	7 días/semana	162	0.52*	1.15*	0.3	RfD crónica
	5 días/semana	162	0.37*	0.82*	0.3	RfD crónica
	4 días/semana	162	0.30	0.65*	0.3	RfD crónica
	2 días/semana	162	0.15	0.33*	0.3	RfD crónica
	1 día/semana	162	0.07	0.16	0.3	RfD crónica
Plomo	7 días/semana	0.57	0.0018	0.0040	NA	NA
	5 días/semana	0.57	0.0013	0.0029	NA	NA
	4 días/semana	0.57	0.0011	0.0023	NA	NA
	2 días/semana	0.57	0.0005	0.0012	NA	NA
	1 día/semana	0.57	0.0003	0.0006	NA	NA

Metal	Nivel de exposición	Concentración máxima detectada (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)		Pauta de salud oral (mg/kg/día)	Base para la pauta sanitaria
			Adulto	Niño		
Mercurio, total	7 días/semana	0.05	0.00016	0.00036*	0.0003	NMR crónico (MeHg)
	5 días/semana	0.05	0.00012	0.00025	0.0003	NMR crónico (MeHg)
	4 días/semana	0.05	0.00009	0.00020	0.0003	NMR crónico (MeHg)
	2 días/semana	0.05	0.00005	0.00010	0.0003	NMR crónico (MeHg)
	1 día/semana	0.05	0.00002	0.00005	0.0003	NMR crónico (MeHg)
Metilmercurio	7 días/semana	0.019	0.00006	0.00014	0.0003	NMR crónico
	5 días/semana	0.019	0.00004	0.00010	0.0003	NMR crónico
	4 días/semana	0.019	0.00004	0.00008	0.0003	NMR crónico
	2 días/semana	0.019	0.00002	0.00004	0.0003	NMR crónico
	1 día/semana	0.019	0.00001	0.00002	0.0003	NMR crónico
Selenio	7 días/semana	1.16	0.0038	0.0082*	0.005	NMR/RfD crónicos
	5 días/semana	1.16	0.0027	0.0059*	0.005	NMR/RfD crónicos
	4 días/semana	1.16	0.0021	0.0047	0.005	NMR/RfD crónicos
	2 días/semana	1.16	0.0011	0.0023	0.005	NMR/RfD crónicos
	1 día/semana	1.16	0.0005	0.0012	0.005	NMR/RfD crónicos
Zinc	7 días/semana	96.6	0.31*	0.69*	0.3	NMR/RfD crónicos
	5 días/semana	96.6	0.22	0.49*	0.3	NMR/RfD crónicos
	4 días/semana	96.6	0.18	0.39*	0.3	NMR/RfD crónicos
	2 días/semana	96.6	0.09	0.20	0.3	NMR/RfD crónicos
	1 día/semana	96.6	0.04	0.10	0.3	NMR/RfD crónicos

* La exposición estimada supera la pauta sanitaria; no obstante, una dosis de exposición que es más alta que el NMR o la RfD no necesariamente resulta en efectos dañinos para la salud. Estos metales se evalúan en mayor detalle.

Nota: Las dosis de exposición se calcularon mediante el empleo de la fórmula descrita en la sección *Derivación de dosis de exposición* de este apéndice: $(\text{Conc.} \times \text{TI} \times \text{FE} \times \text{DE}) / (\text{PC} \times \text{TM})$.

Cuadro D-5. Dosis de Exposición a Arsénico Inorgánico Según la Localización

Localización	Pescados			Mariscos		
	Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)		Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)	
		Adulto	Niño		Adulto	Niño
1 – Norte de la ZIC	3.8	0.0025	0.0054	9.9	0.0064	0.0140
2 – Sur de la ZIC	1.3	0.0008	0.0018	5.3	0.0034	0.0075
3 – Esperanza	4.4	0.0029	0.0062	8.3	0.0054	0.0118
4 – Isabel Segunda	1.9	0.0012	0.0027	NM	NM	NM
5 – Mercado de Pescados	8.0	0.0052	0.0114	31.7	0.0206	0.0450
6 – Oeste de Vieques	3.9	0.0025	0.0055	2.7	0.0018	0.0038
Todas las localizaciones	4.0	0.0026	0.0057	11.1	0.0072	0.0157

- Notas: Los promedios se calcularon con valores detectados solamente.
 Las dosis de exposición se calcularon utilizando 365 días/año para FE en la fórmula descrita en la sección *Derivación de dosis de exposición* de este apéndice: $(\text{Conc.} \times \text{TI} \times \text{FE} \times \text{DE} \times 0.2) / (\text{PC} \times \text{TM})$.
 El cuerpo metaboliza arsénico en una forma menos dañina en dosis de 0.05 mg/kg/día.
 Se notificaron efectos para la salud a partir de exposición a 0.014 mg/kg/día.
 Se notificaron efectos cancerígenos a partir de exposiciones a 0.01–0.05 mg/kg/día.
 NM = no muestreado

Cuadro D-6. Dosis de Exposición a Arsénico para Especies de Mariscos

Especies	Nivel de exposición	Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)	
			Adulto	Niño
Langosta	7 días/semana	32.9	0.0213	0.0467
	5 días/semana	32.9	0.0152	0.0332
	4 días/semana	32.9	0.0122	0.0266
	2 días/semana	32.9	0.0061	0.0133
	1 día/semana	32.9	0.0030	0.0066
Caracola	7 días/semana	3.9	0.0025	0.0055
Cangrejo de tierra	7 días/semana	2.6	0.0017	0.0037

- Notas: Los promedios se calcularon con valores detectados solamente.
 Las dosis de exposición se calcularon utilizando 365 días/año para FE en la fórmula descrita en la sección *Derivación de dosis de exposición* de este apéndice: $(\text{Conc.} \times \text{TI} \times \text{FE} \times \text{DE} \times 0.2) / (\text{PC} \times \text{TM})$.
 El cuerpo metaboliza arsénico en una forma menos dañina en dosis de 0.05 mg/kg/día.
 Se notificaron efectos para la salud a partir de exposición a 0.014 mg/kg/día.
 Se notificaron efectos cancerígenos a partir de exposiciones a 0.01–0.05 mg/kg/día.

Cuadro D-7. Dosis de Exposición a Cadmio Según la Localización

Localización	Mariscos		
	Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)	
		Adulto	Niño
1 – Norte de la ZIC	0.34	0.0011	0.0024
2 – Sur de la ZIC	0.27	0.0009	0.0019
3 – Esperanza	0.49	0.0016	0.0035
4 – Isabel Segunda	NM	NM	NM
5 – Mercado de Pescados	ND	ND	ND
6 – Oeste de Vieques	0.34	0.0011	0.0024
Todas las localizaciones	0.36	0.0012	0.0026

Notas: Los promedios se calcularon con valores detectados solamente.
 Las dosis de exposición se calcularon utilizando 365 días/año para FE en la fórmula descrita en la sección *Derivación de dosis de exposición* de este apéndice: $(\text{Conc.} \times \text{TI} \times \text{FE} \times \text{DE}) / (\text{PC} \times \text{TM})$.
 No se notificaron efectos adversos para la salud a partir de la exposición a 0.01 mg/kg/día.
 Efectos cancerígenos se informaron a partir de exposiciones a 3.5 mg/kg/día.
 ND = no detectado
 NM = no muestreado

Cuadro D-8. Dosis de Exposición a Cromo Según la Localización

Localización	Pescados			Mariscos		
	Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)		Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)	
		Adulto	Niño		Adulto	Niño
1 – Norte de la ZIC	0.14	0.0005	0.0010	0.16	0.0005	0.0011
2 – Sur de la ZIC	0.25	0.0008	0.0018	0.38	0.0012	0.0027
3 – Esperanza	0.23	0.0007	0.0016	0.12	0.0004	0.0009
4 – Isabel Segunda	0.10	0.0003	0.0007	NS	NS	NS
5 – Mercado de Pescados	0.13	0.0004	0.0009	0.13	0.0004	0.0009
6 – Oeste de Vieques	0.11	0.0003	0.0008	0.10	0.0003	0.0007
Todas las localizaciones	0.16	0.0005	0.0011	0.19	0.0006	0.0013

Notas: Los promedios se calcularon con valores detectados solamente.

Las dosis de exposición se calcularon utilizando 365 días/año para FE en la fórmula descrita en la sección *Derivación de las dosis de exposición* de este apéndice: $(\text{Conc.} \times \text{TI} \times \text{FE} \times \text{DE}) / (\text{PC} \times \text{TM})$.

No se notificaron efectos adversos para la salud a partir de la exposición a 2.5 mg/kg/día.

NM = no muestreado

Cuadro D-9. Dosis Diarias de Cobre Según la Localización

Localización	Pescados			Mariscos		
	Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)		Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)	
		Adulto	Niño		Adulto	Niño
1 – Norte de la ZIC	0.45	0.10	0.05	9.5	2.16	1.08
2 – Sur de la ZIC	0.54	0.12	0.06	10.0	2.27	1.14
3 – Esperanza	0.55	0.12	0.06	3.8	0.86	0.43
4 – Isabel Segunda	0.46	0.10	0.05	NM	NM	NM
5 – Mercado de Pescados	0.92	0.21	0.10	10.4	2.36	1.18
6 – Oeste de Vieques	0.44	0.10	0.05	3.2	0.73	0.36
Todas las localizaciones	0.56	0.13	0.06	7.8	1.77	0.89

Notas: Los promedios se calcularon con valores detectados solamente.
 Las dosis diarias se calcularon utilizando la siguiente fórmula: Dosis = Conc. x TI
 No se notificaron efectos adversos para la salud a partir de la exposición a 10 mg/kg/día.
 NM = no muestreado

Cuadro D-10. Dosis de Exposición a Hierro Según la Localización

Localización	Pescados			Mariscos		
	Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)		Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)	
		Adulto	Niño		Adulto	Niño
1 – Norte de la ZIC	6.4	0.021	0.045	18.0	0.058	0.128
2 – Sur de la ZIC	10.3	0.033	0.073	52.1	0.169	0.370
3 – Esperanza	4.8	0.016	0.034	1.6	0.005	0.011
4 – Isabel Segunda	1.9	0.006	0.013	NM	NM	NM
5 – Mercado de Pescados	5.0	0.016	0.035	ND	ND	ND
6 – Oeste de Vieques	6.8	0.022	0.048	NA	NA	NA
Todas las localizaciones	6.8	0.022	0.048	36.3	0.118	0.258

- Notas: Los promedios se calcularon con valores detectados solamente.
 Las dosis de exposición se calcularon utilizando 365 días/año para FE en la fórmula descrita en la sección *Derivación de dosis de exposición* de este apéndice: $(\text{Conc.} \times \text{TI} \times \text{FE} \times \text{DE}) / (\text{PC} \times \text{TM})$.
 No se notificaron efectos adversos para la salud a partir de la exposición a 0.15-0.27 mg/kg/día.
 NA = no disponible
 ND = no detectado
 NM = no muestreado

Cuadro D-11. Dosis Diaria de Hierro Según la Localización

Localización	Pescados			Mariscos		
	Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)		Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)	
		Adulto	Niño		Adulto	Niño
1 – Norte de la ZIC	6.4	1.5	0.7	18.0	4.1	2.0
2 – Sur de la ZIC	10.3	2.3	1.2	52.1	11.8	5.9
3 – Esperanza	4.8	1.1	0.5	1.6	0.4	0.2
4 – Isabel Segunda	1.9	0.4	0.2	NM	NM	NM
5 – Mercado de Pescados	5.0	1.1	0.6	ND	ND	ND
6 – Oeste de Vieques	6.8	1.5	0.8	NA	NA	NA
Todas las localizaciones	6.8	1.5	0.8	36.3	8.2	4.1

- Notas: Los promedios se calcularon con valores detectados solamente.
 Las dosis diarias se calcularon con la siguiente fórmula: Dosis = Conc. x TI.
 Se notificó intoxicación en la infancia a partir de la exposición a 200 mg/evento.
 NA = no disponible
 ND = no detectado
 NM = no muestreado

Cuadro D-12. Dosis de Exposición a Plomo Según la Localización

Localización	Pescados			Mariscos		
	Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)		Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)	
		Adulto	Niño		Adulto	Niño
1 – Norte de la ZIC	1.06	0.0034	0.0075	ND	ND	ND
2 – Sur de la ZIC	0.23	0.0007	0.0016	0.27	0.0009	0.0019
3 – Esperanza	0.21	0.0007	0.0015	0.18	0.0006	0.0013
4 – Isabel Segunda	0.17	0.0006	0.0012	NM	NM	NM
5 – Mercado de Pescados	0.24	0.0008	0.0017	0.20	0.0006	0.0014
6 – Oeste de Vieques	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Todas las localizaciones	0.27	0.0009	0.0019	0.25	0.0008	0.0018

- Notas: Los promedios se calcularon con valores detectados solamente.
 Las dosis de exposición se calcularon utilizando 365 días/año para FE en la fórmula descrita en la sección *Derivación de dosis de exposición* de este apéndice: $(\text{Conc.} \times \text{TI} \times \text{FE} \times \text{DE}) / (\text{PC} \times \text{TM})$.
 No se notificaron efectos adversos para la salud a partir de la exposición a 0.57-27 mg/kg/día.
 Se notificaron efectos cancerígenos a partir de exposiciones a 27 a 371 mg/kg/día.
 ND = no detectado
 NM = no muestreado

Cuadro D-13. Niveles de Plomo en Sangre Según la Localización

Localización	Pescados		Mariscos	
	Concentración media (ppm)	Nivel estimado de plomo en sangre ($\mu\text{g}/\text{dl}$)	Concentración media (ppm)	Nivel estimado de plomo en sangre ($\mu\text{g}/\text{dl}$)
1 – Norte de la ZIC	1.06	0.25	ND	ND
2 – Sur de la ZIC	0.23	0.06	0.27	0.06
3 – Esperanza	0.21	0.05	0.18	0.04
4 – Isabel Segunda	0.17	0.04	NM	NM
5 – Mercado de Pescados	0.24	0.06	0.20	0.05
6 – Oeste de Vieques	ND	ND	ND	ND
Todas las localizaciones	0.27	0.06	0.25	0.06

Notas: Los promedios se calcularon con valores detectados solamente.
 Los niveles de plomo en sangre se calcularon con la multiplicación de la concentración por un factor de pendiente específico a los medios ($0.24 \mu\text{g}/\text{dl}$ por ppm) según se describe en la sección *Empleo de otros métodos en la evaluación de riesgos presuntos para la salud* de este apéndice.
 El nivel de preocupación de plomo en sangre de los CDC es $10 \mu\text{g}/\text{dl}$.
 ND = no detectado
 NM = no muestreado

Cuadro D-14. Dosis de Exposición a Mercurio Según la Localización

Localización	Pescados			Mariscos		
	Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)		Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)	
		Adulto	Niño		Adulto	Niño
1 – Norte de la ZIC	0.13	0.0004	0.0009	0.03	0.0001	0.0002
2 – Sur de la ZIC	0.09	0.0003	0.0006	0.02	0.0001	0.0001
3 – Esperanza	0.15	0.0005	0.0011	0.04	0.0001	0.0003
4 – Isabel Segunda	0.09	0.0003	0.0006	NM	NM	NM
5 – Mercado de Pescados	0.09	0.0003	0.0006	0.03	0.0001	0.0002
6 – Oeste de Vieques	0.13	0.0004	0.0009	0.03	0.0001	0.0002
Todas las localizaciones	0.12	0.0004	0.0009	0.03	0.0001	0.0002

Notas: Los promedios se calcularon con valores detectados solamente.
 Las dosis de exposición se calcularon utilizando 365 días/año para FE en la fórmula descrita en la sección *Derivación de dosis de exposición* de este apéndice: $(\text{Conc.} \times \text{TI} \times \text{FE} \times \text{DE}) / (\text{PC} \times \text{TM})$.
 No se notificaron efectos adversos para la salud a partir de la exposición a 0.0013 mg/kg/día.
 NM = no muestreado

Cuadro D-15. Dosis de Exposición a Selenio Según la Localización

Localización	Pescados			Mariscos		
	Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)		Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)	
		Adulto	Niño		Adulto	Niño
1 – Norte de la ZIC	0.82	0.0027	0.0058	0.80	0.0026	0.0057
2 – Sur de la ZIC	1.05	0.0034	0.0074	0.80	0.0026	0.0057
3 – Esperanza	1.03	0.0033	0.0073	0.85	0.0028	0.0060
4 – Isabel Segunda	0.84	0.0027	0.0060	NM	NM	NM
5 – Mercado de Pescados	1.15	0.0037	0.0082	0.74	0.0024	0.0052
6 – Oeste de Vieques	0.93	0.0030	0.0066	0.79	0.0026	0.0056
Todas las localizaciones	0.98	0.0032	0.0070	0.80	0.0026	0.0057

Notas: Los promedios se calcularon con valores detectados solamente.
 Las dosis de exposición se calcularon utilizando 365 días/año para FE en la fórmula descrita en la sección *Derivación de dosis de exposición* de este apéndice: $(\text{Conc.} \times \text{TI} \times \text{FE} \times \text{DE}) / (\text{PC} \times \text{TM})$.
 No se notificaron efectos adversos para la salud a partir de la exposición a 0.015 mg/kg/día.
 NM = no muestreado

Cuadro D-16. Dosis de Exposición a Zinc Según la Localización

Localización	Mariscos		
	Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)	
		Adulto	Niño
1 – Norte de la ZIC	45.2	0.147	0.321
2 – Sur de la ZIC	44.1	0.143	0.313
3 – Esperanza	11.2	0.036	0.079
4 – Isabel Segunda	NS	NS	NS
5 – Mercado de Pescados	18.3	0.059	0.130
6 – Oeste de Vieques	8.0	0.026	0.057
Todas las localizaciones	30.1	0.098	0.214

- Notas: Los promedios se calcularon con valores detectados solamente.
 Las dosis de exposición se calcularon utilizando 365 días/año para FE en la fórmula descrita en la sección *Derivación de dosis de exposición* de este apéndice: $(\text{Conc.} \times \text{TI} \times \text{FE} \times \text{DE}) / (\text{PC} \times \text{TM})$.
 Los pescados no tuvieron niveles de zinc por encima de la preocupación sanitaria en ninguna localización.
 Se notificaron efectos para la salud a partir de la exposición a 0.83 mg/kg/día.
 NM = no muestreado

**Cuadro D-17. Dosis de Exposición Estimada a Partir del Consumo de la
Concentración Máxima de Cubera**

Metal	Concentración máxima detectada (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)		Pauta de salud oral (mg/kg/día)	Base para la pauta sanitaria
		Adulto	Niño		
Aluminio	10.8	0.0350	0.0766	1.0	RfD crónica
Arsénico	21.4	0.0694*	0.1518*	0.0003	NMR/RfD crónicos
Bario	0.19	0.0006	0.0013	0.07	RfD crónica
Berilio	0.01	0.00003	0.00007	0.001	NMR crónico
Cromo	0.37	0.0012	0.0026	0.003	RfD crónica (CrVI)
Cobalto	0.09	0.0003	0.0006	0.02	RfD crónica
Cobre	8.21	0.0266	0.0582*	0.04	RfD crónica
Hierro	6.51	0.0211	0.0462	0.3	RfD crónica
Plomo	0.37	0.0012	0.0026	NA	NA
Manganeso	2.02	0.0066	0.0143	0.14	RfD crónica (alimentos)
Mercurio	0.09	0.0003*	0.0006*	0.0001	RfD crónica
Metilmercurio	0.018	0.00006	0.00013*	0.0001	RfD crónica
Níquel	0.35	0.0011	0.0025	0.02	RfD crónica
Plata	0.11	0.0004	0.0008	0.005	RfD crónica
Selenio	1.94	0.0063*	0.0138*	0.005	NMR/RfD crónicos
Zinc	21.0	0.0681	0.1490	0.3	NMR/RfD crónicos

* La exposición estimada supera la pauta sanitaria; no obstante, una dosis de exposición que es más alta que el NMR o la RfD no necesariamente resulta en efectos dañinos para la salud. Estos metales se evalúan en mayor detalle.

Nota: Las dosis de exposición se calcularon utilizando 365 días/año para FE en la fórmula descrita en la sección *Derivación de dosis de exposición* de este apéndice: $(\text{Conc.} \times \text{TI} \times \text{FE} \times \text{DE}) / (\text{PC} \times \text{TM})$.
NA = no disponible

Cuadro D-18. Dosis de Exposición Estimada a Partir del Consumo de la Concentración Media de Cubera

Metal	Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)	
		Adulto	Niño
Arsénico, inorganico	5.64	0.0037	0.0080
Plomo	0.21	0.0007	0.0015
Mercurio	0.05	0.0002	0.0004
Selenio	1.12	0.0036	0.0079
		Dosis de exposición estimada (mg/día)	
Cobre	1.02	0.23	0.12
		Nivel estimado de plomo en sangre (µg/dl)	
Plomo	0.21	0.05	0.05

- Notas:
- Los promedios se calcularon con valores detectados solamente.
 - Las dosis de exposición se calcularon utilizando 365 días/año para FE en la fórmula descrita en la sección *Derivación de dosis de exposición* de este apéndice: $(\text{Conc.} \times \text{TI} \times \text{FE} \times \text{DE}) / (\text{PC} \times \text{TM})$.
Para calcular la dosis de exposición para el arsénico inorgánico se utilizó la concentración total de arsénico conjuntamente con un factor de conversión de 0.2 en el numerador.
 - Las dosis diarias se calcularon utilizando la siguiente fórmula: $\text{Dosis} = \text{Conc.} \times \text{TI}$.
 - El cuerpo metaboliza arsénico en una forma menos dañina a dosis de 0.05 mg/kg/día.
 - Se notificaron efectos para la salud a partir de la exposición a arsénico a dosis de 0.014 mg/kg/día.
 - Se notificaron efectos cancerígenos a partir de exposiciones a arsénico a dosis de 0.01–0.05 mg/kg/día.
 - No se notificaron efectos adversos para la salud a partir de la exposición a plomo a dosis de 0.57–27 mg/kg/día.
 - El nivel de preocupación para plomo de los CDC en sangre es 10 µg/dl.
 - No se notificaron efectos adversos para la salud a partir de la exposición a mercurio a dosis de 0.0013 mg/kg/día.
 - No se notificaron efectos adversos para la salud a partir de la exposición a selenio a dosis de 0.015 mg/kg/día.
 - No se notificaron efectos adversos para la salud a partir de la exposición a cobre a dosis de 10 mg/día.

Cuadro D-19. Dosis de Exposición Estimada a Partir del Consumo de Cofre

Metal	Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)		Pauta sanitaria oral (mg/kg/día)	Base para la pauta sanitaria
		Adulto	Niño		
Arsénico	29.3	0.0190*	0.0416*	0.0003	NMR/RfD crónicos
Cromo	0.08	0.0003	0.0006	0.003	RfD crónica (CrVI)
Cobre	0.36	0.0012	0.0026	0.04	RfD crónica
Selenio	2.5	0.0080*	0.0176*	0.005	NMR/RfD crónicos

* La exposición estimada supera la pauta sanitaria; no obstante, una dosis de exposición que es más alta que el NMR o la RfD no necesariamente resulta en efectos dañinos para la salud. Estos metales se evalúan en mayor detalle.

Notas: Las dosis de exposición se calcularon utilizando 365 días/año para FE en la fórmula descrita en la sección *Derivación de dosis de exposición* de este apéndice: $(\text{Conc.} \times \text{TI} \times \text{FE} \times \text{DE}) / (\text{PC} \times \text{TM})$. Para calcular la dosis de exposición para el arsénico inorgánico se utilizó la concentración total de arsénico conjuntamente con un factor de conversión de 0.2 en el numerador.

El cuerpo metaboliza arsénico en una forma menos dañina a dosis de 0.05 mg/kg/día.

Se notificaron efectos para la salud a partir de la exposición a arsénico a dosis de 0.014 mg/kg/día.

Se notificaron efectos cancerígenos a partir de exposiciones a arsénico a dosis de 0.01–0.05 mg/kg/día.

Se notificaron efectos para la salud a partir de la exposición a selenio a dosis de 0.023 mg/kg/día.

Cuadro D-20. Dosis de Exposición Estimada a Partir del Consumo de las Concentraciones Máximas Detectadas por la Universidad Metropolitana

Metal	Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)		Pauta sanitaria oral (mg/kg/día)	Base para la pauta sanitaria
		Adulto	Niño		
Arsénico	7.2	0.0047*	0.0102*	0.0003	NMR/RfD crónicos
Cadmio	0.028	0.00009	0.00019	0.001	RfD crónica (alimentos)
Plomo	0.2	0.0006	0.0014	NA	NA
Mercurio	0.38	0.0012*	0.0027*	0.0001	RfD crónica
Selenio	1.3	0.0042	0.0092*	0.005	NMR/RfD crónicos
Zinc	9.1	0.0295	0.0646	0.3	NMR/RfD crónicos

* La exposición estimada supera la pauta sanitaria; no obstante, una dosis de exposición que es más alta que el NMR o la RfD no necesariamente resulta en efectos dañinos para la salud. Estos metales se evalúan en mayor detalle.

Fuente: Caro et al. 2000

Notas: Las dosis de exposición se calcularon utilizando 365 días/año para FE en la fórmula descrita en la sección *Derivación de dosis de exposición* de este apéndice: $(\text{Conc.} \times \text{TI} \times \text{FE} \times \text{DE}) / (\text{PC} \times \text{TM})$.

NA = no disponible

Cuadro D-21. Dosis de Exposición Estimada a Partir del Consumo de las Concentraciones Medias Detectadas por la Universidad Metropolitana

Metal	Concentración media (ppm)	Dosis de exposición estimada (mg/kg/día)	
		Adulto	Niño
Arsénico, inorgánico	1.2	0.0008	0.0017
Plomo	0.2	0.0006	0.0014
Mercurio	0.024	0.0001	0.0002
Selenio	0.6	0.0019	0.0043
		Nivel estimado de plomo en sangre (µg/dl)	
Plomo	0.2	0.05	0.05

Fuente: Caro et al. 2000

Notas: Los promedios se calcularon con el uso de valores detectados solamente.

Las dosis de exposición se calcularon utilizando 365 días/año para FE en la fórmula descrita en la sección *Derivación de dosis de exposición* de este apéndice: $(\text{Conc.} \times \text{TI} \times \text{FE} \times \text{DE}) / (\text{PC} \times \text{TM})$. Para calcular la dosis de exposición para el arsénico inorgánico se utilizó la concentración total de arsénico conjuntamente con un factor de conversión de 0.2 en el numerador.

El cuerpo metaboliza arsénico en una forma menos dañina a dosis de 0.05 mg/kg/día.

Se notificaron efectos para la salud a partir de la exposición a arsénico a dosis de 0.014 mg/kg/día.

Se notificaron efectos cancerígenos a partir de exposiciones a arsénico a dosis de 0.01–0.05 mg/kg/día.

No se notificaron efectos adversos para la salud a partir de la exposición a plomo a dosis de 0.57–27 mg/kg/día.

El nivel de preocupación para plomo de los CDC en sangre es 10 µg/dl.

No se notificaron efectos adversos para la salud a partir de la exposición a mercurio a dosis de 0.0013 mg/kg/día.

No se notificaron efectos adversos para la salud a partir de la exposición a selenio a dosis de 0.015 mg/kg/día.

Apéndice E

Fotografías de las Especies Recogidas por la ATSDR

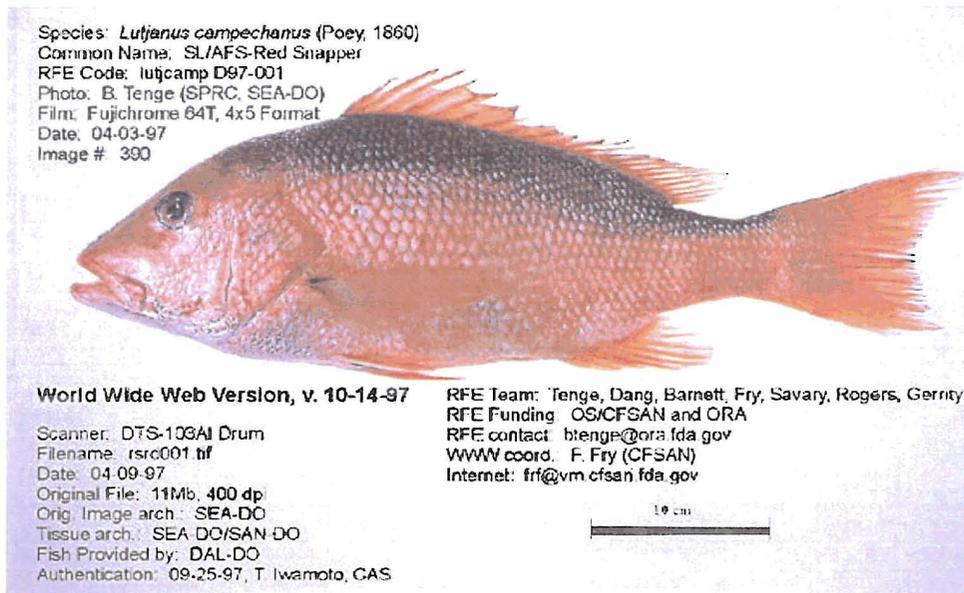


Imagen 1: Pargo

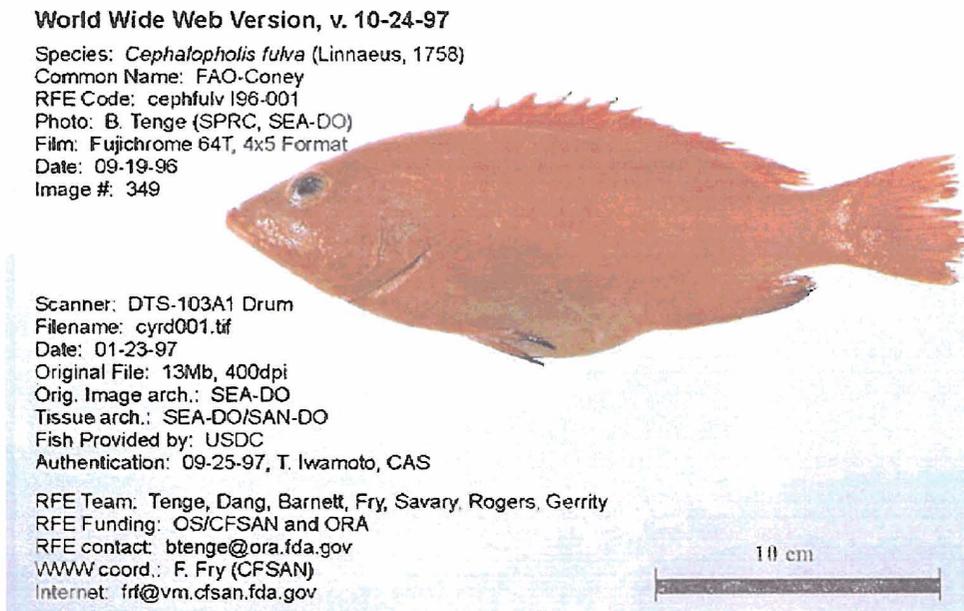


Imagen 2: Mero mantequilla

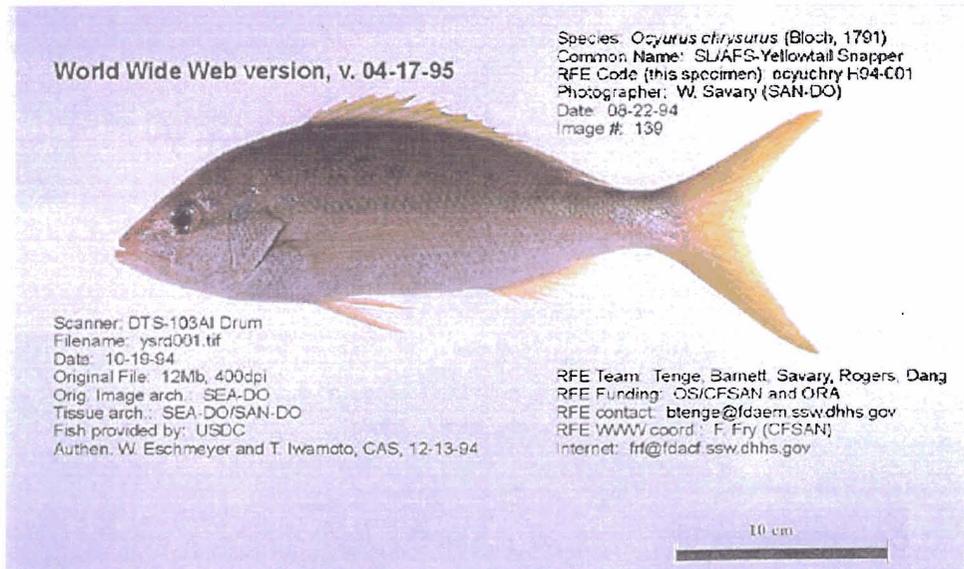


Imagen 3: Colirrubia

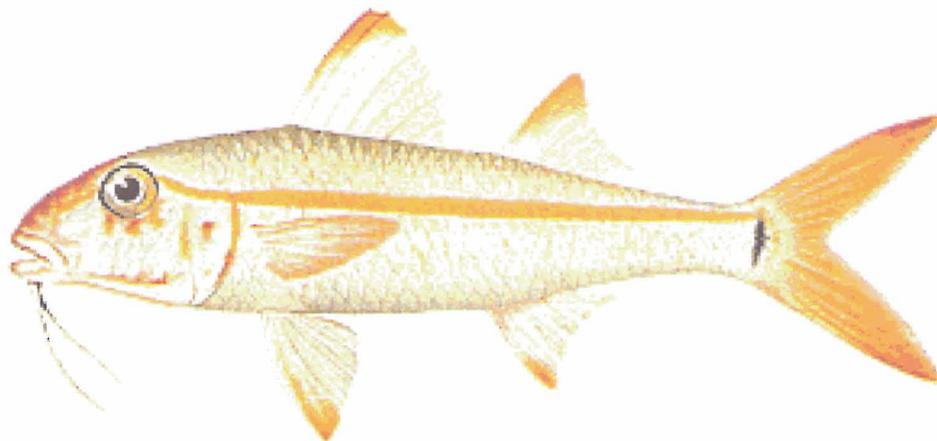


Imagen 4: Salmorete de altura

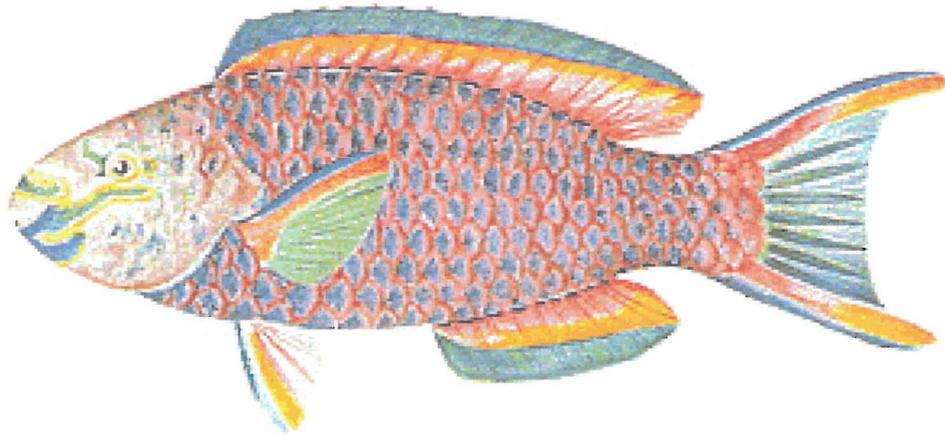


Imagen 5: Cotorro

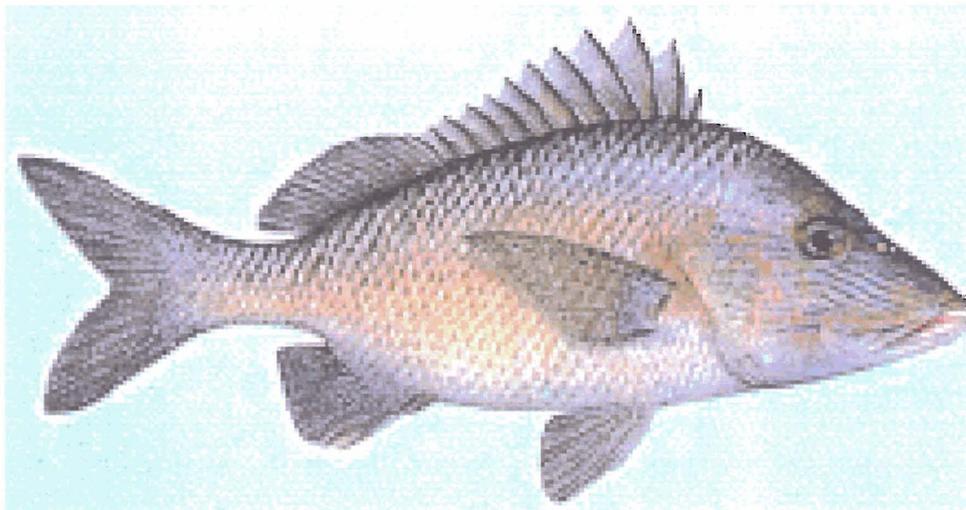


Imagen 6: Boquicolorao

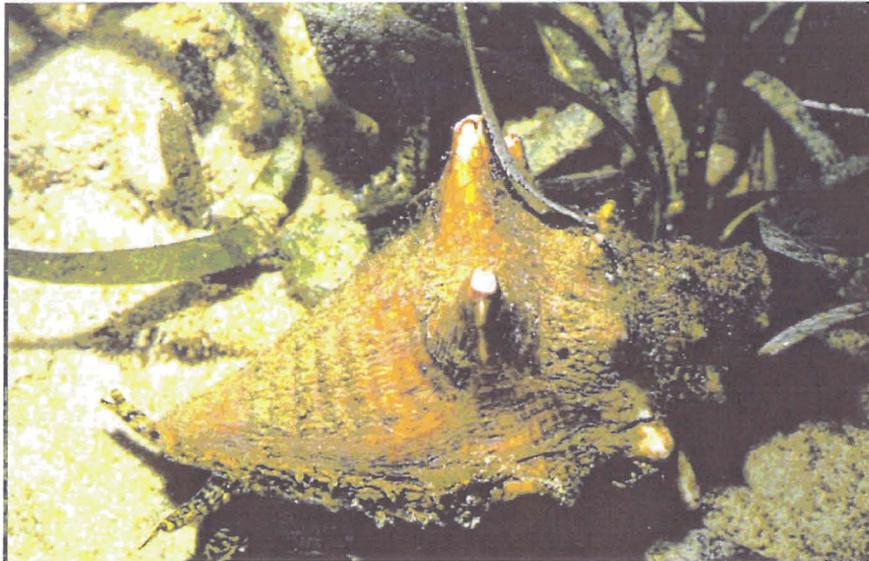


Imagen 7: Casis

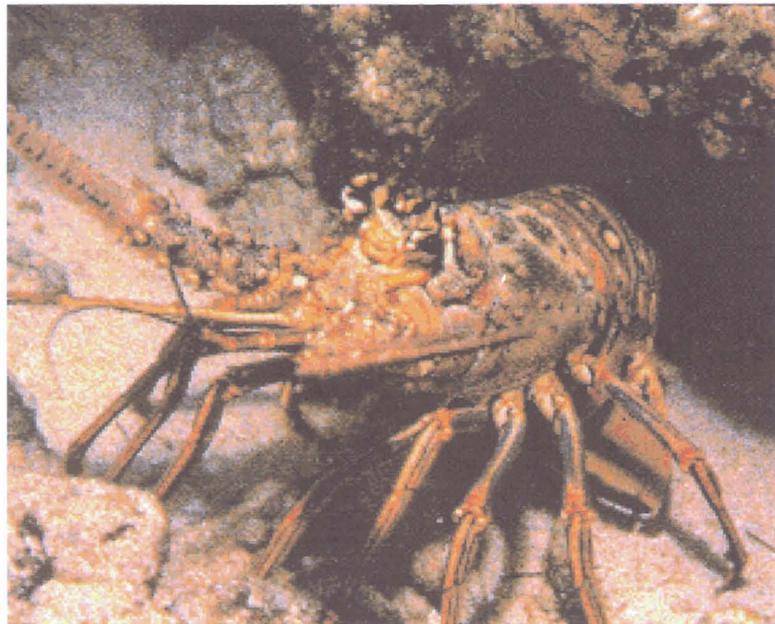


Imagen 8: Langosta marina



Imagen 9: Cangrejo de tierra

Imágenes 1, 2, 3: Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA), Centro de investigación de los productos de los mariscos, centro para la seguridad del alimento y nutrición aplicada, enciclopedia reguladora de los pescados, <http://www.cfsan.fda.gov>

Imágenes 4, 5: Servicio Nacional de Pesquerías Marinas <http://www.sefsc.noaa.gov/> de: Everman, B.W. and M.C. Marsh. 1902. Los pescados de Porto Rico. Boletín de la Comisión de los pescados de Estados Unidos, Volumen 10 para 1900. Placa 5, Placa 31

Imagen 6: Web site marina smithsonian de la estación, www.sms.si.edu

Imagen 7: Universidad del Web site de Carolina del Norte, <http://www.unc.edu/depts/oceanweb>

Imagen 8: Servicio Nacional de Pesquerías Marinas, oficina de recursos protegidos, <http://www.nmfs.noaa.gov>

Imagen 9: los cangrejos de tierra recogieron para este estudio

Apéndice F

Fotografías Mencionadas en la Evaluación de la Salud Pública



Fotografía 1. Area Occidental del Vieques



Fotografía 2. Zona de Maniobras Oriental



Fotografía 3. OP-1 del Servicio de Capacitación de Armas de la Flota del Atlántico



Fotografía 4. Sitio del Servicio de Capacitación de Armas de la Flota del Atlántico



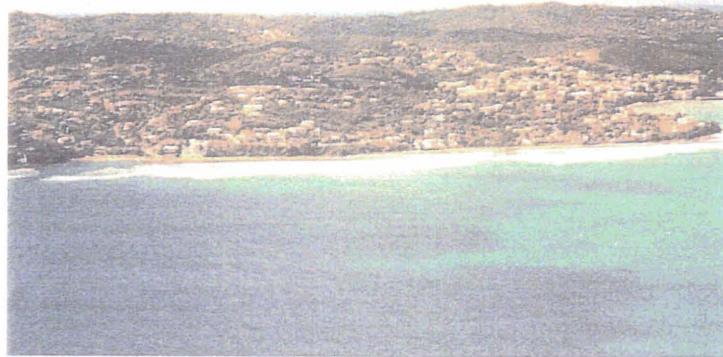
Fotografía 5. Zona de Impacto de Combate



Fotografía 6. Blancos en la Zona de Impacto de Combate



Fotografía 7. Zona de Conservación de Punta Este



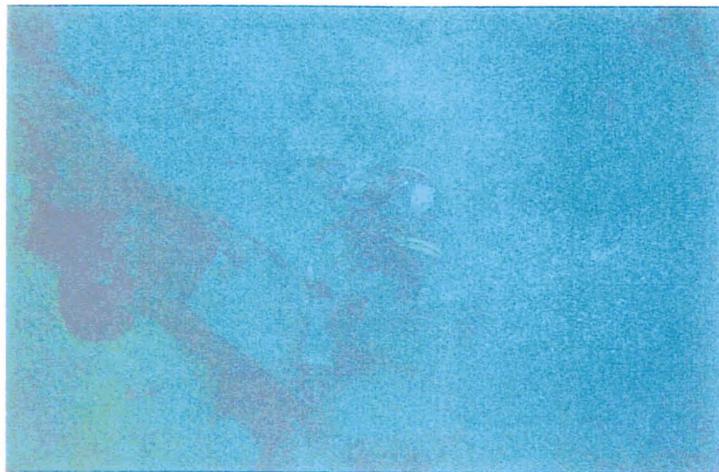
Fotografía 8. Isabel Segunda



Fotografía 9. Esperanza



Fotografía 10. Muelle de Mosquito



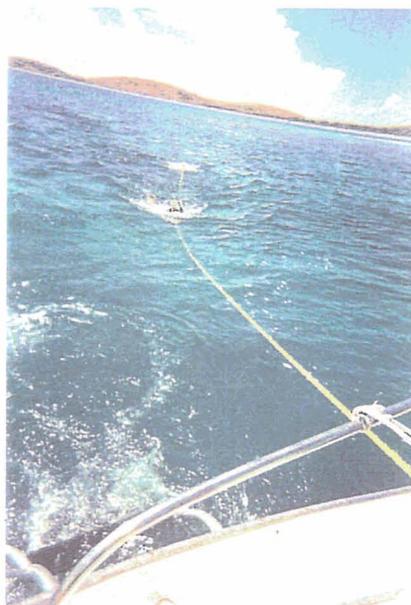
Fotografía 11. Buceador de GRA/EPA usando arpón



Fotografía 12. Trampa para Cangrejos de Tierra (jueyes)



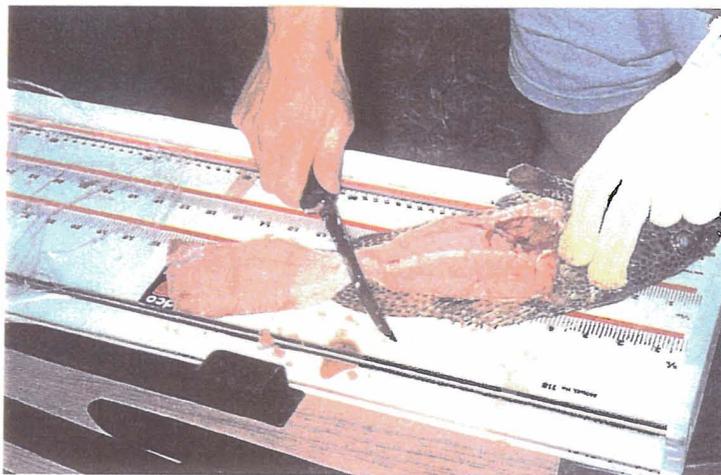
Fotografía 13. Embarcación Moonglow



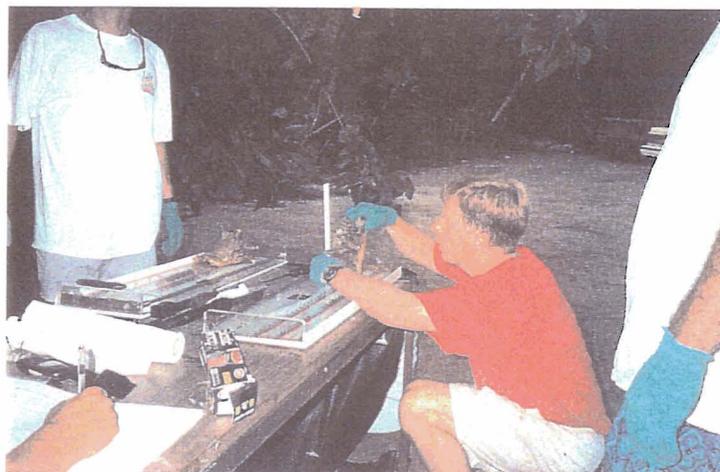
Fotografía 14. Un Buzo Siendo Halado



Fotografía 15. Medición del tamaño de un pescado



Fotografía 16. Cortando el pescado en filetes



Fotografía 17. Medición del tamaño de Caracola



Fotografía 18.
Pesando Caracola



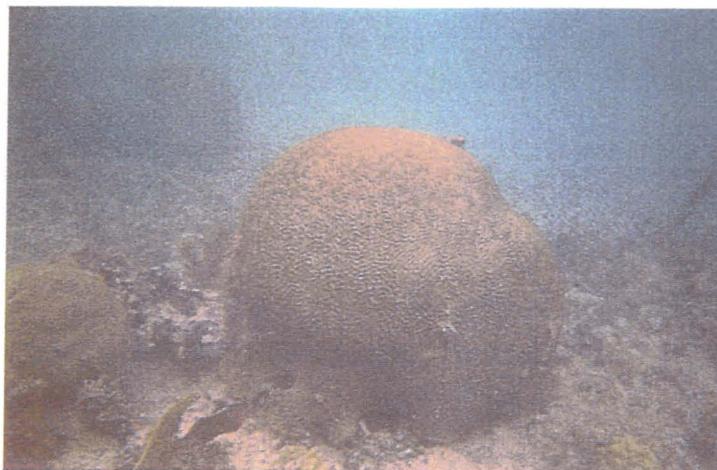
Fotografía 19. Recogiendo Cangrejos de Tierra (jueyes)



Fotografía 20. Cangrejos de Tierra



Fotografía 21. Erizo de Mar



Fotografía 22. Coral Compacto



Fotografía 23. Coral Compacto



Fotografía 24. Coral Blando



Fotografía 25. Coral sobre una Barcaza Sumergida usada como Blanco por la Marina



Fotografía 26. Coral sobre una Barcaza Sumergida usada como Blanco por la Marina



Fotografía 27. Pescado cerca del Arrecife de Coral



Fotografía 28. Corales y Pescados de la Localización 4



Fotografía 29. Corales y Pescados de la Localización 4