

Una opinión experta de cuándo regresará el Golfo de México a su estado de producción previo al derrame después del derrame de petróleo de la plataforma Deepwater Horizon MC 252 de BP

por

John W. Tunnell, Jr.
Instituto de Investigación Harte para Estudios sobre el Golfo de México
Universidad A&M de Texas - Corpus Christi

para

Kenneth R. Feinberg
Administrador de reclamaciones
Oficina de Reclamaciones de la Costa del Golfo
Feinberg Rozen, LLP
The Willard Office Building
1455 Pennsylvania Ave., N.W.
Washington, D.C.

Esta opinión experta está avalada por el Instituto de investigación Harte para estudios del Golfo de México en la Universidad A&M de Texas - Corpus Christi (consulte el Respaldo en la página iii de este informe).

31 de enero de 2011

Índice

Respaldo	iii
Antecedentes y propósito del informe	1
El ecosistema del Golfo de México	4
Derrames de petróleo en el ambiente marino	10
Fuentes de petróleo en el ambiente marino	15
Lecciones aprendidas de derrames de petróleo anteriores	17
Derrame de petróleo de la plataforma DWH y recuperación de las especies para pesca	18
Camarón	23
Cangrejos	26
Ostras	29
Peces con aletas	33
Conclusiones	36
Literatura Citada	40
Apéndice I: Acerca del autor	44
Apéndice II: Literatura revisada	47

Respaldo

El Instituto de investigación Harte (Harte Research Institute, HRI) para estudios del Golfo de México en la Universidad A&M de Texas - Corpus Christi ha revisado y avala este informe de opinión experta. Como indica el Dr. Wes Tunnell en esta opinión, establecer una fecha o momento de recuperación es más difícil que determinar el impacto del derrame mismo. De hecho, establecer un momento de recuperación exacto es esencialmente imposible. Sin embargo, el HRI está comprometido a ayudar en el proceso de recuperación y comprende que es necesario reembolsar las pérdidas a los reclamantes lo antes posible. Como se explica exhaustivamente en la opinión experta del Dr. Tunnell, hay muchas circunstancias biológicas y ecológicas, tanto a corto como a largo plazo, que pueden afectar las especies para pesca en el Golfo de México, algunas de las cuales se pueden detectar fácilmente y otras que no aparecerán en años. Sin embargo, creemos que sus tiempos de recuperación proyectados son estimaciones razonables en esta etapa temprana del proceso.

Al Dr. Wes Tunnell se le pagó como asesor para desarrollar esta opinión experta durante el periodo de vacaciones universitarias de diciembre de 2010. El HRI no recibió ningún financiamiento por revisar y avalar este informe.

Larry D. McKinney, Director ejecutivo
Instituto de investigación Harte para estudios sobre el Golfo de México
Universidad A&M de Texas - Corpus Christi

Una opinión experta de cuándo regresará el Golfo de México a su estado de producción previo al derrame después del derrame de petróleo de la plataforma Deepwater Horizon MC 252 de BP

Antecedentes y propósito del informe

El derrame de la plataforma Deepwater Horizon MC 252 de BP de importancia nacional (derrame de petróleo de DWH) se convirtió en el mayor derrame de petróleo en el mar en la historia, después de liberar más de 200 millones de galones (757 millones de litros) de petróleo en el Golfo de México desde el 20 de abril hasta el 15 de julio de 2010, un periodo de 87 días. Debido al alto valor medioambiental y económico del Golfo de México, la amplia cobertura de los medios, la indignación del público y la preocupación científica enfocaron la atención sobre el Golfo durante meses a mediados de 2010.

Con una respuesta sin precedente, miles de trabajadores y cientos de botes y barco continuaron con la limpieza y la evaluación durante el otoño, después de tapar el pozo en julio. Para comprender la magnitud real de la respuesta al derrame, la Administración Oceánica y Atmosférica Nacional (National Oceanic and Atmospheric Administration. NOAA) produce un informe mensual de actividades titulado el informe "NRDA (Evaluación de Daños a Recursos Naturales [Natural Resources Damage Assessment]) en los números", y el 1 de diciembre de 2010 el informe indicaba: 29,599 muestras medioambientales recopiladas para análisis; 37,183 análisis de laboratorio de la NRDA realizados; casi 30,000 muestras totales que incluyen las recopiladas por 83 cruceros de investigación marítimos, incluyendo 17,026 muestras de agua, 3,806 muestras de sedimentos, 5,007 muestras de tejidos y 1,917 muestras de bolas de alquitrán; 34,768 imágenes y más de 4,000 millas lineares de línea costera examinadas.¹

¹National Oceanic and Atmospheric Administration [Internet]: Gulf Spill Restoration.[citado el 23 de diciembre de 2010]. Disponible en <http://www.gulfspillrestoration.noaa.gov>

Acerca del estado económico general de las pesquerías comerciales del Golfo de México, los pescadores obtuvieron 1.27 miles de millones de libras (576.6 millones de kilos) de peces y mariscos, que significaron ganancias de \$659 millones en ingresos totales por pesca en 2008 (Servicio Nacional de Pesquerías Marinas [National Marine Fisheries Service, NMFS] 2010a). Los multiplicadores económicos de la pesca comercial van desde 2X a 3X el valor en muelle, conservadora mente, hasta 8X a 10X, lo que demuestra el efecto significativo a todo lo largo de la cadena de valor.² No sólo los pescadores sufren el impacto, sino también los procesadores, los distribuidores, los establecimientos de venta al menudeo y los restaurantes.

En respuesta a las pérdidas económicas ocasionadas por el derrame, la Oficina de Reclamaciones de la Costa del Golfo (GCCF) se estableció en junio de 2010 “como parte de un acuerdo entre la Administración del Presidente Obama y la empresa BP para ayudar a las personas a presentar reclamaciones por costos y daños incurridos como resultado del derrame de petróleo ocurrido en el incidente de la plataforma petrolera Deepwater Horizon”.³ Hasta el 13 de diciembre, la GCCF había procesado más de 463,000 reclamaciones y pagado alrededor de \$2.5 miles de millones a más de 166,000 individuos y empresas.⁴

Un sector económico significativo, pero difícil de evaluar, con el que la Oficina de Reclamaciones de la Costa del Golfo tendrá que tratar pronto, es la industria pesquera del Golfo de México. El Servicio de pesquerías de la NOAA trabajó en coordinación con la Administración de Alimentos y Fármacos (Food and Drug Administration, FDA), la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency, EPA) y los estados del Golfo para determinar el cierre de pesquerías en el Norte del Golfo de

México como resultado del derrame de petróleo de DWH. Esta acción fue “una medida de precaución para garantizar la seguridad del público y (para) asegurar la confianza

² Center for Natural Resource Economics & Policy [Internet]: Economic Impacts of Fisheries and Coastal Habitats. [citado el 23 de diciembre de 2010]. Disponible en: <http://www.cnrep.lsu.edu/pdfs/LSG%20Oil%20Spill%20FAQs.pdf>

³ Gulf Coast Claims Facility [Internet]: Deepwater Horizon. [citado el 23 de diciembre de 2010]. Disponible en: <http://www.gulfcoastclaimsfacility.com/press1.php>

⁴ Gulf Coast Claims Facility [Internet]: Deepwater Horizon, [citado el 23 de diciembre de 2010]. Disponible en: <http://www.gulfcoastclaimsfacility.com/pressB/php>

del consumidor en los pescados y mariscos del Golfo” (NMFS 2010b). Los cierres comenzaron el 2 de mayo de 2010 en el área alrededor de la explosión del pozo y continuaron expandiéndose a lo largo de mediados de julio, llegando al máximo de 84,101 millas cuadradas (217,820.57 km cuadrados) ó 34.8% de la Zona Económica Exclusiva (Exclusive Economic Zone, EEZ) de EE. UU. del Golfo de México.⁵ Los cierres disminuyeron después a lo largo del otoño hasta el 15 de noviembre, cuando sólo estaba cerrada el área alrededor del pozo MC252, un área de 1,041 millas cuadradas (2696.10 km cuadrados) ó 0.4% de la EEZ del Golfo de EE. UU.. El 24 de noviembre se agregaron 4,213 millas cuadradas (10,911.62 km cuadrados) adicionales al cierre para la pesca de camarón real rojo solamente, como resultado del descubrimiento de bolas de alquitrán en algunas redes de arrastre de camarón real rojo (NMFS 2010c).

El propósito de este informe es proporcionar una opinión experta a la Oficina de Reclamaciones de la Costa del Golfo acerca de la duración de los efectos biológicos negativos del derrame de petróleo de la plataforma petrolera DWH sobre las especies que se pescan comercialmente en el Golfo de México (principalmente, camarón, cangrejo, ostras y peces con aletas). Debido a la gran variabilidad del medio ambiente y de las poblaciones naturales, se utilizarán información y datos tanto actuales como históricos, junto con la literatura científica, para proporcionar la mejor estimación informada de cuándo volverán las poblaciones de pesca a sus condiciones previas al derrame.

Antes de analizar específicamente todas las especies relevantes y su recuperación, es importante comprender el ecosistema del Golfo de México, así como las lecciones aprendidas de derrames de petróleo anteriores, particularmente en el Golfo de México.

⁵National Oceanic and Atmospheric Administration [Internet]: National Marine Fisheries Service; fishery closures. [citado el 23 de diciembre de 2010]. Disponible en: <http://scro.nmfs.noaa.gov/ClosureSizeandPercentCoverage.htm>

El ecosistema del Golfo de México

El Golfo de México es la novena masa de agua más grande en el mundo, y es económica y ecológicamente una de las más productivas e importantes (Tunnell, 2009). Geográficamente, el Golfo está ubicado en la parte sudoriental de Norteamérica, y está rodeado por tres países: Estados Unidos al Norte, México al Sur y la isla de Cuba al Este. El Golfo es una cuenca de tipo mediterráneo conectada al Mar Caribe por el Estrecho de Yucatán y con el Océano Atlántico por los Estrechos de Florida. La superficie del Golfo ocupa un área de aproximadamente 579,000 millas cuadradas (1,499,602.95 km cuadrados), y tiene una profundidad máxima de 12,632 pies (3.85 km) (Darnell y Defenbaugh, 1990). Aunque la longitud en línea recta de la costa alrededor del Golfo es de alrededor de 4,000 millas (6,437.38 km), cuando se incluye la complejidad de todos los estuarios, lagunas y canales de la costa, el total es de más de 47,000 millas (75,639.17 km) (NOS/NOAA, 2008).

El Golfo de México se conoce también como el Mediterráneo americano, el Mar de América, la Costa de energía o la Tercera costa y, desafortunadamente, la Costa olvidada. El Golfo es un mar de contrastes, en el que un medio ambiente sano y una economía sana coexisten y compiten entre sí (McKinney, 2009). Tal vez un resultado positivo del derrame de petróleo de la plataforma petrolera DWH es la mayor conciencia que enfocó la atención en el Golfo y en su fuerte valor económico y medioambiental para la nación.

Económicamente, los cinco estados de EE. UU. que colindan con el Golfo de México tienen un producto interno bruto de más de \$2.2 billones, y la robusta economía de la región del Golfo proporciona empleos a más de 20 millones de personas. Gran parte de esta actividad económica está vinculada a los recursos naturales del Golfo de México, como el turismo y la recreación, la pesca comercial y recreativa, y la producción y exploración petrolera

(NOS/NOAA, 2008). En un año reciente (2006), 83% de la pesca total de camarón, 56% de la pesca de ostra y 14% de la pesca de pesquerías comerciales en EE. UU. provenía del Golfo de México. El número promedio de libras de la pesca de pesquerías comerciales proveniente del Golfo es de un total de 1.3 miles de millones al año (590 millones de kg) (en 2006), produciendo un valor de \$662 millones (NOS/NOAA, 2008).

La industria del petróleo y el gas en el Norte del Golfo de México es una de las más desarrolladas en el mundo, y produce más de 52 % de la producción de petróleo crudo en EE. UU., 54% de la producción de gas natural y 47% de la capacidad de refinerías para petróleo crudo (NOS/NOAA, 2008). En el Golfo se emplea a más de 107,000 trabajadores relacionados con el petróleo, con más de \$12.7 miles de millones ganados por salarios.

Biológicamente, las aguas poco profundas del Norte del Golfo se clasifican como templadas cálidas, y residen dentro de la Provincia biogeográfica de las Carolinas (Briggs, 1974). Éstas son algunas de las aguas costeras más altamente productivas en el mundo, e incluyen hábitats ecológicamente importantes, como islas de barrera, zonas intermareales, pantanos y marismas costeros, arrecifes de ostras, praderas de algas y fondos de bahía abiertos (NOS/NOAA, 2008). Estos importantes hábitats proporcionan muchas funciones ecológicas, como zonas para alimentación, zonas para reproducción, fuentes de nutrientes y estructura para ocultarse de depredadores. El hecho de que 95% de todas las especies comercial y recreativamente importantes dependen de estos hábitats de estuarios y costeros en alguna etapa de su ciclo de vida es una fuerte evidencia de su valor en el ecosistema. La zona Norte y central del Golfo de México a veces se denomina el "Cuarto Creciente Fértil" de la nación debido a la alta productividad, los cuantiosos

nutrientes y la abundancia de hábitats fundamentales para la reproducción (Moore et al., 1970, Darneil et al., 1983).

En el Golfo de México existe una gran diversidad de vida marina, incluyendo más de 15,400 especies, lo que lo convierte en una de las masas de agua con más biodiversidad en la Tierra (Felder y Camp, 2009). Además de los miles de invertebrados, incluyendo más de 2,400 tipos de bivalvos y más de 2,500 tipos de crustáceos, hay más de 1,500 especies de peces, 5 de tortugas marinas y casi 400 especies de aves y 30 especies de mamíferos marinos. La tortuga marina Kemp Ridley es la especie más amenazada en el mundo, pero su cantidad se está incrementando actualmente después de décadas de deterioro y de una atención enfocada en la conservación. Además de la única población silvestre de grullas blancas en el mundo a lo largo de la costa de Texas, grandes números de aves marinas coloniales anidan en las islas que alojan colonias a lo largo de las costas del Golfo, y cientos de aves zancudas migratorias, aves cantoras, aves de rapiña y aves acuáticas (patos y gansos) utilizan corredores de vuelo del Golfo (Tunnell, 2009). El mamífero marino costero más común, el delfín nariz de botella, tiene una población de cerca de 78,000 individuos en la zona Norte del Golfo de México (Wursig et al., 2000).

La mayoría de los estadounidenses o visitantes a la zona Norte del Golfo de México tienen un concepto erróneo de este gran ecosistema acuático. En sus visitas a Corpus Christi, Galveston, Biloxi o Mobile a menudo observan aguas turbias color marrón en el Golfo, con plataformas petroleras y de gas en el horizonte y refinerías de petróleo en tierra. Sin embargo, a sólo una corta distancia de la costa y a lo largo de todo el trayecto hasta México y Cuba, hay aguas oceánicas transparentes y azules con una rica diversidad de vida y hábitats marinos.

Aunque las aguas del Golfo son conocidas por ser altamente productivas y biodiversas, eso no significa que no sufran impactos y amenazas. El aumento de la presión de la población y la utilización de los recursos del Golfo han causado efectos considerables con una lista significativa de problemas amenazantes: pérdida de hábitat crítico, degradación de la calidad del agua, pesca excesiva y técnicas de pesca deficientes, derrames petroleros, enriquecimiento de nutrientes con zonas de muerte o de concentración baja de oxígeno, especies invasivas, cierres de playas y de zonas de pesca de mariscos, desarrollo costero y el florecimiento de algas (Kumpf et al., 1999). Siguiendo la sugerencia de la Comisión de EE. UU. sobre la Política de Océanos (2004), la región del Golfo de México formó la Alianza del Golfo de México (Gulf of Mexico Alliance, GOMA) para comenzar a tratar los problemas medioambientales mencionados anteriormente. La GOMA es una sociedad entre los cinco estados del Golfo de EE, UU. y dos agencias federales (EPA y NOAA), y han producido dos planes de acción para comenzar a tratar problemas medioambientales fundamentales (GOMA, 2006, 2009). Otras organizaciones que se enfocan principal o exclusivamente en el Golfo, incluyen: Gulf States Fisheries Commission (Comisión de Pesquerías de los Estados del Golfo), Gulf of Mexico Fisheries Management Council (Consejo de Administración de las Pesquerías del Golfo de México), EPA Gulf of Mexico Program (Programa de la EPA para el Golfo de México), NOAA Gulf Coast Service Center (Centro de Servicio de la Costa del Golfo de la NOAA), Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies (Instituto de Investigación Harte para Estudios sobre el Golfo de México), Northern Gulf Institute (Instituto del Golfo Norte), Gulf of Mexico Foundation (Fundación del Golfo de México) y Gulf Restoration Network (Red para la Restauración del Golfo).

La resiliencia del Golfo de México es un asunto fundamental que está siendo tratado por los científicos de la GOMA y del Golfo. Las comunidades costeras resistentes, como las poblaciones naturales

resistentes, son aquéllas que son saludables y diversas, y que son capaces de recuperarse después de catástrofes naturales o antropogénicas. Los huracanes *Katrina* y *Rita* durante 2005 fueron una prueba rigurosa para las poblaciones tanto naturales como humanas, y promovieron el enfoque futuro en la reconstrucción y el restablecimiento de ambas. El derrame de petróleo de la plataforma DWH ha afectado y puesto a prueba ahora a algunas de las mismas poblaciones naturales y humanas.

En un gran derrame de petróleo anterior en el Golfo de México, el Golfo mostró resiliencia, y pareció recobrase mucho más rápidamente que lo que la mayoría de la gente había predicho. El derrame de petróleo de la plataforma Ixtoc I en 1979-80 fue el mayor derrame de petróleo marino accidental en el mundo hasta el derrame de la plataforma DWH, y liberó 140 millones de galones (529.96 millones de litros) de petróleo en el Golfo a lo largo de un periodo de casi 10 meses. Aunque actualmente aún se pueden encontrar pequeños remanentes de capas de alquitrán de la plataforma Ixtoc en algunas localidades remotas mexicanas, la mayoría de las especies y hábitats del Golfo parecen haberse recuperado. Desafortunadamente, no se realizaron estudios exhaustivos a largo plazo para confirmar la recuperación, por lo que no podemos estar seguros. Además, actualmente no está claro si el Golfo de México es tan resistente como lo era hace 30 años, debido a los muchos y continuos impactos medioambientales.

Antes de pasar a la siguiente sección sobre las lecciones aprendidas a partir de derrames de petróleo anteriores, es importante analizar y comprender el papel de las filtraciones naturales de hidrocarburos en el Golfo de México. Estas filtraciones naturales son bien conocidas y se extienden a lo largo de una gran área del Golfo, y han estado ocurriendo durante milenios. Las filtraciones son muy importantes por dos motivos: 1) el Golfo está "acostumbrado" a asimilar estas liberaciones lentas y crónicas de petróleo y las

aguas del Golfo están inoculadas con microbios naturales consumidores de petróleo en casi todos los hábitats, y 2) significa que el petróleo proveniente de filtraciones naturales está extendido, por lo que los científicos deben tener cuidado de observar el origen del petróleo que afecta a las especies o a los hábitats.

Las pruebas arqueológicas revelan que los indios Karankawa en la Isla del Padre, Texas, utilizaban el alquitrán o asfalto de la playa para decorar y sellar cerámica desde tiempos tan remotos como los precolombinos (Campbell, 1952), y los primeros exploradores españoles utilizaban el alquitrán y el asfalto de la playa para calafatear sus barcos (DeGolyer, 1918). El primer informe científico sobre los campos de petróleo flotante en el Golfo de México explicaba qué tan extendidas están las filtraciones naturales (Soley, 1910), y los estudios subsiguientes han mostrado qué tan constantes y continuas siguen siendo las filtraciones actualmente (MacDonald, 1998; Garcia, 2009). Los análisis de las imágenes satelitales revelan que hay más de 1,000 filtraciones naturales en un área extensa del Golfo, pero se agrupan principalmente en las dos áreas productoras de petróleo principales de la zona del noroeste del Golfo de México y en la zona sur del Golfo, en la Bahía de Campeche (Figura 1).

Las investigaciones de los sitios de filtraciones naturales en la zona Norte del Golfo de México, comenzando en la década de 1980, condujo a nuevos descubrimientos de biota del talud continental y a nuevas biotas y hábitats inesperados (Brooks et al., 1987; Kennicutt et al., 1988). Después de varias décadas de atención, estas comunidades de filtración de hidrocarburos del noroeste del Golfo son las mejor conocidas en el mundo y muestran cómo estas comunidades quimiosintéticas utilizan los hidrocarburos para sobrevivir a las grandes profundidades donde ocurren (Cordes et al., 2007, 2010; Fisher et al., 2007). El seguimiento reciente de brillos en la superficie provenientes de filtraciones en la Bahía de Campeche condujeron a nuevos descubrimientos de volcanismo asfáltico y biotas quimiosintéticas en los montículos de Campeche, en la profunda zona del sur del Golfo de México (MacDonald et al., 2004). Esta breve descripción general de estas comunidades de filtraciones de hidrocarburos es simplemente para mostrar la singularidad del Golfo de México y su tolerancia y adaptación a largo plazo a adiciones crónicas de hidrocarburos sobre áreas amplias, así como el desarrollo de especies y hábitats singulares en ciertas áreas profundas seleccionadas.

Derrames de petróleo en el ambiente marino

El petróleo y el gas natural son los combustibles dominantes en la economía de EE. UU., y proporcionan 62% de la energía del país y casi 100% de los combustibles para transporte (NRC, 2003). Se considera que la industria petrolera en EE. UU. comenzó con el descubrimiento de petróleo y la explotación subsiguiente en Spindletop, cerca de Beaumont, en el sureste costero de Texas en 1901. El primer pozo perforado en el Golfo de México se ubicó a una milla (1.61 km) de la costa cerca de Cameron, Louisiana, en 14 pies (4.27 m) de agua, en 1937 (T. Priest, com. pers.). A partir de estos lentos inicios, y después con el desarrollo de la tecnología de alta mar, la exploración y producción de petróleo y gas se

expandió a lo largo de la plataforma continental y del talud de la zona noroeste del Golfo de México durante las siguientes siete décadas. Actualmente, existen alrededor de 3,500 plataformas de exploración y producción en el noroeste del Golfo, a partir de casi 7,000 en total, e incluyendo más de 25,000 millas (40,233.6 km) de oleoductos y aproximadamente 50,000 pozos totales perforados (se perforan varios pozos desde la mayoría de las plataformas modernas).⁶

El naufragio y el derrame del tanquero *Torrey Canyon* en el sur de Inglaterra en 1967, y la explosión de una plataforma en Santa Bárbara, California, en 1969, marcaron el comienzo de la era moderna de preocupación y concientización sobre los derrames de petróleo, promoviendo la planificación para la respuesta ante derrames de petróleo, la limpieza, los planes de contingencia y los estudios sobre los derrames de petróleo importantes. En EE. UU., el Día de la Tierra se creó en 1970 debido al derrame de Santa Bárbara, y la Ley de Agua Limpia se aprobó en 1972 en parte debido a estos derrames. La primera escuela de capacitación sobre derrames de petróleo en EE. UU., la Escuela Nacional para el Control de Derrames (National Spill Control School, NSCS) en la Universidad A&M de Texas- Corpus Christi, se desarrolló como la primera instalación para capacitación sobre derrames petroleros en EE. UU. a mediados de la década de 1970 debido a estos primeros derrames importantes (CCSU, 1978), y aún permanece activa actualmente. La NSCS se nombró más adelante como el programa de capacitación sobre recursos para la Ley de Contaminación por Petróleo de 1990.

La primera revisión científica de los conocimientos sobre el destino y los efectos del petróleo en el ambiente marino fue realizada por expertos líderes en derrames de petróleo y ciencias marinas para el Consejo Nacional de Investigación (National Research Council, NRC) (1975) de la Academia Nacional de Ciencias de EE. UU. Debido a que ese estudio y compilación de conocimientos fueron tan útiles con la distribución generalizada, el NRC lo volvió a realizar en 1985 y en 2003 (NRC 1985, 2003) conforme

se obtenían más conocimientos acerca del petróleo en el mar. El volumen más reciente es la fuente literaria principal en EE. UU. de conocimiento acerca de las aportaciones, el destino y los efectos del petróleo en el mar actualmente.

⁶Bureau of Ocean Energy Management, Regulation, and Enforcement [Internet]: Outer Continental Shelf Oil Production. [citado el 23 de diciembre de 2010]. Disponible en: <http://www.boemre.gov/stats/OCSproduction.htm>

Cuando el tanquero *Exxon Valdez* encalló en 1989 y derramó casi 11 millones de galones (41.64 millones de litros) de petróleo en el immaculado entorno del Estrecho Prince William Alaska, comenzó otra nueva era en el manejo de los derrames de petróleo en el mar. En 1990 se aprobó la Ley de Contaminación por Petróleo de EE. UU., y se estableció una nueva estructura en EE. UU. para manejar derrames petroleros y el pago por la recuperación de entornos y economías dañados (programa de Evaluación de Daños a Recursos Naturales [Natural Resource Damage Assessment, NRDA]) realizado por la parte responsable. Hasta el derrame de petróleo de la plataforma DWH, el derrame del *Exxon Valdez* fue el mayor y más significativo en la historia de EE. UU.. Más allá del daño ecológico, el desastre del *Exxon Valdez* ocasionó un cambio fundamental en la forma en que el público de EE. UU. consideraba el petróleo, el transporte de petróleo y la industria petrolera (NRC, 2003). A pesar de que la sociedad continúa utilizando los combustibles fósiles intensamente, el “gran petróleo” se percibió de pronto como un mal necesario, y algo que se debía temer y que no era confiable. Esta reacción fue rápida y significativa (NRC, 2003).

Las consecuencias ecológicas del petróleo derramado en el entorno marino van de leves a graves. En cualquier derrame dado, los efectos del derrame de petróleo y el tiempo de recuperación del área contaminada estarán influenciados por muchas variables diferentes (Tunnell, 1978). Hablando en general, las tres variables principales son: 1) la cantidad y el tipo de petróleo derramado; 2) las condiciones medioambientales en el momento del derrame; y 3) el tipo de entorno(s) afectados por el derrame. Es muy importante hacer notar que la cantidad de petróleo crudo derramado no es la única medida del daño consiguiente (NRC, 2003). Esto ha sido revelado una y otra vez en muchos derrames, mostrando que la “dosis” (la cantidad exacta en una ubicación específica en un momento en particular) de hidrocarburos de petróleo en un hábitat específico o sobre una especie en particular es el elemento

fundamental, no el volumen total derramado. Esto, por supuesto, es muy difícil de medir en un área extensa en un derrame importante.

En cuanto a las condiciones medioambientales, el petróleo derramado en climas más calientes se desintegrará (descomposición natural) más rápidamente que el petróleo derramado en climas más fríos. Los procesos físicos, químicos y biológicos aceleran el proceso de degradación natural del petróleo derramado. La energía moderada a intensa de las olas y las corrientes tiende a descomponer ya dispersar el petróleo, y la fotooxidación acelera la descomposición química y el proceso de desintegración, incluyendo la evaporación en la superficie. Biológicamente, las bacterias y los hongos consumidores de petróleo se alimentan del petróleo y aceleran su descomposición, a menudo convirtiéndose en alimento disponible para otros organismos marinos.

Como ejemplo de degradación y recuperación en clima de aguas cálidas, el derrame de petróleo más grande en la historia ocurrió en la región del Golfo Árabe (Golfo Pérsico para algunos) cuando aproximadamente 520 millones de galones (1,968.41 millones de litros) de petróleo crudo se liberaron durante el conflicto Irak-Kuwait (Tawfíg y Olsen, 1993). Aunque hubo efectos serios y significativos en la costa para los pantanos y los hábitats intersticiales (Gundlach et al., 1993; Jones et al., 1996), sorprendentemente no hubo efectos significativos a largo plazo en los hábitats o las comunidades inframareales, incluyendo las praderas de algas, los parches de coral y los arrecifes franjeantes, los sustratos arenosos y arcillosos sin vegetación, y los afloramientos rocosos (Kenworthy et al., 1993; Richmond, 1996).

En términos de los entornos afectados por los derrames de petróleo, el Índice de Sensibilidad Medioambiental (Environmental Sensitivity Index, ESI) es ahora el estándar para la caracterización

ambiental utilizado en EE. UU. y en muchos otros países del mundo. El ESI fue desarrollado primero por el Instituto de Planificación de Investigaciones (RPI; Michel et al., 1978) y se aplicó por primera vez durante el derrame de la plataforma Ixtoc en el Sur de Texas en 1979-80 (Hayes et al., 1980). Los hábitats costeros se clasifican conforme a una escala relacionada con la sensibilidad, la persistencia natural del petróleo y la facilidad para la limpieza. La escala del 1 al 10 incluye a los entornos menos sensibles y más fáciles de limpiar como 1, y a los más sensibles y más difíciles de limpiar como 10 (1- playas rocosas o diques artificiales, resguardos de contención y estructuras rocosas expuestas; 2 - plataformas rocosas expuestas; 3 - playas arenosas de grano fino; 4 - playas arenosas de grano grueso; 5 - playas de arena y grava mezcladas; 6 - playas de grava; 7 - zonas intermareales expuestas; 8 - playas rocosas o diques artificiales, resguardos de contención o estructuras rocosas protegidos; 9 - zonas intermareales protegidas; y 10 - pantanos y manglares de agua salada o salobres) (Gundlach y Hayes, 1978). Actualmente, esta escala se utiliza para generar mapas para la planificación de contingencias para derrames petroleros y se coloca en un sistema GIS para facilidad de uso, amplia accesibilidad y capacidad de actualización. Los recursos biológicos específicos, como los hábitats y las especies sensibles, los terrenos para anidación, etc., se agregan a los mapas, junto con los recursos para uso humano, como los santuarios y refugios marinos o los sitios culturales o históricos importantes. Debido a que todas las costas de EE. UU. se han trazado actualmente en mapas utilizando el ESI, es una herramienta fundamental utilizada por el Coordinador de Respaldo Científico de la NOAA para informar al Coordinar Federal en la Escena de la Guardia Costera de EE. UU. durante un derrame.

Las complejidades indicadas anteriormente sobre el petróleo derramado en el entorno, y el destino y los efectos subsiguientes, claramente revelan la dificultad para evaluar los daños ocasionados por un derrame y la casi imposibilidad de predecir con exactitud el impacto en el medio ambiente o el tiempo

de recuperación. Como se indicó anteriormente, el efecto del petróleo no está directamente relacionado con la cantidad liberada. En su lugar, es una compleja función de la velocidad de liberación, la naturaleza del petróleo liberado y el ecosistema físico y biológico local (NRC, 2003). Los encuentros o hábitats similares pueden responder de forma diferente a lo largo de pequeñas distancias, dependiendo de la cantidad exacta de la "dosis" en un momento dado.

Los ecosistemas marinos y sus diversos componentes varían en una diversidad de escalas de tiempo, que van desde horas hasta milenios, y en escalas de espacio que van de metros a una cuenca oceánica (NRC, 2003). Por lo tanto, en ausencia de un seguimiento local o regional continuo, es muy difícil cuantificar los efectos de un derrame de petróleo, o establecer cuándo se ha completado la recuperación de un evento contaminante de ese tipo. Las poblaciones en un área podrían tener una tendencia a largo plazo a aumentar o a disminuir resultante de, por ejemplo, cambios climáticos a gran escala o alteraciones físicas del hábitat. Por lo tanto, la determinación de la recuperación hasta cierto punto de valoración podría estar mal concebida, si la tendencia en una escala más grande no se conoce o no se toma en cuenta en la ecuación o el modelo de recuperación.

Los derrames de petróleo catastróficos o agudos son muy distintos a las filtraciones naturales mencionadas arriba. Los efectos agudos pueden ser de corta duración y tener un impacto limitado, o pueden tener efectos significativos a largo plazo en el nivel de la población o la comunidad, dependiendo de los muchos factores mencionados anteriormente. La contaminación física o la sofocación debidas a la exposición intensa al petróleo, así como diversas respuestas fisiológicas y toxicológicas, pueden ser inmediatas, pero también pueden ser crónicas y/o subletales y difíciles de

detectar, incluso apareciendo meses o años después. Los cambios en el comportamiento reproductivo o de alimentación podrían afectar a las poblaciones durante años debido a la re exposición al petróleo sumergido u oculto que no se haya eliminado. El desplome sin precedentes e inesperado de las pesquerías de arenques después del derrame de petróleo del Exxon Valdez es un ejemplo clásico de los factores desconocidos que pueden aparecer sorprendentemente años después (Peterson et al., 2003).

Fuentes de petróleo en el ambiente marino

Después de años de estudio y revisión de muchas fuentes de información, el Consejo Nacional de Investigación (2003) clasificó todas las aportaciones de petróleo en el mar en cuatro categorías: filtraciones naturales, extracción petrolera, transporte de petróleo y consumo de petróleo. En la tabla 1 se resumen las liberaciones promedio anuales de petróleo en el medio ambiente por categoría de la fuente durante 1990-1999 en galones, y el porcentaje por categoría para el Golfo de México, Norteamérica y en todo el mundo. Las filtraciones naturales dominan las tres categorías geográficas. En el Golfo de México, durante la década de 1990, 82% de las aportaciones de fuentes costeras y en mar abierto fueron de filtraciones naturales. Cuando sólo se consideraron las fuentes en mar abierto, 95% de las aportaciones provinieron de filtraciones naturales (NRC, 2003). Este porcentaje sería obviamente diferente durante la siguiente década debido al derrame de petróleo de la plataforma DWH.

Tabla 1. Liberaciones promedio anuales (1990-1999) de petróleo por fuente (mejores estimaciones en millones de galones) (NRC, 2003).

Fuente	Golfo de México	Norteamérica	Mundialmente
Filtraciones naturales	43.1 (82%)	49.6 (63%)	184.7 (83%)
Extracción de petróleo (plataformas, deposición atmosférica, aguas producidas)	0.8 (2%)	0.9 (1%)	11.7 (5%)
Transporte de petróleo (Derrames en oleoductos, derrames en tanqueros, lavados operativos, derrames en instalaciones costeras, deposición atmosférica)	1.3 (2%)	2.8 (4%)	6.3 (3%)
Consumo de petróleo (basado en tierra, recreativo, descargas operativas, deposición atmosférica, combustible de aeronaves expulsado)	7.1 (14%)	25.9 (33%)	20.2 (9%)
Total	52.3	79.2	222.9

Lecciones aprendidas de derrames de petróleo anteriores

Aunque se pueden aprender lecciones de muchos derrames de petróleo anteriores, el derrame importante más adecuado para el Golfo de México es el derrame de la plataforma Ixtoc I. La explosión de esta plataforma en el sur del Golfo de México, en la Bahía de Campeche, 50 millas (80.47 km) al norte de Ciudad del Carmen, Campeche, fue muy similar de muchas formas al derrame de petróleo de la plataforma DWH, pero también tuvo diferencias características. El derrame de la plataforma Ixtoc comenzó el 3 de junio de 1979 y terminó el 23 de marzo de 1980, durando casi 10 meses y liberando alrededor de 140,000 millones de galones (529,960 millones de litros). La plataforma en llamas se hundió varios días después de la explosión, y se utilizaron estrategias de limpieza (combustión, dispersantes, barreras y desnatadores), así como estrategias de contención (extinción superior, bombeo

de desperdicios, cobertura superior denominada el "sombrero" y pozos de alivio) similares (Jernelov y Linden, 1981). Además de extenderse durante un periodo de tiempo mucho más largo que el derrame de petróleo de la plataforma DWH, las otras diferencias principales fueron la profundidad del agua (170 pies para la plataforma Ixtoc en comparación con 5000 pies para la DWH) y el uso de dispersantes a una gran profundidad.

Después de 60 días de liberación de petróleo en la zona sur del Golfo y de transportarse hacia el este y hacia el norte con las corrientes en movimiento, el petróleo llegó a las playas de Texas y las cubrió con una capa moderada a gruesa por más de 150 millas (241.4 km) al norte de Rio Grande durante agosto y septiembre de 1979 (ERCO 1982, Hooper 1981). La estrategia de limpieza en Texas fue dejar que el petróleo llegara a las playas de las islas de barrera externas, pero que fuera detenido por obstáculos frente a todos los entrantes de la marea para evitar que el petróleo ingresara en los estuarios y las lagunas sensibles de la costa sur de Texas. En su mayor parte, esta estrategia funcionó bien.

Desafortunadamente, como en el caso de la mayoría de los derrames importantes, no se realizaron estudios a largo plazo de los ecosistemas para dar seguimiento al efecto del derrame en Texas o en México. Los estudios a corto plazo en Texas revelaron el impacto y la recuperación de las aves zancudas (Chapman, 1979, 1981) y de la biota de las playas (Tunnell et al., 1981, Kindinger 1981) después de 1 y de 2-3 años, respectivamente. Además de cierta presencia de petróleo en las costas a lo largo de las ensenadas con rompeolas y en las costas justo dentro de las ensenadas, no se informaron impactos importantes en los hábitats o las especies de los estuarios. Mar adentro, en un estudio se comparó el derrame de petróleo de la plataforma Ixtoc y el de *Burmah Agate* (un derrame de un tanquero frente a las costas de Galveston en 1979) con el gran estudio de varios años de la plataforma

continental externa del sur de Texas, completado varios años antes de ambos derrames, y no se encontró ningún efecto relacionado con los derrames en el área de la plataforma externa (Lewbel, 1985).

En México, un consorcio de autoridades mexicanas publicó sólo un informe de revisión, pero éste contenía poca información útil acerca de los efectos del derrame sobre el medio ambiente (PCEESC, 1980).

Derrame de petróleo de la plataforma DWH y recuperación de las especies para pesca

El derrame de petróleo de la plataforma DWH liberó más de 200 millones de galones (757.08 millones de litros) de petróleo en la zona Norte del Golfo de México durante 87 días, entre el 20 de abril y el 15 de julio de 2010. Se agregaron aproximadamente 1.84 millones de galones (6.97 millones de litros) de dispersantes para ayudar a dispersar el petróleo y evitar que llegara a las playas y afectara a hábitats costeros sensibles, áreas críticas para la pesca y lugares con mucho uso público. La aplicación de más de 40% de los dispersantes a una profundidad cercana a la boca del pozo ocasionó gran preocupación entre el público y los científicos. En respuesta, el gobierno federal inició un esfuerzo sin precedente para estudiar el efecto de los dispersantes bajo la superficie y las plumas de microgotas de petróleo en la columna de agua profunda durante el otoño de 2010. El Equipo Operativo de Asesoría Científica (Operational Scientific Advisory Team, OSAT) del Comando de Área Unificada (Unified Area Command) (OSAT, 2010) publicó un informe de resumen de estos hallazgos el 17 de diciembre de 2010. La Guardia Costera de EE. UU. es el Coordinador Federal en la Escena (Federal On-Scene Coordinator, FOSC) designado, y la NOAA (en derrames marinos) es el Coordinador de Respaldo Científico (Scientific Support Coordinator, SSC) designado para el FOSC y también encabeza a los

numerosos fideicomisarios del proceso de Evaluación de Daños a los Recursos Naturales (Natural Resource Damage Assessment, NRDA) establecido en la Ley de Contaminación por Petróleo de 1990.

Algunos de los hallazgos del informe del OSAT sobre las condiciones bajo la superficie son importantes para el presente informe y se utilizarán más adelante, pero una breve descripción general de sus hallazgos a partir del Resumen ejecutivo incluyen: no se encontró petróleo líquido más allá de la línea de la costa; no se observaron violaciones de los patrones de comparación para la salud humana de la EPA o para los dispersantes; menos de 1% de las muestras de agua sobrepasaron los patrones de comparación para la vida acuática de la EPA para los hidrocarburos aromáticos policíclicos (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH), pero ninguna coincidió con el petróleo MC 252; alrededor de 1% de las muestras de sedimentos sobrepasaron los patrones de comparación para PAH, pero sólo fueron las que estaban a menos de 2 millas (3.22 km) de la boca del pozo; de las áreas para pesca cerradas previamente, 87,481 millas cuadradas (140,787 km cuadrados) se han vuelto a abrir, quedando sólo 1,041 millas cuadradas (1,675.33 km cuadrados) alrededor de la boca del pozo aún cerradas (el 24 de noviembre de 2010, el camarón real rojo se cerró posteriormente para la pesca en un área de 4,213 millas cuadradas [6,780 km cuadrados] cerca de la boca del pozo); existe algo de lodo de perforación con petróleo en suspensión en un área cerca de la boca del pozo; y, se identificaron capas de alquitrán en aguas litorales poco profundas como un área de brecha en el muestreo. Se han asignado a un equipo separado las tareas de examinar y comprender el alcance de estas capas de alquitrán. No había pruebas de toxicidad de los sedimentos disponibles en el momento de la publicación del informe del OSAT del 17 de diciembre, por lo que esa información se publicará en un informe subsiguiente a principios de 2011.

En comparación con el derrame de petróleo de la plataforma Ixtoc I, el derrame de la DWH afectó un área mucho más pequeña del Golfo (Figura 2). El derrame de la plataforma DWH ocurrió a finales de la primavera y principios del verano, cuando las condiciones climáticas y del océano están generalmente en calma en la zona noreste del Golfo, cerca del lugar del pozo, mientras que el derrame de la plataforma Ixtoc ocurrió a partir de principios del verano hasta la siguiente primavera, a lo largo de todas las estaciones del año, incluyendo numerosos frentes invernales y varias tormentas tropicales. El derrame de la plataforma DWH contaminó con petróleo un área de la costa de menos de 400 millas lineales (643.74 km lineales), y el derrame de la plataforma Ixtoc contaminó más de 1,500 millas lineales (2,414 km lineales) de toda la zona occidental y del sur del Golfo. Esta contaminación con petróleo de un área de menos de 5% de todo el Golfo durante el derrame de la DWH es significativo para el proceso de recuperación, ya que muchas especies del Norte del Golfo tienen una distribución mucho más amplia que el área afectada, y por lo tanto, la capacidad de ayudar a recolonizar las áreas afectadas mediante reproductores prolíficos con huevos y larvas plantónicas dispersados ampliamente. Ecológicamente, el derrame de la DWH ocurrió en un área muy sensible del Golfo, que incluye los pantanos y marismas costeros altamente productivos del delta del Mississippi. Estas marismas de agua salada y salobres son un número 10 en la escala ESI, siendo sensibles a la contaminación con petróleo y difíciles de limpiar. De hecho, la estrategia de limpieza usual para las marismas es dejarlas sin hacer nada y dejar que el proceso de limpieza natural actúe, ya que cualquier actividad de limpieza tiende a empujar al petróleo a capas más profundas de los sedimentos debido a las cuadrillas y a la maquinaria de limpieza, haciendo que la recuperación tome mucho más tiempo. Además de estas marismas sensibles, otros hábitats altamente productivos y críticos en las aguas poco profundas de la Media Luna Fértil incluyen los arrecifes de ostras y las praderas de algas. Estos hábitats altamente productivos y biodiversos sirven como áreas de alimentación y reproducción para muchas especies litorales. En

comparación, con respecto al derrame de petróleo de la plataforma Ixtoc, las playas de arena de grano fino de

Distribución del petróleo derramado en el agua (negro) y en las costas (rojo)

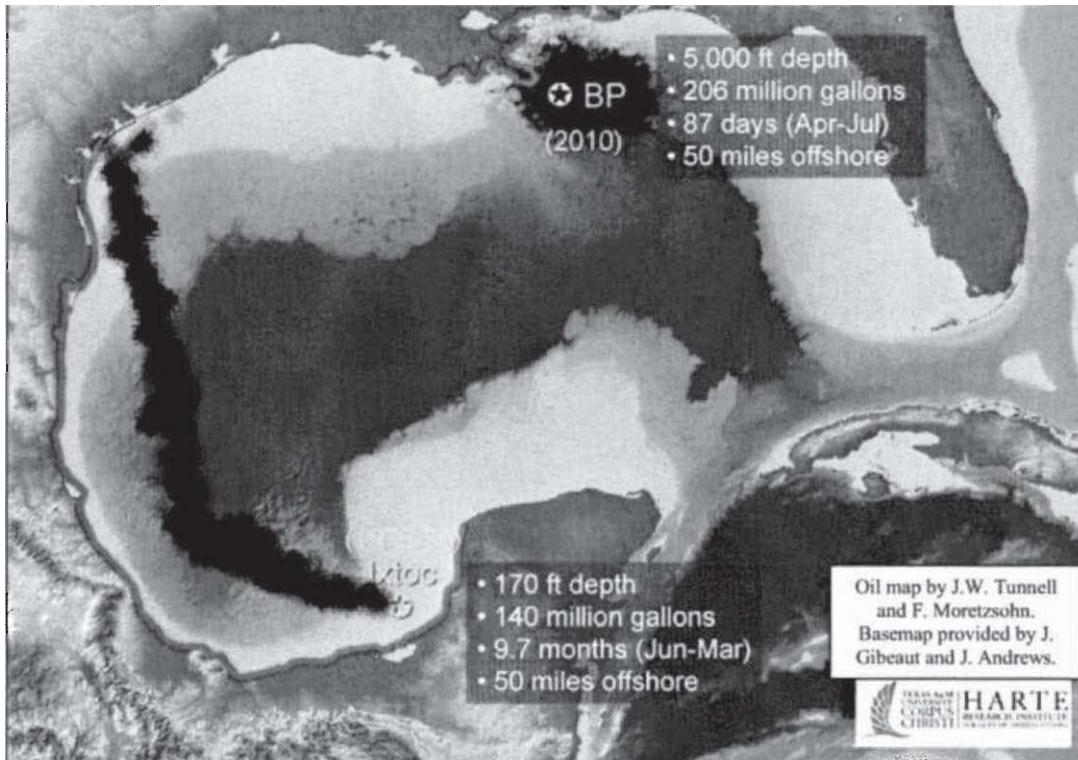


Figura 2. Ubicación y distribución del petróleo derramado y de las costas contaminadas con petróleo debido al derrame de petróleo de la plataforma DWH de BP y del derrame de petróleo de la plataforma Ixtoc I.

la zona occidental y sur del Golfo son un número 3 en la escala ESI, por lo que no son tan sensibles y se pueden recuperar más rápidamente. Estas playas de arena de grano fino se encuentran en las casi continuas las islas de barrera y las penínsulas al Oeste del delta del Mississippi, y proporcionan barreras naturales (u obstáculos naturales) para los hábitats más sensibles de los estuarios y lagunas cercanos a la orilla. En la zona Norte del Golfo prevalece una costa más abierta con islas de barrera más pequeñas y

discontinuas mar adentro, permitiendo así que el petróleo llegue potencialmente a los entornos sensibles cercanos a la orilla.

Estos entornos litorales altamente productivos son los que hacen de la zona Norte del Golfo un área de pesca productiva. Las pesquerías costeras (delimitadas por la línea estatal de 3 millas náuticas desde la costa para Louisiana, Mississippi y Alabama; Texas y Florida tienen una línea de 9 millas náuticas) se rigen mediante la jurisdicción y los reglamentos de cada estado individual, y las aguas mar adentro se rigen mediante la jurisdicción federal y los reglamentos del Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (National Marine Fisheries Service, NMFS) de la NOAA. La Comisión de Pesquerías Marinas de los Estados del Golfo (Gulf States Marine Fisheries Commission) proporciona información de asesoría sobre las pesquerías costeras, con representantes de cada estado del Golfo. El Consejo de Administración de las Pesquerías del Golfo de México (Gulf of Mexico Fisheries Management Council) es uno de ocho consejos regionales de administración de pesquerías en EE. UU., y ayuda a asesorar y a administrar las pesquerías del Golfo de México dentro de la EEZ del Golfo.

Además de la muerte obvia y directa de las biotas o hábitats que puede ocurrir durante un derrame de petróleo, hay muchos posibles efectos subletales que se pueden producir, y pueden ser muy insidiosos y muy difíciles de detectar o medir. Estos efectos podrían incluir una capacidad reproductiva reducida, o el tamaño de los organismos individuales podría ser menor como resultado de la exposición a los componentes del petróleo, o como resultado de la reducción de la cantidad de alimento o del hábitat. Los efectos del petróleo sobre el plancton (alimento para las larvas de peces e invertebrados) actualmente se desconocen, y es posible que nunca se conozcan. Los efectos del petróleo sobre las cascadas tróficas y las interacciones ecológicas también son desconocidos (T. Shirley, com. pers.).

El objetivo de este informe es proporcionar “una opinión experta acerca de la duración de los efectos biológicos negativos del derrame de petróleo de la plataforma Deepwater Horizon sobre las especies que se pescan comercialmente en el Golfo (principalmente camarón, cangrejo, ostras y peces con aletas)”. Los primeros tres grupos se tratarán individualmente a continuación para proporcionar la mejor estimación posible del tiempo de recuperación de la pesquería a su estado previo al derrame, o de la duración de los efectos biológicos negativos ocasionados por el derrame. La cuarta categoría, “peces con aletas” se tratará como un grupo, ya que no se solicitó, y tal vez tampoco es práctico ni necesario, tratar individualmente las muchas especies contenidas en esta categoría. Se presentará información general y relevante acerca de la biología de cada grupo, así como los efectos potenciales del derrame de petróleo y la duración de los impactos sobre las especies y la pesca. Se proporcionará una declaración de resumen sobre la recuperación en negritas para cada grupo cerca del final de cada discusión.

Camarón

Las especies principales de camarón para pesca en el Golfo de México incluyen el camarón marrón, blanco y rosado. La pesca regional de camarón en el Golfo de México es la mayor en EE. UU., con más de 188 millones de libras (85.3 millones de kg) o 73% del total nacional en 2008. El valor total en muelle ese año fue de \$367 millones, registrando Louisiana la pesca mayor con 89 millones de libras (40.4 millones de kg) y un valor en muelle de \$130.6 millones, seguido por Texas con 63.8 millones de libras (28.9 millones de kg) y \$157.2 millones, Alabama con 17 millones de libras (7.7 millones de kg) y \$38.4 millones, Florida Occidental con 9.9 millones de libras (4.5 millones de kg) y \$23.3 millones, y Mississippi con 8.6 millones de libras (3.9 millones de kg) y \$17.1 millones (NMFS, 2010a).

Estos camarones tienen todos un ciclo de vida característico y similar: los adultos viven y se reproducen mar adentro en el Golfo de México, liberan huevos en el Golfo que pasan por varias etapas del ciclo de vida conforme migran hacia las zonas protectoras para la reproducción de los estuarios y crecen como juveniles, y luego se vuelven a dirigir mar adentro en el Golfo como juveniles grandes o subadultos. Dependiendo de la especie, cada camarón puede liberar entre 250,000 y 1 millón de huevos. Los hábitos alimenticios de estos camarones varían por especie, pero a menudo son omnívoros como larvas y pueden ser carroñeros o carnívoros como adultos, y sirven como una fuente de alimento muy importante para muchos peces distintos y otros tipos de vida marina. Los adultos generalmente viven en el fondo. Cuando se liberan, los huevos primero se asientan en el fondo durante un corto periodo (menos de un día). Las larvas eclosionan y se elevan hacia la superficie, y las etapas larvales viven en la columna de agua, a menudo migrando hacia arriba y hacia abajo, dependiendo de las condiciones de luz diurna u oscuridad. Los camarones marrones y blancos son más comunes en las zonas Norte y Oeste del Golfo, y los camarones rosados son más comunes en la zona Este del Golfo. La mayor pesca es generalmente de camarón marrón, seguido por el camarón blanco y luego el rosado. Sin embargo, como el camarón marrón y el blanco son difíciles de distinguir en el campo, a menudo se agrupan en las estadísticas de pesca de las pesquerías. El camarón se considera una “cosecha anual” para efectos de la producción. El camarón marrón generalmente se mueve hacia afuera en el Golfo de febrero a abril, y el camarón blanco se mueve hacia afuera de mayo a noviembre (Palillo et al., 1997).

Desafortunadamente, hay muy pocos estudios de campo publicados sobre el impacto de los derrames de petróleo en los camarones del Golfo. Sin embargo, varios investigadores mexicanos con datos previos a los derrames fueron capaces de documentar que dos años después del derrame de petróleo de la plataforma Ixtoc, la pesca de camarones de Campeche regresó a sus niveles anteriores al derrame (Soto

et al., 1981). Además, en la plataforma continental del Sur de Texas, donde hubo una cantidad considerable de petróleo de la plataforma Ixtoc presente en la superficie, no se encontraron residuos de petróleo de la Ixtoc en sedimentos de las zonas de camarón (Lewbel, 1982), y un examen de las Estadísticas de la Pesca Comercial de Texas (Texas Commercial Harvest Statistics) no reveló ningún cambio significativo en la captura de camarón después del derrame (Hamilton, 1983).

En el caso del derrame en el Golfo Árabe que se menciona anteriormente, y en oposición a la mayoría de los hábitats intramareales que no tuvieron efectos significativos a largo plazo, las existencias de camarón se vieron gravemente afectadas, con disminuciones considerables en la reproducción y en la biomasa total (Matthews et al., 1993). Múltiples causas para este colapso se atribuyeron a factores tales como la mortalidad de los huevos, las larvas y los juveniles ocasionada por la exposición al petróleo durante toda la temporada de reproducción, la migración de los adultos fuera del área contaminada, la mortalidad de los adultos y la intensa pesca de los adultos y los juveniles. Las investigaciones posteriores, sin embargo, mostraron que la población de camarones se recuperó a niveles "mejores que los que nadie podía recordar hasta entonces" (Jernelov, 2010). Un cierre temporal de la pesca de camarón, y nuevos botes y equipo, podrían haber tenido influencia en estos números más altos.

Intuitivamente, debido a que los camarones adultos viven en el fondo y el petróleo derramado está generalmente en la superficie, es posible que los camarones no hayan sido afectados directamente. Sin embargo, durante el derrame de petróleo de la plataforma DWH, es posible que algunos huevos encontraran petróleo flotante y las etapas larvales podrían haber encontrado petróleo disperso en la columna de agua. Además, algunos hábitats de reproducción de camarón importantes (pantanos costeros) fueron afectados por el derrame de petróleo de la DWH. También existe la posibilidad de que algo del petróleo o petróleo disperso se haya unido a partículas de sedimentos cerca de las playas y se haya hundido, formando después capas de sedimento contaminado con petróleo y de sedimento limpio. La desintegración microbiana se podría haber mejorado mediante este proceso, a menos que el sedimento se haya vuelto anóxico (sin oxígeno), en cuyo caso el proceso de degradación se habría hecho más lento o se habría detenido. Además, el alimento de las larvas en la columna de agua, y el de los juveniles y adultos en el fondo, se podría haber reducido en cantidad, o se podría haber contaminado con petróleo.

Es interesante y significativo que los científicos investigadores en el Norte del Golfo de México frente a las costas de Alabama han observado aumentos tanto en la biodiversidad como en la biomasa de los organismos marinos pescados con redes de arrastre después del derrame (J. Valentine, com. pers.). Por ejemplo, se registró un aumento de cuatro veces en la abundancia para el camarón. Es probable que estos aumentos sean una función del cierre de la pesquería y la eliminación de la presión por pesca, pero también muestran que el camarón no sólo está presente sino que fue muy abundante durante el otoño de 2010.

En resumen, si los ejemplos de impacto potencial mencionados arriba no han tenido un efecto significativo sobre las poblaciones de camarón y sus ciclos de vida en 2010, se cree que las capturas de camarón para las variedades marrón, blanco y rosa en el Norte del Golfo de México probablemente continuarán teniendo las mismas

Sin embargo, los camarones tienen ciclos de vida anuales y pueden vivir hasta dos años, por lo que después de un derrame, o de cualquier otro evento que pudiera ocasionar una clase de año perdido, es razonable esperar que los camarones se recuperen después de sólo un año, o de dos años como máximo, a menos que haya una interrupción del agravante o la perturbación.

tendencias de producción que en años recientes durante el 2011, e incluso más probablemente en 2012. La pérdida del hábitat reproductivo del delta del Mississippi Delta podría ocasionar una reducción porcentual en el tamaño de la población de camarón hasta que los pantanos se recuperen.

Existe una actividad pesquera pequeña pero característica de camarón real rojo en aguas profundas mar adentro, y como lo indica el reciente cierre alrededor de la boca del pozo (NMFS, 2010c), esta pesquería se deberá analizar más detalladamente para determinar cuándo se debe volver a abrir.

Cangrejos

El cangrejo azul es la especie de cangrejo más valiosa comercialmente para la región Norte del Golfo de México, y constituye la actividad pesquera de cangrejo principal para el área. También se pescan dos especies de cangrejo moro, pero sus cantidades y valor no se acercan a los del cangrejo azul, y muchos de ellos se pescan incidentalmente durante la pesca del cangrejo azul. Louisiana produce el mayor porcentaje de la pesca con 26% del total de cangrejos azules para el país, ó 41.6 millones de libras (18.87 millones de kg) en 2008 (valor en muelle de \$32 millones). Las cantidades pescadas y el valor en muelle para otros estados del Golfo para 2008, incluyen: Florida Occidental con 2.7 millones de libras (1.22 millones de kg) y \$3.3 millones; Texas con 2.6 millones de libras (1.18 millones de kg) y \$2.3 millones; Alabama con 1.8 millones de libras (820,000 kg) y \$1.5 millones; y Mississippi con 450,000 libras (204,116.7 kg) y \$447,000.

Debido a que las poblaciones de cangrejo azul tienen esencialmente una distribución completamente costera, son gestionadas por la agencia encargada de la actividad pesquera de cada estado y por la

Comisión de Pesquerías Marinas de los Estados del Golfo (Gulf States Marine Fisheries Commission).

El cangrejo azul es un ejemplo clásico de una especie dependiente de los estuarios, y algunos la consideran una buena especie indicadora de las condiciones de los estuarios. La reproducción se puede producir durante todo el año en áreas salobres de un estuario, mientras que la eclosión de los huevos ocurre en aguas litorales de alta salinidad (Gillroy et al., 2001). Las formas larvales tempranas se encuentran generalmente en aguas litorales-mar adentro, y después las formas larvales migran hacia el estuario, donde los cangrejos juveniles se distribuyen ampliamente a lo largo del estuario. Los adultos generalmente se distribuyen diferencialmente en un estuario, prefiriendo los machos las salinidades más bajas cerca de las corrientes de entrada de ríos, y las hembras las salinidades más altas hacia el Golfo. Los hábitats de reproducción críticos incluyen los pantanos intermareales, los lechos de algas intramareales y las costas de sedimentos suaves sin vegetación (Gillroy et al., 2001).

El periodo de producción máxima para el cangrejo azul es agosto-septiembre, y los cangrejos jóvenes alcanzan el tamaño adecuado para la pesca en abril-mayo. La duración de la vida es de 3 a 4 años. Los cangrejos azules son altamente productivos, produciendo de 1.7 a 2.0 millones de huevos en cada evento de eclosión (Patillo et al., 1997), crecen rápidamente y viven relativamente poco. Estas características reproductivas indican que la especie puede soportar una alta explotación o una fuerte reducción de la población debido a un evento no natural y recuperarse bastante rápidamente (Gillroy et al., 2001), si existen condiciones medioambientales sanas y las áreas adyacentes tienen poblaciones adultas adecuadas.

Aunque aparentemente no hay estudios de campo sobre el impacto del petróleo crudo derramado sobre el cangrejo azul en el Golfo de México, hay considerable literatura sobre experimentos de laboratorio con diversos contaminantes que afectan perniciosamente las etapas del ciclo de vida del cangrejo azul en estuarios de EE. UU. (Millikin y Williams, 1984; Bookout et al., 1980; Schimmel y Wilson, 1977; Bookout y Costlow, 1975; por mencionar sólo algunos). Con respecto a las pruebas experimentales con petróleo crudo en el laboratorio, los "juveniles [de cangrejo azul] fueron extremadamente tolerantes a la exposición a largo plazo a hidrocarburos aromáticos" (Wang y Stickie, 1987).

Los científicos en la zona Norte del Golfo (H. Perry) informaron la presencia de gotas de petróleo dentro de la concha de cangrejos larvales durante el derrame de petróleo de la DWH, pero el resultado de esa investigación aún no está disponible. No hay informes publicados ni presentados de muertes de cangrejos azules durante el derrame, aunque se produjo una contaminación con petróleo de ligera a media en áreas considerables del hábitat del cangrejo azul. Algo del hábitat reproductivo del cangrejo azul (pantanos y marismas costeros) fue afectado por el derrame en el delta del Mississippi.

Es importante hacer notar que se ha producido una disminución extendida a lo largo de varias décadas en las poblaciones de cangrejos en la costa del Atlántico y en el Golfo de México. No se ha identificado una causa definitiva de esta extendida disminución a largo plazo, pero la tendencia a disminuir se debe considerar en el impacto y la recuperación del Golfo después del derrame de petróleo de la plataforma DWH.

En resumen, debido a que las poblaciones de cangrejo azul no parecen haber sido afectadas significativamente por el derrame de petróleo de la plataforma DWH, y debido a que es una

especie altamente reproductiva con una amplia distribución a lo largo de la región, se cree que sus niveles poblacionales probablemente continuarán teniendo las mismas tendencias de producción de años recientes en 2011. Como se indica arriba, algunas poblaciones locales se podrían reducir debido a los efectos del petróleo sobre las larvas (o del petróleo y los dispersantes), o debido a la reducción de las zonas de reproducción en los pantanos costeros. Como se indicó en el caso del camarón, esta pérdida de hábitat reproductivo podría ocasionar una reducción porcentual en el tamaño de la población de cangrejos hasta que los pantanos se recuperen.

Ostras

El Golfo de México está a la cabeza de la producción de ostras de EE. UU., produciendo alrededor de 67% del total nacional, incluyendo 20.6 millones de libras (9.34 millones de kg) y \$60.1 millones (in 2008). Louisiana encabeza la pesca con 12.8 millones de libras (5.81 millones de kg) y \$38.8 millones. Después de Louisiana, los lugares en la pesca son: Texas con 2.7 millones de libras (1.22 millones de kg) y \$8.83 millones; Mississippi con 2.6 millones de libras (1.18 millones de kg) y \$6.87 millones; West Florida con 2.6 millones de libras (1.18 millones de kg) y \$5.47 millones; y Alabama con 72,776 libras (33,010.6 millones de kg) y \$243,414 (NMFS, 2010a).

Un informe reciente y significativo sobre los arrecifes de ostras en todo el mundo indica una reducción de 85% o la pérdida de este hábitat en una escala global, e indicaba que las poblaciones de ostras restantes más significativas en el mundo existen en el Golfo de México (Beck et al., 2009). Este informe, producido por The Nature Conservancy inició un movimiento extendido (realizado por The Nature Conservancy y otros) para mejorar y restaurar los arrecifes de ostras del Golfo en 2009 y 2010.

Muchos proyectos de restauración nuevos se detuvieron en el Norte del Golfo al inicio del derrame de la DWH.

Los métodos de recolección de ostras incluyen la recolección manual en aguas poco profundas, la recolección con pinzas desde botes y la recolección por arrastre o excavación desde botes. La mayoría de las pescas en el Golfo son de lechos de ostras de propiedad pública, pero alrededor de 30% de la recolección se realiza desde lechos privados rentados (Mackenzie, 1989). Los reglamentos de las pesquerías comerciales para ostras varían de un estado a otro, pero todas las ostras recolectadas deben tener ser de al menos tres pulgadas (7.6 cm) de longitud conforme a la Comisión de Pesquerías Marinas de los Estados del Golfo. Dependiendo de la ubicación y la tasa de crecimiento local, las ostras se recolectan a una edad de alrededor de 1.5 a 2 años, y viven hasta aproximadamente seis años (Galtsolf, 1964).

Las ostras viven principalmente en arrecifes de ostras que se auto-perpetúan, pero pueden crecer en casi cualquier sustrato duro en estuarios o aguas litorales, y precisamente ahí es donde recae su mayor vulnerabilidad. Si entra petróleo en los espacios intersticiales de los arrecifes de ostras, es probable que el establecimiento de ostras juveniles en un sustrato contaminado con petróleo no se desarrolle bien. Además, la degradación del petróleo en un arrecife aumentará la demanda biológica de oxígeno, y el bajo oxígeno disuelto podría dañar el crecimiento de las ostras recién establecidas (P. Montagna, com. pers.).

Estos moluscos bivalvos se alimentan por filtración, y en grandes concentraciones pueden filtrar cantidades enormes de agua y aumentar la transparencia del agua. Aunque las ostras pueden tolerar un

amplio rango de salinidad, su rango óptimo es entre 12 y 15 partes por millar. Dependiendo de la cantidad del flujo de agua dulce en una bahía en particular, éste puede colocar a los arrecifes en alcances altos, medios o bajos. Demasiada agua dulce matará a las ostras, aunque pueden tolerar cierta inundación con agua dulce de vez en cuando. No se alimentan ni se reproducen cuando la salinidad es demasiado baja durante periodos de tiempo extensos. De la misma forma, pueden existir en salinidades más altas, pero en esas áreas son susceptibles a numerosos parásitos y depredadores, que afectan su supervivencia considerablemente.

Las ostras son protándricas, comenzando su vida como machos y cambiando después a hembras. Esto garantiza un gran número de hembras en la población más madura, y son altamente productivas, produciendo de 15 a 115 millones de huevos en un solo ciclo (Galtsoff, 1964). Debido a la amplia distribución de las ostras en los estuarios del Norte del Golfo y a esta alta productividad, siempre hay grandes números de huevos de ostras y de etapas larvales en el plancton de verano. El factor limitante para la mayoría de estas etapas jóvenes es un sustrato duro adecuado para establecerse, que es raro en la región dominada por sedimentos suaves del Norte del Golfo. Sin embargo, si un arrecife de ostras muere por cualquier motivo, se puede volver a colonizar rápidamente debido a esta condición natural de abundantes huevos y larvas.

Existe una literatura y un extenso estudio significativo, aunque antiguo y poco conocido, sobre el efecto del petróleo crudo sobre las ostras en la zona Sur de Louisiana. Los proyectos 9 y 23 se fundaron a partir de 1947 hasta principios de la década de 1960 para estudiar el impacto de las actividades petroleras y de gas sobre las ostras en las costas de Louisiana. Se presentaron más de 400 comunicaciones incluyendo 200 informes, como resultado de este extenso estudio multi-institucional

realizado a lo largo de varios años (Universidad A&M de Texas, Universidad de Texas, Universidad Cristiana de Texas, Universidad del Estado de Louisiana y otras). Veintiocho universidades recibieron los informes principales del estudio, y se completaron tres resúmenes independientes, siendo el principal un número completo dedicado de las *Publicaciones del Instituto de Ciencias Marinas* (volumen 7, 1961), publicado por la Universidad de Texas, Instituto de Ciencias Marinas (Institute of Marine Science, actualmente Marine Science Institute). El artículo principal en el que se resumía todo el trabajo en el número dedicado fue escrito por Mackin y Hopkins (1961).

Años de ostras muertas o agonizantes en las costas de Louisiana se habían imputado al desarrollo y la expansión de la industria del gas y el petróleo, por lo que la pregunta inicial con la que comenzaban los proyectos en 1947 era “¿Ha ocasionado la contaminación debida al petróleo o a los efluentes de pozos petroleros, o la exploración sismográfica, la mortalidad de las ostras en Louisiana?” Años de trabajo revelaron que las ostras eran muy tolerantes a la contaminación ligera a media con petróleo, y que un parásito nuevo para la ciencia (“dermo” , denominado así debido a su primer nombre científico *Dermocystidium marinum*, actualmente *Perkinsus marinus*) era el culpable de la muerte de las ostras. Otra revelación interesante de la investigación fue que la contaminación con petróleo sí mataba a los percebes, que son un depredador importante de las ostras larvales en el plancton, y las cantidades de ostras aumentaban en ciertas áreas en las que los percebes morían (S. Ray, com. pers. Mackin y Hopkins, 1961).

Se sabe que la contaminación intensa con petróleo mata a la mayoría de los organismos intermareales e intramareales de aguas poco profundas, incluyendo a las ostras, debido a la sofocación, si no es que por inmersión en componentes tóxicos del petróleo derramado. Aunque no hay estudios ni informes

científicos, los pescadores a lo largo de la extensa costa de manglares al Norte de Campeche, en la Península de Yucatán, informaron que todas las ostras de los manglares (que no es la misma especie que la ostra americana tratada en este documento para el Norte del Golfo) morían debido a la contaminación intensa con petróleo debida al derrame de la plataforma Ixtoc, y nunca se recuperaron.

Durante el derrame de petróleo de la DWH, cantidades variables de petróleo llegaron a las áreas de pesca de ostras en Louisiana, pero sin una revisión detallada (día a día) de los mapas de distribución de la mancha de petróleo colocados en GeoPlatform por los equipos costeros de la NOAA (SCAT), sería imposible saber las dosis exactas de contaminación por petróleo en muchas áreas locales específicas. Es muy probable que una revisión de estos mapas sea útil, pero podría no ser lo suficientemente definitiva para tomar decisiones concluyentes.

Una complicación para la supervivencia de las ostras y el esquema de recolección futuro es que en muchos casos las ostras murieron total o parcialmente debido a la desviación del agua dulce en el sistema de la Bahía de Barataria para empujar el petróleo y alejarlo de los lechos de ostras (E. Melancon, com. pers.). Otras ostras murieron probablemente por la inundación sobre los bancos del bajo Río Mississippi.

En resumen, se cree que las ostras en la mayoría de las áreas del Norte del Golfo probablemente continuarán con las mismas tendencias de producción de años recientes en 2011. En las áreas en que las ostras murieron como resultado del desvío y la inundación con agua dulce, los arrecifes de ostras deberían volver a ser colonizados por las ostras jóvenes en 2011 (suponiendo que no haya eventos de inundación a gran escala en 2011), pero es poco probable que alcancen el tamaño adecuado para su recolección hasta finales de 2012 o 2013. En las áreas en que los arrecifes de ostras se contaminaron intensamente con petróleo, los arrecifes podrían no recuperarse durante 6 a 8, o incluso 10 años.

Peces con aletas

Existen más de 1,500 especies de peces conocidas del Golfo de México (McEachran, 2009). Sin embargo, sólo un pequeño porcentaje se utiliza para propósitos comerciales. En las aguas costeras, la mayoría de las especies de peces se utilizan para la pesca recreativa y son gestionadas por las agencias de pesca y vida silvestre de cada estado, junto con la gestión global de la Comisión de Pesquerías Marinas de los Estados del Golfo. Sin embargo, muchas especies de mar adentro utilizan las zonas reproductivas costeras como parte de su ciclo de vida, por lo que hay un importante vínculo entre las especies de mar adentro y los hábitats. La actividad pesquera comercial y recreativa mar adentro (fuera de las aguas estatales) es supervisada y gestionada por el Servicio de Pesquerías de la NOAA y el Consejo de Administración de Pesquerías del Golfo de México. La mayoría de las especies de peces demersales (que viven en el fondo) mencionadas a continuación viven en la plataforma continental, no en las zonas profundas del Golfo.

Los peces con aletas comerciales en el Norte del Golfo de México generalmente se pescan y se supervisan/gestionan en grupos de especies. Los peces de arrecifes del Golfo de México son un ejemplo, y los pelágicos migratorios costeros son otro. Hay 42 especies de peces dentro de la primera categoría, incluyendo al mero rojo, el abadejo, el blanquillo camello, el serviola y el pez tigre gris, así como algunos grupos que tienen múltiples especies, como los meros de aguas poco profundas y los meros de aguas profundas. Las especies migratorias costeras incluyen las dos especies relacionadas carite de anzuelo y pez caballa. El grupo de peces de arrecife, por supuesto, incluye a las especies que están asociadas con los arrecifes o con los fondos duros similares a los arrecifes, o a las alturas topográficas en la plataforma continental. Las caballas son especies pelágicas, o de aguas abiertas.

El huachinango es uno de los peces de arrecife más valioso en el Golfo de México, y se pesca tanto en aguas litorales como en mar abierto. El huachinango se pesca tanto comercial como recreativamente. En 2008, la pesca comercial para el Golfo fue de un total de 2.37 millones de libras (1.08 millones de kg), con un valor en muelle de \$7.95 millones. Texas encabezó las capturas en peso, con 869,966 libras (394,610 kg) valoradas en \$2.74 millones, seguido por Florida Occidental con 847,884 (384,594 kg) libras y \$2.94 millones, Louisiana con 589,379 libras (267,338 kg) y \$2.03 millones y Alabama con 60,391 libras (27,393 kg) y \$237,141 (no hay datos para Mississippi) (NMFS, 2010a).

Las especies de tiburones son otro grupo importante y están distribuidas ampliamente a lo largo del Golfo, siendo muy abundantes en la zona central norte del Golfo de México, desde Louisiana hasta Alabama. Los tiburones manchados son particularmente abundantes en esta región, y son una de las especies comerciales de tiburones más importantes del Golfo (NMFS, 2010a). Los tiburones manchados,

así como los tiburones aleta negra, el cazón de ley y los tiburones toro son ejemplos de especies que se encuentran tanto en aguas costeras como en mar abierto.

Durante un derrame de petróleo, la mayoría de las especies de peces más grandes o adultos podrían simplemente dejar el área donde el agua está contaminada, si es posible, y moverse a otra parte con agua limpia. Ésta es una de las razones por las que no se observa la muerte de peces grandes asociada con los derrames de petróleo crudo.

Las dos preocupaciones principales concernientes al derrame de petróleo de la DWH y estas especies de peces han sido: 1) el petróleo disperso en la profundidad y las plumas de petróleo en aguas profundas; y, 2) la exposición al petróleo de los huevos flotantes de peces (característicos de las especies mencionadas arriba) durante el derrame.

Debido a que nunca se han utilizado dispersantes a una gran profundidad, la comunidad científica estaba deseosa de estudiar y dar seguimiento a las plumas debajo de la superficie. Un grupo de investigación observó que la pluma de hidrocarburos dispersos había estimulado a las bacterias degradantes de petróleo y que la pluma se estaba degradando más rápidamente que lo esperado en las temperaturas frías de las aguas profundas (Hazen et al., 2010a). Otro grupo de investigación observó concentraciones de PAH consideradas tóxicas para la vida marina en capas profundas discretas entre 3,281 y 4,593 (1,000 y 1,340 m) pies en la región al suroeste de la boca del pozo a una distancia de alrededor de 8 millas (12.9 km) (Diercks et al., 2010). Un tercer grupo dio seguimiento a una pluma continua de hidrocarburos de más de 22 millas (35.4 km) de longitud a aproximadamente 3,609 pies (1,100 m) de profundidad, y concluyó que había persistido durante meses sin una degradación sustancial (Camilli et al., 2010).

La segunda preocupación con respecto al efecto del petróleo sobre los huevos flotantes de peces, o de una mezcla de petróleo y dispersante, no se puede responder en este momento, en que no hay datos disponibles. Sin embargo, algunas de las especies de interés están ampliamente distribuidas en el Norte del Golfo, y en algunos casos, en todo el Golfo, y como el petróleo sólo afectó menos del 5% del Golfo, las especies no deberían sufrir reducciones generales significativas en la clase del año 2010.

Otro hábitat reproductivo importante en mar abierto que fue afectado por el derrame es la comunidad de sargazos. Se sabe que existen más de 100 especies de biota dentro de estas masas flotantes de algas marrones, y la comunidad flotante proporciona sombra y protege a muchas especies juveniles y adultas. El impacto general por la muerte de la comunidad de sargazos en el área del pozo y la biota asociada no se conoce en este momento.

Finalmente, es probable que el cierre de la actividad pesquera que cubría un área mucho mayor que la afectada por el derrame de petróleo de la plataforma DWH conduzca a una mejoría en la recuperación, al disminuir la presión por pesca durante el verano de 2010.

En resumen, no se cree que los peces de aleta comerciales hayan sido afectados significativamente por el derrame de petróleo de la DWH , excepto por la posibilidad de aquéllos en la etapa de huevos flotantes de peces. Si los huevos de peces fueron afectados negativamente para ciertas especies, es probable que para esas especies haya consecuencias a corto y a largo plazo. Si las clases de reclutamiento fueron normales en 2010, la actividad pesquera probablemente continuará con las mismas tendencias de producción de los años recientes en 2011.

Conclusiones

El derrame de la plataforma Deepwater Horizon MC 252 de BP de importancia nacional (derrame de petróleo de DWH) se convirtió en el mayor derrame de petróleo en el mar en la historia, después de liberar más de 200 millones de galones (757 millones de litros) de petróleo en el Golfo de México desde el 20 de abril hasta el 15 de julio de 2010, un periodo de 87 días.

El Golfo de México es la novena masa de agua más grande en el mundo, y es económica y ecológicamente una de las más productivas e importantes (Tunnell, 2009). Las pesquerías comerciales del Golfo de México en 2008 representaron 1.27 miles de millones de libras (576.6 millones de kilos) de peces y mariscos, que significaron ganancias de \$659 millones en ingresos totales por pesca (NMFS, 2010a).

El derrame de petróleo de la plataforma DWH podría tener efectos medioambientales a corto o a largo plazo sobre el ecosistema del Golfo de México, y podría tener un impacto en las pesquerías comerciales del Golfo en el corto o en el largo plazo. La evaluación de la recuperación después de un evento contaminante importante es quizás aún más desafiante y difícil que la evaluación del daño inicial (NRC, 2003), como se ha indicado en el presente documento. Sin embargo, la Oficina de Reclamaciones de la Costa del Golfo se estableció para resolver reclamaciones para individuos y empresas que perdieron ingresos debido al derrame, y la Oficina necesita actuar lo más rápida y eficazmente posible en la resolución de estas reclamaciones.

El propósito de este informe es proporcionar a la Oficina de Reclamaciones una estimación lo mejor informada posible que les permita proceder con el proceso de reclamaciones lo antes posible. Realísticamente, es posible que la verdadera pérdida para el ecosistema y las pesquerías no se conozca con precisión durante años, pero las cuatro conclusiones para los cuatro grupos

solicitados (camarón, cangrejo, ostras y peces con aleta) es la estimación mejor informada que se puede proporcionar en este momento.

Camarón:

En resumen, si los ejemplos de impacto potencial mencionados arriba no han tenido un efecto significativo sobre las poblaciones de camarón y sus ciclos de vida en 2010, se cree que las capturas de camarón para las variedades marrón, blanco y rosa de camarón en el Norte del Golfo de México probablemente continuarán teniendo las mismas tendencias de producción que en los años recientes en 2011, e incluso más probablemente en 2010. La pérdida del hábitat reproductivo del delta del Mississippi Delta podría ocasionar una reducción porcentual en el tamaño de la población de camarón hasta que los pantanos se recuperen.

Cangrejos:

En resumen, debido a que las poblaciones de cangrejo azul no parecen haber sido afectadas significativamente por el derrame de petróleo de la plataforma DWH, y debido a que es una especie altamente reproductiva con una amplia distribución a lo largo de la región, se cree que sus niveles poblacionales probablemente continuarán teniendo las mismas tendencias de producción de años recientes en 2011. Como se indica arriba, algunas poblaciones locales se podrían reducir debido a los efectos del petróleo sobre las larvas (o del petróleo y los dispersantes), o debido a la reducción de las zonas de reproducción en los pantanos costeros. Como se indicó en el caso del camarón, esta pérdida de hábitat reproductivo podría ocasionar una reducción porcentual en el tamaño de la población de cangrejos hasta que los pantanos se recuperen.

Ostras:

En resumen, se cree que las ostras en la mayoría de las áreas del Norte del Golfo probablemente continuarán con las mismas tendencias de producción de años recientes en 2011. En las áreas en que las ostras murieron como resultado del desvío y la inundación con agua dulce, los arrecifes de ostras deberían volver a ser colonizados por las ostras jóvenes en 2011 (suponiendo que no haya eventos de inundación a gran escala en 2011), pero es poco probable que alcancen el tamaño adecuado para su recolección hasta finales de 2012 o 2013. En las áreas en que los arrecifes de ostras se contaminaron intensamente con petróleo, los arrecifes podrían no recuperarse durante 6 a 8, o incluso 10 años.

Peces con aletas:

En resumen, no se cree que los peces de aleta comerciales hayan sido afectados significativamente por el derrame de petróleo de la DWH , excepto por la posibilidad de aquéllos en la etapa de huevos flotantes de peces. Si los huevos de peces fueron afectados negativamente para ciertas especies, es probable que para esas especies haya consecuencias a corto y a largo plazo. Si las clases de reclutamiento fueron normales en 2010, la actividad pesquera probablemente continuará con las mismas tendencias de producción de los años recientes en 2011.

En conclusión, es imposible determinar exactamente el tiempo de recuperación para ningún grupo de pesca después de un derrame de petróleo importante. Sin embargo, sin duda es muy importante resolver las reclamaciones con los individuos y las empresas oportunamente, por lo que las opiniones expertas para los cuatro grupos de pesquerías proporcionadas en este informe son tan razonables como es posible en este momento.

Bibliografía citada

- Beck, M.W., R.D. Brumbaugh, L. Airoidi (3 de 14 autores). 2009. Shellfish reefs at risk: a global analysis of problems and solutions. Arlington, Virginia: The Nature Conservancy.
- Bookout, C.G. y J.D. Costlow. 1975. Effects of mirex on the larval developments of blue crab. *Water, Air, Soil Pollution* 4:113-126.
- Bookout, C.G., J.D. Costlow y R. Monroe. 1980. Kepone effects on larval developments of mud-crab and blue-crab. *Water, Air, Soil Pollution* 13: 57-77.
- Briggs, J.C. 1974. *Marine zoogeography*. Nueva York: McGraw-Hill Book Company.
- Brooks, J.M., M.C. Kennicutt, C.R. Fisher, S.A. Macko, K. Cole, J.J. Childress, R.R. Bidigare y R.D. Vetter. 1987. Deep-sea hydrocarbon seep communities: evidence for energy and nutritional carbon sources. *Science* 238: 1138-1142.
- Campbell, T.N. 1952. The Kent-Crane site: a shell midden on the Texas Coast. *Texas Archeological and Paleontology Society* 23: 39-77.
- Camilli, R., C.M. Reddy, D.R. Yoerger, B.A.S. Van Mooy, M.V. Jakuba, J.C. Kinsey, C.P. McIntyre, S.P. Sylva, J.V. Maloney. 2010. Tracking hydrocarbon plume transport and biodegradation at Deepwater Horizon. *Science* 330: 201-204.
- CCSU (Corpus Christi State University). 1977. Spill training and educational program. Corpus Christi:
- CCSU (Corpus Christi State University). 1978. Spill training and educational program. Corpus Christi, Texas: National Spill Control School.
- Chapman, B.R. 1979. Effects of Ixtoc I oil spill on marine bird populations along the Texas coast. Final report to NOAA and Padre Island National Seashore. Corpus Christi, TX.
- Chapman, B.R. 1981. Effects of the Ixtoc I oil spill on Texas shorebird populations. Proceedings of the 1981 Oil Spill Conference, 461-465. Washington, D.C.: American Petroleum Institute.
- Cordes, E.E., S. Hourdez y H.H. Roberts. 2010. Unusual habitats and organisms associated with the cold seeps of the Gulf of Mexico. En *The Vent and Seep Biota*, ed. S. Kiel, 315- 332. *Topics in Geobiology*.
- Cordes, E.E., S.L. Carney, S. Hourdez, R.S. Carney, J.M. Brooks y C.R. Fisher. 2007. Cold seeps of the deep Gulf of Mexico: community structure and biogeographic comparisons to Atlantic equatorial belt seep communities. *Deep Sea Research Part I* 54: 637-653. Corpus Christi State University.
- Darnell, R.M., J.A. Kleypas y R.E. Defenbaugh. 1983. Northwestern Gulf shelf bio-atlas. Minerals Management Service Report 82-04.
- Darnell, R.M. y R.E. Defenbaugh. 1990. Gulf of Mexico: Environmental overview and history of environmental research. *American Zoologist* 30: 3-6.
- DeGolyer, E. 1918. The geology of Cuban petroleum deposits. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 2: 133-167.
- Diercks, A.R., R.C. Highsmith, V.L. Asper (3 de 12 autores). 2010. Characterization of subsurface polycyclic aromatic hydrocarbons at the Deepwater Horizon site. *Geophysical Research Letters* 37: 1-6.
- ERCO (Energy Resources Co., Inc.). 1982. Ixtoc oil spill assessment. Final report-Executive summary. Informe preparado por Bureau of Land Management, AA851-CTO-71. Cambridge, MA.

- Felder, D.L. y D.K. Camp. 2009. *Gulf of Mexico: origin, waters, and biota-Volume I, Biota*. College Station, Texas: Texas A&M University Press.
- Fisher, C.R., H.H. Roberts, E.E. Cordes y B. Bernard. 2007. Cold seeps and associated communities of the Gulf of Mexico. *Oceanography* 20: 118-129.
- Galtsoff, P.S. 1964. The American oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Fisheries Bulletin*, U.S. 64: 1-480.
- Garcia. O.G. 2009. Spatial and temporal analysis of oil slicks in the Gulf of Mexico based on remote sensing. PhD Dissertation, Texas A&M University-Corpus Christi.
- GOMA (Gulf of Mexico Alliance). 2006. *Governors' action plan*.
- GOMA (Gulf of Mexico Alliance). 2009. *Governors' action plan II*.
- Guillory, V., H. Perry, P. Steele, T. Wagner (3 de 12 autores). 2001. The blue crab fishery of the Gulf of Mexico, United States: A regional management plan. Ocean Springs: Gulf States Marine Fisheries Commission.
- Gundlach, E.R. y M.O. Hayes. 1978. Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts. *Marine Technology Society Journal* 12(4): 18-27.
- Gundlach, E.R., J.C. McCain y Y. Fadlallah. 1993. Distribution of oil along the Saudi Arabian coastline (May/June 1991) as a result of the Gulf War oil spills. *Marine Pollution Bulletin* 27: 93-96.
- Hamilton, C.L. 1983. Texas commercial harvest statistics 1977-1982. Austin: Texas Parks & Wildlife Department, Coastal Fisheries Branch.
- Hayes, M.O., D.D. Domeracki, C.D. Getter, T.W. Kana y G. I. Scott. 1980. Sensitivity of coastal environments to spilled oil, South Texas coast (Rio Grande to Aransas Pass). Preparado por Research Planning Institute, Inc. para la NOAA's Office of Marine Pollution Assessment, RPI/R/80/4/11-12, Boulder, CO.
- Hazen, T.C., E.A. Dubinsky, T.Z. DeSantis (3 de 32 autores). 2010. Deep-sea oil plume enriches indigenous oil degrading bacteria. *Science* 330: 204-208.
- Hooper, C.H. (ed.). 1981. The Ixtoc I oil spill: The federal scientific response. NOAA Hazardous Material Response Project. Boulder, CO.
- Jernelöv, A. y O. Lindén. 1981. Ixtoc I: a case study of the world's largest oil spill. *Ambio* 10(6): 299-306.
- Jernelöv, A. 2010. The threats from oil spills: Now, then, and in the future. *Ambio* 39:353-366.
- Jones, D.A., I. Watt, J. Plaza, T.D. Woodhouse y M. Al-Sanei. 1996. Natural recovery of the intertidal biota within the Jubail Marine Wildlife Sanctuary after the 1991 Gulf War oil spill. En *A marine wildlife sanctuary for the Arabian Gulf: Environmental research and conservation following the 1991 Gulf War oil spill*. National Commission for Wildlife Conservation and Development, eds F. Krupp, A.H. Abuzinada e I.A. Nader, 138-158. Riyadh, Arabia Saudita: Reino de Arabia Saudita y Fráncfort, Alemania: Senchenberg Research Institute.
- Kennicutt, M.C., J.M. Brooks, R.R. Bidigare y G.J. Denoux. 1988. Gulf of Mexico hydrocarbon seep communities I. Regional distribution of hydrocarbon seepage and associated fauna. *Deep Sea Research A* 35: 1639-1651.
- Kenworthy, W.J., M.J. Durako, S.M.R. Fatemy, H. Valavi y G.W. Thayer. 1993. Ecology of seagrasses in northeastern Saudi Arabia one year after the Gulf War oil spill. *Marine Pollution Bulletin* 27:213-222.

- Kindinger, M.E. 1981. Impacts of the Ixtoc I oil spill on the community structure of the intertidal and subtidal infauna along South Texas beaches. M.S. Thesis, División de Biología, Corpus Christi State University. Corpus Christi, TX.
- Kumpf, H., K. Steidinger y K. Sherman. 1999. *The Gulf of Mexico Large Marine Ecosystem: assessment, sustainability, and management*. Malden, Massachusetts: Blackwell Science, Inc.
- Lewbel, G.S. 1985. Strengths and weaknesses of damage assessment programs: the Ixtoc-I and *Burmah Agate* oil spills, and the benthic macroinfauna of the Texas continental shelf. *The Texas Journal of Science* 37(4): 269-310.
- MacDonald, I.R., G. Bohrmann, E. Escobar (3 de 18 autores). 2004. Asphalt volcanism and chemosynthetic life in the Campeche Knolls, Gulf of Mexico. *Science* 304: 999-1002.
- MacDonald, I.R. 1998. Natural oil spills. *Scientific American* Edición de noviembre 30-35.
- MacKenzie, C.L., Jr. 1989. A guide for enhancing estuarine molluscan shellfisheries. *Marine Fisheries Review* 51(3): 1-47.
- Mackin, J.G. y S.H. Hopkins. 1961. Studies on oyster mortality in relation to natural environments and to oil fields in Louisiana. *Publications of the Institute of Marine Science* 7: 1-131.
- Matthews, C.P., S. Kedidi, N.I. Fita, A. Al-Yahya y K. Al-Rasheed. 1993. Preliminary assessment of the effects of the 1991 Gulf War on Saudi Arabian prawn stocks. *Marine Pollution Bulletin* 27: 251-271.
- McEachran, J.D. 2009. Capítulo 75 – Fishes (Vertebrata: Pisces) of the Gulf of Mexico. En *Gulf of Mexico – origin, waters, and biota: Volume 1, Biota* eds. Felder, D.L. y D.A. Camp, 1223-1316, College Station: Texas A&M University Press.
- McKinney, L. 2009. HRI News - Director's corner: Why the Gulf of Mexico? Boletín informativo del verano de 2009. Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies.
- Michel, J. M.O. Hayes y P.J. Brown. 1978. Application of an oil spill vulnerability index to the shoreline of lower Cook Inlet, Alaska. *Environmental Geology* 2(2): 107-117.
- Millikin, M.R. y A.B. Williams. 1984. Synopsis of biological data on the blue crab, *Callinectes sapidus*. FAO Fish. Synop. N.º 138, NOAA Tech. Rep. NMFS 1.
- Moore, D., H.A. Brusher y L. Trent. 1970. Relative abundance, seasonal distribution, and species composition of demersal fishes off Louisiana and Texas, 1962-1964. *Contributions to Marine Science* 15: 45-70.
- NMFS (National Marine Fisheries Service). 2010a. Fish stocks in the Gulf of Mexico. Fact Sheet (Abril 2010, Southeast Regional Office).
- NMFS (National Marine Fisheries Service). 2010b. Information about the federal fishing closure in oil-affected portions of the Gulf of Mexico. *Southeast Fishery Bulletin* FB10-063 (12 de julio de 2010).
- NMFS (National Marine Fisheries Service). 2010c. BP oil spill: NOAA closes federal water to royal red shrimp fishing. *Southeast Fishery Bulletin* FB10-102 (24 de noviembre de 2010).
- NOS (National Ocean Service), NOAA. 2008. Gulf of Mexico at a glance. Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration.
- NRC (National Research Council). 1975. Petroleum in the marine environment. Washington, D.C.: National Academy Press.
- NRC (National Research Council). 1985. Oil in the sea: inputs, fates, and effects. Washington, D.C.: National Academy Press.

- NRC (National Research Council). 2003. Oil in the sea III: inputs, fates, and effects. Washington, D.C.: National Academy Press.
- OSAT (Operational Science Advisory Team). 2010. Summary report for sub-sea and subsurface oil and dispersant detection: sampling and monitoring. Nueva Orleans, LA.
- Pattillo, M.E., T.E. Czapla, D.M. Nelson y M.E. Monaco. 1997. Distribution and abundance of fishes and invertebrates in Gulf of Mexico estuaries, Volume II: Species life history summaries. ELMR Rep. N.º 11. NOAA/NOS Strategic Environmental Assessments Division. Silver Spring, MD.
- PCEESC (Programa Coordinado de Estudios Ecologicos en la Sonda de Campeche). 1980. Informe de los trabajos realizados para el control del pozo Ixtoc I, el combate del derrame de petróleo y determinación de sus efectos sobre el ambiente marino. México: Instituto Mexicano del Petróleo.
- Peterson, C.H., S.D. Rice, J.W. Short, D. Esler, J.L. Bodkin, B.E. Ballachey y D.B. Irons. 2003. Long-term ecosystem response to the Exxon Valdez Oil Spill. *Science* 302:2082-2086.
- Richmond, M.D. 1996. Status of subtidal biotopes of the Jubail Mainre Wildlife Sanctuary with special reference to soft-substrata communities. En *A marine wildlife sanctuary for the Arabian Gulf: Environmental research and conservation following the 1991 Gulf War oil spill*. National Commission for Wildlife Conservation and Development, eds. F. Krupp, A.H. Abuzinada e I.A. Nader, 159-176. Riyadh, Arabia Saudita: Reino de Arabia Saudita y Fráncfort, Alemania: Senchenberg Research Institute.
- Schimmel, S.C. y A.J. Wilson. 1977. Acute toxicity of Kepone to four estuarine animals. *Chesapeake Science* 18: 224-227.
- Soley, J.C. 1910. The oil fields of the Gulf of Mexico, their geological place. *Scientific American Supplements*.
- Soto, L.A., A. Gracia y A. V. Botello. 1981. Study of the penaeid shrimp population in relation to petroleum hydrocarbons in Campeche Bank. Proceedings of the 33th Annual Session, 81-100. University of Miami: Gulf and Caribbean Fisheries Institute.
- Tawfig, N.I. y D.A. Olsen. 1993. Saudi Arabia's response to the 1991 Gulf oil spill. *Marine Pollution Bulletin* 27: 333-345.
- Tunnell, J.W., Jr. 1978. Oil spills in the environment. En *Spill training and educational program*, CCSU, H 1-8. Corpus Christi, Texas: National Spill Control School.
- Tunnell, J.W., Jr. 2009. Gulf of Mexico. En *Ocean: An illustrated atlas*, ed. S.A. Earle y L.K. Glover, 136-137. Washington, D.C.: National Geographic Society.
- Tunnell, J.W., Jr., Q.R. Dokken, M.E. Kindinger y L.C. Thebeau. 1981. Effects of the Ixtoc I oil spill on the intertidal and subtidal infaunal populations along lower Texas coast barrier island beaches. Proceedings of the 1981 Oil Spill Conference, 467-475. Washington, D.C.: American Petroleum Institute.
- U.S. Commission on Ocean Policy. 2004. An ocean blueprint for the 21st century. Washington, D.C.: U.S. Commission on Ocean Policy.
- Wang, S.Y. y W.B. Stickle. 1987. Bioenergetics, growth and molting of the blue crab, *Callinectes sapidus*, exposed to the water-soluble fraction of south Louisiana Crude Oil. En *Pollution physiology of estuarine organisms*, ed. W.B. Vernberg, A. Calabrese, F.P. Thurberg y F.J. Vernberg. Carolina del Sur: University of South Carolina Press.
- Wursig, B., T.A. Jefferson y D.J. Schmidly. 2000. *The marine mammals of the Gulf of Mexico*. College Station, Texas: Texas A&M University Press.

Apéndice I

Sobre el autor

El **Dr. John W. (Wes) Tunnell, Jr.** es Director Asociado del *Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies* (Instituto de investigaciones Harte para estudios en el Golfo de México), Profesor de Biología, Becado Fulbright y Profesor Regente en la Universidad Texas A&M-Corpus Christi (TAMU-CC). Luego de estudiar en Colorado, recibió su licenciatura (1967) y máster (1969) en Biología en la Universidad de Texas A&I (ahora conocida como Universidad de Texas A&M-Kingsville), y luego de haber estudiado en California y Florida, recibió su doctorado en Biología (1974) en la Universidad de Texas A&M. Comenzó su carrera en la Universidad de Texas A&I en Corpus Christi (ahora TAMU-CC) en 1974. En TAMU-CC, el Dr. Tunnell fue el fundador y Director del Centro de Estudios Costeros (1984-2009), fue el creador del concepto de coubicación de las agencias estatales y federales de recursos naturales en el campus (décadas del 1980 y del 1990), fue desarrollador del Centro de Estudios Naturales (1996) y asistió en el desarrollo del *Harte Research Institute* (2001) y en su construcción (2005).

El Dr. Tunnell es biólogo marino y ecologista cuyo principal enfoque son los ecosistemas de arrecifes costeros y corales. Cuenta con una vasta experiencia en el trabajo sobre la ecología costera de Texas y la ecología de arrecifes corales en México, pero también estudió los arrecifes de las Bahamas, del Golfo Pérsico, la Gran Barrera de coral, de Panamá, de Honduras, de las Antillas Neerlandesas, de Palaos, de la Polinesia Francesa, de Indonesia y de Okinawa. Además, el Dr. Tunnell ha realizado estudios y publicaciones sobre los fósiles vertebrados del lecho marino, esponjas, brachiopodas, moluscos (en particular), aves marinas coloniales, impactos de derrames de petróleo y la biodiversidad del Golfo de México.

En relación con su trabajo sobre derrames de petróleo, el Dr. Tunnell:

- 1) ayudó a desarrollar la *National Spill Control School*—Escuela Nacional de Control de Derrames— (NSCS) en TAMU-CC durante mediados de la década del 1970, particularmente en las áreas de impacto biológico y ambiental;
- 2) escribió el capítulo *Oil Spills in the Environment* (Derrames de petróleo en el medioambiente) para el libro/manual de entrenamiento de la NSCS, y enseñó el tema en clases de entrenamiento en TAMU-CC durante casi 20 años;
- 3) se convirtió en el consultor científico local para la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés) en Corpus Christi, Texas, durante el derrame de petróleo de Ixtoc I;
- 4) asistió al Dr. Miles Hayes y al Research Planning Institute (ahora Research Planning, Inc.) a obtener muestras en el sur de Texas durante el derrame de petróleo de Ixtoc y a aplicar el mapeo del Índice de Sensibilidad Ecológica (ESI, por sus siglas en inglés);
- 5) estudió el impacto del derrame de petróleo de Ixtoc en las playas del sur de Texas con el financiamiento de la NOAA; publicó un estudio sobre su trabajo y dirigió una tesis de máster de un estudiante sobre ese trabajo;
- 6) presentó cuatro trabajos sobre los impactos en Texas y México de los derrames de petróleo de Ixtoc en dos conferencias en México, pero los procedimientos nunca fueron publicados;
- 7) rastreó el derrame de petróleo de Ixtoc en los arrecifes corales, en las playas arenosas y en las costas rocosas del sur del Golfo de México durante julio y agosto de 1980; continuó con el rastreo durante los siguientes 30 años;

- 8) estudió el impacto de los derrames de petróleo y desastres en los arrecifes corales, las playas arenosas y los bentos del Golfo de Arabia en Abu Dabi, Emiratos Árabes Unidos, con Hazelton Environmental Sciences en 1979;
- 9) preparó un informe para el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, Distrito de Mobile, sobre la evaluación del impacto del destino y efectos de las descargas de salmuera de los pozos de petróleo en Tallahala Creek Lake, Mississippi, en 1981;
- 10) trabajó con gran cantidad de empresas de petróleo en la década del 1980 para desarrollar planes operativos en la Costa nacional de la Isla del Padre para evitar que provoquen daños ambientales en los hábitats sensibles;
- 11) capacitó a los empleados del gobierno de Kuwait sobre planes de contingencia, limpieza y respuesta ante derrames de petróleo junto con la NSCS, en 1984;
- 12) estudió el impacto medioambiental y la recuperación del derrame de petróleo de la tubería Exxon en las Copano Bay marismas desde 1992 hasta 1995; publicó diversos informes y documentos relacionados con este trabajo;
- 13) trabajó con O'Brien Oil Pollution Services como consultor para agencias de recursos en los efectos del derrame de petróleo del *Berge Banker* en el sur de la Isla de Matagorda en 1995;
- 14) trabajó con O'Brien Oil Pollution Services en dos ejercicios de entrenamiento de derrames de petróleo;
- 15) estudió el impacto del derrame de petróleo del *Berge Banker* en las playas de la Costa Nacional de la Isla del Padre;
- 16) dio su opinión experta en gran cantidad de medios sobre el derrame de petróleo del *BP Deepwater Horizon* y su comparación con el derrame de petróleo del Ixtoc I 30 años atrás, lo que incluyó algunos viajes a México para ver los restos de los sitios de derrame de Ixtoc (*New York Times*, *Washington Post*, *Time Magazine*, *National Geographic*, *Nature*, *ABC World News*, *CNN International* y muchos otros);
- 17) lideró un panel de revisión (evaluación independiente) de propuestas de investigación sobre el derrame de petróleo del *BP Deepwater Horizon* en el *Alabama Marine Environmental Science Consortium* (Consortio de Ciencia Medioambiental Marina de Alabama) y en el *Dauphin Island Sea Lab* (Laboratorio Marino de la Isla Dauphin) por 5 millones de dólares financiado por BP Gulf Research Initiative durante octubre de 2010;
- 18) fue orador destacado en dos simposios en Finlandia sobre el tema *Gulf of Mexico Oil Spills: Historically and Spatially* (Derrames de petróleo en el Golfo de México: historia y espacio), en noviembre del 2010;
- 19) fue orador destacado en el simposio *Alabama-Mississippi Bays and Bayous* (Bahías y Pantanos de Alabama-Mississippi), sobre el tema *Gulf of Mexico Oil Spills: Historical and Spatial Perspectives* (Derrames de petróleo en el Golfo de México: perspectivas históricas y espaciales), en diciembre de 2010;

20) lideró un panel de revisión (evaluación independiente) de propuestas de investigación sobre el derrame de petróleo del *BP Deepwater Horizon* para el *Northern Gulf Institute* (Instituto del Golfo del Norte) en Mississippi por 4 millones de dólares financiado por la *BP Gulf Research Initiative* durante enero de 2011; y

21) fue panelista del “Día del Petróleo” para el *National Council for Science* (Consejo Nacional de Ciencias) y en la *Environment Annual Conference* (Conferencia Anual sobre el Medioambiente) sobre el tema *Our Changing Oceans* (Nuestros océanos cambiantes) en el Reagan Center de Washington, D.C. el 19 de enero de 2011.

El Dr. Tunnell recibió gran cantidad de premios. Los más notables fueron el Premio Fulbright a Yucatán, México (1985-86), el Premio de Profesor Regente (1998), el Premio a Profesor de Exalumnos de TAMU-CC (2003), el Premio al Guardián del Golfo, Categoría Binacional (2006, 2008) y el premio TAMU-CC a la Excelencia en su actividad (2006-07). Publicó más de 75 escritos de revisiones y capítulos de libros, más de 60 informes técnicos y 5 libros. Recibió 150 adjudicaciones y contratos. Fue director y codirector de 55 tesis de máster de estudiantes, de 4 tesis de doctorado y de 4 estudios posdoctorales.

El Dr. Tunnell también se ha involucrado con la comunidad y en el servicio profesional. Trabajó como asesor en consejos y directorios, y pertenece a gran cantidad de sociedades. Actualmente, pertenece a 10 organizaciones profesionales/sociedades, participa en 13 consejos de asesoramiento regionales, nacionales e internacionales, y es expresidente de la *Southern Association of Marine Labs* (Asociación Sureña de Laboratorios Marinos). El Dr. Tunnell también es editor de dos series de libros, un boletín informativo y está a cargo de la base de datos del sitio web del Golfo de México (www.gulfbase.org). Para más información sobre el Dr. Wes Tunnell, visitar <http://www.hartheresearchinstitute.org/dr-wes-tunnell>.

Apéndice II

Bibliografía revisada

- AIBS (The American Institute of Biological Sciences). 1976. Sources, effects & sinks of hydrocarbons in the aquatic environment. Proceedings of the Symposium. Washington, D.C.: American University.
- Alexander, S.K. y J.W. Webb, Jr. 1987. Relationship of *Spartina alterniflora* growth to sediment oil content following an oil spill. En *Proceedings: 1987 Oil Spill Conference*, 445-449. American Petroleum Institute.
- Amos, A.F., S.C. Rabalais y R.S. Scalan. 1983. Oil-filled *Callianassa* burrows on a Texas barrier island beach. *Journal of Sedimentary Petrology* 53(2): 412-416.
- Amos, A.F. 1984. Persistence of Ixtoc-I oil along the South Texas coast. Proceedings, 4th Ann. Gulf of Mexico Inform. Trans. Mtg., USDI/MMS, OCS Rep. MMS-0026:206-210.
- Anderson, J.W. 1979. An assessment of knowledge concerning the fate and effects of petroleum hydrocarbons in the marine environment. En *Marine Pollution: Functional Responses*. Academic Press, eds. W.B. Vernberg, F.J. Vernberg, A. Calabrese y F.P. Thurberg, 3-22.
- Anderson, S., P. Boehm, D. Fiest, R. Howard, C. Lewbel, D. Pilson y A. Wait. 1982. Ixtoc oil spill assessment. Final report for the U.S. Department of Interior, Bureau of Land Management, AA851-CTO-71. Nueva Orleans, LA.
- Anonymous. 1979. A contingency plan for protection of whooping cranes during a major spill in the Gulf of Mexico. 19 pág. + apéndice, (documento escrito; sin editorial).
- Armstrong, H.W., K. Fucik, J.W. Anderson y J.M. Neff. 1979. Effects of oilfield brine effluent on sediments and benthic organisms in Trinity Bay, Texas. *Marine Environmental Research* 2: 55-69.
- Atlas, R.M. y C.E. Cerniglia. 1995. Bioremediation of petroleum pollutants. *BioScience* 45: 332-338.
- Atwood, D.K., F.J. Burton, J.E. Corredor, G.R. Harvey, A.J. Matajimenez, A. Vasquezbotello y B.A. Wade. 1987b. Petroleum pollution in the Caribbean. *Oceanus* 30: 28-32.
- Baca, B.J., T. M. Schmidt y J.W. Tunnell. 1982. Ixtoc oil in seagrass beds surrounding Isla de Media. Simposio Internacional Ixtoc I, Ciudad de México. Del 2 al 5 de junio de 1982. (presentado en el simposio de derrames de petróleo en la Ciudad de México; nunca se publicaron los procedimientos).
- Bak, R.P.M. 1987. Effects of chronic oil pollution on a Caribbean reef. *Marine Pollution Bulletin* 18: 534-539.
- Baker, J.M. 1983. Impact of oil pollution on living resources. *The Environmentalist* 3(4): 1-48.
- Baker, J.M., L.M. Guzman, P.D. Bartlett, D.I. Little y C.M. Wilson. 1993. Long-term fate and effects of untreated thick oil deposits on salt marshes. Proceedings 1993 Oil Spill Conference., Washington, D.C., 395-399. *American Petroleum Institute*.
- Boehm, P. y D. Fiest. 1982. Subsurface distributions of petroleum from an offshore well blowout. The IXTOC Blowout, Bay of Campeche. *Environmental Science and Technology* 16(2): 67-74.
- Brooks, J.M., C. Fisher, H. Roberts, B. Bernard, I. MacDonald, R. Carney, S. Joye, E. Cordes, G. Wolff, y E. Goehring. 2009. Investigations of chemosynthetic communities on the lower continental slope of the Gulf of Mexico. New Orleans: Minerals Management Service.

- Burns, K.A. y J.M. Teal. 1979. The west Falmouth oil spill, hydrocarbons in the salt marsh ecosystem. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 8: 349-360.
- Burns, K.A. y A.H. Knap. 1988. The Bahia Las Minas Oil Spill: Hydrocarbon uptake by reef building corals. *Marine Pollution Bulletin* 20(8): 391-398.
- Carr, R.S., D.C. Chapman, B.J. Presley, J.M. Biedenbach, L. Robertson, P. Boothe, R. Kilada, T. Wade y P. Montagna. 1996. Sediment porewater toxicity assessment studies in the vicinity of offshore oil and gas production platforms in the Gulf of Mexico. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 2618-1628.
- Caudle, C. 1995. Impact assessment of produced water discharges to Nueces Bay—August 1993. Publ. N.º AS-49/SR, Texas Natural Resources Conservation Commission. Austin, TX.
- Casey, R., A. Amos, J. Anderson, R. Koehler, R. Schwarzer y J. Sloan. 1980. A preliminary report on the microplankton and microbenthon responses to the 1979 Gulf of Mexico oil spills (Ixtoc I and Burmah Agate), with comments on avenues of oil to the sediments and the fate of oil in the column and bottom. *Transactions-Gulf Coast Association of Geological Societies XXX*: 273-281.
- Chapman, B.R. 1984. Seasonal abundance and habitat-use patterns of coastal bird populations on Padre and Mustang Island barrier beaches (following the Ixtoc I oil spill). Informe preparado por U.S. Fish and Wildlife Service, FWS/OBS-83/31.
- Chassé, C. 1978. The ecological impact on and near shores by the AMOCO CADIZ oil spill. *Marine Pollution Bulletin* 9(11): 298-301.
- Cubias-Castro, B. 1980. Estudio para determinar el efecto del derrame de petróleo proveniente del Pozo Ixtoc No. 1 y de las aplicaciones del dispersante COREXIT en plancton, camarón (juvenil) y ostión efectuado en Cd. del Carmen, Campeche. Congreso sobre Problemas Ambientales de México, Resúmenes. Instituto Politécnico Nacional. Del 8 al 12 de diciembre de 1980. Ciudad de México. p. 46. (Abstract; los procedimientos nunca se publicaron).
- Dinnel, S. y T.W. Kana. 1980. Continuing oceanographic surveys of South Texas tidal inlets for contingency planning. Marzo de 1980. Informe de estado a NOAA/MESA Program Office, RPI/R/80/4/25-16. Boulder, CO.
- Farrington, J.W. 1981. NOAA Ship Researcher/Contract Vessel Pierce Cruise to Ixtoc-1 Oil Spill: Overview and Integrative Data Assessment and Interpretation. Informe preparado por la Office of Marine Pollution Assessment, NOAA, NA80RAC0017.
- Fischel, M., W. Grip e I.A. Mendelssohn. 1989. Study to determine the recovery of a Louisiana marsh from an oil spill. En *Proceedings 1989 Oil Spill Conference*, Washington, D.C., 383-387. *American Petroleum Institute*.
- García-Cuéllar, J.A. 2006. Análisis del impacto de la industria petrolera en el ecosistema y su relación con las pesquerías de la sonda de Campeche, México. Doctor en Ciencias en el uso, manejo y preservación de los recursos naturales, orientación en ecología. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.
- García-Cuéllar, J.A., F. Arreguín-Sánchez, S. Hernández Vázquez y D.B. Lluch-Cota. 2004. Impacto ecológico de la industria petrolera en la sonda de Campeche, México, tras tres décadas de actividad: una revisión. *Interciencia* 29(6): 311-319.
- Garmon, L. 1980. Autopsy of an oil spill. *Science News* 118(17): 267-270.
- Getter, C.D., L.C. Thebeau y G.I. Scott. 1980. Capítulo 6: Results of ecological monitoring at the Ixtoc I oil spill. Informe preparado por NOAA's Office of Marine Pollution Assessment, RPI/R/80/7/30-20. Boulder, CO.

- Grose, P., F. Everdale y L. Katz. 1983. Predicting the surface transport of oil pollutants in the Gulf of Mexico. *Marine Pollution Bulletin* 14(10): 372-377.
- Gundlach, E.R., P.D. Boehm, M. Marchand, R. Atlas, D.M. Ward y D.A. Wolfe. 1983. The fate of Amoco Cadiz oil. *Science* 221(4606): 122-129.
- Guzmán del Proés, S.A., E.A. Chávez, F.M. Alatríste, S. de la Campa, G. de la Cruz, L. Gómez, R. Guadarrama, A. Guerra, S. Mille y D. Torruco. 1986. The impact of the Ixtoc-1 oil spill on zooplankton. *Journal of Plankton Research* 8(3): 557-581.
- Hall, R.J., A.A. Belisle y L. Sileo. 1983. Residues of petroleum hydrocarbons in tissues of sea turtles exposed to the Ixtoc I oil spill. *Journal of Wildlife Diseases* 19(2): 106-109.
- Hardegree, B., D.W. Hicks y J.W. Tunnell, Jr. 1996. Evaluation of burning as an oil spill cleanup technique in a high marsh community along the South Texas coast. Proceed. Gulf of México and Caribbean Oil Spills in Coastal Ecosystem: Assessing Effects, Natural Recovery, and Progress in Remediation Research, 195-212. Nueva Orleans, LA.
- Hildebrand, H.H. y G. Gunter. 1954. A report on the deposition of petroleum tars and asphalts on the beaches of the northern Gulf of Mexico, with notes on the beach conditions and the associated biota. Port Aransas, Texas: University of Texas Institute of Marine Science.
- Hill, G. 1979. Ixtoc's Oil has a Silver Lining. *Audubon* 81(6): 150-159.
- Holt, S., S. Rabalais, N. Rabalais, S. Cornelius y J. S. Holland. 1978. Effects of an oil spill on salt marshes at Harbor island, Texas: I: Biology. En *Proceedings of Conference on Assessment of Ecological Impacts of Oil Spills*, Washington, D.C., 344-352. American Institute of Biological Sciences.
- Hyde, L.J., K. Withers y J.W. Tunnell, Jr. 1998. Coastal high marsh oil spill clean-up by burning: five-year evaluation. Center for Coastal Studies Technical Report No. TAMU-CC-9811-CCS. Texas A&M University-Corpus Christi. Corpus Christi, TX.
- Kalke, R.D., T.A. Duke y R.W. Flint. 1982. Weathered Ixtoc I oil effects on estuarine benthos. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences* 15: 75-84.
- Keller B.D. y J.B.C. Jackson. 1993. Long-term assessment of the oil spill at Bahia Las Minas, Panama Synthesis Report. Volumen I: Executive Summary y Volumen II, Technical Report. Minerals Management Service, Gulf Of Mexico OCS Region, OCS Study MMS 93-0048.
- Kiesling, R.W., S.K. Alexander y J.W. Webb. 1988. Evaluation of alternative oil spill cleanup techniques in a *Spartina alterniflora* salt marsh. *Environmental Pollution* 55: 221-238.
- Lizarraga-Partida, M.L., J. Munoz-Rubio, J. Porrás-Aguirre, F.B. Izquierdo-Vicuna e I. Wongchang. 1984. Taxonomy and distribution of hydrocarbonoclastic bacteria from the Ixtoc-I area. 2. *Colloque International de Bacteriologie Marine*, 1-5. Brest (Francia).
- MacDonald, I.R. 1998. Natural oil spills. *Scientific American* 279: 56-61.
- MacDonald, I.R., J.F. Reilly, Jr., W.E. Best, R. Venkataramaiah, R. Sassen, N.S. Guinasso, Jr. y J. Amos. 1996. Remote sensing inventory of active oil seeps and chemosynthetic communities in the northern Gulf of Mexico. Hydrocarbon Migration and its Near-surface Expression, eds. D. Schumacher y M.A. Abrams. *American Association of Petroleum Geologists Memoir* 66: 27-37.
- MacDonald, I.R., N.L. Guinasso, Jr., S.G. Ackleson, J.F. Amos, R. Duckworth, R. Sassen y J.M. Brooks. 1993. Natural oil slicks in the Gulf of Mexico visible from space. *Journal of Geophysical Research* 98(C9): 16,351-16,364.

- Mackin, J.G. 1971. A study of the effect of oilfield brine effluents on benthic communities in Texas estuaries. Texas A&M Research Foundation, Project 735. Texas A&M University, College Station, Texas.
- McCauley, C.A. y R.C. Harrel. 1981. Effects of oil spill cleanup techniques on a salt marsh. Proceedings, 1981 Oil Spill Conference, Washington, D. C, 401-407. *American Petroleum Institute*.
- Mendelssohn, A.A., M.W. Hester, C. Sasser y M. Fischel. 1990. The effect of a Louisiana crude oil discharge from a pipeline break on the vegetation of a Southeast Louisiana brackish marsh. *Oil and Chemical Pollution* 7: 1-15.
- Mitchell, R., I.R. MacDonald y K.A. Kvenvolden. 1999. Estimation of total hydrocarbon seepage into the Gulf of Mexico based on satellite remote sensing images. *Transactions, American Geophysical Union* 80(49): Ocean Sciences Meeting Supplement, OS242.
- Montagna, P.A. y D.E. Harper, Jr. 1996. Benthic infaunal long-term response to offshore production platforms. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 2567-2588.
- Muir, J.M. 1936. Geology of the Tampico region, Mexico. Houston, Texas: Stephen F. Austin State University.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y USEPA (United States Environmental Protection Agency). 1978. The AMOCO Cadiz oil spill: A preliminary scientific report. Washington, D.C.: NOAA.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y USEPA (United States Environmental Protection Agency). 1979. Ixtoc-I oil spill damage assessment program. Un programa cooperativo federal y estatal.
- NRC (National Research Council). 2005. Oil spill dispersants: Efficacy and effects. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Payne, J.R, G.D. McNabb. 1984. Weathering of petroleum in the marine environment. *Marine Technology Society Journal* 18(3): 24-42.
- Pearson, T.H. y R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 16: 229-311.
- Programa Coordinado de Estudios Ecológicos en la Sonda de Campeche. 1980. Informe de los trabajos realizados para el control del pozo Ixtoc I, el combate del derrame de petróleo y determinación de sus efectos sobre el ambiente marino. *Instituto Mexicano del Petróleo*.
- Rabalais, S.C., C.R. Arnold, and N.S. Wohlschlag. 1981. The effects of Ixtoc I oil on the eggs and larvae of red drum (*Scianops ocellata*). *Texas Journal of Science* XXXIII(1): 33-38.
- Restrepo, C.E., F.C. Lamphear, C.A. Gunn, R.B. Ditton, J.P. Nichols y L.S. Restrepo. 1982. Ixtoc I oil spill economic impact study. Informe preparado por Bureau of Land Management, AA-851-CTO-65. Nueva Orleans, LA.
- Sanders, H.L. 1978. Florida oil spill impact on the Buzzard's Bay benthic fauna, West Falmouth. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 35: 717-730.
- Sanders, H.L. 1981. Environmental effects of oil in the marine environment. En *Safety and Offshore Oil: Background Papers of the Committee on Assessment of Safety of OCS Activities*, Washington, D.C., 117-146. *National Research Council, National Academy Press*.

- Sanders, H.L., J.F. Grassle, G.R. Hampson, L.S. Morse, S. Garner-Price y C.C. Jones. 1980. Anatomy of an oil spill: Long-term effects from the grounding of the barge Florida off West Falmouth, Massachusetts. *Journal of Marine Research* 38: 265-380.
- Straughan, D. y B.C. Abbott. 1971. The Santa Barbara oil spill: ecological changes and natural oil leaks. En *Water Pollution by Oil*, ed. P. Hepple, 257-262. *Institute of Petroleum*.
- Surtevant, P. 1979. A survey of tar accumulation remaining on Texas beaches: Rio Grande river to Aransas Pass. Informe a NOAA Damage Assessment Team, Corpus Christi, TX. (documento escrito; sin editorial).
- Texas House of Representatives Committee on Environmental Affairs. 1980. Report on the Ixtoc I Oil Spill.
- Tunnell, J.W. 1978. Impact assessment of oil production at Tallahala Dam and Lake, Mississippi. Technical report to U.S. Army Corps of Engineers Mobile District. Contrato N.º DAC WO1-78-C-0211.
- Tunnell, J.W. y Q.R. Dokken. 1979. Environmental directory of scientists, facilities, and projects along the central and south Texas coast. Informe presentado a NOAA/OMPA, damage Assessment Prog., IXTOC I Oil Spill, Cont. N.º NA 79RC00136.
- Tunnell, J.W., Jr. y B.R. Chapman. 1980. Environmental effects of Ixtoc I oil spill on South Texas barrier island beaches. Congreso sobre Problemas Ambientales de Mexico, Resúmenes. Instituto Politécnico Nacional. Del 8 al 12 de diciembre de 1980. Ciudad de México, (presentado y aprobado; los procedimientos nunca se publicaron).
- Tunnell, J.W., Jr. y Q.R. Dokken. 1980. Observations on Ixtoc I oil impact of southwestern Gulf of Mexico coral reefs. Congreso sobre Problemas Ambientales de México, Resúmenes. Instituto Politécnico Nacional. Del 8 al 12 de diciembre de 1980. Ciudad de México, (presentado y aprobado; los procedimientos nunca se publicaron).
- Tunnell, J.W. 1981. Impact assessment of the fate and effect of a brine spill into a freshwater environment (Tallahala Creek Lake, Mississippi). Technical Report to U.S. Army Corps of Engineers, Mobile District. Contrato N.º DACW01-81-M-9931.
- Tunnell, J.W., Jr., B.R. Chapman, M.E. Kindinger y Q.R. Dokken. 1982. Environmental impact of Ixtoc I oil spill on South Texas sandy beaches: Infauna and shorebirds. Simposio Internacional Ixtoc I, Ciudad de México. Del 2 al 5 de junio de 1982. (presentado y aprobado; los procedimientos nunca se publicaron).
- Tunnell, J.W. 1984. Oil spills in the environment. En *Workshop on oil spill prevention and control in the coastal and territorial water of Kuwait*, del 27 al 30 de mayo de 1984. Environmental Protection Council of Kuwait y National Spill Control School, Corpus Christi State University, F-1 - F-20.
- Tunnell, J.W., Jr., D.W. Hicks y B. Hardegree. 1994. Environmental impact and recovery of the Exxon pipeline oil spill and burn site, Upper Copano Bay, Texas: year one. Informe técnico del Center for Coastal Studies N.º TAMU-CC-9402-CCS. Texas A&M University-Corpus Christi. Corpus Christi, TX.
- Tunnell, J.W., Jr., B. Hardegree y D.W. Hicks. 1995. Environmental impact and recovery of a high marsh pipeline oil spill and burn site, upper Copano Bay, Texas. Procedimientos, 1995 Oil Spill Conference, 133-138. Long Beach, CA.

- Tunnell, J.W., Jr., B. Hardegree, K. Withers y D.W. Hicks. 1995. Environmental impact and recovery of the Exxon pipeline oil spill and burn site, upper Copano Bay, Texas: year two. Informe técnico del Center for Coastal Studies N.º TAMU-CC-9501-CCS. Texas A&M University-Corpus Christi. Corpus Christi, TX.
- Tunnell, J.W., K. Withers y B. Hardegree. 1997. Environmental impact and recovery of the Exxon Pipeline oil spill and burn site, upper Copano Bay Texas: Final Report. Informe técnico del Center for Coastal Studies N.º TAMU-CC-9703-CCS. Texas A&M University-Corpus Christi. Corpus Christi, TX.
- Webb, J.W., S.K. Alexander y J.K. Winters. 1985. Effects of autumn application of oil on *Spartina alterniflora* in a Texas salt marsh. *Environmental Pollution (A)*38: 321-337.
- Webb, J.W. 1996. Effects of oil on salt marshes. En Symposium Proceedings: Gulf of Mexico and Caribbean Oil Spills in Coastal Ecosystems: Assessing Effects, Natural Recovery, and Progress in Remediation Research, eds. C.E. Proffitt y P.F. Roscigno, 55-64, OCS Study MMS 95-0063. Dept. of the Interior, Minerals Management Service. Nueva Orleans, LA.
- Withers, K., D. Rocha, S. Alvarado y J.W. Tunnell. 1995. Benthic invertebrate abundance and community structure in Gulf beach habitats on Padre Island National Seashore, Texas following the M/T *Berge Banker* oil spill. Report to Beak Consultants and Eastham, Watson, Dale, and Foney, L.L.P., Center for Coastal Studies, Texas A&M University-Corpus Christi. Corpus Christi, TX.
- Woody, J. 1979. Contingency plan-protection of Fall migrating peregrines Campeche oil well blowout. 7 pp. (documento escrito; sin editorial).