

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/301778429>

# Prevención y Manejo de Encallamientos de Embarcaciones en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, México: Una Respuesta Temprana para Lograr el Éxito Prevention and Management of S...

Conference Paper · October 2011

CITATIONS

0

READS

329

6 authors, including:



Alejandro Vega-Zepeda

El Colegio de la Frontera Sur

16 PUBLICATIONS 35 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



"Programa interdisciplinario de restauración activa para compensar daños antropogénicos en arrecifes coralinos del Caribe Mexicano" [View project](#)

# **Prevención y Manejo de Encallamientos de Embarcaciones en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, México: Una Respuesta Temprana para Lograr el Éxito**

## **Prevention and Management of Stranded Vessels in the National Park “Arrecifes de Xcalak”, Mexico: An Early Response to the Success**

## **Prévention et Gestion des Échouages de Navires dans les Parc National Arrecifes de Xcalak, au Mexique, une Intervention Précoce au Succès**

MARÍA DEL CARMEN GARCÍA RIVAS\*, WADY HADAD LÓPEZ, JORGE GÓMEZ POOT ,  
RAFAEL ROLDÁN SERRALDE, y ALEJANDRO VEGA ZEPEDA  
CONANP Banco Chinchorro, Insurgentes 445 Othón, P. Blanco 83 Chetumal, Quintana Roo 77039 México.  
*\*[mcgracia@conanp.gob.mx](mailto:mcgracia@conanp.gob.mx), [whadah@conanp.gob.mx](mailto:whadah@conanp.gob.mx), [jmgomez74@msn.com.mx](mailto:jmgomez74@msn.com.mx),  
[rafaelrolser@hotmail.com](mailto:rafaelrolser@hotmail.com), [avega@conanp.gob.mx](mailto:avega@conanp.gob.mx).*

### **RESUMEN**

Se conoce que uno de los principales riesgos a las Áreas Marinas Protegidas son los impactos por encallamientos, en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (PNAX) se han registrado ocho impactos en los últimos siete años causando más de 2539 m<sup>2</sup> de arrecife afectado. Para prevenir y mitigar los efectos, el PNAX ha establecido un protocolo basado en el manual de encallamientos editado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y a través del Consejo de Delitos Ambientales de la Procuraduría General de la República (PGR). A la fecha se han atendido en colaboración con Secretaría de Marina Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Secretaría de Comunicaciones y Transporte, PGR, prestadores de servicio turístico y pescadores. Todos los encallamientos previniendo daños mayores, igualmente se interpusieron las denuncias correspondientes con valoración económica. En el 2007 se restauraron 607 fragmentos de coral cuerno de alce *Acropora palmata* de los cuales 90% sobrevivieron; en agosto del 2011 se trasplantaron 37 colonias de diversas especies de coral para prevenir su impacto durante el rescate de la embarcación encallada. Se realizaron dos convenios con los responsables para restaurar el daño. Se concluye que cinco de seis accidentes han sido por particulares los cuales no conocían el área por lo que se requiere un mejor señalamiento, cartas náuticas actualizadas y conocimiento de los particulares sobre la navegación en arrecifes y uso de aparatos. En los procesos legales se requiere una mayor coordinación y conocimiento de los jueces sobre el daño de los arrecifes.

PALABRAS CLAVE: Encallamiento, arrecife, restauración, manejo

### **INTRODUCCION**

Las perturbaciones naturales y antropogénicas tienen un gran impacto sobre las comunidades vegetales y animales (Glynn 1976, Rogers et al. 1982). Los huracanes y los encallamientos de barcos son unos de los principales factores que causan un cambio dramático en las comunidades coralinas, estando implicada una alta fragmentación y mortalidad de colonias de coral (Aronson y Swanson 1997); tanto por la alta intensidad del oleaje y el flujo del agua (Done 1992), como por el impacto físico; donde la intensidad del daño depende de la morfología de la colonia, siendo las ramificadas, como las acroporas, las más susceptibles.

La mortalidad coralina causada por disturbios biológicos y físicos, es un proceso vital para mantener la diversidad del ecosistema arrecifal (Bythell et al. 2000); sin embargo, este ecosistema está siendo degradado en una escala global con un amplio rango de impactos causados por las actividades humanas (Aronson et al. 1998). El declive en las comunidades coralinas, comúnmente se atribuyen a impactos humanos que a los impactos naturales (Conell 1977). Esto se debe a que los impactos naturales son discretos y periódicos, lo cual da tiempo a que el ecosistema afectado se recupere; por otro lado los impactos antropogénicos, ocurren con mayor frecuencia aumentando el tiempo de recuperación, (Bythell et al. 2000).

Las estimaciones de él rango de recuperación de un arrecife coralino, después de ser impactados y parcialmente destruidos, de unos pocos años hasta varias décadas. La recuperación del arrecife depende de la severidad del impacto y si la mayoría de los corales afectados fueron de crecimiento masivo, ya que estos presentan una tasa de crecimiento más lenta que los corales ramificados; siendo también un factor determinante para la recuperación del arrecife la frecuencia de impactos ocasionados por las actividades humanas, ya que esto disminuye la capacidad de recuperación del ecosistema arrecifal.

### **OBJETIVO**

Aplicar el Manual Coordinado de Procedimientos Ambientales Administrativos y Legales para la atención inmediata ante contingencias provocadas por un encallamiento (MCPAA) en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo, México.

## ANTECEDENTES

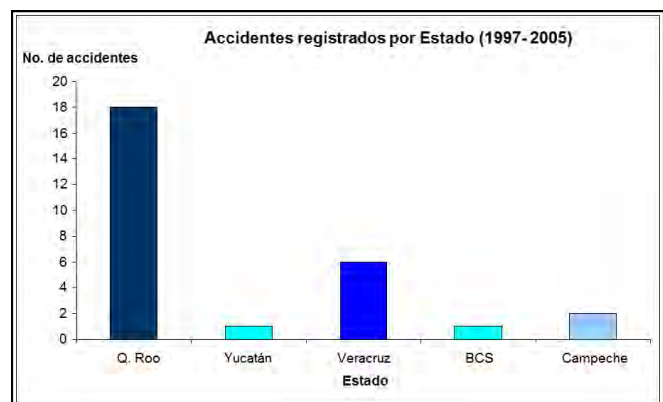
Los encallamientos son eventos que pueden ocasionar pérdida total de las embarcaciones y cuando ocurre en zonas arrecifales los daños pueden ser significativos (Lee y Lee 1980). Este puede ser accidental o voluntario para salvar a la embarcación y la tripulación en su totalidad o con otros fines (Precht y Dodge 2001). Al respecto, existen múltiples actividades que deben desarrollarse para mejorar la seguridad marítima ante colisiones y encallamientos de las embarcaciones. Con fines de estudio, estas pueden dividirse en dos grupos: activas y pasivas. Las activas son aquellas que previenen los accidentes e incluyen características de maniobrabilidad de los barcos, procedimientos de entrenamiento de la tripulación y manejo de seguridad marítima como sistemas de control de tráfico. Las medidas pasivas se dirigen a las labores después de que ocurre un accidente y se relacionan con la integridad estructural, rompimientos y resistencia contra las rupturas para prevenir fugas de agua en la embarcación o daños a cargas peligrosas. Terndrup (1995) realiza una revisión de la literatura del estado del arte de tales medidas pasivas y con referencias específicas de buques tanque. Daidola (1995) evalúa la integridad estructural durante las operaciones causales. Es de resaltar que muchas de estas últimas embarcaciones transportan líquidos y gases, y aunque relativamente seguras, en la mayoría sobrepasan los 20 y 30 años de construcción. Es evidente que los riesgos de accidentes pueden incrementarse en los próximos años en caso de no brindar mantenimiento adecuado.

Teóricamente existen análisis sobre eventos de encallamiento que los separan en los así llamados “eventos de encallamiento suave” que ocurren en fondos de sustrato suave y los “eventos de encallamiento duro” que ocurren en fondos rocosos. Existen dos aproximaciones para modelar los “eventos suaves”. Terndrup (1994) define un conjunto de expresiones prácticas de forma cerrada que se derivan de movimientos de encallamientos y cargas a partir de teorías de la mecánica clásica. La respuesta de los suelos se modela principalmente asumiendo un coeficiente efectivo de fricción entre la quilla y el fondo. Este coeficiente de fricción incluye la presión pasiva del suelo y el empuje entre otras variables para incorporarse en un estudio integral. Otros factores calculados en campo y laboratorio son el comportamiento del suelo a nivel teórico, así como el movimiento del barco y la fuerza que se ejerce sobre el suelo al encallar (Terndrup y Simonsen 1995). Otros estudios dirigen esfuerzos en analizar teóricamente el encallamiento de barcos sobre fondos rocosos, en aspectos como penetración del suelo sobre la estructura, movimiento global del barco, factores y dinámica externa al barco, mecánica interna al depositarse el barco en fondos duros entre otras investigaciones (Cerup y Wierzbicki 1996). Es claro que el daño sobre los barcos y el fondo dependerá de factores como la estructura, desplazamiento y velocidad (Cerup y Friis-Hansen 2000, Terndrup y Zhang 2000).

Existen también otras áreas de estudio para evaluar colisiones entre barcos, que también son necesarias para la comprensión adecuada de estos eventos y su prevención (Nakamura y Kuroiwa 1995). En este sentido se han establecido marcos de referencia para evaluar la seguridad marítima de las embarcaciones y desarrollar modelos para calcular la probabilidad de colisión y daños estructurales dada un área geográfica determinada (Terndrup et al. 1996).

En México son pocos los estudios detallados sobre el encallamiento de embarcaciones, debido probablemente a la escasa tradición y experiencia marítima y a la poca importancia que se le brinda a este tipo de eventos. Sin embargo, la instauración reciente de Áreas Naturales Protegidas con la finalidad de preservar la biodiversidad representativa del país, está atrayendo la atención para prevenir encallamientos en zonas críticas o de atención especial. Al respecto, se menciona que sólo dentro de la zona de influencia del Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc (PN CO IM, PC y PN), entre 1996 y 2004 se registran alrededor de 15 encallamientos de magnitud variable (SEMARNAP 1998, CONANP-PROFEPA, Datos internos)(Figura 1). Los daños en la cobertura de los corales en estos accidentes, oscila entre los 3 m<sup>2</sup> a más de 2000 m<sup>2</sup>, con una afectación significativa que representa una lenta recuperación en el largo plazo o irreversible en algunos arrecifes (Tabla 1).

Los arrecifes de coral y en general los ecosistemas costeros, están sujetos a la amenaza permanente de su destrucción directa o a una alteración radical de los hábitats. El efecto adverso de la alteración física debida a encallamientos sobre los ecosistemas, es actualmente un problema prioritario de alcance global el cual debe ser abordado desde una perspectiva similar: con medidas drásticas e inmediatas para su protección. La alteración de los arrecifes coralinos puede tener impactos fuera de los límites geográficos de la afectación, por la dinámica de los flujos de agua, nutrientes, sedimentos y la ubicación de las zonas de alimentación y reclutamiento de especies de



**FIGURA 1.** Accidentes registrados en costas de México en el periodo de 1997 al 2005. (Datos no publicados. PROFEPA)

**TABLA 1.** Encallamiento de embarcaciones en arrecifes del PN CO IM, PC y PN en diferentes años. Áreas aproximadas de acuerdo con evaluaciones submarinas *in situ*.

FECHA	SITIO	EMBARCACIÓN	DAÑO CAUSADO
14 sep 1996	Punta Nizuc	Guía	1 x 3 m (3 m <sup>2</sup> )
27 feb 1997	Punta Nizuc	Crisis	3 x 10 m (300 m <sup>2</sup> )
6 sept 1997	El Bajito (Punta Nizuc)	Reef Express III	4 X 14 m (560 m <sup>2</sup> )
2 oct 1997	El Bajito (Punta Nizuc)	Scuba III Mr. Tom	3 X 28 m (840 m <sup>2</sup> )
28 dic 1997	Chitales (Punta Cancún)	Mr. Boss (hundimiento)	No hubo daño aparente al arrecife
31 dic 1997	Chitales (Punta Cancún)	Mr Boss (salvataje)	400 X 5 m (2000 m <sup>2</sup> )
17 dic 1997	Cuevones (Punta Cancún)	Leeward	7 X 72 m (500 m <sup>2</sup> )
8 may 1999	La Cadenita (I Mujeres)	Jorge Fernando*	43 X 4m y 25 X 5 m (300 m <sup>2</sup> )
12 oct 1999	Punta Cancún	Mayan Princess*	2 X 2 m (4 m <sup>2</sup> )
5 mar 2000	2ª Barrera (Nizuc)	Poopah	20 X 1m (20 m <sup>2</sup> )
25 abril 2000	Cuevas de Afuera (Pta. Cancún)	Kommandor Jack	(150 m <sup>2</sup> )
12 mar 2002	El Tunel	Miss Chloe	Corales fracturados y daños a su tejido. Desprendimiento de algunos corales blandos. Zona de amplia afectación.
20 sep 2002	Manchones Grande	No se identificó	Dos áreas afectadas de 123 y 271 m <sup>2</sup>
2 feb 2004	Bajo rocoso (Punta Cancún)	Tempest Fugit	(151 m <sup>2</sup> )
19 mar 2004	Primera Barrera (Nizuc)	Sodemieter	(10.5 m <sup>2</sup> )

importancia comercial además de ecológica. Esto sin duda alguna, debe afectar las actividades productivas y económicas de la región.

La alta incidencia de estos eventos en la región, obliga a enfocar los esfuerzos interinstitucionales en la prevención de accidentes, conservación de las áreas protegidas y finalmente en la restauración de los arrecifes afectados o degradados, con la finalidad de lograr la conservación o la recuperación de hábitat lo más aproximado a las condiciones naturales en que se encontraba antes de un impacto por encallamiento o colisión, considerando líneas de base de información (i.e. funcional y estética).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Región Geográfica de Aplicación del Proyecto

El manual fue elaborado durante el año 2007 y 2008 elaborado en Áreas Naturales Protegidas en el estado de Quintana Roo y Yucatán, Parque Nacional Isla Contoy, Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc, Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, Parque Nacional Arrecifes de Cozumel, Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Parque Nacional Arrecifes de Xcalak y Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro en el estado de Quintana Roo, y Arrecife Alacranes en Yucatán

Para la elaboración del MCPAA se contrató a un consultor para reunir la literatura, preparar reuniones de trabajo, dirigir y coordinar estas, así como recopilar los resultados y editarlos. Se llevaron a cabo tres reuniones de trabajo con autoridades competentes, especialistas en el tema y personal de las diferentes áreas protegidas involucradas. A partir de los cuales se definieron las pautas, procedimientos y recomendaciones en caso de encallamiento. En cada reunión se establecieron tres mesas de trabajo donde se discutieron tópicos Administrativo,

Ambiental y Legal referente a los encallamientos dentro de las ANP's, con la finalidad de generar una visión conjunta sobre las necesidades de atención y lograr así prioridades y descripción de los diferentes procedimientos al momento de un incidente de este tipo. Se efectuó un taller de campo para homologar criterios de evaluación de daños.

La aplicación del manual se verificó en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak se analizaron los eventos de encallamiento registrados del 2005 al 2011 identificando pasos concretos de la aplicación del manual (Tabla 2).

Los pasos a seguir identificados son;

- i) *Dar aviso y coordinación entre autoridades* — Secretaría de Comunicación y Transporte (Capitanía de puerto) SCT, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente PROFEPA, Procuraduría General de la República PGR, Secretaría de Marina SEMAR, en el caso del PNAX se cuenta con una Capitanía de Puerto 2. CP, la cual tiene teléfono, internet y radio. La CP no cuenta con embarcación por lo que se avisa a la SEMAR. Cada instancia tiene funciones definidas por lo que deberá haber una persona que dirija y coordine el proceso, en todos los casos, el líder del proceso fue la dirección de la CONANP. Una persona del ANP deberá de tomar el liderazgo.
- ii) *Salvar la integridad de las personas* — De los siete casos registrados para el PNAX, cinco fueron detectados con personas en la embarcación, a los cinco se les dio ayuda a las mismas para cuidar su integridad física, tres de ellos por la embarcación guardaparque y dos por prestadores de servicio turístico, ya que tanto la capitanía de puerto como la SEMAR no cuentan con embarcaciones menores para auxiliar en condiciones someras.

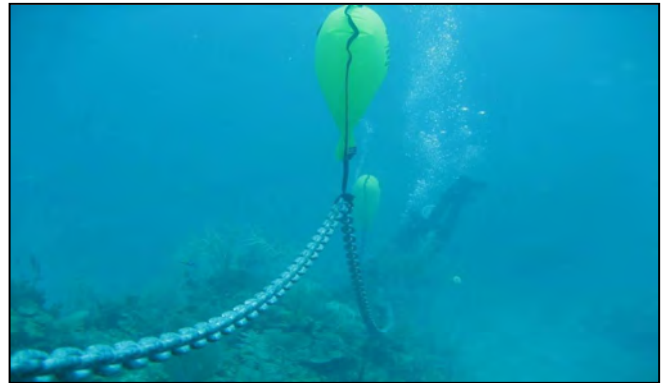
**TABLA 2.** Daños registrados por encallamientos o maniobras inadecuadas de embarcaciones dentro del Parque Nacional "Arrecifes de Xcalak".

Fecha	Sitio	Embarcación	Daño causado
08/06/05	Anegado de la Poza	Gulliver	1 m <sup>2</sup> <i>Acropora palmata</i>
09/04/06	Anegado de la Poza	Dixie Gig	140 m <sup>2</sup> <i>Acropora palmata</i>
24/10/06	Punta Gavilán	Sin nombre (Embarcación de madera)	20 m <sup>2</sup> <i>Porites sp.</i> , corales gorgonáceos
26/02/08	Anegado de Doña Nica	Sin nombre (Embarcación tipo Eduardoño)	2130 m <sup>2</sup> en un polígono de 136 m de largo por 20 m.
06/03/08	Quebrado de Xcalak	Jollie File	14 m <sup>2</sup>
18 /03/11	Quebrado de Xcalak	Points North	150m <sup>2</sup> <i>Millepora complanata</i>
17/04/11	Quebrado de Xcalak	Piccolo	84.29m <sup>2</sup>

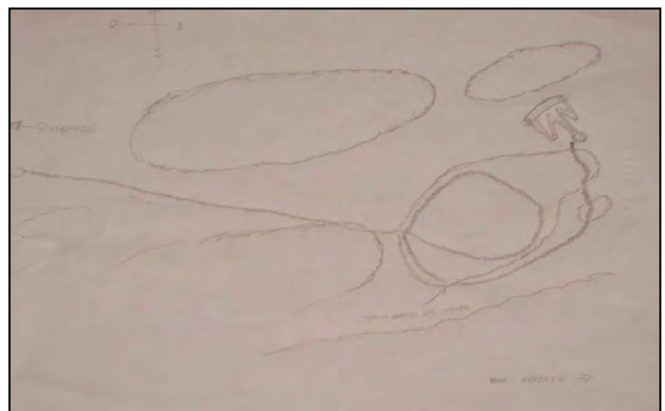
Total 2539.29 ha se superficie de arrecife dañado en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak en seis años  
 El Manual se compone de 1) Introducción, 2) Consideraciones sobre el arrecife, 3) Mortalidad, impactos, enfermedades, 4) Respuesta de la Autoridad, 5) Responsabilidad del causante, 6) Evaluación, 7) Restauración, 8) Acciones posteriores.

- iii) *Verificar y salvar la integridad del arrecife tomando imágenes del cuerpo del delito* — De manera inmediata se verificó el daño en el arrecife, verificado el daño se deberá dar aviso a la PGR para que asistan los Ministerios Públicos a la escena del delito. Sólo en una ocasión sedetuvo el daño al arrecife, el caso de la embarcación Piccolo la cual tiro una cadena de 50 m sobre el arrecife, dadas las condiciones del mar la cadena se movía sobre las comunidad arrecifal provocando la afectación de corales, esponjas, algas y diferentes organismo (Figuras 2 y 3). Tras la consulta a la PGR se decidió recoger la cadena con ayuda de seis buzos avanzados, seis bolsas de elevación, dos embarcaciones, la maniobra duro cinco horas y se recuperó con éxito la cadena y el ancla, se tomaron más de 120 fotografías y doce videos, se elaboró un mapa reconstruyendo la escena del crimen.
- iv) *Detener al responsable y presentar a autoridades (inmediata menos de 24 horas)* — De las siete ocasiones tres veces se informó al capitán responsable de que había cometido un delito (Art 420bis Código penal) para el caso Dixie Gig debido a que el encallamiento ocurrió a medio día y se presentó al responsable hasta el día siguiente el Ministerio Público solo tomo su declaración y no lo consideró detenido. Se recomienda informar a la PGR lo antes posible para que mande a sus ministerios públicos a la escena del crimen y detener al responsable.
- v) *Estimación del daño, con valoración económica* — Conforme la metodología propuesta en el manual se estimó el daño de tres sucesos, Dixie Gig, Points North Piccolo, en el caso del Points North el seguro pago la restauración del mismo, mientras que para el Piccolo, el responsable se allanó ante PROFEPA por lo que se pudo hacer la restauración mediante convenio con la ONG Oceanus, A.C,
- vi) *Restauración* — Los procesos administrativos o legales retrasan la resturación inmediata lo cual

baja de manera importante la viabilidad de la restauración. En el caso del Dixie Gig se lograron reubicar 607 fragmentos los cuales se trasladaron a un sitio cercano y se fijaron con Cinchos plásticos o tornillos metálicos. En el resto de impacto no se logró tener la atención inmediata debido a que se encontraban en la rompiente por lo que era difícil el manejo de las piezas de coral impactado, o bien se esperaba que el responsable actuara.



**Figura 2.** Buzo instalando bolsas elevadoras para remover cadena del arrecife sin dañarlo.



**Figura 3.** Croquis de daño de la cadena tirada por la embarcación Piccolo en el PNAX.

- vii) Monitoreo y evaluación — De los 607 fragmentos se obtuvo al año de la reubicación una sobrevivencia del 91%, a pesar del Huracán DEAN, el cual entro en categoría 5 a 60 km al norte de la costa.

### CONCLUSIONES

- i) Se cuenta con:
- Personal para la atención a encallamientos.
  - Manual de procedimiento para la prevención y atención de encallamientos en las AMP Caribe Mexicano.
  - Sistema de boyas de señalización y anclaje removible ante huracanes.
  - Comité de Coordinación Interinstitucional
- ii) Del 2005 al 2011 ocurrieron siete encallamientos dentro del Parque Nacional, cinco de los cuales sucedieron en la boca de entrada.
- iii) Se atendieron todos los encallamientos presentando las denuncias correspondientes
- iv) En dos de ellos se detuvo el daño
- v) De las multas se obtuvieron recursos financieros para restaurar dos de ellos
- vi) Se requiere mayor coordinación con Secretaría de Comunicaciones y Transporte

### LITERATURA CITADA

- Aronson R.B., I.G. Macintyre, W.F. Precht, T.J.T. Murdoch, and C.M. Wapnick. 2002. The expanding scale of species turnover events on coral reefs in Belize. *Ecological Monographs* 72:233–249.
- Bythell J.C., Z. Hillis-Starr, and C.S. Rogers. 2000. Local variability but landscape stability in coral reef communities following repeated hurricane impacts. *Marine Ecology Progress Series* 204:93–100.
- Comisión Nacional de Áreas naturales Protegidas (CONANP)-Secretaría de Medio Ambiente Recursos y Naturales (SEMARNAT). 2004. Programa de Manejo Parque Nacional Arrecifes de Xcalak, Jara Impresores, México D.F., México. 161 pp.
- Cerup, B. and T. Wierzbicki. 1996. Grounding bottom damage and ship motion over a rock. *International Journal of Offshore Polar Engineering* 6(3): p. var.
- Cerup, B. 1998. Ship grounding on rock. *Marine Structures* 10(7):519-562.
- Cerup, B. and P. Friis-Hansen. 2000. Theoretical and statistical analysis of ship grounding accidents. *Journal of Offshore Mechanical Artic Engineering* 122:200-207.
- Daidola, J. 1995. Tanker structure behavior during collision and grounding. *Marine Technology* 32(1):20-32.
- Friis-Hansen, A., P. Friis-Hansen, and C. Christensen. 2000. Reliability analysis of upheaval buckling-updating and cost optimization. *Proceedings of the 8th ASCE Speciality Conference on Probabilistic Mechanics and Structural Reliability*. Notre Dame, Indiana. USA. 24-26 July. p.var.
- Lee, E. and K. Lee. 1980. *Safety and Survival at Sea*. W.W. Norton & Company, New York, New York USA. 315 pp.
- Lehmann, E. and X. Yu. 1998. Inner dynamics of bow collision to bridge piers. Pages 61-71 in: Gluver & Olsen (eds.) *Proceedings International Symposium On Ship Collision Analysis*. Copenhagen, Balkema Rotterdam, The Netherlands.
- Nakamura, T. and T. Kuroiwa. 1995. Experimental study on failure of ship's side structure. Pages 130-136 in: *Proceedings International Conference on Technologies for Marine Environment Preservation. MARINEN'95*, Tokyo, Japan.
- Precht, W. and R. Dodge. 2001. Coral reef restoration in the next millennium. Pages 57-58 in: *Proceedings of the 9th International Coral Reef Symposium*. Jakarta, Indonesia.
- Precht, W., R. Aronson, and D. Swanson. 2001. Improving scientific decision-making in the restoration of ship-grounding sites on coral reefs. *Bulletin of Marine Science* 69(2):1001-1012.
- Sterndorff, M. and P. Terndrup. 1995. Large-scale grounding experiments on soft bottoms. Pages 122-129 in: *Proceedings International Conference on Technologies for Marine Environment Preservation. MARINEN'95*, Tokyo, Japan.
- Terndrup, P. 1994. Ship grounding and hull-girder strength. *Marine Structures* 7:1-29.
- Terndrup, P. 1995. Collision and grounding mechanics. Pages 125-157 in: *Proceedings WEMT '95. West European Confederation of Maritime Technology Societies. Ship safety and protection of the environment. From a technical point-of-view*. Danish Society of Naval Architecture and Marine Engineering, Copenhagen, Denmark.
- Terndrup, P. and C. Simonsen. 1995. Dynamics of ships running aground. *SNAJ. Journal of Marine Science and Technology* 1(1):37-45.
- Terndrup, P., P. Friis-Hansen, and L. Nielsen. 1996. Collision risk and damage after collision. The safety of passenger Ro-Ro vessels. *Proceedings Royal Institution of Naval Architects. International Conference on the Safety of Passenger Ro-Ro Vessels*, Paper No. 1, June. p. var.
- Terndrup, P. and S. Zhang. 2000. Effect of ship structure and size on grounding and collision damage distributions. *Ocean Engineering* 27:1161-1179.