

ISSN 01800-4700

Vol 15 (1) Ago - Dec, 2005



---

BOLETÍN INFORMATIVO  
**JAINA**  
*en línea*



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CAMPECHE  
Centro de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México

# Contenido

	<b>Biología y Metabolismo de Erizos de Mar</b>	<b>1</b>
	<b>Cambios en la Diversidad Ictiofaunística de Laguna de Terminos (Sur del Golfo de México): Una aplicación de mediciones de biodiversidad basadas en la distancia taxonómica entre especies</b>	<b>8</b>
	<b>EcoLogic Development Fund Launches Ecosystem Payments Initiative in Guerrero, Mexico</b>	<b>15</b>
	<b>Pro Esteros A.C.</b>	<b>17</b>
	<b>Consejos Consultivos para el Desarrollo Sustentable</b>	<b>21</b>
	<b>Desarrollo Marítimo-Costero de Campeche: apreciación del contexto histórico</b>	<b>23</b>
	<b>Indicadores y Biomarcadores de Disrupción Endocrina en Peces</b>	<b>34</b>

# Biología y Metabolismo de Erizos de Mar

Enrique González-Durán  
Universidad Autónoma de Campeche

El constante incremento en las demandas por gónadas de erizos de mar en Japón, Francia, Bélgica, Grecia, Italia y Turquía, ha acelerado la pesquería de erizo de mar hasta el grado en que las disminuciones en la productividad no pueden ser estimuladas por futuras expansiones geográficas (Hagen, 1996). Los bajos niveles de captura, aunados a la gran demanda del mercado japonés, ha dado como resultado que el precio del kilogramo de gónada de erizo de mar fluctuó entre los US\$ 200 y 400 (Pearce *et al.*, 2002a). A partir de las disminuciones en los volúmenes de producción de las pesquerías de erizos de mar, algunos países entre los que se encuentran Chile, Japón y Canadá desarrollan tecnologías para el cultivo y mejoramiento de la calidad de las gónadas colectadas del medio silvestre.

La mayoría de los estudios orientados hacia la generación de tecnologías que permitan el cultivo de los erizos de mar enfatizan la importancia del cultivo larvario, los sistemas de cultivos, el mejoramiento de la calidad de la gónada, y el desarrollo de dietas experimentales (De Jong-Westman *et al.*, 1995; Hooper *et al.*, 1997; Motnikar *et al.*, 1997; Klinger *et al.*, 1997; Robinson and Colborne 1997; Walker and Lesser 1997; Kennedy *et al.*, 2000; Vadas *et al.*, 2000; Pearce *et al.*, 2002a,b)

Sistemas de policultivo en los que, materiales no consumidos por otros organismos (remanentes alimenticios o material particulado), puedan ser incorporados en la dieta de los erizos, han sido sugeridos por diversos autores. Kelly *et al.* (1998) utilizaron tan solo una sola dieta para alimentar erizos y salmones mantenidos en condiciones de policultivo y encontraron un incremento somático y gonádico mayor en erizos mantenidos en cajas suspen-

didadas por debajo de los salmones, mientras que aquellos mantenidos en cajas lejos del efecto de los remanentes alimenticios y/o en condiciones naturales tuvieron menores crecimientos. Los estudios orientados hacia el policultivo de los erizos de mar, han evaluado los efectos del sistema atendiendo a las mejoras en crecimiento y calidad de las gónadas. Sin embargo la interacción bioquímica, ecológica y/o patológica resultante del mantenimiento de las especies, no ha sido considerada, pese a que se conoce la existencia de disminuciones en la producción somática y desarrollo gonádico en erizos de mar (*Paracentrotus lividus*), mantenidos a bajas concentraciones de amonio, nitritos y nitratos (1mg, 1-2 mg y 100 mg) (Basuyaux y Mathieu, 1999). Adicionalmente, la alta incidencia de infecciones parasitarias observadas en erizos de mar encontrados a altas densidades en cultivos y condiciones silvestres (Watts *et al.*, 1998 y DFO 2002), indican que el mantenimiento de condiciones de cultivo libre de patógenos constituye el mayor reto por resolver.

Recientemente se han elaborado dietas que satisfacen las necesidades energéticas de los erizos de mar, promueven el crecimiento, mejoran la calidad de las gónadas y disminuyen la fuerte dependencia por pastos marinos (Pantazis *et al.*, 2000, Kennedy *et al.*, 2000 Pearce *et al.*, 2002a,b, Castell *et al.*, 2004). Estos estudios han evaluado por separado diversas características del alimento (proteínas, lípidos, minerales) en términos de los efectos generados en crecimiento, producción de gónada y formación de exoesqueleto.

La importancia de la proteína en la elaboración de alimentos capaces de mejorar la calidad de las gónadas ha sido estudiada (Lawrence y Lane 1982, De Jong-

Westman *et al.*, 1995, Fernández 1997, Kelly *et al.*, 1998, Cook *et al.*, 1998, McBride *et al.*, 1998, Kennedy *et al.*, 2002 y Pearce *et al.*, 2002a,b). La mayoría de estas investigaciones coinciden en que el requerimiento de proteína durante las etapas tempranas de desarrollo somático es alto (20%), motivo por el cual se cree existe una relación directa entre el contenido proteínico de la dieta y el desarrollo somático del exoesqueleto (Bureau *et al.*, 1997). De acuerdo con Dubois y Chen (1989) los requerimientos de proteína de los estadios juveniles de erizos de mar podrían estar asociados con el desarrollo de una matriz intra-esteromica localizada en las paredes del exoesqueleto.

El efecto de la temperatura en la producción de gónadas de erizos de mar ha sido documentado (McBride *et al.*, 1997; Fernández y Pergent 1998). Spirlet *et al.* (2000) relacionaron en forma positiva el desarrollo de la gónada con la temperatura, al encontrar gónadas de mayor tamaño en erizos mantenidos a 24 °C y menores gónadas en erizos mantenidos a 12 °C.

En adición a los efectos en la producción de gónadas, la temperatura también ejerce influencias en las tasas metabólicas y crecimiento. Pearse (1980) reporta disminuciones en crecimiento de erizos de mar asociadas al incremento de la temperatura de 14 °C a 21 °C.

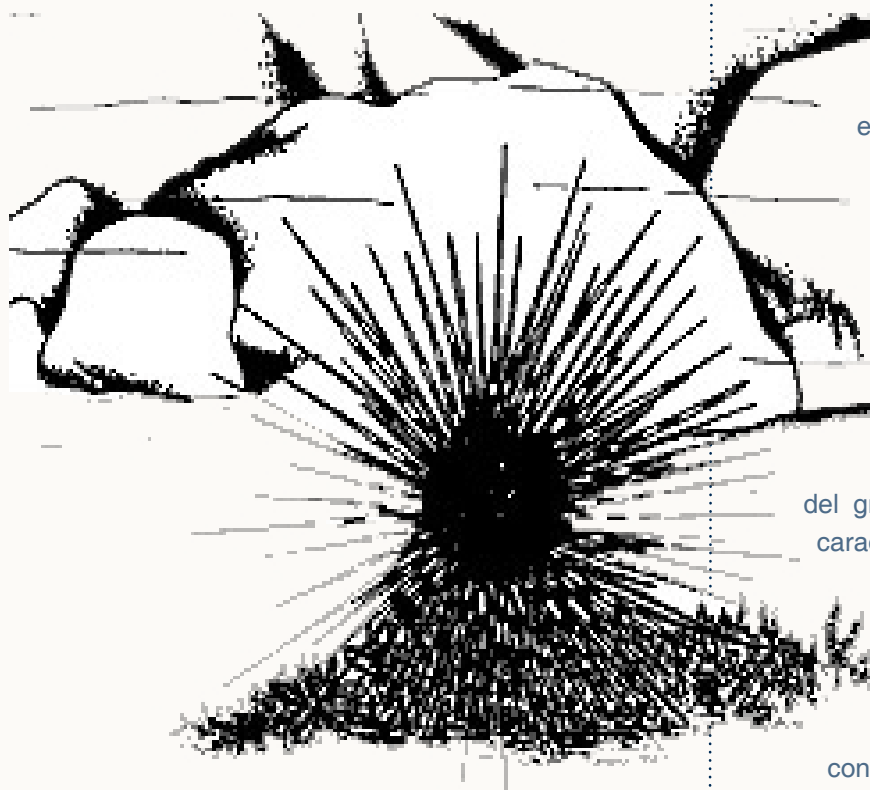
Los efectos de la temperatura sobre el desarrollo larval del erizo de mar han sido poco estudiados, destacan sin embargo los estudios realizados por Miller y Emler (1999). Estos autores encontraron variaciones en el desarrollo larval y ausencia de cambio en el orden en que desarrollan y funcionan las estructuras a bajas temperaturas, específicamente descubrieron un menor desarrollo de nuevas características morfológicas en juveniles mantenidos a 8-11 °C, con respecto al observado en individuos mantenidos a 14 °C.

La estimulación que las microalgas tienen sobre el desarrollo larvario de los erizos de mar ha sido abordada por Miller y Emler (1999). Larvas de erizos de mar alimentadas con altas concentraciones de *Chaetoceros gracilis* ( $1.8 \times 10^4$  células  $ml^{-1}$ ) tuvieron un mayor desarrollo de dientes y pedicelos, en comparación con aquellas alimentadas con bajas concentraciones de *Rhodomonas lens* ( $7.0 \times 10^3$  células  $ml^{-1}$ ), estos resultados podrían sugerir que la cantidad y no la calidad del alimento constituye una característica importante durante el desarrollo larvario de la especie.

El establecimiento de conglomerados de erizos de edades similares (tallas) también ha sido analizado por diversos autores (Burke 1980, Hart y Scheibling 1998, Roller y Stickle 1985). La estructura de comunidades ha sido asociada con el desarrollo metamórfico y etológico inducidas por la quimiorrecepción del substrato (Burke 1980, Pearce y Scheibling 1990) y la profundidad, la cual ejerce un efecto negativo en el establecimiento de conglomerados de erizos de mar (Balch 2000).

La competencia por una mayor disponibilidad del alimento así como la predación son interacciones delimitantes de los agregados de erizos de mar (Berstein *et al.*, 1983 y Lawrence 2001a). Adicionalmente, también se ha reconocido que la formación de estos conglomerados es dependiente del grado de percepción, orientación y movilidad característicos de los erizos de mar (Scheibling y Hatcher 2001).

Un comportamiento forrajero específico en el cual varias fuentes alimenticias son seleccionadas y consumidas en proporción con sus valores nutricionales netos y que no guar-



da relación con la abundancia y disponibilidad del alimento en el medio ha sido discutido en erizos de mar (Ridder y Lawrence 1982 y Lawrence 2001a).

El alto número de individuos que integran los conglomerados aunado a una fuerte dependencia respecto a las macroalgas, confieren a los erizos de mar los atributos necesarios para ser categorizados como verdaderas plagas, capaces de producir drásticos cambios en diversidad y estructura de comunidades (Wharton y Mann 1981 y Chapman y Jonson 1990).

Los mecanismos alimenticios y la digestión de los erizos de mar han sido revisados por Lawrence y Klinger (2001). Brevemente, los alimentos son desgarrados y triturados por la linterna de Aristóteles, estructura que es operada y mantenida en posición mediante varios músculos unidos al exoesqueleto, los cuales permite movimientos laterales y retráctiles en el eje oral – aboral (Ridder y Lawrence, 1982). En adición a la linterna de Aristóteles, los pies tubulares también participan en la alimentación y la captura del alimento y además brindan movilidad (Lawrence 1982). Un comportamiento típico de los erizos de mar que les ayuda a evitar la disecación y/o degradación del alimento, la competencia intraespecífica por el recurso y que sirve para incrementar el sostenimiento de la captura en el oleaje y corrientes marinas, y en el cual participan los pies tubulares, es la cobertura del alimento en la superficie aboral del exoesqueleto (Ridder y Lawrence 1982).

El punto de inicio de la digestión extracelular ocurre al encapsular el alimento en una película de mucus (pellets) con características porosas que facilitan la absorción de los alimentos ingeridos (Lawrence 1982). Se sabe que la digestión extracelular inicia mediante la activación de los celomocitos, los cuales desintegran el alimento, liberan enzimas y transfieren los productos fagocitados a una ceca pilórica conectada con un estomago cardiaco, lugar donde la actividad enzimática, digestión y absorción por parte del epitelio al parecer ocurre (Banford 1982). A pesar de que la existencia de procesos mediados por bacterias durante la digestión y fijación de nitrógeno, así como la presencia de enzimas hidrolíticas, como polisacaridasas, quitinasas, carbohidrasas y proteasas ha sido reportada en erizos de mar (Lawrence 1982), los mecanismos asociados en el transporte y digestión aun son confusos.

Al igual que el hígado en vertebrados, el estomago cardiaco de los erizos de mar, constituye el principal sitio para el metabolismo de lípidos, motivo por el cual es el sitio más susceptible de sufrir modificaciones inducidas por el alimento.

Se cree que el transporte de lípidos desde el estomago cardiaco hasta los diversos tejidos ocurre a través de un fluido celómico y plasma (Allen 1974). Otras funciones asociadas al sistema celómico y/o hemal de equinodermos son el transporte de neurosecretores y células germinales, respiración, defensa microbiana, producción de antígenos y excreción (Ferguson 1982).

A pesar de que la anatomía digestiva del grupo es remarkablemente consistente, relativamente poco es conocido acerca de los mecanismos de digestión y transporte de lípidos en erizos de mar. La digestión de la grasa alimenticia debe iniciar con la hidrólisis de lípidos y liberación de ácidos grasos mediados por la acción de las lipasas, las cuales se cree podrían estar presentes en las células del mucus. Lawrence y Klinger (2001) han sugerido la existencia de una difusión pasiva de ácidos grasos dentro de enterocitos y mitocondrias, sitios donde es probable que ocurra la generación de un quilomicrón primario.

El metabolismo de los ácidos grasos de vertebrados es considerado hoy día como el prototipo que mejor define las rutas metabólicas de equinodermos y crustáceos, muy a pesar de las diferencias de transporte y digestión existentes en estos organismos (Allen 1974 y Harrison 1991).

A la fecha la habilidad de desaturación de 18:1n-9 para formar precursores esenciales de las familias n-3 y n-6, ha sido una característica aun no asociada con animales, motivo por el cual la necesidad por suministrar ácidos linoléico y linolénico (18:3n-3 y 18:2n-6, respectivamente) en dietas utilizadas en el mantenimiento de organismos superiores constituye una característica generalizada en la elaboración de los alimentos.

La habilidad para de nuevo sintetizar ácidos grasos esenciales de cadena larga a partir de 18:3n-3 y 18:2n-6 ha sido asociada con la existencia y amplitud de la  $\Delta 5$  y  $\Delta 6$ . A través de las cuales se pueden biosintetizar los ácidos eicosapentanoico (20:5n-3) y docosapentanoico (22:6n-3), araquídónico (20:4n-6) y eicosenoico (20:2n-9), y eicosatrienoico (20:3n-9), a partir de 18:3n-3, 18:2n-6, y 18:1n-9, respectivamente.

Los ácidos grasos característicos de las gónadas de los erizos de mar han sido descritos por *Liyana Pathirana et al.*, (2002a,b). Estos autores identificaron 14:0 y 16:0 como los ácidos grasos saturados dominantes en la porción de los fosfolípidos y triglicéridos,  $\Delta 5$ -olefinico y 20:1n-15 en la fracción de los monoinsaturados, y 20:4n-6 y 20:5n-3 como preponderantes poliinsaturados.

A la fecha no existe otro estudio con erizos de mar que reporte una alta incidencia de 20:1n-15 en la fracción de monoinsaturados (*Fujino et al.*, 1971, *Takagi et al.*, 1979 y *Liyana-Pathirana 2002a,b*), motivo por el cual la probabilidad por confusión con un ácido graso no común, cuya característica principal es el no contar con dobles ligaduras interrumpidas por grupos de metilo (NMID), es alta (*Paradis y Ackman 1975, 1977; Takagi et al.*, 1979; *Cook et al.*, 2000; *Bell et al.*, 2001).

Algunos estudios han confirmado la capacidad innata de los erizos de mar por de nuevo sintetizar NMID. Los NMID observados en erizos de mar han sido identificados como isómeros de  $\Delta 5,11$  y  $\Delta 5,13$  y se cree que debido a la similitud en la posición del enlace etilénico, estos ácidos grasos, específicamente 20:2 $\Delta 5,13$ NMID podrían constituir substitutos probables de 20:4n-6 (*Takagi et*

*al*, 1979). La mayoría de los autores, coinciden en que la ligadura etilénica 5,6 observada en 20:2 $\Delta 5,13$ NMID y 20:2 $\Delta 5,11$ NMID podría conferir resistencia a cierto tipo de hidrólisis causada por bacterias y otros microorganismos, motivo por el cual se piensa que los NMID podrían contribuir en la estabilidad de la membrana expuesta al agua marina. De manera concisa, se piensa que los NMID ofrecen protección contra infecciones bacterianas.

Los altos niveles de 20:4n-6 y 20:5n-3 constituyen un alto riesgo de peroxidación, autólisis y/o fermentación biológica, sin embargo, es posible que la calidad de los productos generados a partir de gónadas de erizos de mar, logren mantenerse gracias a la presencia de ciertos componentes antioxidativos (pigmentos, específicamente, equinocromo) (*Shimada y Ogura N.* 1990) En este contexto, se ha descrito la capacidad de acumular y modificar la química de algunos pigmentos del alimento (carotenoides) e incorporarlos en las características de la gónada en forma de  $\beta$ -caroteno (*De Jong-Westman et al.*, 1995). También se ha estudiado la suplementación de  $\beta$ -caroteno en el mejoramiento del color de la gónada y disminuciones del riesgo de peroxidación (*Havardson y Imslad 1999*)

## Referencias

- Ackman R.G. (1981) Algae as a source of edible lipids In: Pryde E., Princen L., and Mukherjee K. (eds) *New sources of fats and oils* American Oil Chemists Society (AOCS) 189-220
- Akiyama T. Unuma T. and Yamamoto T. (2001) Optimum protein level in a purified diet for young red sea urchin *Pseudocentrotus depressus* *Fish. Sci.* 67: 361-363
- Allen W.V. (1974) Interorgan transport of lipids in the purple sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus* *Comp. Biochem. Physiol.* 47A 1297-1311
- Balch T. (2000) Settlement and recruitment of echinoderms in kelp bed barrens PhD Thesis Dalhousie University Halifax, NS, Canada
- Banford D. (1982) Epithelial absorption In: Jangoux M and Lawrence J.M. (eds) *Echinoderm Nutrition* AA Balkema Rotterdam, Netherlands 317-328
- Barker M. Keogh J. Lawrence J. and Lawrence A. (1998) Feeding rate, absorption efficiencies, growth, and enhancement of gonad production in the New Zealand sea urchin *Evechinus chloroticus valenciennes* (Echinoidea) fed prepared and natural diets. *J. of Shell. Res.* 17(5) 1583-1597
- Basuyaux O. and Mathieu M (1999) Inorganic nitrogen and its effects on growth of the abalone *Haliotis tuberculata* (Linnaeus) and the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck). *Aquaculture* 174 95-107

- Bell M. Dick J. Kelly M. (2001) Biosynthesis of eicosapentanoic acid in the sea urchin *Psammechinus miliaris* *Lipids*, 36 (1) 2001
- Berstein B.B. Schroeter S.C. Mann K.H. (1983) Sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) aggregating behaviour investigated by subtidal multifactorial experiment *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 40:1975-1986
- Bureau D. Campbell A. and Hartwicks B. (1997) Roe enhancement in the red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus* fed the bull kelp *Nereocystis leutkeana* *Bull. Aquacul. Assoc. Canada* 97:1 26-30
- Burke R.D. (1980) Development of pedicellariae in the pluteus larvae of *Lytechinus pictus* (Echinodermata: Echinoidea) *Can J. Zool.* 58 1674-1682
- Castell J.D., Kennedy E., Shawn M.C. Robinson, G. Jay Parsons, Tammy Blair, and González-Durán E (2004) Effect of dietary lipids on fatty acid composition and metabolism in juveniles green sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*) *Aquaculture* 242 417-435
- Chapman A.R.O. and Johnson C.R. (1990) Disturbance and organization of macroalgae assemblages in the northwest Atlantic. *Hydrobiologia* 192:77-127

- Cook E. Bell M. V. Kenneth D. Kelly M.S. (2000) Fatty acid composition of gonadal material and diets of the sea urchin *Psammechinus miliaris*: trophic and nutritional implications J of Exp. Mar. Biol. And Ecol. 255 261-274
- Cook E. Kelly M. and Mckenzie J. (1998) Somatic and gonadal growth of the sea urchin *Psammechinus miliaris* (Gmelin) fed artificial salmon feed compared with a macroalgae diet J. of Shell. Res. 17 (5) 1549-1555
- D.F.O. (2002) Nova Scotia green sea urchin. DFO Science Stock Status Report C3-48
- De Jong-Westman March N.E. and Carefoot T. (1995) The effect of different nutrient formulation in artificial diets on gonad growth in the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* Can J. Zool. 73: 1495-4502
- Dubois and Chen (1989) Clacification in echinoderms In: Jangoux M and Lawrence J.M. (eds) Echinoderm Studies AA. Balkena, Rotterdam Netherlands, Vol 3 109-178
- Emler R. and Hoegh-Gulderbg O. (1997) Effects of egg size on postlarvae performance: experimental evidence from a sea urchin. Evolution 51(1) 141-152
- Ferguson J.C. (1982) Nutrient translocation In: Jangoux M. and Lawrence J.M. (eds) Echinoderm nutrition AA Balkema Rotterdam 374-391
- Fernandez C. (1997) Effect of diet on the biochemical composition of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) under natural rearing conditions. Comp. Biochem. Physiol. 118A 1377-1384
- Fernandez C. and Pergent G. (1998) Effect of diferent formulated diets and rearing condition on growth parameters of the sea urchin *Paracentrotus lividus*. J. of Shell. Res. 17(5) 1571-1581
- Floreto E. Teshima S. Ishikawa M. (1996) The effects of seaweed diets on the growth, lipid and fatty acids of juvenile of the white sea urchin *Tripneustes lividus* Fish Sci.
- Fujino Y.T. Negishi and K. Umatami (1971) Studies on lipids in the sea urchins egg. Part I on the chemical changes of lipid during curing with salt. Nippon Kogyo Gakkaishi 17: 343-349
- González M. Pérez M. López D. and Pino C. (1993). Effects of algal diet on the energy available for growthof juvenile sea urchin *Loxechinus albus* (Molina, 1782). Aquaculture, 115 87-95
- Hagen N.T. (1996) Echinoculture: from fishery enhancement to closed cycle cultivation. World Aquac. Soc, 6-19
- Harrison K.M. (1991) Essential fatty acid metabolism and requirements of the lobster, *Homarus americanus* PhD thesis Dalhousie University, Halifax NS Canada.
- Hart M.V. and Scheibling R.E. (1998) Heat waves, baby booms, and the destruction of kelps beds by sea urchins. Mar. Biol. 99, 167-176
- Hartvardson B. and Imsland A. (1999) Lipid metabolism In: Gunstone, Harwood and Padley (eds) The lipid handbook 2<sup>nd</sup> ed Chapman & Hall, London 605-633
- Hooper R. Cuthbert F. and McKeever T. (1997) Feasibility trials for sea urchins aquaculture using natural feed. Bull Aquac. Assoc. Canada 97:1 5-7
- Kelly M. Brodie and McKenzie J. (1998) Somatic and gonadal growth of the sea urchin *Psammechinus miliaris* (Gmelin) maintained in polyculture with the atlantic salmon J. of Shellf. Rese 17 (5) 1557-1562
- Kennedy E. Robinson S.M. Parson J and Castell J. (2000) Studeies on feed formulation to maximize somatic growth rates of juvenile green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*). Aquac. Assoc. Canada Spec. Publ. No4 68-71
- Kennedy E.J. (2002) Effects of protein, lipids, minerals, and pigments in prepared diets on the somatic growth of juvenile green sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*) Msc thesis memorial University of Newfoundland, Canada
- Klinger T. Lawrence J. and Lawrence M. (1997) Gonad and somatic production of *Strongylocentrotus droebachiensis* fed manufactured feeds. Bulls. Aquacul. Assoc. Canada 97: 1 35-37
- Lawrence J (1982) Digestion In: Jangoux M and Lawrence J.M. (eds) Echinoderm Nutrition AA Balkema Rotterdam, Netherlands 283-316
- Lawrence J and Klinger T. (2001) Digestion in sea urchin In: Lawrence J. (eds) Edible sea urchins: biology and ecology. Elsiever Netherland 103-114
- Lawrence J. (2001a) The edible sea urchin In: Lawrence J.M. (eds) Edible sea urchins: Biology and Ecology Elsevier Sci. Netherlands 1-4
- Lawrence J. and Lane J.M. (1982) The utilization of nutrients by post-metamorphic echinoderms In: Jangoux M and Lawrence J.M. (eds) Echinoderm nutrition AA. Balkena Rotterdam, Netherlands 331-372
- Liyana-Pathirana Shahidi F. Whittick A. and Hooper R. (2002a) Lipid and lipid soluble components of green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) J. of food lipid 9 105-126
- Liyana-Pathirana, Shahidi F. Wittick A. (2002b) Comparison of nutrient composition of gonad and celomic uid of green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* J. Shellf. Res. 21(2) 861-870
- McBride S, Lawrence J. Lawrence A. and Mulligan T. (1998) The effect of protein concentration in prepared feeds on growth, feeding rate, total organic absorption, and gross assimilation efficiency of the sea urchins *Strongylocentrotus franciscanus* J. of Shell. Res. 17 (5) 1563-1570
- McBride S. Lawrence J. Lawrence A. and Mulligan T (1997) The effect of temperature on production of gonads by the sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* fed natural and prepared diets. J. of the World Aquac. Soc. 28 (4) 357-365
- McClintok J.B. and Watts S.A. (1990) The effect of photoperiod on gametogenesis in the tropical sea urchin *Eudaris tribuloides* (Lamarck) (Echinodermata:Echinoidea) J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 139 175-184
- Meidel and Scheibling R (1999) Effects of food type and ratio on reproductive maturation and growth of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* Mar. Biol. 134: 155-166

- Miller A. and Emler R. (1999) Development of newly metamorphosed juveniles sea urchins *Strongylocentrotus franciscanus* and *S. purpuratus*: morphology, the effect of temperature and larvae food ratio, and a method to determine age. *J. of Exp. Mar. Biol. And Ecol.* 235 67-90
- Motnikar S. Bryl P. and Boyer J. (1997) Conditioning sea urchins in tanks: the effect of semi-moist diets on gonad quality. *Bull. Aquac. Assoc. Canada* 97:1 21-25
- Pantazis P. Kelly M. Connolly J. and Black K. (2000) Effect of artificial diets on growth, lipid utilization, and gonad biochemistry in the adult sea urchin *Pasammechinus milliaris* *J. of Shellf. Res.* 19(2) 995-1001
- Paradis M and Ackman R (1977) Potential for employing the distribution of anomalous non-methylene-interrupted dienoic fatty acids in several marine invertebrates as part of food web studies. *Lipids* 12 No 2 170-175
- Paradis M. and Ackman R. (1975) Occurrence and chemical structure of Nonmethylene-Interrupted Dienoic fatty acids in american oyster *Crasostrea virginica* *Lipids* 10 (1) 12-16
- Pearce C. Dagget T. Robinson S (2002b) Effect of protein source ratio and protein concentration in prepared diets on gonad yield and quality of the green sea urchins, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Aquaculture* 214 307-332
- Pearce C. Dagget T. Robinson S. (2002a) Effect of binder type and concentration on prepared feed stability and gonad yield and quality of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Aquaculture* 214 307-332
- Pearce C.M. and Scheibling R.E. (1990) Induction of metamorphosis of larvae of the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* by coralline red algae. *Biol. Bull.* 179:304-311
- Pearse J. (1980) Synchronization of gametogenesis in the sea urchins *Strongylocentrotus purpuratus* and *S. franciscanus* In: Clark W.H. Adams T.S. (eds) *Advances in invertebrate reproduction*. Elsevier North Holland Inc. 53-68
- Pearse J.S. and Cameron R.A. (1991) Food and feeding mechanisms: Echinoidea In: Jangoux M. and Lawrence J.M. (eds) *Echinoderm nutrition*, AA Balkema Rotterdam, Netherlands 331-372
- Ridder and Lawrence J.M. (1982) food and feeding mechanisms: Echinoidea In: Jangoux M and Lawrence J.M. (eds) *Echinoderm nutrition*, AA Balkema Rotterdam, Netherland 331-372
- Robinson S. and Colborne L. (1997) Enhancing roe of the green sea urchin using an artificial food source. *Bull. Aquac. Assoc. Canada* 97:1 14-20
- Roller R.A. and Stickle W.B. (1985) Effect of salinity on larvae tolerance and early development rates of four species of echinoderms. *Can J. Zool* 63:1531-1538
- Russell M.P. (1998) Resource allocation plasticity in sea urchins: rapid, diet induced, phenotypic changes in the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis* (Müller). *J. of Exp. Mar. Biol. And Ecol.* 220 1-14
- Scheibling R.E. and Hatcher B.G. (2001) The ecology of *Strongylocentrotus droebachiensis* In: Lawrence J.M. (eds) *Edible sea urchins: Biology and Ecology*. Elsevier Sci. Netherland 271-306
- Shimada K. and Ogura N. (1990) Lipid changes in sea urchins gonads during storage *J. Food Sci.* 55 (4)
- Shilling M. and Manahan D. (1990) Energetics of early development for the sea urchins *Strongylocentrotus purpuratus* and *Lytechinus pictus* and the crustacean *Artemia sp.* *Mar. Biol.* 106, 119-127
- Spirlet C. Grosjean P. Jangoux M. (2000) Optimization of gonad growth by manipulation of temperature and photoperiod in cultivated sea urchins, *Paracentrotus lividus* (Lamarck)(Echinodermata) *Aquaculture* 185 85-99
- Takagi T., Eaton A. and Ackman R. (1979) Distribution of fatty acids in lipids of the common Atlantic sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 37 195-202
- Vadas R. Beal B. Dowling T. And Fegley J. (2000) Experimental field tests of natural algae diets on gonad index and quality of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*: a case for rapid summer production in post-spawned animals. *Aquaculture* 182 115-135
- Walker C. and Lesser M. (1997) Prepared food coupled with manipulation of photoperiod yield and out-season crop for the green sea urchin. *Bull. Aquac. Assoc. Canada* 97:1 31-34
- Watts S.A. Boettger A. McClintock J. and Lawrence J. (1998) Gonad reproduction in the sea urchin *Lytechinus variegatus* fed prepared feed. *J. of Shellf. Res.* 17(5) 1591-1595
- Wharton W.G. and Mann K.H. (1981) Relationship between destructive grazing by the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* and the abundance of the american lobster *Homarus americanus* on the Atlantic coast of Canada. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 38:1339-1349
- Yakota Y. (1990) Degradation and utilization of the yolk during development of the sea urchin *Zoological Sci.* 7 (6) 116
- Yakota Y. Kato K. Mita M. (1993) Morphological and biochemical studies on yolk degradation in the sea urchin *Hemicentrotus pulcherrimus* *Zoological Sci.* 10: 661-670



# Evidencias de Cambios en la Diversidad Ictiofaunística de Laguna de Terminos, México: Una aplicación de índices de diversidad taxonómica

Atahualpa Sosa-López<sup>1</sup>, Julia Ramos-Miranda<sup>1</sup>,  
Domingo Flores-Hernández<sup>1</sup>, David Mouillot<sup>2</sup> y  
Thang Do Chi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro EPOMEX, Universidad Autónoma de Campeche

<sup>2</sup>Laboratorio de Ecosistemas Lagunares,  
Universidad de Montpellier II

## Introducción

La actual preocupación acerca de la preservación de la biodiversidad se basa principalmente en la creencia de que la pérdida de biodiversidad significa una pérdida de funciones del ecosistema y en consecuencia una pérdida de servicios para la sociedad (Constanza, 1997; Duarte, 2000). Estos servicios agrupan un número de funciones que se derivan de las interacciones entre los organismos con su ambiente. Los mecanismos de enlace entre cambios en la diversidad y funciones del ecosistema son muy relevantes en ecosistemas marinos donde una crisis en biodiversidad empieza a ser más aparente (Vitousek *et al.*, 1997).

La crisis de la biodiversidad marina es más acentuada en la zona costera, donde se ha observado una pérdida significativa de zonas de manglar, arrecifes coralinos y praderas de pastos marinos (Fortes, 1998; Short y Wyllie-Echeverria, 1996, Guidetti *et al.*, 2002). Se ha observado

que estos hábitats son fácilmente afectados por la actividad antropogénica así como por cambios climáticos. En este sentido es importante saber como se desarrollarían las comunidades biológicas como respuesta a cambios en las condiciones ambientales. Al respecto es necesario desarrollar métodos analíticos más eficaces para detectar y predecir cambios significativos en las comunidades biológicas como una consecuencia de los cambios ambientales (Griffiths, 2001).

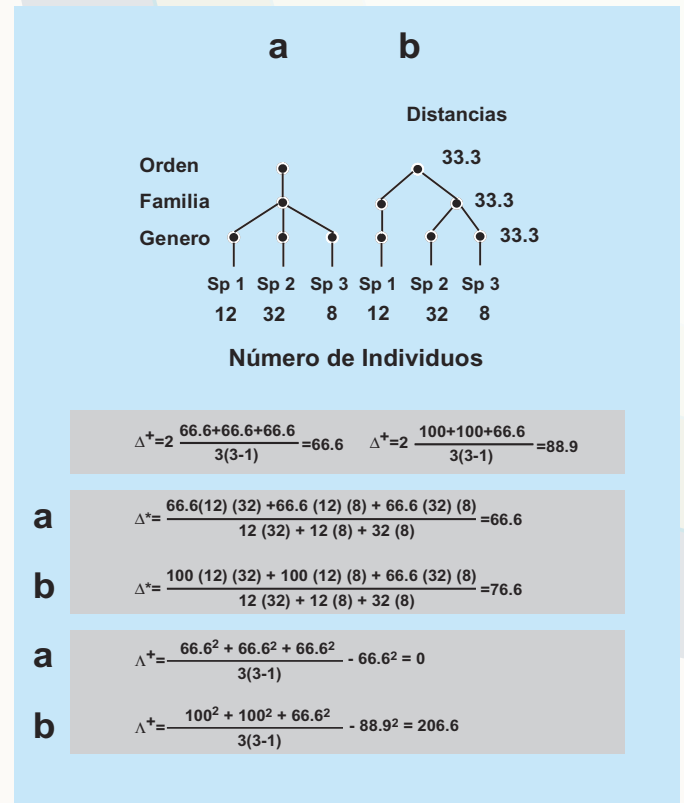
Las mediciones de diversidad mas ampliamente utilizadas son aquellas basadas en el número de especies presentes (i.e. el índice de riqueza específica de Margalef,  $d$ ), o índices que describen la 'equitatividad' de la distribución del número de individuos por especies (i.e. el índice de Pielou,  $J'$ ), o aquellos que combinan ambos, la riqueza y las propiedades de 'equitatividad' (i.e. el índice de Shannon-Wiener,  $H'$ ). Estos índices quizá sean de valor como mediciones comparativas de biodiversidad

en donde los tamaños de muestra y tipos de hábitats son cuidadosamente controlados, como debería ser el caso en un estudio de impacto ambiental local. Sin embargo, los índices antes mencionados (índices clásicos de biodiversidad) son de baja utilidad cuando los datos son colectados en una amplia escala espacial y/o temporal (Clarke y Warwick, 1998). En la mayoría de los casos los 'índices clásicos de biodiversidad' son altamente dependientes del tamaño de la muestra, lo cual invalida cualquier análisis de datos tomados bajo situaciones donde se desconoce o no se controla el esfuerzo de muestreo.

### Índices de Diversidad Taxonómica

Warwick y Clarke (1995) introdujeron los conceptos de 'distintividad taxonómica' ( $\Delta$ ) en ecología marina, como una medida del grado promedio al cual los individuos en un agrupamiento de especies están relacionadas unas con otras. Clarke y Warwick (1998) también examinaron las propiedades estadísticas de ambos índices, la 'distintividad taxonómica promedio' (DTp) basada en las abundancias ( $\Delta^*$ ) y la basada únicamente en datos de presencia/ausencia de especies ( $\Delta_+$ ). Ellos mostraron que los valores medios de DTp son independientes del tamaño y esfuerzo de muestreo (una importante ventaja sobre las mediciones clásicas de biodiversidad) y derivaron una expresión para la medición de su varianza la cual denominaron 'variación de la distintividad taxonómica' ( $\Delta_+$ ). La estimación de la DTp se calcula simplemente mediante la suma de las 'longitudes de rutas' o 'peso de distintividad' ( $\omega_{ij}$ ) a través de un árbol taxonómico, conectando todos los pares de especies en la lista, y dividido por el número de rutas (ver ejemplo, Figura 1).

Como se mencionó previamente una propiedad importante de los índices DTp es su independencia con respecto al esfuerzo de muestreo. Esto permite probar la hipótesis nula de que una lista de especies de una región/hábitat particular tiene una estructura taxonómica que es representativa de una zona mayor que comprende obviamente un número mayor de especies. El procedimiento para probar dicha hipótesis nula consiste en fijar el número de especies de la región específica ( $m$ ) y simular la distribución de los valores esperados de  $\Delta_m^+$  bajo la hipótesis nula, haciendo aproximadamente 1000 selecciones aleatorias de cada  $m$  especies de la 'lista completa' de especies. Como con cualquier prueba de hipótesis, el valor observado de  $\Delta^+$  para la región específica en cuestión es contrastado con la distribución de  $\Delta_m^+$  provenientes de



**Figura 1.** Dos ejemplos de árboles taxonómicos (a y b), para los cuales los índices de distintividad taxonómica promedio son calculados y comparados ( $\Delta^*$  basado en abundancias y  $\Delta_+$  basado únicamente en presencia ausencia de especies) así como la variación promedio de la distintividad taxonómica ( $\Delta_+$ ). Las distancias corresponden a fracciones de 100% ('Distancia taxonómica total'; la cual es una constante) dividido por el número de niveles taxonómicos (que en este caso son 3), la cual resulta en 33.33% para cada nivel taxonómico. En el ejemplo a, la distancia entre las cada especie con respecto a otra es siempre 66.66, ya que las tres comparten la misma familia 33.33% (Genero) + 33.33% (Familia). En el ejemplo b, la especie 1, pertenece a un genero y familia distintos por lo tanto la distancia con respecto a las otras dos es del 100%. Las diferencias resultan en índices de diversidad taxonómica distintos.

las 1000 simulaciones, para ver si  $\Delta^+$  varía por arriba o por de bajo de valores críticos el cual comúnmente es de 5% de la distribución.

### La laguna de Términos: Un ambiente Bajo Estrés

La Laguna de Términos (LT), es un ecosistema estratégico ubicado al sur del Golfo de México. Su importancia se debe principalmente a: (1) Su riqueza en recursos bióticos, los cuales se encuentran bajo protección des-

de 1990 (Diario Oficial de la Federación, 1994), (2) a su interacción ecológica con la Sonda de Campeche la cual soporta las pesquerías de crustáceos y peces, y (3) a su proximidad a las zonas de extracción petrolera. De manera general la LT se encuentra caracterizada por diversos tipos de habitats que han sido descritos por Yañez-Arancibia y Day (1988). Desde hace aproximadamente 20 años, la LT ha enfrentado diversos impactos antropogénicos, específicamente relacionados con el desarrollo de la industria petrolera, deforestación de humedales y manglares, asociado al desarrollo agrícola y ganadero, así como el desarrollo urbano en zonas adyacentes. Aunque la LT fue declarada área natural protegida desde 1990, otras fuentes indirectas de impacto son las actividades pesqueras e implementación de arrecifes artificiales en la zona costera contigua. Aunado a los impactos antropogénicos, recientemente se han detectado cambios en los patrones de variación hidrológicos relacionado a cambios de las condiciones climáticas (Flores-Hernández *et al.*, 2000; Ramos-Miranda *et al.*, 2005; Sosa-López *et al.*, 2005). Con base en lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo principal evaluar los cambios en la diversidad de peces a través de mediciones de biodiversidad basadas en la distancia taxonómica entre especies.

### Los Datos Empleados

Los datos empleados en el presente trabajo provienen de muestreos biológicos (Arrastre a una velocidad de 2.5 nudos con una red de prueba camaronera 'chango') realizados mensualmente dentro de la laguna de Terminos durante dos períodos anuales (1980/81, Yañez-Arancibia *et al.*, 1982; y 1998/99, Ramos-Miranda, 2000). De ambas campañas de muestreo se seleccionaron 17 estaciones de muestreo, las cuales coincidieron espacialmente (Figura 2). Dichas estaciones fueron agrupadas en cinco estratos espaciales con afinidad hidrológica (A-E), los cuales se muestran en la figura 2. En cada estación de muestreo se midieron parámetros fisicoquímicos tales como salinidad, temperatura, profundidad y transparencia. Los peces colectados fueron identificados hasta el nivel de especie, contados y pesados a una precisión de 0.1 g. Para mayores detalles acerca del programa de muestreo consultar Ramos-Miranda (2000) y, Yañez-Arancibia *et al.* (1982).

### Resultados

Se colectaron un total de 22,834 organismos distribuidos en 106 especies durante ambos períodos de muestreo sumando un peso total de 714.865 kg. Las dieciséis especies más abundantes que representaron el 88.1% fueron *Cathorops melanopus* (Gunter, 1824), *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829), *Sphoeroides testudineus* (Linnaeus, 1758), *Eucinostomus gula* (Quoy & Gaimard, 1824), *Archosargus rhomboidalis* (Linnaeus, 1758), *Bairdiella chrysoura* (Lacepede, 1802), *Arius felis* (Linnaeus, 1766), *Anchoa mitchilli* (Valenciennes, 1848), *Cynoscion arenarius* (Ginsburg, 1930), *Eugerres plumieri* (Cuvier, 1830), *Stellifer lanceolatus* (Holbrook, 1855), *Chloroscombrus chrysurus* (Linnaeus, 1766), *Bagre marinus* (Mitchill, 1815), *Centengraulis edentulus* (Cuvier, 1829), *Citharichthys spilopterus* (Gunther, 1862) and *Chaetodipterus faber* (Broussonet, 1782). *C. melanopus* fue la especie más abundante durante el período 1980/81 (2230 individuos) mientras que *D. rhombeus* fue la especie más abundante durante el período 1998/99 (3452 individuos).

La variación de los valores de  $\Delta^*$  fueron principalmente explicados por el componente anual y en menor grado por el componente estacional y espacial. Los valores promedio de  $\Delta^*$  decrecieron de 4.40 (SE = 0.037) en 1980/1981 a 4.25 (SE = 0.055) en 1998/1999 (Tabla 1). Esta

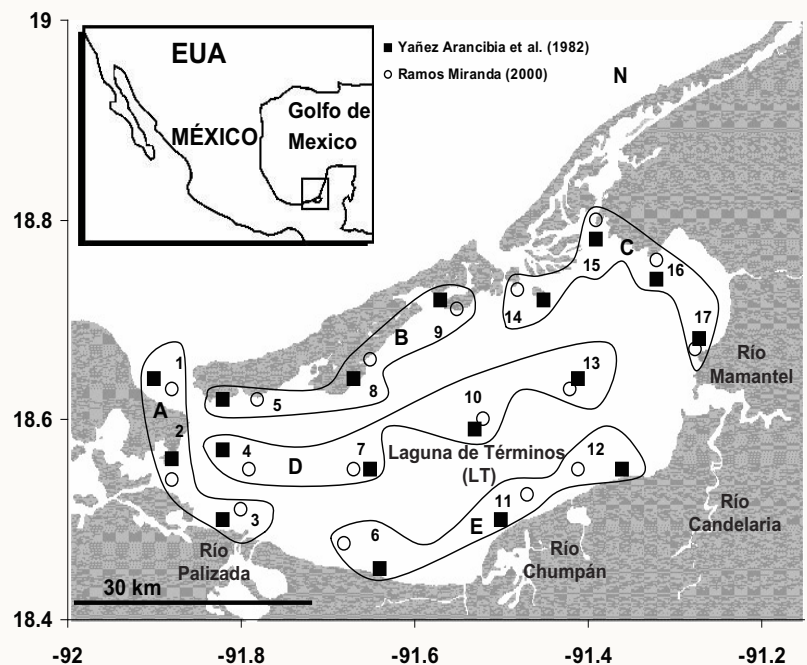


Figura 2. Área de estudio, sitios de muestreo y estratos espaciales (A - E).

tendencia es particularmente clara durante la época de secas (Feb-May, Figura 3) en el área C donde la distancia taxonómica promedio entre especies cayó de 4.69 a 3.97. La variación de los valores de  $\Delta+$  fueron también principalmente explicados anualmente (Tabla 1) aun cuando el factor estacional influenció significativamente este índice. Adicionalmente, la influencia espacial (áreas) no es consistente con la influencia anual, observándose una interacción significativa ( $P < 0.05$ ) entre ambos factores: El área B mostró los valores más elevados de  $\Delta+$  durante el período 1980/81 mientras el área E mostró el valor más alto de  $\Delta+$  durante el período 1998/99 independientemente de la época climática. De manera general  $\Delta+$  decreció significativamente de 74.41 (SE = 0.44) en 1980/81 a 71.54 (SE = 0.49) en 1998/99, lo cual sugiere que las agrupaciones de especies muestran una tendencia a estar más cercanas desde el punto de vista taxonómico después de 18 años. Para reforzar el señalamiento previo, podemos destacar que el valor promedio de  $\Delta+$  siempre es más alto en el período anual 1980/81 que en 1998/99, excepto para el área D durante la época de secas (Figura 3).

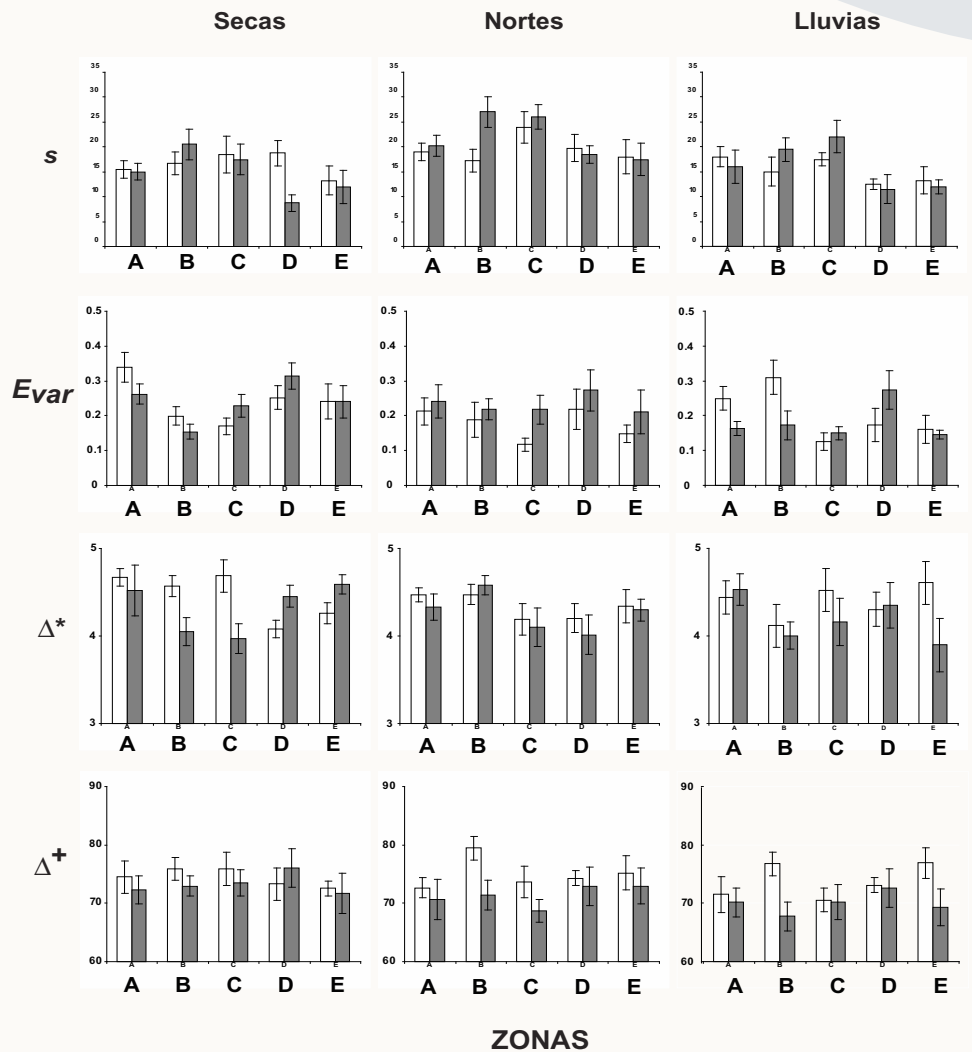
**Discusión**

El decremento en la diversidad taxonómica puede ser explicado a través de diferentes causas. Al respecto algunos factores ambientales pueden actuar como ‘filtros de nicho’ seleccionando la presencia solamente de especies taxonómicamente cercanas y con atributos particulares. De manera general, si nichos ecológicos son considera-

**Tabla 1.** Valores de *F* del análisis de varianza de tres vías aplicado los diferentes componentes de diversidad.

	gl	Riqueza	Equitatividad	$\Delta^*$	$\Delta+$
Zona	4	15.62***	6.68***	2.16 <sup>NS</sup>	2.00 <sup>NS</sup>
Año	1	0.54 <sup>NS</sup>	0.75 <sup>NS</sup>	5.21*	23.31***
Epoca climática	2	27.99***	5.51**	0.94 <sup>NS</sup>	3.82*
Zona* Año	4	6.96***	4.51**	1.56 <sup>NS</sup>	3.65**
Zona* Epoca climática	8	0.77 <sup>NS</sup>	1.95 <sup>NS</sup>	1.49 <sup>NS</sup>	1.21 <sup>NS</sup>
Año* Epoca Climática	2	3.54*	3.67*	0.42 <sup>NS</sup>	2.13 <sup>NS</sup>
Zona Año Epoca Climática	8	1.08 <sup>NS</sup>	0.76 <sup>NS</sup>	2.49*	1.05 <sup>NS</sup>
Error	90				
Total	119				

<sup>NS</sup> no significativo, \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$



**Figura 3.** Media ( $\pm$  desviación estándar) de cuatro componentes de diversidad (S: riqueza;  $E_{var}$ : equitatividad;  $\Delta^*$ : distintividad taxonómica promedio basada en datos de presencia/ausencia de especies y su abundancia;  $\Delta+$ : distintividad taxonómica promedio basada únicamente en datos de presencia/ausencia de especies) estimada sobre zonas, épocas climáticas y períodos anuales (1980/81 en blanco y 1998/99 en gris). Barras blancas corresponden al período 1980/81; barras grises al período 1998/99

dos ser más similares dentro de grupos de especies más cercanas taxonómicamente, un incremento en la magnitud de algunos 'factores forzantes' puede conducir a un decremento de los índices de diversidad taxonómica entre individuos y/o especies como se ilustra en la figura 4. La segunda causa principal para explicar un decremento en la diversidad taxonómica de comunidades locales es

una pérdida de heterogeneidad local en términos de hábitat y recursos. Especies cercanas taxonómicamente se espera que utilicen hábitats y recursos semejantes, así una pérdida de heterogeneidad local quizá limite el número de nichos disponibles, y de este modo un decremento del nivel de diferencias taxonómicas entre especies dentro de comunidades (Figura 4). Contrariamente, mayor disponibilidad de recursos y diversidad de hábitats se espera que incremente la diversidad taxonómica de comunidades locales porque esto elevaría la coexistencia de especies más lejanas taxonómicamente con diferentes requerimientos ecológicos.

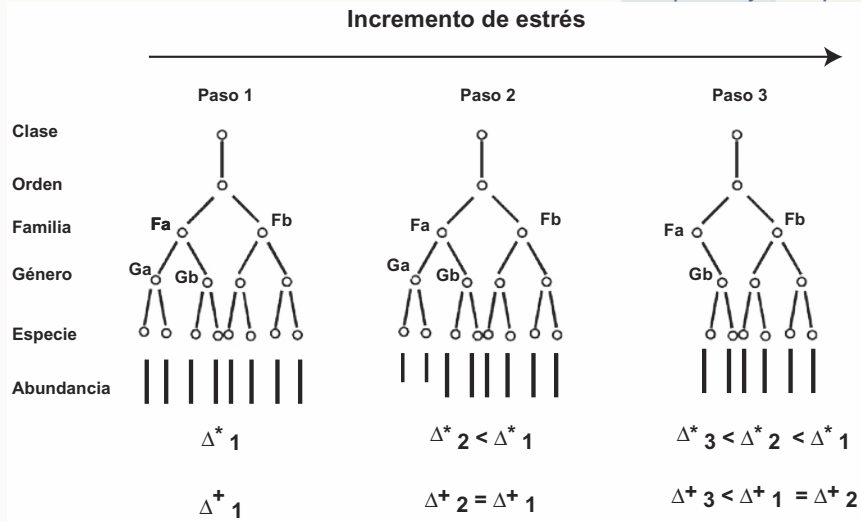
En la laguna de Terminos, los cambios observados en la estructura taxonómica podrían ser explicados por al menos tres factores principales: (1) la actividad pesquera, (2) los contaminantes, y (3) cambios en las condiciones hidrológicas.

(1) Aunque actualmente las actividades pesqueras se encuentran prohibidas dentro de la Laguna de Terminos desde 1991 (Diario Oficial de la Federación, 1991), actividades pesqueras aún se llevan a cabo, particularmente la pesquería artesanal en la zona suroeste de la laguna. Adicionalmente, un incremento en la actividad pesquera se ha observado en la zona costera oeste

adyacente a la laguna, debido a la pesca artesanal de camarón siete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*). Al respecto, es ampliamente aceptado que la actividad pesquera provoca la disminución de tallas promedio no solo de las especies objetivo sino también de la fauna acompañante (Rogers et al. 1999) así como disminución de la riqueza y composición de especies (Pope y Knights 1982; Rice y Gislason, 1996). Además, diferentes taxones no presentan la misma sensibilidad al impacto pesquero, y algunas familias y órdenes que muestran algunas diferencias en su ciclo de vida podrían ser más afectadas por lo actividad pesquera que otras.

(2) Por otra parte, la laguna de Terminos ha sido afectada indirectamente

por otras actividades antropogénicas, principalmente el desarrollo de la industria petrolera, actividades agrícolas en los márgenes de la laguna así como por el crecimiento demográfico en la isla del Carmen (Currie-Alder, 2001). De acuerdo con Carvallo (2002), contaminantes persistentes de origen agrícola han sido determinados a diferentes niveles tróficos en la laguna de Terminos. Rendon-von Osten y Memije (2001) reportaron que diversos compuestos persistentes tales como organoclorados están presentes en la laguna de Terminos, así como también presentes en tejido de camarón blanco (*Litopenaeus setiferus*), el cual forma parte importante de la dieta de la mayoría de las especies de peces (i.e. Sciaenidos, Aridos y Lutjanidos). De este modo, las actividades antropogénicas que indirectamente se encuentran asociadas a la laguna de Terminos muy probablemente están contribuyendo a explicar la disminución de la ocurrencia de algunas es-



**Figura 4.** Evolución teórica de dos índices de diversidad taxonómica de una comunidad a lo largo de un gradiente de estrés ambiental. Esta comunidad hipotética muestra 8 especies con igual abundancia distribuidas en cuatro géneros, dos familias y un orden en la etapa 1. En la etapa dos tiene la misma estructura taxonómica sin embargo se muestra un efecto diferencial del estrés ambiental sobre la familia Fa, específicamente a través de la disminución de la abundancia de la especie de género Ga. Como una consecuencia del estrés en la etapa 3 se observa una ausencia de la especie del género Ga y una disminución de la abundancia de la especie Gb. En cada etapa se muestra el comportamiento esperado de cada índice de diversidad bajo los cambios hipotéticos observados.

peces de peces que son más sensibles a la presencia de ciertos contaminantes.

(3) Los resultados acerca de las condiciones hidrológicas entre los períodos de estudio mostraron las pérdida de condiciones estuarinas en la laguna de Terminos (Tabla 2), por ejemplo, un incremento significativo en la temperatura del agua, salinidad y profundidad fue observado entre los períodos de estudio (Ramos-Miranda *et al.*, 2005). De manera generalizada, en ambientes costeros, un cambio en la condiciones hidrológicas ha sido observado de condiciones hipohalinas a euhalinas/hiperhalinas (Mariani, 2001). Estos cambios en las condiciones hidrológicas, nos permiten suponer que algunas familias de peces tales como Serranidae, Lobotidae, Achiridae, Belonidae, Elopidae y Stromatidae se encuentran actualmente mejor representadas dentro de la laguna de Terminos, mientras que peces estuarinos se encuentran menos representados (*i.e.* Sciaenidae). Además, los cambios en los patrones hídricos tales como la mayor entrada de agua marina hacia el interior de la laguna a restringido la distribución de especies preferentemente estuarinas a zonas de descarga riverina (*i.e.* zonas A y E). Particularmente, en la zona C (Zona que mostró un incremento significativo en el valor de salinidad promedio), la distancia taxonómica promedio entre peces disminuyeron de 4.69 (entre subórdenes y órdenes) a 3.97 (entre órdenes y familias) revelando que los individuos se encuentran mucho mas cercanamente relacionados taxonómica y ecológicamente en 1998/99 que en 1980/81. En este sentido, un mayor número de especies preferentemente estuarinas estuvieron presentes en la zona C durante época de secas en el período 1980/81, y ausentes durante 1998/99.

Un decremento en la diversidad taxonómica implica que la similitud ecológica neta entre especies e individuos dentro de asociaciones locales se incrementa. Al respecto durante una perturbación ecológica, la similitud ecológica neta en una comunidad es más grande y el nivel de respuestas biológicas es mas bajo. Con especies de diferentes li-

najes podemos esperar diferentes respuestas biológicas y/o habilidades fisiológicas a través de su del ciclo y de este modo una mas elevada estabilidad o resiliencia del componente biótico. Además, la homogenización taxonómica observada localmente induce a una simplificación de la red trófica (Olden *et al.*, 2004), ya que especies relacionadas taxonómicamente generalmente utilizan recursos similares. Contrariamente, si una asociación de especies esta compuesta de especies poco relacionadas taxonómicamente, la similitud ecológica decrece dentro de la comunidad y un nivel de complejidad mayor puede esperarse en la red trófica.

El presente análisis demuestra que la diversidad taxonómica está in uenciada principalmente por factores ambientales que actúan de manera diferencial a través de las épocas climáticas así como en diferentes zonas dentro de la laguna. En contraste, los índices de diversidad basados en la estructura taxonómica de las asociaciones de especies están claramente disminuyendo después de un período de 18 años. Como consecuencia, esta pérdida de diversidad taxonómica puede conducir a una pérdida de respuestas ecológicas a uctuaciones ambientales así como a una pérdida de funciones ecológicas ligadas a la pérdida de diversidad de peces observada.

**Tabla 2.** Valores de *F* del análisis de varianza de tres vías aplicado a las diferentes variables hidrológicas.

	gl	Salinidad	Temperatura	Transparencia
Zona	4	32.32***	3.29*	26.16***
Año	1	13.71***	21.13***	25.19***
Epoca climática	2	149.80***	178.11***	1.17 <sup>NS</sup>
Zona* Año	4	2.43*	1.87 <sup>NS</sup>	2.02 <sup>NS</sup>
Zona* Epoca climática	8	0.87 <sup>NS</sup>	0.28 <sup>NS</sup>	1.23 <sup>NS</sup>
Año* Epoca Climática	2	4.83***	22.51***	3.44*
Zona Año Epoca Climática	8	0.73 <sup>NS</sup>	0.13 <sup>NS</sup>	0.95 <sup>NS</sup>
Error	90			
Total	119			

<sup>NS</sup> no significativo, \* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001

## Referencias

- Carvalho FP (2002). Tropical and sub-tropical cost-effective tools for an integrated risk assessment of wetlands (TROCA). European Union Reearch Contract. IC18-CT98-0264 (DGXII-CPDE). Final Report of the Sub-Contractor. Instituto Tecnológico e Nuclear. Departamento de Protecção Radiológica e Segurança Nuclear. E. N. 10, P-2686-953 Sacavém. Portugal 30p.
- Constanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P. & van der Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253-260.
- Currie-Alder, B. A. B. (2001). Collaborative management of the Mexican coast: Public participation and the oil industry in the Terminos Lagoon Protected Area. Simon Fraser University, Report 281. 120 pp.
- Diario Oficial de Federación. Mayo 17, 1991. Acuerdo por el que se norma el aprovechamiento de las especies de camarón de altamar en aguas de jurisdicción federal del Golfo de México, y Mar Caribe, así como Océano Pacífico.
- Diario Oficial de Federación. Junio 6, 1994. Decreto por el que se declara como área natural protegida, con carácter de área de protección de flora y fauna, la región conocida como Laguna de Terminos, ubicada en los municipios de Carmen, Palizada y Champotón, Estado de Campeche, México.
- Duarte, C. M. 2000. Marine biodiversity and ecosystem services: an allusive link. *J. of Experimental Marine Biology & Ecology* 250, 117-131.
- Flores-Hernandez, D., Ramos-Miranda, J., Rendón von Osten, J., Sosa-Lopez, A., Alpuche-Gual, L., Rosas-Vega, R., Arreguín-Sánchez, F., Amado-Ayala, L., Gonzalez, M., Santos, J., Memije, M., Mas, M. & Canul, C. 2000. Evaluación del Camarón blanco (*Litopenaeus setiferus*) y de las comunidades neotónicas de la Laguna de Terminos Campeche, Mexico: Estimación de los impactos ambientales y pesqueros. Synthesized final report, CONACyT-SISIERRA Grant ALIM-11-96. 19 p.
- Fortes, M. D. 1998. Mangroves and seagrass beds of east Asia: Habitats under stress. *Ambio*. 17, 207-213.
- Griffiths S. P. 2001. Factors Influencing fish composition in an Australian intermittently open estuary. Is stability salinity-dependent? *Estuarine Coastal and Shelf Science* 52, 739-751.
- Guidetti, P., Fanelli, G., Frascchetti, S., Terlizzi, A., Boero, F. 2002. Coastal fish indicate human induced changes in the Mediterranean littoral. *Marine Environmental Research* 53, 77-94.
- Mariani, S., (2001). Can spatial distribution of ichthyofauna describe marine influence on coastal lagoons? A central Mediterranean case study. *Estuarine Coastal & Shelf Science* 52, 261-267.
- Pope J.G., Knights B.J. (1982) Comparison of the length distribution of combined catches of all demersal fishes in surveys in the North Sea and at Faroe Bank. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, Vol 59 (ed. M. C. Mercer), pp. 116-118. Government of Canada, Ottawa.
- Ramos-Miranda, J. 2000. Biologie, Ecologie, Exploitation de la Crevette blanche *Litopenaeus setiferus* en Campeche, Mexique. Thèse de doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale spécialité: Océanographie biologique. France. 298 p.
- Ramos-Miranda, J., Quiniou L., Flores-Hernandez D., Do-Chi T., Ayala-Perez L., Sosa-Lopez A. 2005. Spatial and temporal changes in the newton of the Terminos Lagoon, Campeche, Mexico. *Journal of Fish Biology* 66, in press.
- Rice J, Gislason H.(1996) Patterns of change in the size spectra of numbers and diversity of the North Sea assemblage, as reflected in surveys and models. *ICES Journal of Marine Science*, 53, 1214-1225.
- Rogers SI, Maxwell D, Rijnsdorp AD, Damm U, Vanhee W (1999) Fishing effects in northeast Atlantic Shelf Seas: patterns in fishing effort, diversity and community structure. IV. Can comparisons of species diversity be used to assess human impacts on coastal demersal fish faunas in the Northeast Atlantic? *Fisheries Research*, 40, 135-152.
- Sosa-López, A., Mouillot, D., Do Chi, T., & Ramos-Miranda, J. (2005) Ecological indicators based on fish biomass distribution along trophic levels: an application to the Terminos Coastal lagoon. *ICES Journal of Marine Science*, 62, in press.
- Short, F. T., & Wyllie-Echeverria, S. 1996. Natural and human-induced disturbance of seagrasses. *Environmental Conservation* 23, 17-27.
- Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J., & Melillo, J. 1997. Human domination of the earth's ecosystems. *Science* 277, 494-499
- Yáñez-Arancibia, A., Lara-Domínguez, A. L., Sánchez-Gil, P., Alvarez-Guillen, H., Vargas-Maldonado, I., Aguirre-León, A., Tapia-García, M., García-Abad, M., Flores-Hernandez, D., Chavance, P., Amezcua-Linares, F., Díaz-Ruiz, S., Alvarez-Rubio, M. & Rojas-Galaviz, J. L. 1982. Caracterización ambiental del sistema ecológico y análisis comparativo de las poblaciones de peces de la Sonda de Campeche y de la Laguna de Términos, antes y después del derrame petrolero del Pozo IXTOC-I. Final Report. PCEESC/UNAM/ICML/ (IF) 4 parts 221 p.
- Yáñez-Arancibia, A. y J. W. Day, Jr. (Eds.), 1988. Ecología de los Ecosistemas Costeros en el Sur del Golfo de México: La Región de la Laguna de Términos. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. UNAM Coast. Ecol. Inst. LSU. Editorial Universitaria, México DF.

# EcoLogic Development Fund Launches Ecosystem Payments Initiative in Guerrero, Mexico

On July 25, 2005, the EcoLogic Development Fund formally launched a five-year partnership with the Consejo Regional de la Sierra de Guerrero (CRESIG), a regional council that represents more than 1,000 organized rural communities from the state of Guerrero in southern Mexico.

The occasion was marked by the opening of EcoLogic's new regional office in Chilpancingo, Guerrero, where Ramón Alfonso Herrera, EcoLogic's Mexico Program Officer, is now based. The governor of Guerrero, the mayor of Acapulco, and the director of Acapulco's National Chamber of Commerce branch, joined CRESIG in enthusiastically welcoming EcoLogic's new role in the region.

The Sierra de Guerrero is among Mexico's poorest yet most biologically diverse regions. The mountain range spans over 1.8 million acres of forest. From these mountains springs the Papagayo River, a waterway that provides 98% of Acapulco's freshwater supply and 25% of Mexico City's. Ironically, 85% of the Sierra's rural population lives without adequate potable water and sanitation. Chronic and historic neglect of these communities has driven many to the cultivation of opium poppy and marijuana as an economic alternative of last resort.

## Financing Conservation

To most, the mention of Acapulco—a world-renowned vacation spot, attracting over 1.5 million visitors a year—brings forth images of palm trees and white sand beaches. Not far away, however, in the rugged mountain

range just above the resort city, reside impoverished communities that see little or no benefit from the burgeoning tourism industry.

EcoLogic's work with CRESIG, an organization traditionally focused on economic and social development, seeks to improve the livelihoods of its constituents through the establishment of ecosystem service payments for the water provided by the Papagayo River. Under EcoLogic's tested model, water users, including downstream urban and industrial consumers from Acapulco will make voluntary payments to these rural communities for the protection and restoration of vital water sources, namely the upland water catchment areas where CRESIG members dwell.

"Water will continue to flow from the Sierra only to the degree that communities can organize themselves around natural resource conservation, to prevent forest fires and regulate logging, an activity that only a few years ago would take place in these forests completely uncontrolled," commented Rigoberto Acosta, CRESIG's director.

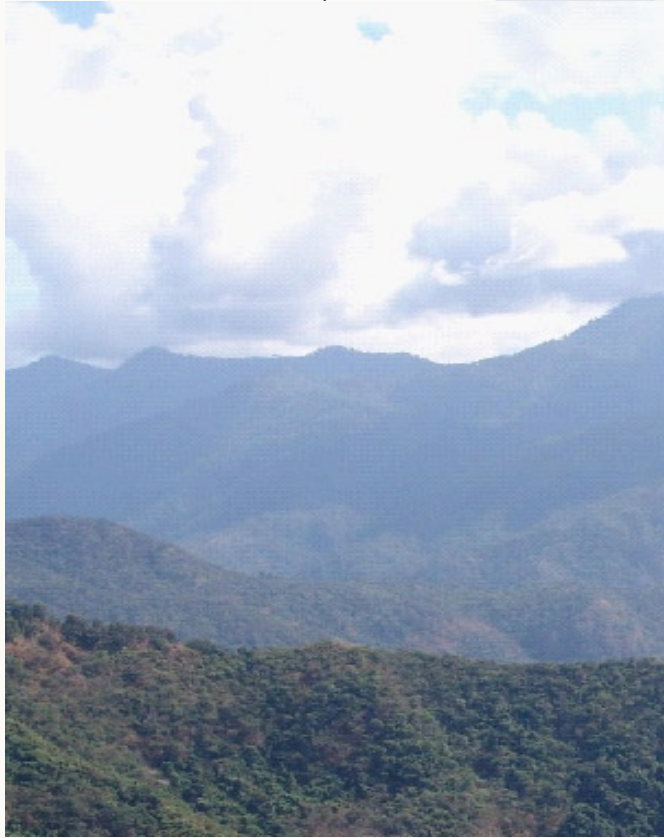
As the water supply to these major cities is steadily deteriorating due to unsustainable land use and the expansion of sewage systems that dump untreated waste into rivers, Mexican authorities have begun to focus their attention on Guerrero. The National Commission for the Understanding and Use of Biodiversity (CONABIO), for example, recently designated this region as a priority conservation area due to its unique cloud forests and high level of threatened biodiversity.



## A Strong Alliance

EcoLogic has spent the past year developing its partnership with CRESIG. In December 2004, EcoLogic facilitated an extensive consultative process with local communities to forge a regional strategic plan that addresses community defined economic development priorities and a viable conservation strategy for the region's natural resources.

The goals for the partnership, identified through the consultation process, include planting five million trees, strengthening community stewardship of 1.8 million acres of forests, and improving sewage infrastructure. This initiative will also build new sustainable economic development alternatives, beginning with the expansion of the production and sale of mezcal, cousin to the well-known Mexican liquor – tequila. To make mezcal, the people of Guerrero use local maguey plants, a biodiversity friendly crop that affirms local cultures and traditions while representing a rapidly growing market opportunity for local producers.



The Mexican Secretary of Social Development (SEDESOL) has provided seed funding for the EcoLogic-CRESIG five-year initiative. To cover its full cost, the partnership hopes to direct \$5 million of financing from Mexican government agencies, multilateral agencies, and the private sector toward the effort.

“This wonderful opportunity to get to know EcoLogic and the work they are doing has come at a perfect time,” explains Acosta. “We wanted to begin incorporating environmental principles in CRESIG’s work, but needed guidance, support, and a framework to make it happen. We already had the desire. Now combining that factor with a partnership that can provide technical assistance, has generated a real eagerness among our communities to participate.”

Additional information about EcoLogic and its projects can be found on the web at [www.ecologic.org](http://www.ecologic.org).

# Pro Esteros A.C.

Laura Martínez Ríos Del Río

Pro Esteros, A. C.



Pro Esteros es una organización ciudadana que nace en mayo de 1988, en la Ciudad de Ensenada, Baja California, en respuesta a la creciente preocupación de científicos de ambos lados de la frontera, al ver los planes de desarrollo que se tenían para esta zona, siendo elaborados en la Ciudad de México, a 3,000 kilómetros de distancia, sin un real conocimiento de la importancia de estos ecosistemas, y que en su mayoría dichos planes tendían a proponer desarrollos turísticos, industriales o habitacionales en los que el común denominador era la pérdida de hábitat para las especies que ahí habitaban.

Cuando la Dra. Silvia Ibarra, investigadora del Departamento de Ecología Marina del CICESE, y Barbara Massey, una ornitóloga muy reconocida en la costa oeste de Estados Unidos, realizan una junta para informar al público en general sobre las amenazas que se cernían sobre los humedales de la Península de Baja California, obtienen una muy buena respuesta de la comunidad y entre quienes respondimos me encontraba yo, Laura Martínez Ríos Del Río, además de estudiantes, maestros, investigadores y público en general y es cuando se inician formalmente las actividades de Pro Esteros.

Ellas dos, Silvia y Barbara explicaron a los presentes que tenía ya varios años trabajando y estudiando el estero de Punta Banda, ubicado a unos 40 minutos al sur de la Ciudad de Ensenada y a pesar que este estero se

encontraba en relativas buenas condiciones, ya había empezado a sufrir algunos cambios y modificaciones significativos, pero estaba por sufrir otros mayores y ellas, como investigadoras adscritas a instituciones académicas ya habían hecho todo lo posible y se veían limitadas por sus propias instituciones para hacer algo más sin comprometer a las instituciones mismas, por lo que estaban proponiendo la creación de un grupo ciudadano, con el fin de proteger y conservar los humedales costeros de la península de Baja California, siendo este el principio una organización que trabajaría en forma binacional, ya que desde su formación se establecieron dos mesas directivas: una en México y otra en Estados Unidos.

Esta forma de trabajar tuvo grandes ventajas porque en México en los 80's, no era muy común encontrar un gran número de voluntarios dispuestos a apoyar causas ambientales, y nosotros tampoco teníamos mucha experiencia sobre cómo manejar un grupo ciudadano, sin embargo nuestros amigos americanos sí la tenían, así que básicamente la mesa directiva americana tenía como función apoyar las acciones del grupo mexicano y desde el principio se acordó que todas las acciones se realizarían en México, específicamente en la península de Baja California. Con los años, los miembros mexicanos fuimos aprendiendo y capacitándonos en todo lo relacionado a la organización y manejo de un grupo ciudadano, al grado de que en el 2000 dejamos de ser grupo binacional, porque como dirían nuestros amigos americanos, ya alcanzamos nuestra mayoría de edad, y todas las acciones, desde la planeación, elaboración de propuestas, presentación ante posibles financiadores y la coordinación de proyectos, se estaba ya realizando por los miembros mexicanos, así que en un cierto momento, se tomó la de-

cisión de que el grupo americano, con el nombre de “Pro Península”, realizaría las mismas labores de apoyo con otras organizaciones en la península, porque su trabajo de fortalecimiento es muy necesario para fortalecer el movimiento ambientalista en esta zona del país.

Desde el inicio de labores, nos dimos a la tarea de evitar que se autorizara la construcción de una marina dentro del canal principal del Estero en Punta Banda, cosa que logramos y a pesar de muchos problemas y situaciones críticas, hoy en día 17 años después, todavía es posible que las familias locales visiten el Estero y en una soleada tarde de otoño, puedan disfrutar del hermoso espectáculo de ver grandes parvadas de aves, ya sea en el agua, en las playas o en las marismas, a veces anidando, otras alimentando a sus pollos, pescando, etc., o si uno camina por la parte interna del canal, tal vez puedes ver la colonia de lobos marinos, tirados en la arena, descansando y gozando de una tarde tranquila, lo que es todo un espectáculo.

Pero para poder gozar de estos lugares, como organización hemos tenido que pasar por muchas y muy variadas etapas. Las primeras fueron difíciles, pero afortunadamente contábamos con el entusiasmo y pasión de muchos miembros, gente muy comprometida, pero sin mucha experiencia en este tipo de trabajo.

Desde sus inicios Pro Esteros, estableció claramente su objetivo: “la conservación de los humedales costeros de la Península de Baja California” y para lograrlo, se acordó que se establecerían dos programas permanentes: Investigación y Educación Ambiental, ya que era necesario primero, contar con información con base científica, que nos permitiera conocer el estado de conservación en que



se encontraban los sitios de interés, y así mismo tener información confiable para luchar por su conservación, pero de igual manera esto requería de mucho trabajo de educación y no solo educación en las escuelas, que es sumamente importante, sino también a la comunidad en general, pero mucho más urgente era la información hacia las autoridades de los tres niveles de gobierno, ya que las autoridades municipales, con 3 años de administración, rara vez tienen oportunidad de conocer la importancia de conservar nuestros recursos naturales y por otra parte, las autoridades federales en esos años no tenían en la mayoría de sus programas, o dependencias, ni siquiera contemplado el cuidado al medio ambiente.

Así que en muchos casos tuvimos que ir de oficina en oficina, primeramente explicando que quería decir una “ONG”, es decir una organización no gubernamental, luego que eran “esteros o humedales”, y luego el porqué estábamos haciendo este trabajo. Fueron muchísimas las horas de antesala que hicimos en un sinnúmero de oficinas municipales, estatales, en la Ciudad de México, etc. Asistimos a todos los foros posibles, a todos los medios en los que logramos ser invitados y con el transcurso de los años ese panorama ha ido cambiando.

En la actualidad también contamos con el programa de Fortalecimiento Comunitario, ya que estamos convencidos de que la conservación tiene que ser un compromiso de las comunidades que viven y usan estos humedales, y nuestra labor consiste en proveerlos de la información necesaria para mejor valorar sus propios recursos, entender las interrelaciones así como las funciones y valores de estos ecosistemas. Además, es muy importantes poder proveerles también con información sobre las autoridades, sus funciones, ingerencia, diferentes niveles de toma de decisiones, etc. que les permita saber hacia donde y como dirigir una petición de información, una solicitud de inspección y vigilancia, una denuncia ciudadana, etc.

Y así hemos llegado a realizar varios proyectos de investigación que van desde censos de aves, registros poblacionales de especies en humedales, fotografía satelital, sistemas de información geográfica, programas de manejo de recursos, inventarios, entre otros. Por lo que respecta al Programa de Educación Ambiental, es justo decir que es el que más nos entusiasma y tal vez, el que mayores satisfacciones nos ha dado, porque personalmente cuando me comprometí en esta labor, estaba con-

ciente de que un cambio significativo en la comunidad, tal vez no me tocaría a mi verlo, porque este es un proceso de muchos años, sin embargo, si trabajabamos con estudiantes de todos los niveles, cuando ellos estuvieran al frente y en posibilidad de tomar decisiones, seguramente, si contaran con las herramientas necesarias, tomarían mejores decisiones que las que hemos tomado nosotros. Pero cual no sería nuestra sorpresa al ver que en unos cuantos años si podíamos ver frutos de los programas, como un joven que participó en alguno de nuestros talleres o cursos, tomaba una decisión que cambiaría su vida y esperamos que en el futuro, la de su comunidad, cuando llegado el tiempo, cambió su idea de ser pescador para inscribirse en la Universidad en la carrera de Biología, y otra estudiante que pensaba que su única posibilidad de trabajo era, después de la secundaria, ir a trabajar en una empacadora de verduras, en su comunidad, y después de participar con nosotros, decidió estudiar la Licenciatura en Educación y hoy es maestra.

Ese ha sido el caso en dos diferentes comunidades rurales a las que hemos llegado con el Proyecto “Red Internacional de Monitoreo del Ganso Branta Negra, por estudiantes de secundaria, del corredor migratorio del pacífico”, que inició como una idea entre una amiga, Nina Garfield y yo. Ella trabaja en NOAA (Northamerican Ocean and Atmospheric Administration) en la ciudad de Washington, pero por su trabajo viajaba continuamente a las reservas de vida silvestre de la costa oeste y muy seguido platicabamos en como lograr que estudiantes de México y Estados Unidos, trabajaran juntos en algún proyecto, que compartieran información o algo así. Finalmente surgió la idea del proyecto y después de muchas llamadas, correos, cartas y finalmente reuniones, logramos iniciar en el otoño de 1996, el proyecto que cuenta con un curriculum para el maestro y otro para el estudiante, en ambos idiomas, que va guiando a los participantes en el estudio del ganso Branta negra (*Bernicla nigricaniis*), en su migración hacia el sur y de regreso, en

sus hábitos alimenticios y de reproducción, entre otros temas. Cuando los estudiantes han avanzado varias lecciones en el salón, es hora de ir al campo y salir a contar Brantas, así que cargan con sus binoculares, telescopios, guías de aves, cuadernos de notas y demás, y se van a los humedales cercanos a realizar sus conteos.

Esto es solamente la primera parte del proyecto porque lo mejor del mismo es cuando un estudiante de San Quintín, manda un correo electrónico dando su reporte de conteo y el mismo lo reciben estudiantes en otras secundarias de la península, como son en Guerrero Negro, Villa Jesús Ma., Laguna San Ignacio y Punta Abreojos, pero también lo reciben estudiantes de Morro Bay, en California, en Coos Bay, Oregon, en Padilla Bay, Washington, en Qualico, en la Isla de Vancuber, en Columbia Británica, Canadá y finalmente un investigador en una estación de campo, en Cold Bay, Alaska. Todos ellos leen cada uno de los reportes que se envían en este proyecto porque cada una de estas escuelas es parte de la red, y todas llevan el mismo programa educativo, en la mayoría de los casos apoyados por personal de alguna de las reservas.

Además del Proyecto Branta, contamos con otros programas educativos que nos permiten ir desde los niveles de primaria, secundaria y preparatoria. Impartimos Talleres, pláticas, presentaciones y hacemos visitas guiadas a zonas representativas de los humedales costeros.

A lo largo de los años hemos participado en un sin fin de Comités, Alianzas, Redes a todos los niveles porque estamos convencidos de que hay mucho que hacer para lograr un equilibrio entre desarrollo y conservación, pero ¡ Aún es tiempo !



# Consejos Consultivos para el Desarrollo Sustentable

Evelia Rivera Arriaga

Centro EPOMEX-Universidad Autónoma de Campeche

Del 2 al 3 de junio del presente, se llevó a cabo en la ciudad de Monterrey, el Taller de Introducción para Consejeros Nacionales, Generación 2005-2007. El día 4 de junio, tuvo lugar la VII Sesión Ordinaria del Consejo Consultivo para el Desarrollo Sustentable. El día 5 de junio, Día Mundial del Medio Ambiente, el Sr. Presidente de la República Mexicana, Lic. Vicente Fox Quezada, tomó protesta a los nuevos miembros de este Consejo.

Desde la creación de la entonces Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca en 1994, se abrieron las oportunidades para desarrollar mecanismos adecuados que aseguraran la participación e interacción de los sectores sociales, no gubernamentales, académico, empresarial y gubernamental en la formulación, aplicación y vigilancia de las políticas relativas tanto al desarrollo sustentable como a la protección ambiental y de los recursos naturales, así como para concertar acciones e inversiones en materia ambiental.

Un año después, el gobierno de México firmó un acuerdo para la creación del Consejo Consultivo Nacional para el Desarrollo Sustentable (CCNDS) y cuatro Consejos Consultivos Regionales, con la intención de orientar los procesos productivos, de protección y restauración del medio ambiente y del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, de manera tal que se lograra la satisfacción de las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de los mexicanos para cubrir sus necesidades.

La meta de creación del CCNDS es fomentar la permanencia y estabilidad de los espacios y mecanismos de participación pública y de consulta popular, para ase-

gurar que la planeación y administración de la base de recursos naturales de México se realizara acorde con las necesidades y la realidad nacional.

Dentro de las distintas regiones del país funcionan los Consejos Regionales que atenderán las iniciativas funciones previstas en este artículo en el ámbito de su circunscripción territorial. Las regiones son:

- Región Noroeste.- Baja California, Baja California Sur, Sinaloa y Sonora;
- Región Noreste.- Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León y Tamaulipas;
- Región Centro-Occidente.- Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas;
- Región Centro.- Distrito Federal, Estado de México, Hidalgo, Morelos, Puebla y Tlaxcala,
- Región Sur-Sureste.- Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán

Además de las regiones, se cuenta con representantes consejeros de los grupos de jóvenes, pueblos indios y de género.

En su concepción y de acuerdo con el decreto de creación y sus dos modificaciones las funciones del CCNDS y de los cinco Consejos Regionales son:

a) Asesorar a la Secretaría en la formulación, aplicación y vigilancia de las estrategias nacionales en materia de protección ambiental y de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, de acuerdo con la situación y necesidades regionales y nacionales, y de conformidad con los compromisos internacionales asumidos.

b) Recomendar a la Secretaría las políticas, programas, estudios y acciones específicas en materia de protección al medio ambiente y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, procurando que dichas recomendaciones sean presentadas en forma de proyectos programático-presupuestales.

c) Evaluar periódicamente los resultados de las políticas, programas, estudios y acciones específicas en materia de protección del medio ambiente y de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir de los informes que proporcione la Secretaría, o con base en los estudios que lleven a cabo o promuevan los propios consejos.

d) Analizar y emitir recomendaciones en los asuntos y casos específicos que someta a su consideración la Secretaría.

e) Elaborar recomendaciones para mejorar las leyes, reglamentos y procedimientos relativos a la protección del medio ambiente y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

f) Coordinarse con organismos internacionales homólogos, a fin de intercambiar experiencias que puedan resultar mutuamente beneficiosas.

g) Opinar sobre los lineamientos que deban regir la participación de la Secretaría en las representaciones y delegaciones mexicanas ante foros internacionales en la materia.

h) Dar seguimiento a las acciones de la Secretaría en las materias de su competencia.

### **Términos de Referencia del CCNDS**

El Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006, en su capítulo denominado Área de Crecimiento con Calidad establece que para alcanzar un desarrollo sustentable se deben

crear mecanismos de diálogo y colaboración entre el gobierno y la sociedad, así como abrir la posibilidad de replantear los instrumentos de incorporación de grupos de interés específicos en la formulación de políticas públicas.

De igual manera, el Programa de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006, en su apartado sobre Participación Social y Rendición de Cuentas, destaca la generación de espacios y la consolidación de procesos de participación pública que promuevan la toma de decisiones y responsabilidades sobre el desarrollo sustentable y la política ambiental, considerando la equidad de género, la etnicidad y las diferencias generacionales.

Asimismo, el marco normativo que da sustento a las acciones del CCNDS considera las disposiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley Forestal, la Ley de Aguas Nacionales, la Ley de Pesca y otras leyes aplicables, así como aquellos contenidos en instrumentos jurídicos internacionales que México ha adoptado, tales como la Declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo, la Agenda 21, el Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte y otros de carácter regional y bilateral.

### **La Visión Nacional**

Los consejeros de la generación anterior se dieron a la tarea de elaborar los libros blancos para detectar a nivel nacional y por regiones, los temas ambientales prioritarios para el país, tanto aquellos asuntos que fueron atendidos como los que están aún pendientes. Al día de hoy, quedan treinta casos pendientes a los que se les dará seguimiento a través de las comisiones de trabajo actuales.

Las comisiones de trabajo están constituidas por consejeros del grupo principal, de las regiones y de los grupos de las minorías acorde con su perfil o interés particular. De esta manera, con la presencia de 68 consejeros, se conformaron diez comisiones técnicas durante la VII Sesión Ordinaria:

1. Agua
2. Áreas Naturales Protegidas, Biodiversidad y Recursos Genéticos

3. Asuntos Internacionales
4. Infraestructura Ambiental y Cambio Climático
5. Ordenamiento Ecológico
6. Educación, Ciencia y Tecnología
7. Legislación y Normatividad
8. Residuos
9. Indígenas, Género, Participación Social y Comunicación
10. Política Ambiental, Económica y Desarrollo Sustentable

Y se integraron los siguientes Grupos de Trabajo:

1. Juventud
2. Desarrollos Turísticos en Zonas Costeras
3. Bosques, Selvas y Desarrollo Rural

### Región Sur-Sureste

La región Sur-Sureste comprende ocho estados (Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana

Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán) que contienen ocho ecoregiones prioritarias para México con 4 ecosistemas de bosques y el Sistema Arrecifal Mesoamericano (WWF, 2004) (Figura 1).

Sin embargo, los problemas que enfrenta esta región por la presión de uso y los impactos ambientales son muy similares en cada uno de los ocho estados:

- Aprovechamiento deficiente de recursos forestales
- Deforestación y ampliación de la frontera agrícola
- Desplazamiento y restricción de distribución de la fauna silvestre
- Caza y comercio ilegal de especies
- Introducción de especies exóticas
- Erosión y pérdida de suelos
- Bancos de extracción de materiales pétreos
- Sobre explotación de especies marinas
- Contaminación de suelos y recursos hídricos por agroquímicos y actividades industriales
- Contaminación de aguas costeras por actividades terrestres
- Migración del campo a la ciudad
- Sobrepoblación en zonas urbanas
- Incremento en la tasa de migración hacia las costas, entre otras.

Estos problemas deberán ser atendidos por la sección de la Región Sur-Sureste a través de seis comisiones técnicas:

1. Biodiversidad, ANPs y Vida Silvestre
2. Cultura, Educación Ambiental y Difusión



Figura 1. Ecoregiones prioritarias de México (Fuente: WWF, 2004; [www.wwf.org.mx/wwfmex/wwfmex.php#](http://www.wwf.org.mx/wwfmex/wwfmex.php#))

3. Legislación Ambiental

4. Ordenamiento Ecológico Territorial, Costero y Marino

5. Comisión de Gestión Integral para el Mejoramiento Ambiental

6. Comisión Forestal, Suelos y Agua

Las acciones prioritarias para esta región durante este periodo serán:

- 1) Defensa de bosques, suelos y cobertura vegetal y
- 2) Defensa de la calidad de aguas nacionales.

Como adicionales estarán: a) Biodiversidad, ecosistemas, vida silvestre y servicios ambientales, b) regiones, cuencas hidrológicas y zonas prioritarias, y c) infraestructura ambiental, agua, aire, y residuos peligrosos

El Presidente actual de esta Región es el Consejero Juan José Villalobos Maldonado y el Secretario Técnico es el Consejero Rogelio Pérez Monsreal.

**Campeche y el CCNDS**

Dentro de cada región se discutirá la problemática considerada como prioritaria, por lo que en algunos casos, la atención se verá dirigida a asuntos ambientales ajenos al estado de Campeche. Es por esto que se decidió conformar el Núcleo Estatal del Consejo Consultivo para el Desarrollo Sustentable. En él participan todos los consejeros titulares y suplentes del Estado y es posible analizar casos específicos y hacer propuestas que sean turnadas a las reuniones regionales o bien a la nacional.

Los beneficios que obtiene Campeche por contar con un Núcleo Estatal deberán reflejarse en una mejor atención y seguimiento de los problemas ambientales prioritarios de la entidad.

Para mayor información sobre los CCDS ver: <http://consejos.semarnat.gob.mx/>



# Desarrollo Marítimo-Costero de Campeche: apreciación del contexto histórico

Evelia Rivera Arriaga y Gladys Borges Souza  
Centro EPOMEX-Universidad Autónoma de Campeche

Para comprender el desarrollo marítimo y costero de Campeche se deben considerar factores históricos, geográfico-ambientales, políticos, económicos, y militares. De la misma manera, se deben tomar en cuenta las circunstancias particulares que encierra el nacimiento mismo de Campeche. La historia señala a Campeche como un emplazamiento costero con variadas desventajas: a) Una costa con bajos, poco accesible a embarcaciones grandes y con constantes naufragios, pero que mantiene un comercio intenso al interior de la península; b) Una provincia que clama pobreza extrema, pero que es atacada por piratas constantemente cobrando grandes botines; c) Una muralla que se termina cuando ya no hay ataques piratas; y d) Astilleros que producen embarcaciones, cuando ya éstos no tienen un valor alto porque el comercio trasatlántico se vino abajo. Sin embargo, a pesar de estas circunstancias, Campeche ha crecido y se está desarrollando de frente al mar.

## Introducción

### **La época pre-hispánica**

Los mayas de Campeche fueron también hombres de mar. Portadores de una cultura avanzada edifican ciudades costeras, explotan los recursos marinos, la sal y organizan un sistema de comercio marítimo que se extiende a toda la península y algunas islas del Caribe.

De acuerdo con Andrews y Vail (1990), los principales asentamientos prehispánicos costeros en el estado de Campeche comenzaron como campamentos pesqueros temporales, hasta que por su densidad poblacional e importancia pesquera y comercial ese asentamiento costero es reconocido como puerto marítimo, tomándose en cuenta su ubicación espacial en relación a otros asentamientos costeros, su composición interna y temporalidad. Los principales puertos costeros mayas fueron (Millar, 1977; Andrews, 1990; Romero Rivera, 1991):

- **La Isla de Jaina** además de su importancia funeraria, albergó a 3 mil habitantes y contaba con una ota de embarcaciones pesqueras .
- **Campeche** contaba con 3 mil viviendas dispersas desde el Río Homtún, hasta Seybaplaya y un templo dedicado a sus dioses.
- **Champotón** fue hogar de los itzáes, con más de 5 mil viviendas y un muro de piedra con fosos defensivos, además de un templo construido en el mar. Su importancia comercial una ota de 2 mil canoas que igual navegaba por la costa peninsular que por el río del mismo nombre.
- **Acalán**, situado en la región de la Laguna de Términos, fue el punto de reunión de comerciantes del altiplano y de la península, controlaron las rutas de comercio peninsulares hasta el Río Belice.

- **Aguacatal** en Laguna de Términos tenía una población dedicada a la pesca y recolección de moluscos.

En la época prehispánica las rutas de navegación se desarrollaron para: 1) satisfacer las necesidades básicas y secundarias; 2) cubrir las necesidades generadas por el incremento en la frecuencia de tráfico de embarcaciones; 3) brindar facilidades y apoyos a las embarcaciones y mejor manipulación de los productos y su comercialización; y 4) el interés común de los sitios considerados dentro de la ruta de comercio (económico, político, religioso).

De acuerdo con Andrews (1990) los puertos costeros mayas pueden ser reconocidos por contar con las siguientes condiciones:

- Situado a menos de 5 km de la costa
- Presencia de una construcción religiosa vinculada con la cosmo-visión maya
- Presencia de santuarios o promontorios en caletas con carácter religioso o defensivo, o como marcador geográfico o de referencia de rutas, o de peligro para la navegación
- Consolidación del dominio, control y poder sobre el mar

Dadas estas características, este autor distingue cuatro tipos de puertos mayas: 1) embarque a islas, 2) comercio, 3) ligados a ciudades del interior, y 4) costeros de transbordo.

### **La Época Colonial**

Campeche se hizo por mar. El día de San Lázaro de 1517, tres navíos españoles con 113 soldados arriban a la costa de Campeche y son expulsados de la Bahía de Champotón. Diez años más tarde, en 1527, Francisco de Montejo llega a la Isla de Cozumel con 400 hombres para conquistar la Península de Yucatán. Atravesando la península llegaron al poblado de Kin Pech lo doblegan y fundan la Villa de Salamanca de Campeche, llamada posteriormente San Francisco de Campeche.

En un principio, la Villa consistía en un solo edificio rectangular. Poco a poco, la ciudad tomó la forma de un puerto y las construcciones y la rutina de la vida diaria se

desarrollaron alrededor de éste. En menos de cien años, Campeche llegó a ser el puerto más importante de la Península durante el siglo XVI, comerciando con Honduras, Cartagena de Indias, Habana, Puerto Rico, Dominica, Venezuela, Florida, Trinidad y Veracruz.

La infraestructura costera y portuaria fue incrementándose, llegando a contarse siete faros en la costa y tres en islas y cayos:

#### **Faros en la Costa**

- Xicalango, en la entrada oeste a Laguna de Términos
- Punta Atalaya, punta oeste de Isla del Carmen
- Isla Aguada, noreste de Laguna de Términos
- Champotón, entrada del Río Champotón
- Punta Morro, a 30 km al suroeste de Campeche
- Campeche, centro de la ciudad
- Isla Arena

#### **Fuera de la Costa:**

- Isla Triángulo oeste
- Cayo Arenas
- Isla Pérez

La bonanza que se acumuló en Campeche fue el resultado de su comercio marítimo ya que la comunicación con el resto del país era prácticamente nula por tierra. En 1557 la primera embarcación de gran tamaño que trata de entrar a la rada de Campeche es capturada por piratas. Dos años más tarde, en 1559 Campeche sufre el primer ataque pirata por tierra, protagonizado por luteranos franceses que se apoderan de varias embarcaciones y secuestran a algunos pobladores. Los ataques piratas duran hasta la mitad de los 1700's.

Como consecuencia de estos ataques, la costa campechana se fortificó y en 1610 son levantadas las primeras obras de defensa de la villa, las fuerzas de San Benito en

la playa del barrio de San Román, el bonete en la plaza principal y San Bartolomé en la playa cercana al convento de San Francisco. Hacia 1710 la muralla es terminada con 2,720 m de longitud, de 6 a 8 m de altura y con muros de 2 a 2.5 m de espesor.

### **La Armada Invencible**

En 1588 el soberano de España, Felipe II contra-ataca a Inglaterra por los ataques pirata de que son objeto sus barcos y ciudades costeras en el Mediterráneo. Manda construir una Armada a la que llama Invencible que cuenta con 130 buques navegados por 8,253 marinos y 2,088 remeros y 19,295 hombres de guerra. Desafortunadamente, la Armada fue derrotada totalmente y las pérdidas para España contaron 20,000 hombres, 40 millones de ducados, 100 navíos, y 3,165 cañones. Sólo regresaron 66 hombres con vida.

Ante esta derrota, España contaba con el dinero, recursos y materiales para reconstruir la Armada, pero no tenía en todo su reino ni oficiales ni marineros con capacidad, conocimientos ni experiencia para navegarla. España ya no se pudo recuperar de este suceso.

Las consecuencias para España a partir de esta derrota tuvieron secuelas a corto, mediano y largo plazos. Sin su Armada, dejó de tener la hegemonía naviera cediéndole el paso a Inglaterra, Holanda y Francia. Además, los embargos decretados por Felipe III en 1598 para dañar el comercio holandés con la Península Ibérica y las posesiones de la Monarquía Católica en Italia e indirectamente con la Indias Occidentales provocaron animadversión entre los gobernantes y mercaderes neerlandeses y por consiguiente les incitaran a preparar una gran contraofensiva armada. El 28 de mayo de 1599 zarparon del puerto de Flesinga, 73 embarcaciones de las provincias de Holanda y Zelanda, con rumbo al sur con la intención de acometer a los españoles en sus propias aguas, cortar las comunicaciones entre España y sus territorios ultramarinos y aprehender los barcos españoles y portugueses que se cruzasen por el camino. Sin una flota de protección, España quedó imposibilitada para reducir a los neerlandeses. De la misma manera, esta situación ayudó a la recuperación de Francia como gran potencia europea. Propició también la separación definitiva de Portugal con lo que el territorio español dentro de Europa quedó considerablemente reducido. Al final, las luchas que tiene

que mantener en numerosos frentes provocan que no pueda detener a los ataques piratas y decide fortificar las ciudades costeras en sus posesiones americanas.

### **Inglaterra Toma la Delantera como Reina del Mar**

Isabel I era una soberana con visión hacia el mar. Sabía que la única forma de adquirir riqueza era controlando los mares y convertirse en una potencia naviera. Para este fin, invirtió 30 mil libras para la construcción de barcos y 800 mil libras para su manutención; además el Parlamento Inglés con el tiempo llegó a invertir hasta 2 millones de libras para el mantenimiento y desarrollo de la flota británica.

Otro factor importante es la diferencia entre el sistema inglés y el sistema español. El primero ha sido partidario de incentivar los potenciales individuales, invirtiendo recursos de particulares en el desarrollo del conocimiento, la tecnología y su difusión, por lo que no dependió enteramente del gobierno su impulso. Además, las travesías de los ingleses al nuevo mundo incluían siempre a cartógrafos y científicos que acompañaban a las expediciones para llevar un registro de todo lo que veían y de esta manera, se conocían las riquezas que tenían cada localidad y su ubicación porque los mapas ingleses estaban a la disposición de todo el que lo solicitara, y eran más exactos y confiables que los españoles.

Otra diferencia importante que coadyuvó en el desarrollo de Inglaterra como potencia naviera fue la promoción de la navegación libre y las inversiones privadas en todos los servicios derivados de la navegación, por lo que la riqueza recién adquirida se distribuyó en todos los estratos estimulando el crecimiento y fortalecimiento de la economía integral del Imperio Británico.

Además, Inglaterra fomentó y apoyó los asentamientos piratas en la Península de Yucatán, los cuales llegaron a exportar volúmenes mayores de palo de tinte que el que salía del puerto de Campeche, con el consiguiente detrimento para la economía peninsular.

Ante este panorama, y tratando de llegar a un acuerdo con Inglaterra, España firma el Tratado de Versalles (1783) en el que se le concede a la Gran Bretaña una colonia para explotar el palo de tinte, misma que en

1785 se extiende a mil leguas cuadradas más con dos desventajas inmediatas para la integralidad del territorio Campechano y su economía: 1) Cesión de la mitad del territorio peninsular, afectando también parte de la Capitanía de Guatemala; y 2) Competencia en la exportación del palo de tinte con Inglaterra, con grandes desventajas para Campeche.

### **España durante la Colonia**

El sistema de gobierno español durante la conquista de México era diametralmente opuesto al inglés. La Corona Española controlaba todo, por ejemplo, los mapas de las nuevas posesiones españolas en ultramar no se publicaban y no daban información precisa para evitar su saqueo. Más aún, no se conocía con certeza lo que había ni su ubicación exacta aún dentro de España. En el afán de adjudicarse toda la riqueza y obtener los mejores beneficios, la Corona era dueña de todo y por eso no se alentaba la inversión privada, por lo que la riqueza se concentró en pocas manos sin beneficio real para la Corona misma y no se fomentó el crecimiento económico.

De la misma manera, la Corona controlaba totalmente la navegación con flotas que navegaban con periodicidad anual y con destinos predeterminados (Veracruz, Campeche, Cuba, o Venezuela). Esto impedía que se ampliaran las rutas comerciales, que se incluyeran nuevos productos al mercado y que se dejaran sin atención grandes extensiones de territorio por largos periodos de tiempo.

Además, España estaba en constante guerra por mar con Francia e Inglaterra en el área del Mediterráneo. Los ataques que sufrían sus embarcaciones para robarles las riquezas que transportaban, minaban sus recursos y mantenían distraída a su flota de los territorios de ultramar.

De todas sus posesiones en el Nuevo Mundo, Campeche era un lugar sin mucho interés para la Corona porque no había yacimientos de metales, ni contaba con buenas costas para navegar debido a que los grandes barcos tenían que singlar a 4 ó 5 leguas lejos del puerto. Por lo tanto, España no invierte muchos recursos en su protección, no envía suficientes hombres, armas ni dinero para pertrechos y las fortificaciones campechanas estuvieron mal planeadas y generalmente se encontraban en mal estado.

Más aún, Campeche era considerada como una zona vacía, relegada geográficamente por sus costas de bajo calado, y que no respondía a las expectativas y las realidades de la vida y necesidades europeas. Por su clima y geografía, era considerable de ser habitable sólo en la franja costera, aunque se reconocía su posición estratégica para vigilar a los piratas ingleses.

### **Armada de las Islas de Barlovento y Seno Mexicano**

Ante el incremento de los ataques piratas a Campeche y la imposibilidad de España de enviar buques de guerra para su protección, se le solicita permiso a la Corona para crear una flota que protegiera a los navíos comerciales y a las ciudades costeras del Golfo de México y Mar Caribe y así en 1635 surge la Armada de las Islas de Barlovento y Seno Mexicano.

La aportación de Campeche a la Armada fue la construcción de la Capitana Guadalupe. Esta Armada junto con la muralla, convirtió a Campeche en la ciudad mejor protegida de la Nueva España, después de San Juan de Ulúa e Isla Sacrificios frente a la Villa Rica de la Vera Cruz.

### **Riesgos y Seguros para la Navegación Comercial**

Los riesgos y altos costos que implicaba la navegación y el comercio marítimo dieron origen a los pagos para asegurar las naves y la carga contra diferentes riesgos. En el caso de España, la guerra franco-española de 1521 fue el inicio de la instauración de la "Avería de disminución de Riesgos Marítimos" por Carlos V cuya vigencia dura de los siglos XVI al XVIII. La finalidad de esta Avería es proteger al comercio de pérdidas de su carga ya sea por riesgo ordinario como causas naturales; o bien por riesgo extraordinario: ataques piratas, bucaneros y filibusteros apátridas. El pago del seguro mantenía a la armada de protección que acompañaba a las flotas en su cruce por el Atlántico. Un buque de guerra acompañaba a los 10 bajeles de carga hasta su puerto de destino: Veracruz o Perú los comerciales y la Habana el de guerra.

En 1564, se destinó a la Armada de la Nueva España para cubrir la ruta entre México y Sevilla, hasta que en 1620 se dejaron de transportar plata y artículos criollos desde México, por lo que la Armada decayó y desapareció.

La disminución del transporte marítimo no modificó la incidencia de ataques piratas a Campeche, y en 1685. Campeche pierde dos tercios (867 habitantes) de su población al emigrar a Mérida buscando seguridad. Tres años más tarde España e Inglaterra se alían para combatir a los piratas de Isla Tris y Cabo Catoche; pero no es sino hasta 1717 que recuperan definitivamente la Isla de Tris y fortifican cuatro baluartes en la isla, los de Campeche, Lerma y Champotón. Asimismo se disponen baterías por toda la costa para su defensa (300 leguas).

### **Incentivos para el Comercio**

Los grupos de navíos que atravesaban el Atlántico desde España disminuyeron drásticamente, registrándose sólo ocho de 1720 a 1760. Y el comercio hacia el sur comenzó a cobrar auge cuando embarcaciones libres pasaban por el Cabo de Hornos para llevar sus mercancías a los puertos del Pacífico. Esto hizo que los asentamientos en el Río de la Plata y la costa chilena fueron revalorados, y comenzó la decadencia de las plazas de Tierra Firme y del Caribe.

Un problema grave para el comercio era el contrabando. Una forma de contrarrestar este hecho fue darle libertad a las islas de Cuba, Puerto Rico, Santo Domingo, Trinidad y Margarita en 1765 para negociar con nueve puertos españoles. La libertad se hizo luego extensiva a Louisiana, Yucatán, Campeche, Riohacha y Santa Marta en 1768, aumentando también el número de puertos españoles autorizados. El mismo año se liberalizó el comercio intercolonial, autorizándose el comercio entre México, Nueva Granada, Guatemala y Perú.

El monarca Carlos III en 1778 creó el Reglamento de Libre Comercio entre España y América autorizándose el tráfico libre entre los puertos indianos y los peninsulares (los de México y Venezuela siguieron con el régimen anterior hasta 1789). Se consideraron a nueve puertos españoles para atender a los veintidós americanos, aunque sólo tres tenían derecho a exportaciones e importaciones en la Península: 1) Campeche, 2) Sisal (Mérida) y 3) Salamanca (Valladolid).

En 1734 se crea la Compañía Comercial de Campeche, y en 1794, tal y como estaba contemplado en el Reglamento de 1778, comienzan a fundarse nuevos consulados para fomentar la agricultura, la ganadería y el comercio, entre ellos el de Veracruz. El resultado de la aprobación del Reglamento de 1778, fue que entre 1782 y 1796 se cuadruplicaron las exportaciones hispanoamericanas.

### **Campeche en la Colonia**

Campeche se considera como una provincia pobre ante los ojos de la Corona; sin embargo comerciaba fuertemente con los 16 puertos internos de la región: Tixchel, Champotón, Zihuchoc, Ceiba, El Pozo de Lerma, La Desconocida, Candel, Talchac, Zinanche, Cilam, Tabuctzoutz, Holcoben, Playa de Cuyo, Conil, Yalahau, Islas de Convoy. Estos puertos ayudaron al desarrollo económico por la explotación de recursos naturales (palo de tinte y sal) y a la comunicación dentro del Golfo y Caribe

A pesar de todo, Campeche es reconocido como puerto menor hasta la mitad del Siglo XVIII por los productos de re-exportación y los productos indígenas que se manufacturaban y se exportaban. Para 1844, Campeche exporta \$41,601 libras de palo de tinte, mientras que Inglaterra exporta sólo del área de Belice \$101,192 libras. A pesar de todo, en 1884, Campeche queda exento del impuesto de comercio interior y exterior y expande sus rutas a Nueva Orleans, Cuba, Jamaica, Sevilla, Tenerife y Cadiz.

Como resultado de los constantes conflictos entre España y Gran Bretaña, la Corona tuvo que autorizar en 1796 a los buques de las naciones neutrales el comercio con América, para evitar que quedara totalmente desabastecida. La situación de conflicto duró hasta 1808, por lo que los años previos a la independencia de México, hubo desabasto de artículos básicos.

### **Campeche Después de la Independencia**

Tras la guerra de independencia, se reestablece el régimen federal y en 1846, Yucatán decide volver al seno de la República, hecho que obstaculiza Campeche porque México se encontraba en conflicto con los Estados Unidos. Ante esta situación, se envían emisarios campe-

chanos a Washington para ratificar la neutralidad de la península en la guerra con México y evitar así el bloqueo a los puertos.

Después de la independencia, México establece rutas regulares de navegación alrededor de Yucatán, pero debido a los numerosos naufragios, decidió levantar mapas más certeros, mismos que con algunas correcciones se siguieron usando hasta mitad del Siglo XX.

En el México independiente se debe comprender que los Puertos daban entrada a los nuevos estilos de vida que se imponían en el interior del país. Sin embargo, fueron los hombres de tierra los que decidieron sobre el quehacer de los marinos y prevaleció la mentalidad terrestre, de conquista y colonia hacia el interior del país.

Durante los primeros años del naciente México, persistía el problema grave que había enfrentado a lo largo del siglo XIX y que estaba asociado a la escasez de oficiales navales profesionales. Es entonces cuando se propone la creación de la Escuela Naval Militar, aprobada el 19 de abril de 1897, en la que se presenta la problemática de la Marina asociada con la formación de profesionales similar a los provenientes de Europa.

La presencia histórica de los hombres de mar en el desarrollo de México, se marcó en los eventos más álgidos de la historia como nación libre. De 1823 a 1825, los hombres de mar y las poblaciones costeras pelearon contra los últimos reductos del poder español antes de que éste se decidiera a retirarse para siempre. Los marinos combatieron en 1838 contra la armada francesa en la Guerra de los Pasteles; y en 1847 y 1914 volvieron a combatir, esta vez contra los estadounidenses que invadieron al país en cada una de estas ocasiones. Pero después de las guerras, desaparece el concepto marino-costero dentro del contexto del país. Y así los marinos y su dimensión conformada por ideas y contribuciones no fueron incluidos en la herencia ni el desarrollo de la nación mexicana.

El aparato marino quedó desmantelado y siguió así hasta el siglo XX, y las acciones legales que se tomaron entonces no solucionaron nada porque no se puede gobernar desde el centro y para el centro una nación costera como México. Los problemas marinos no eran considerados como tales y cobraban más importancia los del interior del país, los cuales giraron en torno a la centralización y al poder desde tierra.

## Campeche Costero y Marino

Campeche, la ciudad que comenzó como un puerto, no debe verse a sí misma reducida a instalación portuaria o un muelle para el desembarco de mercancías. A lo largo de la historia de las naciones costeras del mundo, sus costas son consideradas como un portal cultural, crisol del proyecto de nación, concentración de haciendas fiscales, bastión y refugio de soberanía.

Campeche debe ver al mar y sus costas como oportunidades de bienestar y mejor calidad de vida, recursos naturales, actividades industriales y económicas que pueden catapultar al estado hacia el desarrollo sostenible.

Ante todo, debe decidir qué quiere de sus costas y mar. Los criterios para definir y delimitar a la zona costero-marina que se ajusten a las necesidades y planes de desarrollo son varios:

- **Geográfico:** considerando franjas de extensión específica de tierra y mar
- **Fisicoquímico:** tomando en cuenta las variables ambientales que modulan el comportamiento de la biota, incluyendo sus alteraciones por la contaminación
- **Ecosistémico:** considerando los criterios ecológicos para garantizar la continuidad-funcionalidad de los ecosistemas
- **Social:** tomando en cuenta los asentamientos humanos costeros y su bienestar y calidad de vida
- **Económico:** determinando las variables e indicadores de productividad de todos los sectores que puedan desarrollarse en sus costas y mar y los factores que afectan el mercado y le permitan ser competitivo
- **Cultural:** considerando las tradiciones, usos y costumbres asociadas con las actividades y estilo de vida de la costa
- **Político:** determinando las fronteras entre zona costera e interior del territorio; además de las fronteras municipales; estatales y nacionales; las agendas de desarrollo ministeriales y gubernamentales (in-

ternacional, nacional, estatal, municipal); las políticas de conservación, producción y sostenibilidad

- **Jurisdiccional:** estableciendo aquella zona de observancia de la ley y de pertinencia para la gobernabilidad
- **Ocupacional:** estableciendo por vocación e intereses específicos, el énfasis en un desarrollo sectorial y sus repercusiones en el desarrollo económico, la dinámica poblacional y la sociedad
- **Administrativo:** otorgando concesiones, adjudicaciones, permisos para el uso del espacio costero-

### Delimitando lo “Seco”

- **Sectores:**
  - urbano
  - turístico
  - portuario
  - acuícola
  - agropecuario
  - forestal...etc.
- **Usuarios:**
  - Pobladores
    - permanentes
    - visitantes
  - Ambientalistas
  - Inversionistas
- **Ecosistemas y recursos:**
  - Lagunas costeras y estuarios
  - Playas y dunas
  - Corales y vegetación sumergida
  - Humedales y marismas
  - Selvas
  - Cuencas
  - Estuarios y lagunas costeras
- **Autoridades:**
  - Ambientales
  - Salud
  - Turismo
  - Comunicación y transporte
  - Económicas
  - Seguridad y salvaguarda
  - Indígenas

marino y la explotación de los recursos; además de la ordenación y planificación de los usos y usuarios de la zona costera.

Una visión holística de la zona costero-marina de Campeche podría considerar dos componentes: los “secos” y los “mojados”, de manera que existiera una agenda común transversal para el diseño de planes y programas para alcanzar un desarrollo armónico de esta zona.

Con un panorama tan complejo y dinámico como el de la zona costero-marina, se requiere de un marco legal fuerte y de una entidad que ayude con la coordinación de esfuerzos conjuntos entre sectores, usuarios y gobierno

### Delimitando lo “Mojado”:

- **Sectores/Usuarios:**
  - Pesca y acuicultura
  - Transportación marítima
  - Explotación petrolera
  - Actividades de recreación
- **Ecosistemas y recursos:**
  - Comunidades bentónicas, demersales y nectónicas
- **Autoridades:**
  - Económicas (Pesqueras y Petrolera, etc.)
  - Ambientales
  - Navales
  - Turísticas
  - Seguridad y salvaguarda
  - Soberanía

## Fronteras para el Desarrollo Marítimo-Costero de Campeche

El establecimiento de estas fronteras entre lo costero y lo no costero podrán establecerse de acuerdo con:

- Los **usos** de cada sector
- Las **propiedades públicas y privadas** considerando la marca de pleamar máxima y su extensión tierra adentro
- Los **derechos de las propiedades privadas** bajo la línea de bajamar considerando parcelas de acuicultura, arrecifes artificiales, o cualquier ecosistema o recurso conveniente
- La **jurisdicción y administración municipal y estatal**
- La **zonalidad** nacional e internacional costera y marina de acuerdo con la Ley del Mar
- Las direcciones, departamentos, y secretarías de **gobierno** que tengan relación con los asuntos costero-marinos
- Las **áreas naturales protegidas** y sus ecoregiones
- Las **zonas Militares** y sus áreas de influencia (navales y ejército)
- La **infraestructura de líneas vitales** (caminos y carreteras, tuberías, cableados, postes, etc.)
- Las áreas de **exploración y explotación** de gas y petróleo, minerales y recursos vivos
- El carácter de salvaguarda de la **seguridad nacional** (soberanía, alimentaria, energética, comercio, etc.)

## Retos para el Desarrollo Marítimo-Costero

Hasta ahora, el desarrollo de las costas y mares mexicanos han sido tradicionalmente sectoriales y Campeche no ha sido la excepción. El primer reto al que se enfrenta la zona costero-marina son las políticas de desarrollo

que inducen a la monoexplotación de recursos como la pesca del camarón y pulpo, la ganadería, la siembra en pastizales, la agricultura extensiva y la explotación de gas y petróleo, hacen que cada una de estas actividades permanezca aislada e ignorante de las necesidades, carencias, vínculos y repercusiones mutuas que conllevan cada una de éstas en relación con las otras.

El segundo reto son los asentamientos humanos desordenados, muchos de ellos generados e impulsados a partir de actividades sectoriales específicas como la pesca, el turismo o la explotación petrolera. Este desorden y falta de planificación ha resultado en la carencia de servicios, medidas e infraestructura, por lo que provoca impactos tales como la destrucción de ecosistemas como los manglares y humedales costeros por la transformación de la vocación del uso del suelo; la contaminación del aire, suelo y agua; y la polarización económica que ha favorecido a sectores reducidos de capital, dejando niveles graves de marginación en la población costera y rural.

Otro reto son las limitantes que tiene el mercado por productos de baja calidad o por subsidios a sectores como el pesquero, que impactan la economía volviéndola poco saludable. La pobre (o nula) oferta de playas o actividades recreativas marinas por la privatización o por problemas de contaminación de aguas costeras y carencia de servicios para turismo. La planta industrial pesquera que se desarrolla principalmente en torno al camarón, dejando a un lado otras especies valiosas que no tienen cabida en las plantas de congelado, enlatado y reducción por obtenerse menos ganancias.

Un reto más es la reactivación de la economía costera con la promoción de inversión en puertos y dotación de servicios a embarcaciones pequeñas y medianas; atención a infraestructura costera de apoyo y protección; desarrollo de ofertas para el turismo; y la elevación de la calidad de vida de los habitantes de la costa campechana.

Los procesos de erosión y acreción de las playas, especialmente en la franja desde Champotón hasta la península de Atasta, es otro de los retos a enfrentar. La carretera principal que da acceso a toda la península de Yucatán se ve constantemente amenazada por la erosión en esta porción de la costa campechana; amenaza que enfrentan también las líneas de comunicación telefónica por los tendidos de fibra óptica y las líneas de energía eléctrica.



Un reto más es la gestión para el desarrollo sostenible de proyectos de producción como la acuicultura y las propuestas de desarrollo de arrecifes artificiales. Considerando que la zona costero-marina tiene características particulares debido a lo somero de la plataforma continental adyacente, es conveniente que se hagan estudios de costo-beneficio para determinar la factibilidad y viabilidad de desarrollar proyectos de maricultura o bien la rentabilidad de los arrecifes artificiales.

### **Áreas de Oportunidad**

El Plan Puebla Panamá (PPP) es una propuesta de los ocho países que integran la región mesoamericana para fortalecer la integración regional e impulsar los proyectos de desarrollo social y económico en los estados del Sureste de México y el Istmo Centroamericano. Como participante de esta región, la zona costero-marina de Campeche tiene oportunidades para que se desarrollen proyectos dentro de ocho áreas específicas que actualmente ya cuentan con presupuesto:

- Integración de la red carretera (US\$3,421 millones)
- Tendido de redes eléctricas (US\$445.7 millones)
- Desarrollo sostenible (US\$16.5 millones)
- Desarrollo humano y grupos tradicionalmente marginados (US\$31.5 millones)
- Prevención y mitigación de desastres naturales (US\$27 millones)
- Proyectos de turismo (US\$51.7 millones)
- Facilidades para exportación (US\$23.5 millones)
- Telecomunicaciones (US\$1.2 millones)

El desarrollo de infraestructura básica en Campeche ayudaría a la atracción de inversiones, garantizando:

- Abasto de energía eléctrica eficiente y continua
- Mejores caminos y carreteras -para acortar las distancias y desplazar la producción más rápido y con menos merma

- El abasto de agua de buena calidad
- Contar con telecomunicaciones eficientes
- Fortalecer la infraestructura portuaria
- Establecer un programa de co-inversión local

De la misma manera, la SECOFI ha promovido proyectos costeros y marinos en diferentes sectores como los siguientes clasificados como Prioritarios (P) o específicos ( Para mayor información consultar con la SECOFI ([www.secofi.gob.mx](http://www.secofi.gob.mx)).

Otras oportunidades se pueden tener en materia de puertos. Debido a lo somero de las aguas campechanas, se puede impulsar el desarrollo de infraestructura para embarcaciones de distancias cortas y puertos interiores, que garantice la oferta de condiciones seguras para el transbordo, almacenaje y transporte provisionales de mercancías en el transcurso de su traslado desde medios de transporte terrestre a medios de transporte acuático y viceversa.

Las áreas de oportunidad para el desarrollo costero-marino de Campeche requieren también de cubrir requisitos específicos a cada sector, por ejemplo:

Turismo y actividades acuáticas:

- Ordenamiento costero y elaboración de un plan de manejo que permita un desarrollo sostenible
- Prevención, control y monitoreo de la calidad de las aguas costeras
- Estudios de oceanografía e hidrología para el transporte de sedimentos, oleaje, etc.
- Desarrollo de infraestructura móvil marina (muelles flotantes, boyas, etc.)
- Impulso a actividades de esquí acuático, canotaje, jetsky, etc.
- Desarrollo del “frente de agua” de Campeche, Champotón y Cd. del Carmen con servicios e infraestructura

Proyecto	Sector	Municipio	Tipo
Revitalizar construcción y mantenimiento de barcos	Industria	Carmen	P
Bodega para productos marinos	Comercio	Carmen, Champotón, Campeche	E
Bodega Puerto Industrial Laguna Azul	Infraestructura	Campeche	E
Puerto multimodal Lerma	Infraestructura	Campeche	E
Puerto industrial y turístico de alto calado	Infraestructura	Campeche	E
Marina deportiva turística	Turismo	Campeche	E
Planta termoeléctrica, capacidad de 200, mil Mv	Infraestructura	Campeche	E
Acuicultura de jaiba, camarón y almeja	Acuicultura	Campeche	E
Fraccionamiento turístico y marina de Sabancuy	Turismo	Carmen	P
Fraccionamiento turístico y hotel San Lorenzo	Turismo	Champotón	E
Concesión marina y restaurante	Turismo	Campeche, Champotón	P
Explotación de pepino de mar con fines comerciales	Pesca	Campeche y Carmen	P
Proyecto post-larvas de camarón	Acuicultura	Carmen	P
Arrecifes artificiales para mero	Pesca	Champotón	P
Marina deportiva en el actual muelle del transbordador	Turismo	Carmen	P
Desarrollo y producción de crías de pámpano	Pesca	Campeche	P
Establecimiento de centros de producción de jaiba suave	Acuicultura	Carmen	P
Autopista en los tramos Frontera-Cd. del Carmen-Champotón	Comunicaciones	Palizada, Carmen y Champotón	P
Autopista Campeche-Mérida	Comunicaciones	Varios	E
Planta fileteadora de pescado	Industria	Campeche	E
Utilización de la dársena de San Francisco de Campeche	Infraestructura	Campeche	P
Pesca de mediana altura	Pesca	Campeche y Carmen	E
Parque camarónico	Acuicultura	Carmen	P
Planta procesadora integral de coco	Agroindustria	Carmen, Campeche y Champotón	P
Redes de frío para productos agrícolas y marinos	Agroindustria	Champotón, Campeche, Carmen	P
Desarrollo de acuicultura y tilapia roja	Acuicultura	Campeche	P
Desarrollo de acuicultura de langostino	Acuicultura	Campeche	P
Granjas de cultivo de especies marinas	Pesca	Campeche	P
Granjas camarónicas para la engorda de camarón	Acuicultura	Carmen	P
Instalación de plantas industriales en las dársenas de San Francisco para procesar pescado, camarón y marisco	Industria	Campeche	P
Planta para ahumar pescado	Industria	Campeche	P
Arrendamientos a largo plazo y venta de embarcaciones de pesca de mediana altura	Servicios	Campeche	P
Granja comercial de cocodrilo Moreletti	Acuicultura	Campeche	P
Desarrollo de una planta desconchadora de ostión	Industria	Champotón y Campeche	P
Construcción de un cerco para siembra de crías de especies nativas de escama	Pesca	Campeche y Champotón	P
Centro de selección, empaque, ahumado y elaboración de conservas de ostión	Industria	Carmen	P
Desarrollo semi-intensivo de ostión	Acuicultura	Carmen	P

⋮

Petróleo

- Consideraciones de impacto ambiental para las actividades de exploración y explotación de los yacimientos en tierra y en mar ante la inminente explotación de nuevos yacimientos de hidrocarburos: el complejo marino Ku-Maloob-Zaap, de crudo pesado, cercano a Cantarell; del bloque Sihil, con crudos ligeros y pesados, debajo de Cantarell; la exploración en la zona marina de Campeche Poniente; de los campos de gas no asociado a la Cuenca de Burgos; y numerosos proyectos de menor escala

Todas estas oportunidades deberán darse en un marco de sostenibilidad donde la conservación del ambiente costero-marino es primordial para el mantenimiento y usufructo de los bienes y servicios naturales que brinda la costa y el mar. Asimismo, es importante considerar el

desarrollo de acciones de conservación del patrimonio arqueológico costero y marino campechano que recientemente está atendiendo un equipo de expertos del INAH.

Para más información sobre el desarrollo costero y marítimo de Campeche consultar:

1. Benavides, A. y L. Mirambell, (Coord.), 1990. Geografía política de Campeche en el siglo XVI. Antologías/Series Historia, INAH, 168.
2. Luna Erreguerena, P., 1996. Navegación colonial en las costas de Campeche. Arqueología Mexicana, vol. III(18): 60-63
3. Secretaría de Fomento Industrial y Comercial del Gobierno Constitucional del Estado de Campeche (<http://www.campeche.com/sefico/>)
4. Torres Ramirez, Bibiano, 1981. La Armada de Barlovento. Escuela de Estudios Hispanoamericanos. Sevilla
5. Trejo Rivera, F., 1995. La ruta de la Nueva España (1630-1631). Colección INAH/CONACULTA

# Indicadores y Biomarcadores de Disrupción Endocrina en Peces

Jaime Rendón von Osten

Centro EPOMEX-Universidad Autónoma de Campeche

Actualmente se emplea un gran número de sustancias químicas con diferentes usos en la vida cotidiana, con lo cual, la población en general está expuesta a estos compuestos a través de diferentes vías o rutas de exposición tales como alimentos, agua, aire, entre otras.

Muchas veces los efectos que estas sustancias ocasionan en los seres vivos, incluyendo al ser humano, no es del todo claro ya que para identificar estos efectos es necesario llevar a cabo diferentes estudios que varían de acuerdo al compuesto químico a evaluar, la especie u organismo de prueba, y el tipo de exposición.

Los efectos tóxicos que se pueden identificar a través de experimentos son los efectos agudos, subcrónicos, crónicos y a largo plazo. Dentro de estos últimos se tienen los efectos adversos sobre el sistema endocrino los cuales, como muchos otros efectos adversos, se manifiestan después de un periodo largo y, a nivel ambiental, la relación dosis-efecto es difícil de establecer.

Un disruptor endocrino es una sustancia o mezcla de ellas que altera la función del sistema endocrino y causa efectos adversos en la salud de un organismo, o en su progenie o a nivel de sub-poblaciones.

El modo de acción de los moduladores o disruptores endocrinos no está bien establecido, y se han propuestos varios mecanismos por los cuales algunos compuestos, con efectos endocrinos, son capaces de disruptir o alterar funciones vitales del sistema endocrino ya que:

- 1) Pueden ser estructuralmente similares a las hormonas a las cuales son capaces de enlazarse a receptores celulares diseñados para ser el "blanco" de las hormonas naturales, lo cual causa actividad celular anormal e impredecible.
- 2) Pueden bloquear los sitios de enlace, así las hormonas naturales son incapaces de enlazarse a ellos, con la consecuente alteración en la actividad celular
- 3) Pueden inducir la creación extra de sitios receptores en la célula, con la consecuente amplificación del impacto de las hormonas sobre la actividad celular.
- 4) Pueden interactuar directa o indirectamente con hormonas naturales, cambiando el mensaje de la hormona y alterando la actividad celular.
- 5) Pueden alterar el patrón natural de la síntesis hormonal y metabolismo, lo cual resulta en una alteración en el balance o cantidad de hormonas que circulan.

## Que Indicador o Biomarcador Medir?

Cuando se realizan investigaciones sobre los efectos adversos de las sustancias químicas es muy importante saber seleccionar el indicador y/o biomarcador adecuado para establecer la relación dosis-efecto.

Los biomarcadores son respuestas o alteraciones bioquímicas, fisiológicas, morfológicas e histopatológicas de los organismos ocasionadas por la exposición a contaminantes (US NRC, 1989) y, en general, estas respuestas son rápidas, sensibles y, en ocasiones, reacciones específicas de los organismos a los contaminantes. Asimismo, se considera biomarcador a un cambio en la expresión genética que da lugar a una alteración en el contenido de proteína y actividad enzimática que se encuentra vinculado a la cantidad de contaminante.

De acuerdo a su especificidad los biomarcadores han sido clasificados como de "Nivel I" y de "Nivel II". Los biomarcadores de nivel I responden específicamente a un contaminante y, por lo general, implica la inhibición de enzimas; y los biomarcadores de nivel II responden a un estrés subletal general y, frecuentemente implica la activación o inducción de una enzima.

así como para caracterizar la razón del estudio, como por ejemplo la relación dosis-respuesta.

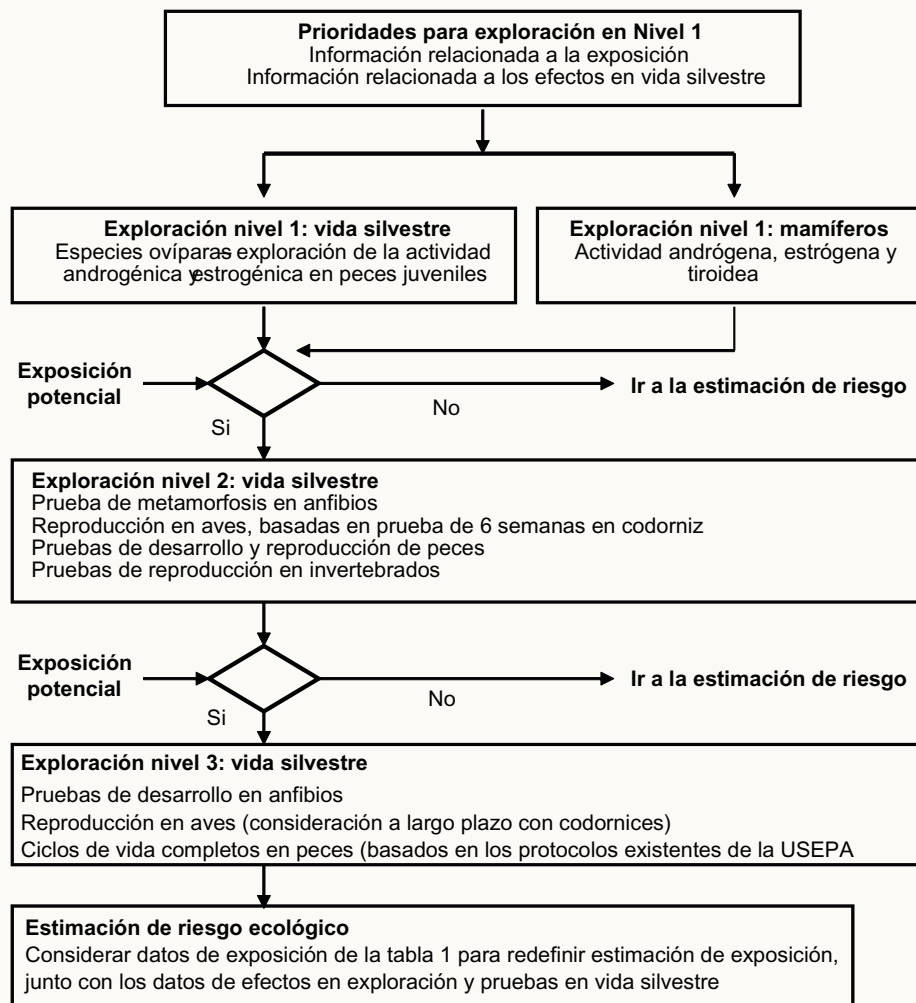
De acuerdo a lo anterior se sugiere que en la exploración Nivel 1 se seleccione uno de los siguientes métodos propuestos:

- a) Protocolo OECD TG 204, que son pruebas de toxicidad a largo plazo en peces, o el protocolo OECD TG 215, que incluye pruebas de crecimiento con peces juveniles
- b) Ensayo de recrudescimiento gonadal
- c) Ensayo reproductivo terminal en adulto
- d) Ensayo de reversión de sexo

### Biomarcadores Endocrinos

En la figura 1 se presentan los pasos que generalmente se deben llevar a cabo en una evaluación del riesgo por compuestos con efectos endocrinos. El marco general consiste de tres niveles: *estimación inicial, exploración y prueba*.

La *estimación inicial* es importante ya que implica la recopilación de datos para poder interpretar los resultados de las pruebas. El *nivel de exploración* ayuda a determinar prioridades para pruebas definitivas y contribuye a entender los mecanismos de acción, asimismo, se obtiene información de los indicadores o biomarcadores como lo pueden ser estrogen- y androgen- (ant)agonistas, indicadores de desarrollo sexual femenino y masculino (peso de órganos y síntesis de esteroides). El *nivel de prueba* es importante para identificar los disruptores endocrinos potenciales en estadios claves en el desarrollo



**Figura 1.** Estrategia para la estimación de riesgo ecológico de los disruptores endocrinos. Todas las pruebas mencionadas deben ser validadas internacionalmente antes de su uso.

En la tabla 1 se presentan las principales características de las pruebas propuestas para la exploración nivel 1.

En la exploración Nivel 2 se proponen dos métodos:

- a) Pruebas de desarrollo: protocolo TG 210 que incluye pruebas de toxicidad para peces en estado temprano
- b) Pruebas de reproducción terminal, pruebas de ciclos de vida parciales.

Asimismo se sugieren indicadores y condiciones adicionales para el protocolo TG 210, tales como:

- a) La exposición debe cubrir la diferenciación sexual y la gametogénesis temprana, pero no necesariamente extenderse más allá del periodo esencial.
- b) Se debe realizar histopatología como complemento de la diferenciación sexual esencial
- c) La relación de sexo debe ser medida por medio de histología gonadal esencial.
- d) Considerar la post-exposición para medir la fecundidad: la duración de la prueba debe ser lo suficientemente prolongada para detectar efectos sobre la fecundidad deseable.
- e) Biomarcadores, como por ejemplo vitelogenina y esteroides sexuales.

Existen indicadores de pruebas reproductivas terminales que pueden incorporarse en una evaluación de riesgo ecológico y que pueden ser:

- uso de especies de peces propuestas por la OECD (especies estandarizadas)
- uso de peces sexualmente maduros
- tiempo del primer desove
- numero de huevos por puesta o eventos de desove
- frecuencia de desove
- numero de huevos por puesta o eventos de desove
- numero de huevos por hembra
- numero de huevos fertilizados
- eclosiones exitosas de la generación F1
- se debe considerar el uso de biomarcadores adecuados

Tabla 1. Principales características de los protocolos propuestos para estudios de efectos endocrinos				
Características	Tipo de protocolo			
	OECD TG 204 215 *	Ensayo de recrudescencia gonadal	Ensayo de reproducción terminal	Ensayo de reversión sexual
Estado en el ciclo de vida	juvenil	juvenil adulto	adulto	Prelarva a adulto
Desove	NM	NM	M	NM
Crecimiento	M	NM	M	M
Diferenciación sexual	M		NM	NM
Características sexuales secundarias	M**	M	M	M
Índice gonadosomático (E-testicular)	M	M	M	M
Examen gonadal grueso	M**	M	M	M
Producción de gametos	M**	M	M	NM
Viabilidad del gameto	M**	NM	M	NM
Histopatología del gameto (E) (A)	M	M	M	M
<b>Biomarcadores</b>				
Vitelogenina, (E)	M	M	M	NM
Testosterona, E2	M	M	M	NM
Periodo de exposición	28 días	21 días	21 días	8 semanas

M: medido; NM: no medido; E: estrógeno; A: andrógeno  
 \* Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico  
 \*\* Especie específica

En las pruebas de nivel 3, es necesaria una prueba confirmatoria, como lo son las pruebas de ciclo de vida completo de peces, y los indicadores son:

- eclosión y viabilidad del embrión en F0 y F1
- sobrevivencia, crecimiento y desarrollo de larvas en F0 y F1
- tiempo de maduración sexual en F0
- características sexuales secundarias en F0
- relación de sexos en F0 y F1
- producción de huevos F0
- frecuencia de desove en F0
- fertilizaciones exitosas en F0 y F1
- histopatología en F0 y F1 (opcional)
- maduración de gameto en F0
- biomarcadores tales como vitelogenina, esteroides, enzimas esferoidales F0 y F1 (opcional)

### Desarrollo de Protocolos y Validación

La validación de un protocolo es muy importante ya que es el control técnico usado para detectar cualquier dato impreciso, incompleto o científicamente no razonable. En el caso de los disruptores endocrinos los ensayos de exploración deben ser capaces de resolver si las interacciones endocrinas son debidas a una actividad (anti) estrogénica, androgénica y tiroidea de una sustancia química dada. Las exploraciones *in vivo* deben idealmente evitar falsos positivos, pero es necesario que el potencial de falsos negativos sea minimizado. Existen dos etapas importantes en la validación de los protocolos, las comparaciones inter-especies y la selección de sustancias químicas de referencia.

**Comparaciones inter-especies.** La validación de los ensayos *in vivo* proveerá datos de similitud y diferencias entre las diferentes especies implicadas y ser relevante a las poblaciones silvestres de interés para un proceso de estimación de riesgo ecológico.

**Selección de sustancias químicas de referencia.** Actualmente muchos protocolos sobre exploración y pruebas de disruptores endocrinos se encuentran en la fase de desarrollo, por lo que se ha propuesto una lista de sustancias químicas de referencia para su uso en investigación.

### Consideraciones sobre los Efectos Endocrinos

Las investigaciones sobre efectos endocrinos, tanto en vida silvestre como en el ser humano, han tomado en consideración los siguientes hechos:

1. La exposición es ubicua. Algunos organismos pueden tener baja, media o alta exposición a los contaminantes, pero actualmente nadie está no expuesto.
2. Los experimentos en laboratorio han demostrado que la exposición a concentraciones extremadamente bajas de contaminantes tienen efectos sobre el sistema endocrino, tal es el caso de tortugas expuestas a dosis ínfimas de 17 $\beta$ -estradiol, presentaron un cambio en la relación de sexos.
3. Hay más sistemas hormonales que se conocen que son vulnerables a los disruptores endocrinos, principalmente los sistemas de mensajes mediados químicamente.
4. Se ha incrementado el número de compuestos de uso común que se conocen que tienen alta capacidad de alterar el sistema endocrino, ya que se ha reportado que algunos plásticos muestran efectos endocrinos.
5. Los efectos en la salud humana incluyen ahora los impactos que presentan los adultos por la exposición que tuvieron a nivel fetal. Es necesario llevar a cabo estudios de exposición durante el desarrollo humano, especialmente en el desarrollo fetal, en relación al riesgo que existe a lo largo de todos los estadios de vida. Por ejemplo, en el cáncer de seno se estudia la exposición que ha tenido el adulto a diferentes sustancias, sin embargo, nadie evalúa la exposición fetal o en la pubertad y su riesgo al llegar a adulto.

6. Los estudios epidemiológicos de efectos endocrinos sesgan la investigación hacia falsos negativos, ya que no se ha establecido una relación directa de efectos endocrinos con el ser humano. Debido a que los resultados con animales han demostrado eviden-

cia, existe un riesgo a la salud humana, y este sesgo hacia falsos negativos requiere la aplicación del principio de precaución usando los datos obtenidos con animales como guía.

### Referencias

Huet MC., 2000. OECD Activity on Endocrine Disrupters Test Guidelines. *Ecotoxicology* 9:77-84.

Hutchinson TH, R Brown, KE Brugger, PM Campbell, M Holt, R Länge, P McCahon, L J Tattersfield y R van Egmond, 2000. Ecological risk assessment of endocrine disruptors. *Environ Health Perspect* 108:1007-1014.

Sheehan, DM, E Willingham, D Gaylor, JM Bergeron and D Crews, 1999. No threshold dose for estradiol-induced sex reversal of turtle embryos: how little is too much? *Environmental Health Perspectives* 107:155-159

US NRC, 1989. *Biologic markers in reproductive toxicology*. US National Research Council. Washington, DC, National Academy Press.

WHO, 2001. *Principles for evaluating health risks to reproduction associated with exposure to chemicals*. Environmental Health Criteria 225. World Health Organization. Geneva.