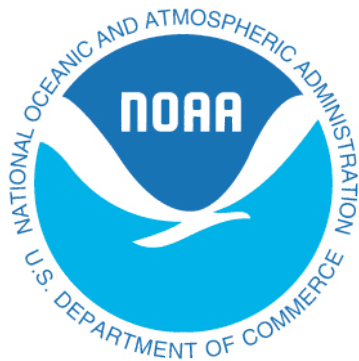


**INFORME FINAL DE DATOS**  
**PARA EL**  
**PROYECTO DE MUESTREO BIOTA EN LA ISLA DE VIEQUES**  
**ISLA DE VIEQUES, PUERTO RICO**

Preparado por  
Administración Nacional Oceánica y Atmosférica  
Servicio Nacional de Océanos  
Oficina de la Respuesta y la Restauración  
y  
RIDOLFI Inc.

Julio 2006



### ***ACKNOWLEDGEMENTS***

*This study was funded wholly by NOAA. The crab samples for this study were collected with the assistance of individuals from the U.S. Fish and Wildlife Service, the U.S. Environmental Protection Agency, and the Puerto Rico Environmental Quality Board. A U.S. Navy expert in unexploded ordnance accompanied the sampling team into areas where public access is restricted.*

### ***RECONOCIMIENTOS***

*Este estudio fue financiado en su totalidad por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés). Las muestras de cangrejos para este estudio se recolectaron con la colaboración de miembros del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de EE.UU., la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. y la Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico (JCA). Un experto en materiales explosivos de la Marina de EE.UU. acompañó al equipo de recolección de muestras en las zonas donde está restringido el acceso al público.*

### ***CITATION***

*National Oceanic and Atmospheric Administration and RIDOLFI Inc. (NOAA and Ridolfi).  
2006. Final Data Report for the Vieques Island Biota Sampling Project, Vieques Island, Puerto  
Rico. NOAA, National Ocean Service, Office of Response and Restoration. Seattle, WA.*

### ***CONTACT INFORMATION***

*For more information about this report or to obtain a copy, please visit  
<[HTTP://mapping.orr.noaa.gov/website/portal/vieques/projectsrab.html](http://mapping.orr.noaa.gov/website/portal/vieques/projectsrab.html)> or contact Mike  
Buchman, NOAA/NOS/OR&R at (206) 526-6340.*

## RESUMEN EJECUTIVO

En junio de 2005, la Oficina de la Respuesta y la Restauración de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (ORR, NOAA, por sus siglas en inglés, respectivamente) llevó a cabo una investigación sobre el cangrejo terrestre (*Cardisoma guanhumi*) y el cangrejo violinista (*Uca spp.*) en la Isla de Vieques, Puerto Rico, en colaboración con el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de EE.UU. (USFWS, por sus siglas en inglés), la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (USEPA, por sus siglas en inglés), la Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico (JCA) y RIDOLFI Inc. bajo contrato con NOAA. El propósito principal de la investigación fue definir las concentraciones de compuestos de explosivos, policlorobifenilos (PCB), pesticidas organoclorados y oligoelementos en los jueyes y en los cangrejos violinistas. Además, la Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR, por sus siglas en inglés) ha utilizado los datos obtenidos del cangrejo terrestre presentados en este informe para redactar una Consulta de Salud Pública (CSP), que se incluye en este informe como Apéndice H. Anteriormente, ATSDR, USFWS e investigadores de la Universidad de Puerto Rico han realizado investigaciones limitadas: esta investigación fue diseñada en parte para ampliar estos esfuerzos previos.

Los resultados de las evaluaciones de ATSDR y NOAA ayudarán a USFWS a determinar si las áreas de refugio seleccionadas pueden abrirse para la cría de cangrejos. En el futuro, la Marina de EE.UU., USEPA y JCA de Puerto Rico también pueden utilizar porciones de los datos sobre el cangrejo terrestre y sobre el cangrejo violinista, según el caso, en una completa evaluación de los riesgos para la salud humana y la ecología en áreas de la Isla de Vieques.

Desde los años 1940 hasta 2003, una parte de la Isla de Vieques se utilizó para ejercicios de entrenamiento militar (fuego de artillería y bombardeos). En 2001, la Marina de Estados Unidos traspasó la propiedad de aproximadamente 3.000 hectáreas (7.500 acres) de tierra en el extremo occidental de la isla al municipio de Vieques, al Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico y a USFWS. El 1º de mayo de 2003, la Marina de Estados Unidos suspendió todas las operaciones militares en y alrededor de la isla y traspasó su propiedad en el extremo oriental de la isla (aproximadamente 5.800 hectáreas [14.575 acres]) a USFWS. Las tierras del extremo oriental de la isla y las controladas por USFWS en el extremo occidental de la isla se declararon entonces

refugio natural nacional. Aproximadamente 9.300 puertorriqueños viven en la zona residencial de la isla, que se extiende entre los extremos oriental y occidental.

Para la presente investigación, se recolectó muestras de jueyes y de cangrejos violinistas en marismas, manglares, zonas boscosas costeras y áreas arenosas de los extremos oriental y occidental de la Isla de Vieques. Se recolectó jueyes debido a su importancia en la dieta de los residentes isleños. Se recolectó cangrejos violinistas porque viven en hábitats similares, aunque representan una vía ligeramente diferente en la red alimenticia y sirven como especie indicadora adicional de la captación de contaminantes potenciales. Debido a el pequeño tamaño de los cangrejos violinista, una muestra compuesta del cangrejo violinista también representa un número mucho mayor de individuos por estación de muestreo que la posible con el cangrejo terrestre.

Se recolectó entre cinco y seis especímenes de jueyes en cada uno de los 12 sitios de muestreo, los cuales representaron principalmente zonas conocidas o potenciales para la captura, más dos sitios de referencia de hábitat similar. Se recolectó tres muestras compuestas de cangrejos violinistas en cada uno de los 12 sitios de muestreo y en un sitio de referencia: no hubo cangrejos violinistas presentes en el sitio de referencia Blue Horizon en la isla. Tras la recolección de las muestras, los jueyes y los cangrejos violinistas fueron procesados y enviados de acuerdo con los métodos descritos en el *Plan Definitivo de Análisis y Muestreo para el Proyecto de Muestreo Biota en la Isla de Vieques*. Se analizó muestras individuales del cuerpo entero de jueyes y muestras compuestas de cangrejos violinistas para hallar compuestos de explosivos, PCB, pesticidas organoclorados y oligoelementos. Un número limitado de muestras de jueyes se subdividió en muestras de exoesqueleto (es decir, el caparazón y otras partes duras externas) y muestras de tejido blando solamente y se analizaron en forma independiente para hallar oligoelementos. Todos los datos del análisis se revisaron y validaron independientemente para asegurar su efectividad.

Los datos sobre el cangrejo violinista se compararon con puntos de referencia conservadores de comprobación ecológica; tales valores conservadores proporcionan un alto grado de confianza en cuanto a que las concentraciones de contaminantes que no exceden los puntos de referencia no plantean riesgos desfavorables significativos. Por el contrario, las concentraciones de

contaminantes que superan los puntos de referencia conservadores no necesariamente indican problemas, pero señalan la necesidad de evaluaciones más detalladas. Algunos de los puntos de referencia son específicos para la protección del cangrejo; se usó puntos de referencia protectores de la vida silvestre que consume presas contaminadas cuando no hubo disponibilidad de puntos de referencia específicos para crustáceos. Los datos sobre los jueyes también se compararon con los puntos de referencia específicos para crustáceos solamente, los cuales incluyen todos los compuestos orgánicos, cadmio, mercurio y vanadio.

Los resultados en general indican mínima presencia de químicos orgánicos. Las concentraciones de muchos químicos orgánicos estuvieron por debajo de los límites de detección por método específico a la muestra (LDM) y muchas de las detecciones estuvieron apenas ligeramente por encima de los LDM. No se detectó compuestos de explosivos en los jueyes ni en los cangrejos violinista. Se detectó compuestos de PCB en las muestras de una sola área: se descubrió Aroclor 1260 en una sola muestra de juey en Laguna Kiani, mientras se halló Aroclor 1254 en todos los tres compuestos de cangrejos violinistas en ese sitio de muestreo. Sin embargo, las concentraciones de PCB en las muestras de cangrejos estuvieron bien por debajo de los puntos de referencia conservadores ecológica. En el pasado, la Marina de Estados Unidos ha informado acerca de presencia de PCB en las aguas subterráneas de Laguna Kiani.

Se detectó pesticidas organoclorados, predominantemente DDT y sus metabolitos, en muchas muestras de jueyes y de cangrejos violinistas. Los niveles de DDT total fueron generalmente más altos en los cangrejos violinistas que en los jueyes, pero hubo concordancia entre las dos especies en el patrón general de los sitios que tenían las concentraciones promedio más altas. Laguna Kiani, Red Beach, Blue Beach y Bahía Tapón mostraron concentraciones más altas de DDT total tanto en jueyes como en cangrejos violinistas. La constitución de los compuestos de DDT no sugiere emisiones continuas. Estos resultados son similares a los concluidos en investigaciones precedentes.

El segundo pesticida más comúnmente encontrado fue el clordano y sus compuestos relacionados. Se detectó compuestos del clordano cercanos a los LDM en los jueyes de la mitad de las áreas de muestreo, incluyendo el sitio de referencia Blue Horizon en la isla. El clordano total (la suma de sus ocho compuestos) se detectó en concentraciones generalmente cercanas a

los LDM en los cangrejos violinistas de todos los sitios de muestreo, excepto en Mosquito Bay, incluyendo muestras del sitio de referencia Reserva Natural de Humacao, en tierra firme de Puerto Rico. Una vez más, hubo concordancia entre las dos especies, donde Laguna Kiani y Bahía Tapón tuvieron los niveles más altos de clordano total.

La incidencia de otros pesticidas por lo general fue limitada y esporádica. Se detectó aldrino, endrino y dieldrino en uno o dos sitios cada uno. Se observó mirex en la mayoría de muestras de jueyes y en todas las muestras de cangrejos violinistas solamente en la Zona de Tiro. Ninguna concentración de pesticidas en los jueyes o cangrejos violinistas excedió los puntos de referencia ecológica.

Como en investigaciones anteriores, se detectó en todas partes oligoelementos tanto en las muestras de jueyes como en las de cangrejos violinistas en todos los sitios de muestreo. La extensa detección de numerosos oligoelementos en las muestras de cangrejos parece reflejar exposición a elementos que se presentan de forma natural en el suelo, sedimentos, aguas subterráneas y superficiales. Los elevados niveles, especialmente los significativamente mayores al sitio de referencia, tienden a sugerir el potencial para exposición a fuentes antropogénicas. En general, los resultados son variables. Se observó diferencias dentro y entre las áreas de muestreo, de elemento a elemento y entre las dos especies de cangrejos. Sin embargo, hubo observaciones de concordancia entre las dos especies que tienden a sugerir exposiciones constantes.

En los jueyes, las concentraciones promedio de berilio, hierro, mercurio, selenio, talio, uranio, vanadio y zinc no fueron diferentes entre sitios o no fueron significativamente mayores que las concentraciones en los sitios de referencia. Para todos los demás oligoelementos, por lo menos un área tuvo concentraciones significativamente mayores que las que se observaron en un sitio de referencia. Sin embargo, en algunos casos esto ocurrió debido a las elevadas concentraciones medidas en un solo cangrejo.

En su CSP, ATSDR concluyó que los niveles de PCB, pesticidas organoclorados y oligoelementos encontrados en los jueyes fueron mucho más bajos que los reportados en la literatura científica como causantes de efectos perjudiciales para la salud. Por consiguiente, ATSDR no espera que se presenten efectos perjudiciales para la salud en adultos y niños como

resultado del consumo de jueyes en la Isla Vieques. Las concentraciones de DDE también estuvieron por debajo del límite reglamentario de la Administración de Drogas y Alimentos de Estados Unidos para el consumo de mariscos.

También se compararon los datos obtenidos de los jueyes con los de referencia ecológica en cuanto a cadmio, mercurio y vanadio considerados protectores de otras especies de crustáceos. Todas las concentraciones de mercurio estuvieron por debajo de los puntos de referencia ecológica. Las concentraciones de vanadio estuvieron por debajo de los LDM o por encima del punto de referencia. El vanadio promedio entre áreas no fue diferente de las medias observadas en una u otra referencia, sugiriendo que los niveles de vanadio pueden representar condiciones iniciales. Se excedió el punto de referencia de cadmio en cuatro muestras de tres sitios de muestreo (Boca Quebrada, Laguna Kiani y la Zona de Tiro). Los niveles en los cangrejos de la Zona de Tiro fueron significativamente mayores que los de una u otra referencia. Esta investigación ecológica indica que la posibilidad de impacto desfavorable para el cangrejo terrestre debido a la carga corporal de cadmio, y tal vez vanadio, no puede eliminarse para algunas áreas específicas.

Un jey de cada área de muestreo se diseccionó en exoesqueleto y fracciones de tejido blando, los cuales fueron analizados en forma independiente para hallar oligoelementos. El propósito fue evaluar las dos fracciones en busca de indicadores de bioconcentración preferencial. En general, se detectó más compuestos en el tejido blando del cangrejo que en el exoesqueleto, el cual no contuvo berilio, mercurio ni selenio. Las concentraciones de la mitad de todos los oligoelementos detectados fueron mayores en el exoesqueleto que en el tejido blando; las concentraciones de bario, calcio, cromo y magnesio fueron por lo menos un orden de magnitud mayor. Las concentraciones promedio de cadmio, cobre, plata y zinc fueron tres a diez veces más altas en el tejido blando.

Las concentraciones de berilio, manganeso, mercurio, níquel, talio y uranio en el cangrejo violinista no superaron los puntos de referencia ecológica en las muestras. No hubo puntos de referencia ecológica disponibles para cobalto, hierro y plata. Las concentraciones de diez oligoelementos medidos en el cangrejo violinista excedieron los puntos de referencia ecológica en una o más muestras. De éstos, aluminio, arsénico, vanadio y zinc excedieron los puntos de



referencia ecológica de vida silvestre en todas las muestras de todas las áreas de muestreo, incluyendo el sitio de referencia. Las concentraciones de bario, cadmio, cromo, cobre y selenio excedieron los puntos de referencia ecológica a grados variantes y en diversos sitios. Las concentraciones de plomo excedieron el punto de referencia en solo un sitio (Laguna Kiani). Tres de los compuestos que excedieron los puntos de referencia ecológica (cadmio, plomo y selenio) no fueron detectados en las muestras de referencia de la Reserva Natural de Humacao en concentraciones por encima de los puntos de referencia ecológica.

La incidencia de PCB tanto en el juey como en el cangrejo violinista de Laguna Kiani, que coincide con informes anteriores sobre PCB de la Marina de Estados Unidos en aguas subterráneas en este mismo sitio, demuestran que PCB en este lugar es biodisponible y capaz de entrar en la red alimenticia. La copresencia de máximas concentraciones de otros contaminantes en estas mismas muestras para ambas especies sugiere que las emisiones de otros contaminantes se pueden estar presentando también dentro de esta área. Aunque las concentraciones de orgánicos reportadas aquí están por debajo de los puntos de referencia ecológica, el grado limitado de muestreo en este estudio preliminar hace difícil sacar conclusiones firmes e relación con el grado de riesgo que puedan plantear las emisiones en este sitio. Además la definición de la naturaleza y grado de las emisiones en este sitio se recomienda como parte de una investigación correctiva continuada o como monitoreo para verificar la eficacia de las acciones de remoción.

La concordancia observada entre las dos especies en algunos contaminantes detectado puede indicar trayectorias de exposición en otros sitios también. Los ejemplos incluyen mirex, arsénico y cadmio en la Zona de Tiro y DDT total en Blue Beach, Red Beach y Bahía Tapón. Aunque los valores estuvieron por debajo de los puntos de referencia ecológica, estas observaciones demuestran un mecanismo de exposición para estas áreas.

La evaluación presentada en este informe no debe considerarse como una evaluación completa de riesgos ecológicos. Esta evaluación aplicó suposiciones conservadoras acerca de la exposición que no son necesariamente reales o adecuadas para definir el riesgo real. Más bien, ofrece un alto nivel de confianza en la determinación de situaciones donde la baja probabilidad de impacto desfavorable está presente, y facilita determinar la necesidad de, y el grado de, más investigación. Este evaluación reconoce que las concentraciones químicas que superan los

valores de referencia conservadores pueden considerarse *potencialmente* peligrosas, aunque no lo sean necesariamente hasta que otras evaluaciones más realistas, específicas al sitio lo determinen. La comprobación preliminar de los residuos de tejido de cangrejo presentes aquí no puede eliminar la posibilidad de que algunos analitos puedan estar presentes en niveles lo suficientemente altos para causar impacto desfavorable al cangrejo. Para identificar y definir completamente el riesgo potencial al medio ambiente, se justifica más análisis de las porciones correspondientes de estos datos, como también evaluaciones de otros receptores ecológicos, particularmente con respecto a PCB, DDT total y algunos oligoelementos. La necesidad de evaluación adicional, cuando proceda, debe determinarse en las actividades de evaluación de riesgos para la salud humana y para la ecología requeridas para la investigación correctiva continuada de los sitios en la Isla de Vieques.