



Base de procedimientos de evaluación ambiental en caso de una contingencia



Anexo al Reporte Final del proyecto "CARACTERIZACIÓN Y MONITOREO DE LA CONDICIÓN ARRECIFAL EN CINCO ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y UN ÁREA DE INFLUENCIA, QUINTANA ROO, MÉXICO: PRIMERA ETAPA"

Junio 2010

Elaborado por: MSc. Loïs Moriel Robles

Base de procedimientos de evaluación ambiental en caso de una contingencia

En base a la literatura existente sobre el mar Caribe y al grado de impacto, las contingencias descritas en este documento son las siguientes: (1) Blanqueamiento, (2) Tormentas tropicales y huracanes, (3) Encallamientos y (4) Derrames de petróleo. Por consiguiente, este informe tiene como objetivo describir los métodos a seguir para evaluar el impacto de dichas contingencias sobre las comunidades coralinas. La finalidad de estos procedimientos de evaluación ambiental es, además de identificar e interpretar el impacto ambiental de contingencias, tener una información robusta para orientar las estrategias de conservación a corto, mediano y largo plazo que se consideren adecuadas a las circunstancias, así como para respaldar acciones jurídicas que las administraciones puedan llegar a tomar para con los responsables detonantes de las contingencias.

Blanqueamiento

El blanqueamiento de las colonias de coral se debe a (1) la pérdida de algas simbióticas (zooxantelas), (2) la degradación de las células que alojan a las zooxantelas y (3) pérdida de pigmentos fotosintéticos (Schuttenberg 2001), y que afecta a diferentes taxa (Glynn 1993).

Consecuentemente, se produce una pérdida de color en el tejido que permite ver el esqueleto calcáreo del coral y que si se prolonga por un periodo superior a tres meses, el blanqueamiento deriva en la muerte de dicho tejido (Brown 1997) y los corales dejan de realizar su función dentro del ecosistema, dejando de proveer bienes y servicios a las comunidades aledañas (Moberg y Folke 1999). El blanqueamiento está causado por estrés térmico, exposición elevada a radiación ultravioleta (Lesser 1997) y exacerbado por cambios en la salinidad (Berkelmans y Oliver 1999).

Con respecto a la evaluación ambiental posterior al evento de blanqueamiento, hay diferentes metodologías (Santavy, y otros 2001) (Kenyon, y otros 2006) (NOAA 2008). Sin embargo, debido a la facilidad y rapidez se recomienda utilizar la metodología BLAGRRA en la que el personal capacitado monitorea los efectos de una emergencia ecológica a nivel de población, y permite determinar la composición de especies y su

tamaño que son variables que se ven afectadas por perturbaciones graves a los arrecifes de coral (Ginsburg 2010). BLAGRRA admite realizar múltiples transectos/sitios, por lo que se puede determinar la cobertura de grandes áreas reiteradamente (Lang, y otros 2006), lo cual es relevante ya que la mortalidad después del evento de blanqueamiento puede ser mayor, especialmente cuando las colonias son grandes (Ginsburg 2010).

Previamente, es necesario tener establecida y operativa una red robusta de alerta temprana, para detectar rápidamente eventos de blanqueamiento a lo largo del arrecife mesoamericano que permita identificar sitios que están siendo afectados desde las etapas iniciales, y coordinar de forma más eficiente y menos costosa el monitoreo. La red tendría que incluir a todos los actores locales y regionales involucrados en el uso de los arrecifes de coral (investigadores, asociaciones civiles, instituciones medioambientales, prestadores de servicios acuáticos y pescadores).

El método BLAGRRA cuenta con transectos de línea que están diseñados para evaluar rápidamente cambios en la coloración en el total de corales pétreos y cubierta coralina, durante y después de perturbaciones ecológicas graves. Así como los transectos de banda permite evaluar los efectos a nivel de población.

El protocolo BLAGRRA está descrito en <http://www.agrra.org/BLAGRRA/index.html>.

Tormentas tropicales y huracanes

Los arrecifes de coral han estado históricamente expuestos a tormentas tropicales y a huracanes, generando una especie de memoria ecológica que les permite re-organizarse con rapidez después de dichos eventos (Bengtsson, y otros 2003) (Lundberg y Moberg 2003). Sin embargo, los efectos antropogénicos han alterado los regímenes de perturbaciones naturales, introduciendo nuevos factores de estrés y modificando las condiciones de fondo de los arrecifes (Nyström y Folke 2001). Es importante tener en cuenta que los factores de estrés son múltiples y que eventualmente actúan de forma sinérgica, para entender la respuesta en el largo plazo (Hughes y Connel 1999).

Los efectos más comunes de los huracanes se producen especialmente sobre especies las especies que se disponen en ramas o en láminas. No obstante, los efectos dependen no sólo de la morfología de los corales sino de la escala temporal y espacial que se considere, la etapa del ciclo vital en que se encuentre el coral, la diversidad de especies

en la comunidad arrecifal, la profundidad del arrecife, su memoria ecológica, y la influencia de factores de estrés adicionales, sean de origen antropogénicos o no (Rogers 1993).

Por ello, se recomienda seguir la metodología descrita en Gleason, y otros (2007) donde a través de video-mosaicos realizados a 2m de distancia del sustrato en un área de 100m² se realizan una serie de transectos en paralelo cubriendo dicha área de estudio, produciendo una sola imagen de una mezcla de fotogramas individuales. La resolución es de 1-2mm por píxel, lo que permite detectar cambios en las colonias o en fragmentos superiores a 5cm de diámetro dentro de cada imagen (Lirman, y otros 2007).

Encallamientos

Después de un encallamiento es necesario documentar, recolectar y cuantificar evidencias físicas que nos permitan evaluar (cualitativa y cuantitativamente) el deterioro resultante de la colisión y su impacto en las comunidades arrecifales (Precht, Deis y Gelber 2000). Para ello, se recomienda estimar el impacto del encallamiento de acuerdo a la metodología descrita en el Manual Coordinado de Procedimientos Ambientales, Administrativos y Legales para la Atención Inmediata a los Arrecifes por Encallamientos (CONANP 2009), puesto que dicho protocolo fue generado con la participación de diversos actores para favorecer una respuesta más eficiente y eficaz.

Sin embargo, también se recomienda considerablemente incorporar elementos del método descrito en los procedimientos del simposio de arrecifes de coral que tuvo lugar en Bali (Precht, Deis y Gelber 2000).

Derrame de petróleo

Los efectos del petróleo sobre los arrecifes de coral son múltiples, incluyen desde la ausencia total de colonización por parte de los corales hermatípicos en áreas contaminadas de forma crónica hasta daños en los mecanismos de alimentación o la secreción excesiva de moco que conlleva un crecimiento bacteriano (Loya y Rinkevich 1980).

Por ende, los principales objetivos de una evaluación ambiental posterior a los derrames de petróleo deben ser (1) estimar los efectos tóxicos agudos sobre los arrecifes de coral y hábitats adyacentes, así como (2) determinar el comportamiento, la persistencia y el impacto de los residuos o de los dispersantes químicos utilizados para disolver las manchas de petróleo (Burns 1993) y (3) finalmente, evaluar los efectos a largo plazo en las comunidades arrecifales (Edgara y Barret 2000).

Hidrocarburos

La mayoría de estudios realizados utilizan el mismo método de monitoreo del arrecife que previamente se había utilizado en el área para poder realizar una comparación del estado de las comunidades arrecifales, así como de los efectos a corto plazo (Guzmán, Jackson y Weil 1991) (Edgara y Barret 2000). Esto se recomienda puesto que es indicativo de la capacidad de adaptación y recuperación de los arrecifes, así como de su resiliencia (Scheffer, y otros 2001). Como evaluación rápida de la contingencia, se recomienda utilizar el protocolo BLAGRRA en el Caribe mexicano (Lang, y otros 2006), que pudiera complementarse con otras metodologías más precisas para el estudio de variables más concretas.

Generalmente, las variables a evaluar son las siguientes:

- Número de colonias
- Tamaño de las colonias (cm²)
- Porcentaje de cobertura coralina
- Índice de Diversidad de Shannon-Wiener

Asimismo, se toman datos de lesiones recientes (blanqueamiento, inflamación de tejidos o producción elevada de mucus) y el crecimiento de coral (Guzmán, Jackson y Weil 1991) (Keller 1993). En algunos procedimientos, se evalúan sólo ciertas especies que se creen representativas del estado de la comunidad arrecifal, mientras que otros evalúan inclusive los organismos planos (gasterópodos, estomátodos), densidades de erizos, porcentaje de cobertura de algas, y densidad de invertebrados en las algas *turf*.

Otros estudios incluyen metodologías más sofisticadas como por ejemplo el uso de biomarcadores (Reid y MacFarlane 2003).

Los métodos estadísticos más aplicados para el análisis de los datos obtenidos en campo son análisis ANOVA (Guzmán, Jackson y Weil 1991) y correlaciones (Burns 1993).

Dispersante

Entre los efectos de los dispersantes en los arrecifes de coral se detecta la supresión de la longitud de fosa (Dodge, y otros 1984), los químicos se incorporan como productos fotosintéticos en los lípidos, los cuales se ven particularmente afectados (Cook y Knap 1983), así como la inhibición del proceso de fertilización y metamorfosis larval (Negri y Heyward 2000). Por ello, se recomienda monitorear el reclutamiento y crecimiento de los corales en las comunidades afectadas, así como enfermedades y % de colonias muertas. Esto último puede ser monitoreado *in situ* utilizando los protocolos AGRRA o BLAGRRA (Ginsburg 2010).

En laboratorio, se recomienda seguir las siguientes metodologías (Lewis 1971) (Rinkevich y Loya 1979) (Dodge, y otros 1984) (Bak 1987) (Epstein, Bak y Rinkevich 2000).

Bibliografía

Bak, R.P.M. «Effects of Chronic Oil Pollution on a Caribbean Coral Reef.» *Marine Pollution Bulletin* 18, n° 10 (1987): 534-539.

Bengtsson, J., y otros. «Reserves, Resilience and Dynamic Landscapes.» *Ambio* 32, n° 6 (2003): 389-396.

Berkelmans, R., y J.K. Oliver. «Large-scale bleaching of corals on the Great Barrier Reef.» *Coral Reefs* 18, n° 1 (1999): 55-60.

Brown, B. E. «Coral bleaching: causes and consequences.» *Coral Reefs* 16 (1997): S129-S138.

Burns, K. A. «Analytical Methods Used in Oil Spill Studies.» *Marine Pollution Bulletin* 26, n° 2 (1993): 68-72.

CONANP. *Manual Coordinado de Procedimientos Ambientales, Administrativos y Legales para la Atención Inmediata a los Arrecifes por Encallamientos*. Manual de Procedimientos, México, D.F.: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2009.

Cook, C.B., y A.H. Knap. «Effects of crude oil and chemical dispersant on photosynthesis in the brain coral *Diploria strigosa*.» *Marine Biology* 78, n° 1 (1983): 21-27.

- Dodge, R.E., S.C. Wyers, H.R. Frith, A.H. Knap, S. R. Smith, y T.D. Sleeter. «The effects of oil and oil dispersants on the skeletal growth of the hermatypic coral *Diploria strigosa*.» *Coral Reefs* 3 (1984): 191-198.
- Edgara, G.J., y N.S. Barret. «Impact of the Iron Baron Oil Spill on Subtidal Reef Assemblages in Tasmania.» *Marine Pollution Bulletin* 40, n° 1 (2000): 36-49.
- Epstein, N., R.P.M. Bak, y B. Rinkevich. «Toxicity of Third Generation Dispersants and Dispersed Egyptian Crude Oil on Red Sea Coral Larvae.» *Marine Pollution Bulletin* 40, n° 6 (2000): 497-503.
- Ginsburg, R.N. «BLAGRRA Version 2: Rapid Surveys for Ecological Emergencies.» Agosto de 2010. <http://www.agrra.org/BLAGRRA/index.html> (último acceso: 9 de Septiembre de 2010).
- Gleason, A. C.R., y otros. «Documenting hurricane impacts on coral reefs using two-dimensional video-mosaic technology.» *Marine Ecology* 28, n° 2 (2007): 254-258.
- Glynn, P.W. «Coral reef bleaching: ecological perspectives.» *Coral Reefs* 12 (1993): 1-17.
- Guzmán, H.M., J.B.C. Jackson, y E. Weil. «Short-term ecological consequences of a major oil spill on Panamanian subtidal reef corals.» *Coral Reefs* 10 (1991): 1-12.
- Hughes, T.P., y J.H. Connel. «Multiple stressors on coral reefs: a long-term perspective.» *Limnology and oceanography* 44, n° 3 (1999): 932-940.
- Keller, B.D. *Long-term Assessment of the Oil Spill at Bahía Las Minas, Panama.* USNM Panama Oil Spill Recovery Study, Balboa, Panama: Smithsonian Tropical Research Institute, 1993.
- Kenyon, J.C., R.E. Brainard, R.K. Hoeke, F.A. Parrish, y C.B. Wilkinson. «Towed-Diver Surveys, a Method for Mesoscale Spatial Assessment of Benthic Reef Habitat: A Case Study at Midway Atoll in the Hawaiian Archipelago.» *Coastal Management* 34, n° 3 (2006): 339-349.
- Lang, J., R. Ginsburg, K Marks, H Oxenford, J-P. Maréchal, y S. Gore. «The simplified BLAGRRA Protocol for rapid response to bleaching events, outbreaks of disease, and other disasters.» *Caribbean Bleaching and Disease Workshop: 2005 Event Response and Assessment*. Cozumel: ITMEMS 3 Global Problems, Local Solutions, 2006. 3-4.
- Lesser, M. P. «Oxidative stress causes coral bleaching during exposure to elevated temperatures.» *Coral Reefs* 16, n° 3 (1997): 187-192.
- Lewis, J.B. «Effect of crude oil and an oil-spill dispersant on reef corals.» *Marine Pollution Bulletin* 2, n° 4 (1971): 59-62.

- Lirman, D., y otros. «Development and application of a video-mosaic survey technology to document the status of coral reef communities.» *Environmental Monitoring and Assessment* 121, n° 1-3 (2007): 59-73.
- Loya, Y., y B. Rinkevich. «Effects of Oil Pollution on Coral Reef Communities.» *Marine Ecology* 3 (1980): 167-180.
- Lundberg, J., y F. Moberg. «Mobile Link Organisms and Ecosystem Functioning: Implications for Ecosystem Resilience and Management.» *Ecosystems* 6, n° 1 (2003): 87-98.
- Moberg, F., y C. Folke. «Ecological goods and services of coral reef ecosystems.» *Ecological Economics* 29, n° 2 (1999): 215-233.
- Negri, A.P., y A.J. Heyward. «Inhibition of Fertilization and Larval Metamorphosis of the Coral *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834) by Petroleum Products.» *Marine Pollution Bulletin* 41, n° 7-12 (2000): 420-427.
- NOAA. «NOAA Coral Reef Watch. Methodology, Product Description, and Data Availability of NOAA Coral Reef Watch (CRW) Operational and Experimental Satellite Coral Bleaching Monitoring Products .» 17 de Septiembre de 2008. <http://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/methodology/methodology.html> (último acceso: 9 de Septiembre de 2010).
- Nyström, M., y C. Folke. «Spatial Resilience of Coral Reefs.» *Ecosystems* 4, n° 5 (2001): 406-417.
- Precht, W.F., D.R. Deis, y A.R. Gelber. «Damage assessment protocol and restoration of coral reefs injured by vessel groundings.» *Proceedings 9th International Coral Reef Symposium*. Bali, Indonesia: ICRI, 2000. 1-6.
- Reid, D.J., y G.R. MacFarlane. «Potential biomarkers of crude oil exposure in the gastropod mollusc, *Austrocochlea porcata*: laboratory and manipulative field studies.» *Environmental Pollution* 126, n° 2 (2003): 147-155.
- Rinkevich, B., y Y. Loya. «Laboratory experiments on the effects of crude oil on the Red Sea coral *Stylophora pistillata*.» *Marine Pollution Bulletin* 10, n° 11 (1979): 328-330.
- Rogers, C. S. «Hurricanes and coral reefs: The intermediate disturbance hypothesis revisited.» *Coral reefs* 12, n° 3-4 (1993): 127-137.
- Santavy, D.L., y otros. «Quantitative assessment of coral diseases in the Florida Keys: strategy and methodology.» *Hydrobiologia* 460 (2001): 39-52.
- Scheffer, M., S. Carpenter, J.A. Foley, C. Folke, y B. Walker. «Catastrophic shifts in ecosystems.» *Nature* 413 (2001): 591-596.

Schuttenberg, H. *Coral Bleaching: Causes, Consequences and Responde*. Coastal Management Report #2230, Rhode Island, USA: Coastal Resources Center, 2001.