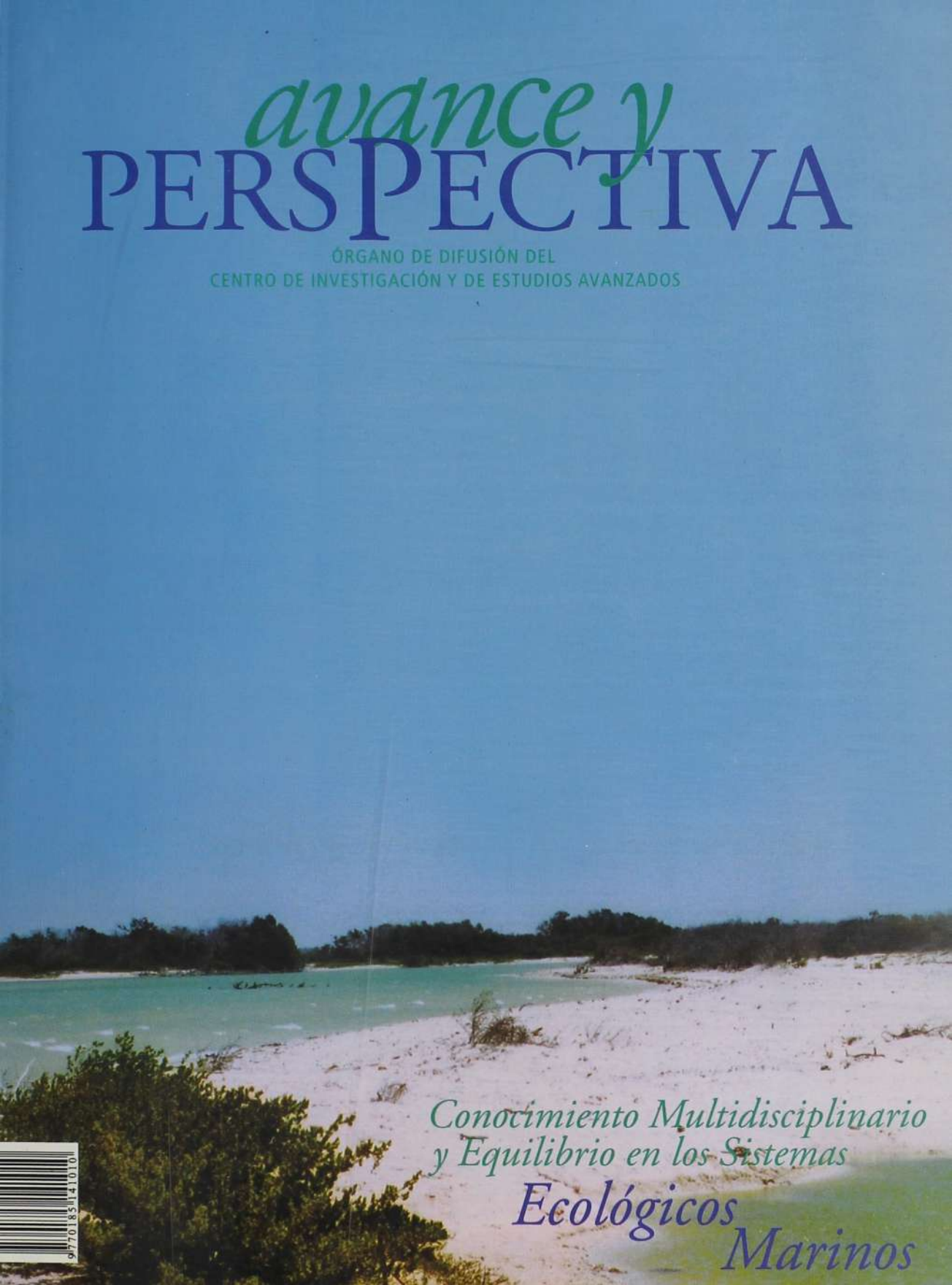




avance y PERSPECTIVA

ÓRGANO DE DIFUSIÓN DEL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS

*Conocimiento Multidisciplinario
y Equilibrio en los Sistemas*

*Ecológicos
Marinos*





XXX CONGRESO NACIONAL DE GENETICA HUMANA

Del 16 al 19 de Noviembre del 2005

Monterrey, Nuevo León, México

Asociación Mexicana de Genética Humana, A.C.



1.- Aborto

Arthur L. Beaudet, M.D.

Baylor College of Medicine, Houston, TX

2.- Clonación

C. Thomas Caskey, M.D.

Cogene Ventures, Houston, TX

3.- Medicina Predictiva

James R. Lupsky, M.D., Ph.D.

Baylor College of Medicine, Houston, TX

4.- Discriminación Genética

Raúl Garza Chapa, Ph.D.

Socio de la AMGH, New York, NY

MAYORES INFORMES:

Teléfono:

(81) 8123 8249

Correo electrónico:

amgh_mty@yahoo.com

Página Web:

http://www.geocities.com/amgh_mty

Hotel Sede Crowne Plaza Monterrey

Reservaciones 01800 83 99 300

01 (81) 8319 6060/61

Cursos Pre-Congreso, Simposios, Talleres, Trabajos Libres, Carteles.
Exhibición comercial, Eventos Sociales

Si es posible, es posible en Monterrey

MONTERREY
LA CIUDAD DE LAS MONTAÑAS



COORDINACIÓN DE
CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN





Cinvestav



La imagen de portada y fotografías incluidas en este número son responsabilidad de los autores de este número.

Portada

Costa del Estado de Yucatán, Sonia Eugenia Palacios Sánchez

Avance y Perspectiva, órgano de difusión del Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav), es una revista trimestral que publica artículos de divulgación y notas sobre avances científicos y tecnológicos. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores. La reproducción parcial o total del material publicado sólo será posible siempre que se cite la fuente. La edición correspondiente a julio-septiembre de 2005, volumen 24, número 3, se terminó de imprimir en octubre de 2005. Tiraje: 5,000 ejemplares. Certificado de Reserva de Derechos de Autor 04-1985-000000000577-102, expedido por la Dirección General del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Certificado de Licitud de Contenidos 1001 y Certificado de Licitud de Título 1728, otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. ISSN 0185-1411, *Negativos, impresión y encuadernación*: Gama Sucesores S.A. de C.V., Ingenieros Civiles 94, Delegación Iztapalapa, C.P. 09420, México, DF. *Avance y Perspectiva*, Av. Instituto Politécnico Nacional 2508, Colonia San Pedro Zacatenco, 07360, México, DF. <http://www.cinvestav.mx/publicaciones>.

CINVESTAV

Rosalinda Contreras Theurel
Directora General

José Mustre de León
Secretario Académico

Luis Alfonso Torres Gómez
Secretario de Planeación

Víctor Gabriel Gutiérrez Lugo
Secretario Administrativo

AVANCE Y PERSPECTIVA

Luz Manuel Santos Trigo
Director editorial

Luisa Bonilla
Apoyo editorial

María Barbieri
Corrección de estilo

Ricardo Salas § Frontespizio
Begoña Sáinz
Diseño y cuidado de la edición

Josefina Miranda López
María Gabriela Reyna López
Asistencia editorial

Suscripciones y Distribución:
avance@cinvestav.mx
T/F (55) 50 61 33 71

CONSEJO EDITORIAL

Marcelino Cereijido Mattioli
Fisiología

Carlos Coello Coello
Sección de Computación

Antonio Fernández Fuentes
Unidad Saltillo

Eugenio Frixione Garduño
Sección de Metodología y Teoría de la Ciencia

Gabriel López Castro
Física

Luis Enrique Moreno Armella
Matemática Educativa

José Luis Naredo Villagrán
Unidad Querétaro

Rodrigo Tarkus Patiño Díaz
Unidad Mérida

Ángeles Paz Sandoval
Química

Betzabet Quintanilla Vega
Sección Externa de Toxicología

Eduardo Remedi Alione
Investigaciones Educativas

Arturo Sánchez Carmona
Unidad Guadalajara



Cinvestav

SUMARIO

AVANCE Y PERSPECTIVA	
Presentación editorial	5
<i>Luz Manuel Santos Trigo</i>	
<i>Luis R. Capurro Filograsso</i>	
44 años de excelencia, investigación e innovación	9
<i>Rosalinda Contreras Theurel</i>	
Maurice Ewing, un gigante de la ciencia física ambiental	15
<i>Luis R. Capurro Filograsso</i>	
Anillos de crecimiento: fuente natural de información biológica y ambiental	25
<i>Alejandra Juárez-de la Rosa y Pedro Luis Ardisson Herrera</i>	
Cuando el mar cambia de color: florecimientos algales	33
<i>Cynthia Álvarez Góngora y Jorge A. Herrera-Silveira</i>	
Salud en el ecosistema	45
<i>Rossana Rodríguez Canul</i>	
Los peces del litoral de Yucatán	53
<i>Sonia Eugenia Palacios María Eugenia Vega</i>	
Sustentabilidad de los ecosistemas costeros mexicanos	59
<i>Laura E. Vidal Hernández</i>	
El sistema circulatorio del Planeta Azul	71
<i>Manuel Antonio Reyes Rodríguez</i>	
NOTICIAS DEL CINVESTAV	77



Salineras "Las Coloradas", en costa yucateca de Oriente.

EN ESTA ÉPOCA DE DESARROLLOS NOTABLES EN TECNOLOGÍA Y DE MÚLTIPLES avances científicos resulta importante reflexionar acerca de la naturaleza de la investigación y del impacto de los resultados o productos de la actividad científica en la sociedad. En particular, los temas relacionados con el medioambiente y el cuidado de los recursos naturales renovables y no renovables son relevantes en la definición de las agendas de investigación.

Desde 1981 el Departamento de Recursos del Mar de la Unidad Mérida del Cinvestav desarrolla investigación en áreas relacionadas con la ecología marina, las pesquerías y la acuicultura con una perspectiva multidisciplinaria. Un miembro distinguido de este departamento es el Dr. Luis Capurro, quien se destaca por su incansable labor para difundir la idea de la necesidad e importancia de estudiar los ecosistemas que permitan establecer proyectos para una explotación sustentable y ordenada de los recursos marinos. El entusiasmo y la dedicación de este profesional en el estudio y la difusión de los temas relacionados con la oceanografía física se manifiestan en el trabajo que realiza conjuntamente con sus estudiantes y colegas.

Gracias al compromiso del Departamento de Recursos del Mar de la Unidad Mérida, *Avance y Perspectiva* trae en las páginas de esta edición importantes colaboraciones con el fin de profundizar en la difusión de dichos temas y generar nuevas reflexiones en esa área de estudio. Así, los artículos de esta edición permiten apreciar la importancia de considerar el entorno ecológico como un aspecto de la investigación científica que influye directamente en el quehacer de otras disciplinas.

Por otro lado, los avances del conocimiento científico incluyen la evolución de las herramientas que se utilizan en las investigaciones, ya que representan notables desarrollos en el quehacer de las disciplinas. El caso de Maurice Ewin, que se relata en uno de nuestros artículos, demuestra que cuando la inteligencia se conjuga con el interés, la perseverancia y la pasión se pueden lograr metas de trascendencia universal. En ese espíritu, la comunidad académica del Departamento de

El Dr. Luz Manuel Santos Trigo es investigador titular del Departamento de Matemática Educativa.

Su correo electrónico es: msantos@cinvestav.mx

El Dr. Luis R. Capurro Filograsso es investigador titular del Departamento de Recursos del Mar.

Su correo electrónico es: lcapurro@mda.cinvestav.mx

Recursos del Mar seguirá produciendo conocimiento que nos ayude a entender y convivir con los sistemas ecológicos marinos de manera equilibrada.

Con esta edición queremos brindarle un reconocimiento al Dr. Capurro, quien además de honrarnos con su trabajo profesional y su compromiso ético, beneficia a la comunidad toda por el hecho de que es un sembrador de conocimientos, despertando inquietud y pasión en sus alumnos y colegas para seguir trabajando de manera multidisciplinaria en las áreas de ese campo de investigación y estudio.

El hecho de que la Unidad de Mérida ha recibido en donación dos terrenos, uno destinado a la ampliación de la sede edilicia de esa Unidad y otro para ubicar su Estación Marina, también representa un reconocimiento al trabajo de esa comunidad científica, así como una muestra evidente del compromiso del **Cinvestav** para seguir consolidando metas.

Luz Manuel Santos Trigo

UNIDAD MÉRIDA: POR UN MUNDO MEJOR

Desde su creación, hace más de 25 años, la Unidad Mérida del **Cinvestav**, reconociendo la dependencia del mar de la Península de Yucatán, ha estado llevando a cabo investigaciones marinas en el Golfo de México y en el Caribe mexicano.

El creciente aumento de población que presenta esta región de nuestro país y su concentración en la zona costera ha implicado que los investigadores del **Cinvestav** de la Unidad Mérida nos hayamos sentido convocados para identificar cuál es el uso

más adecuado del suelo que se debe hacer en la Península. Este interés en vincular la ciencia con la práctica, demostrado por los investigadores del **Cinvestav**, y que se deriva de la ética profesional que respalda nuestro compromiso con la sociedad, busca lograr dos objetivos simultáneamente: por un lado, salvaguardar la riqueza natural de la región y, por otro lado, colaborar con la comunidad en el sentido de que los habitantes de la misma puedan alcanzar elevados niveles de desarrollo humano, gracias al correcto uso de los recursos disponibles. Esta búsqueda nos condujo a saber que el uso más adecuado del suelo en el ecosistema peninsular es el turismo recreativo costero.

Para mantener sustentable al Gran Ecosistema Peninsular hay que contar con un litoral impecable, lo cual se consigue con una legislación costera de primer orden (basada en el conocimiento científico de la estructura y del funcionamiento de dicho ecosistema) y con una comunidad altamente educada al respecto.

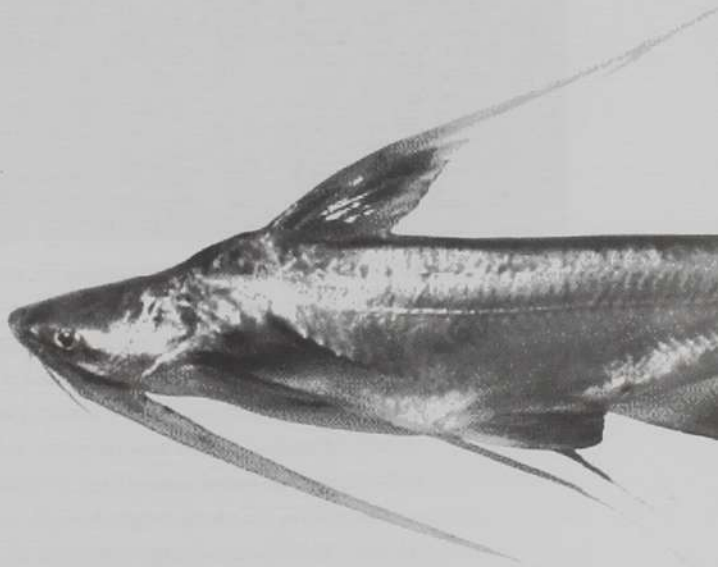
El hecho de ser la región del país más vulnerable a los fenómenos ambientales extremos (como el ascenso del mar por el calentamiento global de la atmósfera), de ser una plataforma plana al nivel del mar, de estar ubicada en la trayectoria de las grandes tormentas tropicales, de estar expuesta a maremotos generados en la región sísmica del Caribe y de que la naturaleza carbonatada de su suelo hace que el mismo esté en permanente disolución nos impone una dimensión adicional a nuestra responsabilidad científica en la Península.

Por último, y en vista de que el problema crucial y global de este siglo es la existencia de agua dulce, como esta zona es el acuífero de México nos

obliga a los integrantes del **Cinvestav** Mérida a extremar nuestros esfuerzos por mantener sostenible el desarrollo y el uso de la región.

Finalmente, en nombre de todo el equipo, agradezco al Consejo Editorial de la revista *Avance y Perspectiva* por difundir algunas de las numerosas investigaciones que lleva a cabo el Departamento de Recursos del Mar de la Unidad Mérida del **Cinvestav**, cuyos fines últimos radican en el logro de más alta calidad de vida.

Luis Capurro





Crédito de foto: Archivo Cinvestav.

44 AÑOS DE EXCELENCIA, INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

ROSALINDA CONTRERAS

EL CINVESTAV, CREADO EN 1961, POR DECRETO PRESIDENCIAL, ES UN ORGANISMO descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio, adscrito a la Secretaría de Educación Pública, que se rige por su decreto de creación y por la ley Federal de Entidades Paraestatales.

Es una institución con la autonomía que le concede su estatuto jurídico y que nació con la misión de desarrollar investigación científica y tecnológica de frontera, de formar los cuadros científicos y tecnólogos del más alto nivel para México, desarrollar tecnología y para contribuir a la solución de problemas de interés nacional.

Desde su inicio el Centro ha tenido los más altos estándares de rigor académico, reconocidos ampliamente en el país y en el extranjero. Un número importante de académicos del **Cinvestav** ha recibido el Premio de la Academia Mexicana de Ciencias (35) y el Premio Nacional de Ciencias (25). Además, algunos investigadores han sido distinguidos con el Premio Príncipe de Asturias, el Premio TWAS (9), el Premio Luis Elizondo (6), las Palmas de la Academia Francesa, membresías de academias de ciencias de otros países, doctorados Honoris Causa y muchos otros. Y es de destacar que 98% de los profesores tiene doctorado y 87% es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI).

Sus 546 investigadores atienden anualmente a unos 400 estudiantes de propedéuticos, 2,200 estudiantes de posgrado, en sus 51 programas de maestría y doctorado, y a 1,000 estudiantes externos de otros centros educativos, entre cuyos grupos más numerosos se encuentran los provenientes de la UNAM, del IPN y de las universidades estatales cercanas. El **Cinvestav** tiene la tradición de incorporar a la mayoría de sus estudiantes, a partir de los graduados de las licenciaturas de las universidades de los estados. Sus egresados, al regresar a sus instituciones de origen, han conformado los principales grupos de investigación de las universidades mexicanas. Para dar alguna cifra de nuestros egresados, 270 de ellos laboran en el IPN, 200 en la UNAM, 126 en los institutos tecnológicos de la SEP, 103 en la UAM, 89 en el Instituto Tecnológico de Monterrey, y así continúan números importantes de nuestros egresados en muchas otras instituciones.

Todos los posgrados del **Cinvestav**, sin excepción, están registrados en el Padrón Nacional de Posgrado (PNP) o en el Programa Integral de Fortalecimiento de Posgrado del CONACYT (PIFOP). Esta es una situación excepcional en el medio académico mexicano.

El **Cinvestav** tiene 12 programas calificados por el Conacyt como "Competente a Nivel Internacional", en este sentido comparte los tres primeros lugares nacionales junto con la UNAM, que tiene 11, y con el Colegio de México, que tiene seis. El **Cinvestav** tiene los únicos posgrados a nivel internacional en ingeniería y tecnología, en educación, y el único fuera del área metropolitana.

En su trayectoria, el **Cinvestav** ha graduado 4,150 maestros en ciencias y 1,435 doctores. En 2005 ya se han graduado 170 maestros y 125 doctores.

La calidad del **Cinvestav** también puede evaluarse por el desempeño de sus egresados. Los estudiantes del **Cinvestav** han recibido gran número de reconocimientos y premios, para dar algunos ejemplos: 26 premios Weizmann, 35 premios de Investigación de la Academia Mexicana de Ciencias, 25 premios nacionales de ciencias, el premio Príncipe de Asturias y muchos otros.

La tasa de empleo de los egresados, según nuestra propia encuesta, ha sido de 98.5% en 2004. Una evaluación externa que dio cuenta de la gran calidad del **Cinvestav** fue el reporte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que en 1994 calificó al Centro como una institución de clase mundial: "El **Cinvestav** es una institución muy impresionante que demuestra que, cuando se dan los medios a una institución con capacidad de liderazgo, escapa a las presiones del conformismo burocrático nacional, México puede poseer instituciones de educación y de investigación de clase mundial".

El **Cinvestav** cultiva muchas áreas de la ciencia y la tecnología. En biología y medicina tiene 165 grupos, en especialidades como fisiología, bioquímica, biología molecular, genética, bio-medicina, toxicología, farmacología, neurociencias,

biología marina y otras. En ciencias sociales y humanidades tiene 68 grupos en investigaciones educativas, matemática educativa, ecología humana y filosofía de la ciencia. En ciencias exactas 120 grupos cultivan las matemáticas, química y física, mientras que en el área de ciencia e ingeniería de materiales, computación, ingeniería eléctrica, biotecnología, control automático y metalurgia, entre otras, existen 210 grupos.

Los investigadores del **Cinvestav** constituyen solamente 4% de los investigadores del país reconocidos por el SNI, pero en 2004 los investigadores del **Cinvestav** publicaron 899 artículos en revistas de prestigio internacional, lo que constituyó 17% de la producción nacional. Por otro lado el impacto del trabajo, medido en citas científicas, de los artículos de nuestros investigadores se puede deducir del hecho de que entre 1997 y 2001 publicaron 2,972 artículos, que recibieron 19,669 citas, con un factor de impacto promedio de 6.33. Este número sobrepasa con mucho el promedio nacional de 0.5.

El análisis de los coautores de los artículos publicados por el **Cinvestav** en 2003 muestra que su comunidad colabora activamente con decenas de laboratorios de 34 países. Como ejemplo podemos mencionar que con instituciones de Estados Unidos se reportaron 341 colaboraciones, entre ellas con el Instituto Tecnológico de Massachusetts, con las Universidades de Princeton, Berkeley, Columbia, Los Álamos, etc. Se reportaron trabajos con 109 grupos en Alemania, tales como los del Instituto Max Planck, de las universidades de Heidelberg, Munich, Dortmund y el acelerador de electrones alemán (DESY), etc. Con Francia hubo artículos con el Instituto Laue Langevin, con las universidades de

París, Estrasburgo, Tolosa, etc. Con Reino Unido los investigadores **Cinvestav** reportaron resultados junto con investigadores de las universidades de Londres, Birmingham, y con el Laboratorio Rutherford-Appleton, entre otros. La misma intensidad de colaboración se logró con grupos de investigadores con prácticamente todas las universidades estatales mexicanas.

Cada investigador del **Cinvestav** logra en promedio el financiamiento externo para un proyecto, hay un total de 550 proyectos subvencionados externamente, lo que representa 50% de los gastos de operación de la Institución.

El **Cinvestav** ha logrado obtener 91 patentes nacionales y 23 patentes internacionales y un número muy importante de transferencias tecnológicas a la industria. El **Cinvestav** ha recibido desde la fundación del Conacyt un apoyo importante de ese Consejo, que otorga prácticamente todas las becas de nuestros estudiantes y proporciona fondos importantes para los proyectos científicos y tecnológicos. En total, cada año el Conacyt contribuye con alrededor de 30% del presupuesto de operación de los laboratorios del **Cinvestav**.

Nuestra institución ha sido referencia de estructura académica para muchas instituciones, su peculiaridad, su gran exigencia académica, su calidad e impacto, el desenvolvimiento de sus egresados, sus contratos de cuatro años, el nivel de los estímulos al desempeño académico, sus categorías que se extienden hasta la F y que reconocen el liderazgo internacional indiscutible de sus investigadores hacen del **Cinvestav** una institución destinada al liderazgo nacional e internacional.

Las características especiales del Centro han propiciado el reconocimiento de las secretarías de Educación y de Hacienda, que se ha visto materializado en el financiamiento privilegiado con que el **Cinvestav** impulsa su carrera académica, científica y tecnológica.

Lo que el **Cinvestav** realiza es lo que le fue encomendado desde su fundación, pero la sociedad avanza y nuestro compromiso debe crecer. Estoy

seguro de que coincidimos en que podemos y tenemos que lograr metas más altas, que podemos y tenemos que sentirnos más orgullosos de contribuir a la sociedad con nuestro máximo esfuerzo y recompensar de esa manera la confianza que nos es otorgada para realizar nuestro trabajo.

TRES AÑOS DE GESTIÓN

A poco más de 40 años de su creación, el **Cinvestav** ha logrado un desempeño que, evaluado por nosotros mismos, por nuestros pares o por agencias nacionales e internacionales, lo muestra como la institución más prestigiada, la más eficaz y la de mayor calidad en ciencia y tecnología en México.

Sin embargo, pocos conocen ese desempeño, que no es más que lo esperado, de una institución que fue creada para ocupar el primerísimo lugar en sus actividades. Por ello, desde el inicio de mi gestión, una tarea importante ha sido la de ubicar al **Cinvestav** en el lugar que le corresponde, un lugar en el que la sociedad perciba que el dinero invertido y la confianza depositada en el proyecto **Cinvestav** han sido honrados por los investigadores que aquí trabajan y por los estudiantes que aquí se gradúan.

También, pocos conocen que esta institución en los últimos tiempos ha tenido dificultades económicas para mantener su operación de liderazgo, y que solamente basados en el prestigio, la eficacia y la calidad alcanzados, la Secretaría de Educación Pública nos ha otorgado los apoyos extraordinarios que han permitido transitar las severas crisis financieras de los últimos tres años en nuestro Centro.

Desde el inicio de mi gestión, en diciembre de 2002, mi propósito ha sido iniciar la revitalización del **Cinvestav**, ubicarlo en la posición correcta para que la sociedad pueda enorgullecerse de su prestigio, incrementar la calidad de su desempeño, extender sus actividades, abordar proyectos colectivos de gran envergadura y mostrar que su actividad resulta una contribución eficaz al desarrollo regional de México.

Así, una de las actividades importantes es presentar, en todos los foros posibles, la actividad, la pertinencia y la eficacia del **Cinvestav**. De esa manera, es muy grato y estimulante escuchar del Secretario de Educación sus diversas expresiones públicas, que nos llenan de orgullo y de compromiso, en el sentido de que el **Cinvestav** es una institución de excelente calidad y desempeño.

Las gestiones en los estados han sido extensas, en Jalisco logramos, junto con el Dr. José Luis Leyva, que el gobierno de ese Estado, a través del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco, nos otorgara 10 millones de pesos para la construcción de la Unidad Jalisco que, junto con aportaciones económicas generadas por los investigadores y apoyo del **Cinvestav**, permitieran la terminación de las nuevas instalaciones de la Unidad. Así, hemos participado con el Gobierno para promover actividades económicas y proyectos de inversión en la región. El **Cinvestav** contribuye eficazmente en la formación de maestros y doctores en ciencias, en particular es muy exitosa la capacitación en diseño electrónico que está contribuyendo a la atracción de inversiones en ese ramo industrial.

En Guanajuato, en conversaciones con el Dr. Luis Herrera Estrella y otros investigadores de la Unidad Irapuato, en marzo de 2003, iniciamos el Proyecto de creación de un Laboratorio de Investigación Genómica. Poco a poco el proyecto fue creciendo y como estrategia para lograr el establecimiento del Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad decidimos promover un Convenio de Concertación entre la SEP, la Sagarpa, el Conacyt, el gobierno del Estado de Guanajuato y el **Cinvestav**. Con la presencia de los titulares

de esas dependencias y del presidente Vicente Fox el 15 de abril de 2004 se firmó dicho Convenio, y hoy el proyecto tiene acumulados 244 millones, de un total programado de 525 millones de pesos. La primera meta es la determinación del genoma del maíz y se espera alcanzarla en agosto de 2006. Sin duda, este es el proyecto científico y tecnológico más importante del sexenio.

En Coahuila las gestiones se extendieron por casi dos años, durante ese periodo logramos, junto con el Dr. Gregorio Vargas, realizar tres juntas de trabajo con el gobernador Martínez hasta firmar un convenio que permitirá, en muy breve tiempo, la consolidación y ampliación de actividades del **Cinvestav** en Coahuila. El convenio involucra la donación al **Cinvestav** de un terreno de 10 hectáreas y la cantidad de 70 millones de pesos para la construcción.

En Yucatán las gestiones ante el gobierno del Estado y la Semarnat también han sido extensas, pero no menos exitosas. Hemos logrado, junto con el Dr. Iván Ortega y los jefes de departamentos de la Unidad Mérida, que se nos concediera un terreno de siete hectáreas para construir una estación oceanográfica. También obtuvimos la donación de otro terreno de 30 hectáreas, donde se construirán las nuevas instalaciones de la Unidad Mérida. Estamos afinando los detalles para recibir el financiamiento para la construcción de los edificios. Con esto se impulsa un proyecto ambicioso para que el **Cinvestav** genere en la Península de Yucatán el centro regional de investigación más importante del sureste, para ampliar sus operaciones, diversificar sus actividades y lograr un mayor impacto regional.

Para el presente ejercicio, por gestiones ante la SEP y la SHCP, logramos duplicar el presupuesto

de operación respecto del año 2004 así como también ampliar sensiblemente los presupuestos para las bibliotecas del Cinvestav.

En cuanto a recursos de inversión, si bien en el año 2003 no nos fue asignado presupuesto en el capítulo de Gasto, conseguimos del Conacyt recursos por 13 millones de pesos para paliar el problema de dos años atrás. En el 2004 aplicamos la cantidad de 15 millones de pesos, que nos permitieron adquirir equipos complementarios. En el 2005 distribuimos la cantidad de 43 millones de pesos para adquisición de equipo y 4 millones de pesos para la adquisición del mobiliario de la Unidad Jalisco.

En cuanto a obra pública, recibimos un proyecto iniciado en octubre de 2002 con un presupuesto asignado de 12 millones de pesos. Durante 2003 y 2004 logramos reunir 40 millones de pesos más y con ellos prácticamente concluir la construcción de los nuevos edificios de la Unidad Jalisco, que serán utilizados en breve por nuestros investigadores y estudiantes en esa ciudad.

En una época de restricciones presupuestarias, en la que hemos sido testigos de las dificultades severas de instituciones similares a la nuestra, el Cinvestav sale adelante y consigue apoyo para proyectos importantes y amplía sus operaciones como ninguna otra institución de su género, en el país. Es la imaginación, la tenacidad, la calidad y la pertinencia de las propuestas de los grupos de investigadores lo que ha hecho que logremos sacar adelante los nuevos proyectos del Cinvestav.

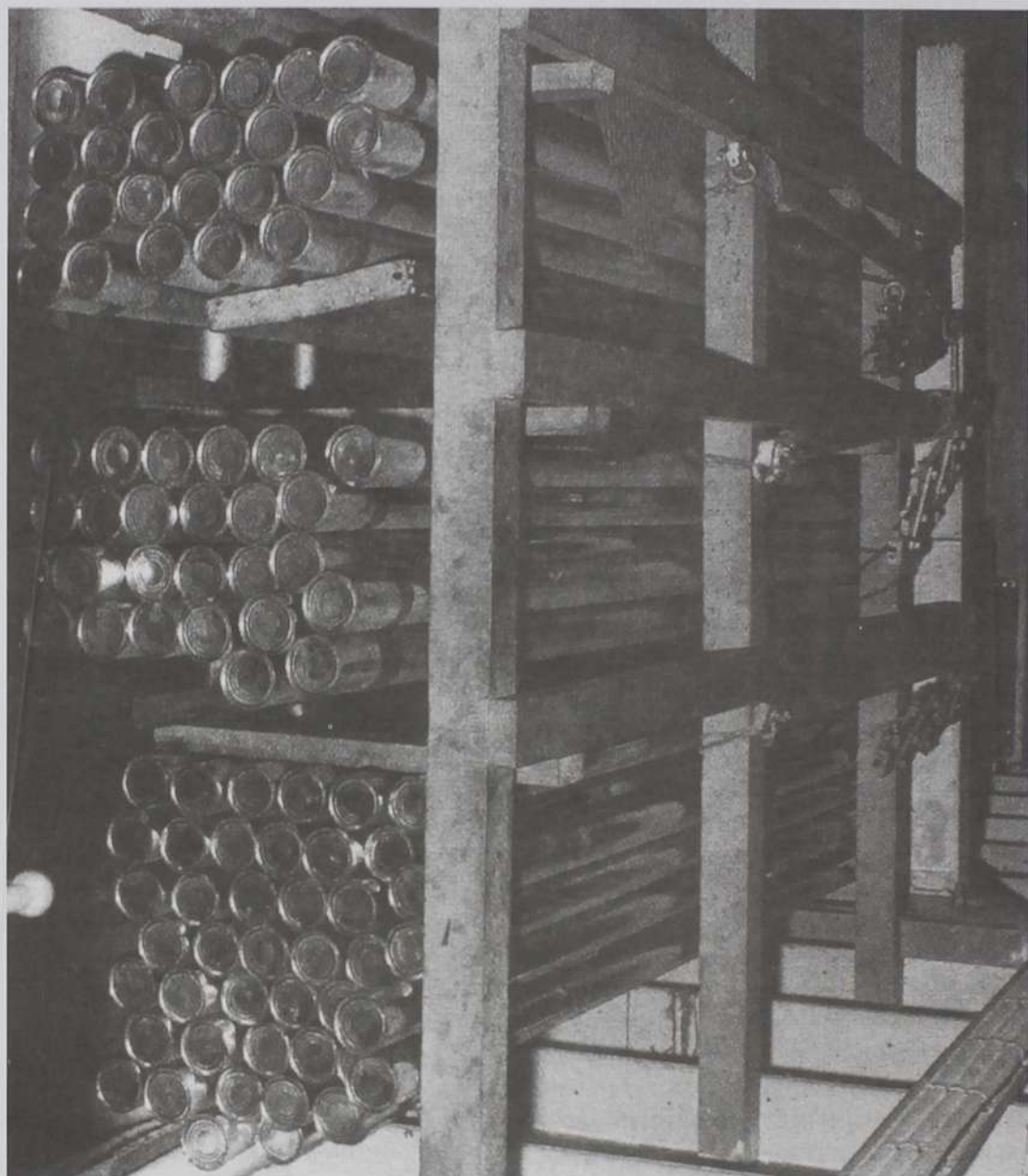
Lo que aquí reporto no es una hazaña, creo que es el producto del compromiso asumido desde el día en que fui contratada en este Centro. Compromiso siempre renovado y que junto con la visión de muchos grupos de investigadores que han aceptado unir esfuerzos nos permitirán generar los nuevos proyectos.

No obstante, no estoy satisfecha con lo que hemos logrado conseguir hasta el momento, porque sé que podremos hacer más con el apoyo decidido de todos los grupos de investigación. Apenas

hemos realizado un pequeño esfuerzo de lo que la sociedad, que ha confiado en esta institución, espera de nosotros.

Estoy segura de que podremos contar con la voluntad y el compromiso de los investigadores para que juntos encontremos e impulsemos los nuevos proyectos que nos permitirán agruparnos y darnos mayor fortaleza.

Rosalinda Contreras Theurel



Laboratorio de Testigos del fondo marino.

MAURICE EWING, UN GIGANTE DE LA CIENCIA FÍSICA AMBIENTAL

LUIS CAPURRO

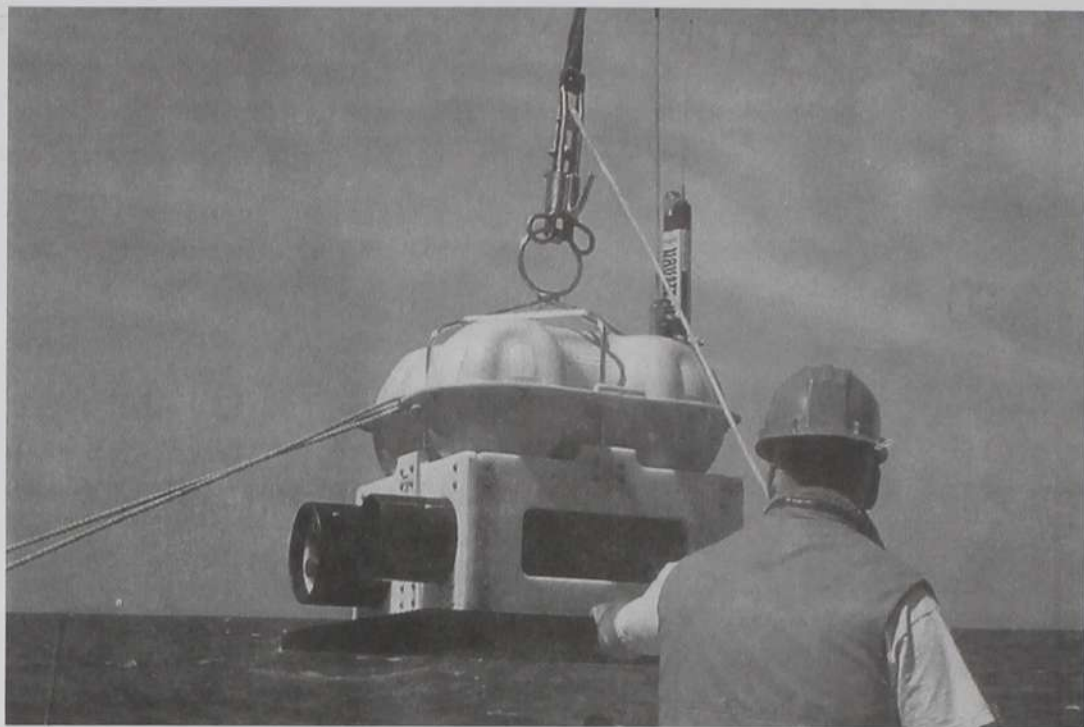
DESDE HACE MUCHOS AÑOS SE INTENTA QUE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN cuente con la mejor ciencia en física ambiental de México. Este deseo responde a los siguientes objetivos:

- Toda la Península es costa, es decir que las áreas de interés marítimo de ambos litorales (hinterlands) se sobreponen, y que vivimos al nivel del mar.
- Es la región del país más vulnerable frente a fenómenos ambientales naturales extremos, recientemente agravados por el incremento en la densidad demográfica.
- El turismo costero es lo que puede sostener la mayor carga de población.

Vivir a nivel del mar impone la necesidad de pensar y lidiar con todos los problemas que tiene un litoral, así como también ser conscientes de la vulnerabilidad frente a los fenómenos naturales extremos, y de la gravedad que representa el ascenso de las aguas por el calentamiento global de la atmósfera.

Además, la trayectoria normal de las depresiones tropicales del Atlántico Norte y del Caribe, en particular los grandes huracanes pronosticados para los próximos 40 años, son amenazas constantes. Junto a todo esto, otro peligro está representado por los tsunamis que puedan generarse en el arco insular del Caribe, y la proximidad a la Fosa de Caimán, con el agravante de que la zona no dispone de alturas topográficas donde la población pueda protegerse, además de que la densidad demográfica costera va en aumento. A esto hay que sumarle el hecho de que Yucatán es una región geológica de carbonatos, el suelo no es roca ígnea, es sal en permanente estado de disolución. Cualquiera de los aspectos mencionados puede atentar contra el equilibrio de la Península, además de que la eutrofización (o exceso de fitoplancton) se ha incrementado.

Yucatán es la región del país más expuesta a las amenazas ambientales naturales y antropogénicas. El uso del sostenible suelo, que se conoce como “vocación ecológica del ecosistema”, es el turismo recreativo, por ello se debe contar con un ecosistema impecable para asegurar el manejo sostenible. Esta última condición por sí sola justifica la necesidad de contar con la mejor ciencia física ambiental del país para dar una visión amplia de las dificultades y brindar posibles soluciones a científicos y autoridades de la región.



Sismómetro que se sumerge hasta el fondo del mar.

La certeza del apoyo científico para erradicar gran parte de la problemática de la Península puede sustentarse en el trabajo del Dr. Maurice Ewing, gigante y pionero de la ciencia física ambiental, quien me honró con su amistad (hasta su muerte, en 1974) y con quien trabajé en el Atlántico Sur y el océano Antártico. La síntesis de su obra se presentó durante la celebración de los 50 años de la creación de su instituto. Maurice Ewing fue fundador del famoso Lamont - Doherty Earth Observatory, de la Universidad de Columbia. Hablar de Lamont es hablar de Ewing. Su contribución en el conocimiento de nuestro planeta no tiene límites y sigue prosperando, por lo que el mundo está en permanente deuda con él.

MAURICE EWING Y LAMONT - DOHERTY EARTH OBSERVATORY

"Es muy difícil salir de la Capilla Sixtina sin llevarse una perdurable impresión, y tuve una sensación similar cuando visité el "Laboratorio de Testigos del fondo del mar del Observatorio de la Tierra: Lamont - Doherty", situado sobre los Palisades en Nueva York", expresó el escritor de la ciencia Laurence Lippsett en el libro que editó con motivo de la celebración de los 50 años de la fundación del Laboratorio Lamont.

Comparto ese sentimiento, pues tuve la misma impresión cuando visité al Dr. Ewing en ese lugar para coordinar los trabajos relativos al Atlántico Sur y al océano Antártico. Sin embargo, y muy distinto a la Capilla Sixtina, no había nada en el Laboratorio de Testigos que pareciera estéticamente placentero. Era un vasto galpón con piso de cemento, enormes y monótonos estantes industriales, grises, repletos



Seis kilómetros de cable que contiene sensores sísmicos e hidrófonos.

de piso a techo de miles de tubos sin descripción, que contenían especímenes de Testigos (muestras verticales del fondo del mar) de cada uno de los océanos del mundo Y la sensación de solemnidad que envuelve a este lugar se fundamenta en la visión, la determinación y el esfuerzo que generaron su propia existencia.

En 1935, cuando el Dr. Ewing comenzó su investigación sobre nuestro planeta, la Tierra era tan conocida como lo era el cuerpo humano en la Edad Media, y los océanos, el fondo del mar y lo que yace debajo de él eran casi totalmente desconocidos. En esa época, por el desarrollo de los conocimientos científicos logrados hasta entonces, las fuerzas que crearon los océanos, los continentes, las montañas, los volcanes, los terremotos y las edades glaciales sólo podían ser intuitas. La física y la geología existían como disciplinas científicas, pero nunca se habían mezclado.

Maurice Ewing había sido educado como físico y había intentado usar las ondas sonoras, generadas

por explosivos, para examinar las capas geológicas rocosas. Entonces, la Sociedad Geológica de América le dio un apoyo económico para probar esas técnicas en la investigación del fondo del mar, y es bien interesante recordar sus palabras: "Si me hubieran pedido poner el equipo sísmico en la Luna, en lugar de en el fondo del mar, yo hubiera aceptado, estaba tan desesperado de tener una oportunidad de hacer investigación". De hecho, Ewing y otros científicos de Lamont lo hicieron, ya que instalaron equipos en los vuelos Apolo, y en la Luna varias décadas más tarde.

Después de su primer trabajo en 1935 Ewing encontró lo que quería investigar por el resto de su vida: captó el vasto potencial en la exploración de los océanos y buscó obtener anualmente "pequeñas sumas de dinero", provenientes de varias compañías, para "apoyar un modesto programa de investigación". Esta proposición no recibió ningún apoyo: le dijeron que trabajar en los océanos no



Despliegue de pistolas de aire para trabajos sísmicos en el mar.

era de interés de los inversores. Pero su sed de conocimientos era imbatible y absolutamente contagiosa, así, con un modesto apoyo de la Sociedad Geológica de América y de la National Geographic Society, y una beca de la Fundación Guggenheim, el Dr. Ewing y unos pocos estudiantes comenzaron a experimentar en aspectos que nunca habían sido concebidos y mucho menos realizados.

El instrumental geofísico comercial no existía, de modo que Ewing y sus estudiantes lo diseñaron y construyeron. Era la época de la Depresión, de modo que el grupo rogaba, tomaba prestado y negociaba para conseguir lo que necesitaban. Perforaban peniques, usaban latas de ensalada de frutas, relojes de bolsillo o motores eléctricos de trenes de juguete y los convertían en novedosos instrumentos. Con una granada de artillería de rezo, procedente de la Bethlehem Steel Co. se diseñó una cámara, donde se podían realizar experimentos a alta presión, como la que soportan las aguas

profundas de los océanos. Dormían en pleno campo, lavaban sus registros fotográficos en bañeras y disponían de un buque (como invitados en otros buques de investigación) durante semanas por año para realizar sus experimentos en el mar. Nada los detenía en el logro de su misión.

Con la Segunda Guerra Mundial los gobiernos del mundo se dieron cuenta de que era necesario profundizar en algunas investigaciones, por lo cual se asignó mucho dinero para tal fin. De este modo, Ewing y sus colegas aplicaron sus nacientes técnicas con explosivos y ondas sonoras en el océano y revelaron, por primera vez, la complicada forma de propagación del sonido en el océano.

La Marina puso inmediatamente en buen uso este conocimiento en operaciones antisubmarinas y de minado, y apoyaron al equipo de Ewing para diseñar nuevos aparatos, que salvaron a buques, submarinos y vidas. Gracias a ello, el campo de la Geofísica contaba ahora con una cabeza de playa.



Vema, buque oceanográfico de Lamont.

A fines de diciembre de 1948, Florence Lamont, viuda del financiero Thomas Lamont, donó la vivienda que tenían en Palisades, Nueva York, a la Universidad de Columbia. Poco tiempo después, Ewing y su banda estaban instalando sismómetros en el nuevo campus.

Estos sismómetros, diseñados por Ewing y Frank Press, fueron prototipos de instrumentos que poco tiempo después serían instalados en el mundo para constituir la Primera Red Mundial de Registro de Ondas Sísmicas, que se desplazaban a través y alrededor de la Tierra.

Ya establecidos como Lamont Geological Laboratory era necesario conseguir un buque, y lo lograron en 1953. En abril de 1955 Ewing escribió: "Creo que aquí hemos construido un equipo único de científicos, único en la diversidad de técnicas que tienen relación con problemas y en la importancia fundamental de los problemas en los cuales el grupo está interesado. Es ciertamente un privilegio

que pocos hombres han tenido". Para poner en perspectiva la importancia del ahora famoso Observatorio Lamont, agregó: "Creo que este grupo integrado de científicos y este conjunto de facilidades (que incluyen el buque, el laboratorio de química, la colección de testigos sedimentarios y la gran estación sismográfica) constituye una facilidad comparable al más grande ciclotrón o al más grande telescopio, y que es único. Es como si en el mundo hubiera un solo ciclotrón o un solo gran telescopio y nosotros tuviéramos su control".

Ewing fijó el tono y ritmo de funcionamiento, nada era más importante que la búsqueda de conocimiento. Según Worzel, su primer alumno y luego subdirector en Lamont, fue un hombre muy duro para trabajar, pues presionaba hasta el límite de la habilidad. No obstante, Worzel expresó que lo que los mantuvo a todos sin deseos de irse a otros lugares, para trabajar con alguien más razonable, fue su brillantez.



El Dr. Maurice Ewing con colaboradores y estudiantes en el buque oceanográfico, *Vema*.

Bajo su bauprés, en proa, el *Vema* tenía un águila, que representaba el indomable espíritu de Lamont. Equiparon al buque con toda herramienta concebible para medir cualquier dato, diseñando y construyendo nuevos instrumentos. Por ejemplo, Bernie Luskin había diseñado y construido un ecosondador de gran precisión denominado "Precision Depth Recorder" (PDR), que superaba notablemente a los medidores de profundidad. En uno de los viajes tormentosos del *Vema*, el agua de mar penetró en un cuarto y peligrosamente inundó el piso donde se encontraban las baterías del PDR. Luskin y Worzel pasaron una noche agotadora manteniendo con una mano en alto al PDR, de alta tecnología, y con la otra achicando el agua del piso, con una pala de baja tecnología, mientras al mismo tiempo estaban diseñando una plataforma para acomodar al PDR.

El *Vema* se destacaba por su prodigioso rolido, de modo que se diseñó un sistema estabilizador

especial, con un tanque que contenía 10,000 litros de agua. En una oportunidad, en la bahía Desesperación, cerca del océano Antártico, el *Vema* entró a rolar locamente: el tanque se había congelado. En el espíritu de Lamont (obtener el máximo de cada cosa), Worzel le sugirió al capitán Kohler que resolviera el problema llenando el tanque con ron. Con ironía, el capitán le dijo que tal contenido frente a una tripulación muy trabajadora en el mar, por tan largo tiempo, sería contraproducente.

Ewing esperaba que "los científicos usaran el buque cada minuto del día" y, por este afán de investigar todo, los integrantes del equipo Lamont tenían órdenes expresas de coleccionar todo tipo de dato, sin importar si alguien tenía interés en ellos o no, a diferencia de otros científicos que sólo coleccionaban datos para sus investigaciones.

El *Vema* y el *Robert D. Conrad* (que más tarde fue su segundo buque) recorrieron todos los océanos como dos lunas orbitando. Rutinariamente y en



El Dr. M. Ewing, de frente, armando el equipo oceanográfico.

forma continua colectaban datos de la profundidad del mar con el PDR, reflexiones sísmicas de las capas del suelo debajo del fondo del mar, mediciones gravimétricas y magnéticas del flujo de calor a través del fondo, proveniente del interior de la corteza oceánica, testigos estratificados de sedimentos, fotografías del fondo, por mencionar algunos.

Esta constante actividad en el mar no estaba libre de peligros. En 1954, mientras trataban de amarrar en la cubierta algunos tanques de petróleo que se habían desprendido en mar gruesa, en las afueras de cabo Hatteras, Ewing, su hermano John, y el primer y el segundo oficiales, Charles Wilkie y Mike Brown, respectivamente, fueron barridos de la cubierta por una enorme ola. En medio de la tempestad, el capitán del buque, Frederick Mac Murray, pudo virar y recoger a Brown. Un vigía vio a John Ewing y le arrojó una sogá. Cuarenta y cinco minutos más tarde avistaron a Maurice

Ewing, quien no podía asir la cuerda que le arrojaron puesto que había sido golpeado cuando cayó al mar y estaba paralizado. El buque derivó hacia él y en un severo rolido, cuando Maurice Ewing se encontraba flotando a un costado del *Vema* y cuando la cubierta estaba al nivel del agua, un tripulante pudo pasar sus brazos debajo de los hombros del científico y ponerlo a bordo. El oficial Wilkie nunca fue encontrado. Después de una semana Ewing se recuperó, en parte, ya que padeció la secuela de una renguera. Sin embargo, esto no redujo el tiempo que pasaba en el mar.

En el año 1961 el investigador principal John Hennion pereció en un accidente con explosivos en los mares del sur: fue la única fatalidad en esos años en que trabajaban con explosivos, y como consecuencia de ello se cambió la fuente de energía al cañón o pistolas de aire, que se usan en la actualidad.

A mediados de los años sesenta la investigación en el mar comenzó a dar dividendos, y entonces, el



Buque de investigación oceanográfica *Maurice Ewing*.

fondo del mar, que se creía desierto, estático y sin forma, se reveló maravillosamente. Analizando los voluminosos datos de la profundidad del mar, Bruce Heezen, Marie Tharp y Ewing descubrieron el accidente más grande de la Tierra: la Cresta Mesooceánica o "cadenas de montañas sumergidas" que rodean el planeta en el medio de los océanos, donde el fluido magma surge desde el manto para crear un nuevo fondo marino.

El sismólogo Lynn Sykes, usando datos sísmicos, descubrió los movimientos de las fallas geológicas que generan terremotos, cerca de la Cresta. Los sismólogos Jack Oliver y Bryan Isaacks dirigieron los esfuerzos para ubicar las zonas de subducción, donde el viejo suelo oceánico se hunde para retornar al manto. Walter Pitman y Jim Heirtzler analizaron los datos magnéticos (que fueron cuidadosamente coleccionados, aunque ninguno sabía lo que se haría con ellos) y descubrieron un cambio similar del cuadro magnético en las rocas a ambos lados de

la Cresta Mesooceánica. Ellos colgaron una imagen de estos datos magnéticos en la puerta de su laboratorio, que bautizaron como "perfil mágico". Muy pocos trabajos han tenido una transformación impactante tan instantánea en el estudio de nuestro planeta.

El perfil mágico asombró también a Ewing, quien, como la mayoría de los científicos de ese tiempo, no creía que el fondo del mar se derrama de la Cresta Mesooceánica para crear nuevas cuencas oceánicas y separar continentes y moverlos alrededor de la cara de la Tierra.

En unas dos décadas, Lamont, bajo la dirección de Ewing, había disectado al planeta y lo había reagrupado en una nueva y revolucionaria forma. La masa de evidencia acumulada fue demoledora y convincente. Se confirmó la Teoría Tectónica de Placas, lo cual proveyó una nueva base que explicaba una amplia variedad de fenómenos geológicos y aspectos de la Tierra.



Científicos del buque oceanográfico *Vema*.

En la misma vena, Lamont continuó a través de dos cambios: en 1969 el Observatorio agregó el nombre de "Doherty", en reconocimiento a un generoso regalo de la Fundación de Caridad L. y Grace Doherty. En 1993 fue rebautizado como Lamont - Doherty Earth Observatory, para abarcar el creciente desarrollo y alcance de sus investigaciones.

Los descubrimientos revolucionarios continuaron, especialmente por los geoquímicos, quienes no habían tenido el mismo comienzo que los geofísicos. Creando y avanzando su ciencia casi simultáneamente, ellos descubrieron la circulación de los océanos, identificaron problemas ambientales (incluyendo la contaminación por las pruebas de armas nucleares radioactivas y los fosfatos en detergentes), y comenzaron a armar todas las piezas de la Tierra sobre el siempre cambiante y delicado sistema balanceado del clima, y probaron que es tan dinámico como

el fondo del mar. La lista de realizaciones científicas continúa.

Me he permitido dar los nombres de los numerosos científicos que constituyeron ese equipo imbatible que creó Maurice Ewing. Su devoción por la ciencia es un ejemplo a seguir. Hablar de Lamont ahora y en el futuro es hablar de Maurice Ewing, cuyo espíritu sigue prevaleciendo en su centro de estudios. Coincidiendo con las palabras de un notable científico, que cuando visitó el Laboratorio de Testigos exclamó: "Esto es tierra sagrada".

BIBLIOGRAFÍA

Lamont - Doherty Earth Observatory, *Twelve perspectives on the first fifty years 1949-1999*, Nueva York, Laurence Lippsett y Office of Communications and External Relations of Columbia University, 1999.



ANILLOS DE CRECIMIENTO: FUENTE NATURAL DE INFORMACIÓN BIOLÓGICA Y AMBIENTAL

ALEJANDRA JUÁREZ
PEDRO LUIS ARDISSON

INTRODUCCIÓN

LOS ANILLOS DE CRECIMIENTO EN ALGUNOS SERES VIVOS SON ARCHIVOS POTENCIALES de información ontogénica y ambiental. Las estructuras rígidas como los troncos de los árboles se convierten en herramienta para estimar la edad, la tasa de crecimiento y la mortalidad de estos organismos. A pesar de su uso generalizado como herramienta de datación, en la literatura científica es notable la disparidad de términos empleados para designar a los anillos. Términos como “marca”, “banda” o “anillo”, “incremento de crecimiento”, “incremento marginal”, “microestructural”, “microscópico” o “microcrecimiento” se interpretan sin distinción en esta revisión como “anillos de crecimiento”. En las figuras adjuntas se presentan imágenes de cortes transversales de estructuras rígidas en las que puede apreciarse lo que comúnmente se entiende como “anillos de crecimiento”.

Un anillo es el resultado del proceso de crecimiento en respuesta a factores endógenos y ambientales. Visualmente, en un corte transversal de una estructura rígida, los anillos se perciben como una alternancia de capas de tonalidades claras y oscuras que se forman a través del tiempo. Esta alternancia, que implica variaciones en la densidad y en la amplitud de los incrementos de crecimiento, difiere entre individuos, poblaciones y especies. Para una especie y una población particular esta alternancia ofrece la posibilidad de establecer un patrón de crecimiento característico de cada una de ellas. El conocimiento de los patrones de crecimiento puede ser de utilidad para facilitar el manejo de los organismos o poblaciones, o bien la reconstrucción presente o pasada del ambiente en el cual los organismos se han desarrollado.

ESTRUCTURAS RÍGIDAS DONDE SE DESARROLLAN ANILLOS

Las estructuras rígidas en las que se presentan anillos de crecimiento son diversas y el periodo de tiempo requerido para su formación varía entre especies y hábitats.

La M. C. Berenice Alejandra Juárez-de la Rosa es estudiante de doctorado.

Su correo electrónico es: bjuarez@mda.cinvestav.mx

El Dr. Pedro Luis Ardisson Herrera es profesor titular del Departamento de Recursos del Mar.

Su correo electrónico es: ardisson@mda.cinvestav.mx



Anillos de crecimiento en un diente de oso.

En organismos terrestres se observan anillos en la madera de los árboles, en los dientes de osos y en los cuernos de ciervos y bisontes. En organismos marinos se observan anillos en algas rojas coralinas, en escamas, otolitos, rayos de aletas, espinas y vértebras de peces, conchas de moluscos bivalvos y crustáceos cirrípedos, estatolitos de moluscos cefalópodos, mandíbulas de gusanos poliquetos, exoesqueleto de corales y dientes de delfines.

A título de ejemplo, en organismos terrestres como árboles, los anillos pueden producirse durante la primavera o el verano y tener una periodicidad anual, intraanual e interanual. Los factores que influyen en su formación son ante todo variaciones climáticas, particularmente precipitación pluvial y temperatura del aire. Los métodos de validación más comúnmente empleados son las técnicas de radioisotopía, y las aplicaciones usuales son las reconstrucciones ecológicas y ambientales de épocas geológicas pasadas y la determinación de la edad (Worbes y otros, 2003).

Por su parte, en organismos marinos, como el coral negro, los anillos tienen una periodicidad probablemente anual y su formación está asociada probablemente a la actividad reproductiva. Los métodos de validación empleados son las técnicas de radioisotopía y, más recientemente, el análisis digital de imágenes asociado con técnicas de análisis variográfico. Las aplicaciones usuales son las reconstrucciones batimétricas de épocas geológicas pasadas y la determinación de la edad (Juárez-de la Rosa 2002 y 2004).

Los anillos de crecimiento son generalmente microscópicos y para su estudio se requiere obtener secciones delgadas de las estructuras rígidas en las que se observen cambios en la densidad óptica de sus componentes. El procedimiento estándar para el procesamiento de estructuras rígidas incluye, entre otras, las siguientes etapas generales: (i) obtención de la estructura (diente, otolito, escama, estatolito, etc.), (ii) tratamiento de la estructura (limpieza

Anillos de crecimiento en el otolito de un pez.

de la estructura y eliminación de tejidos blandos), (iii) obtención de secciones delgadas y elaboración de laminillas, (iv) identificación de los anillos de crecimiento (observación macroscópica y microscópica), (v) caracterización y conteo de los anillos, (vi) análisis e interpretación.

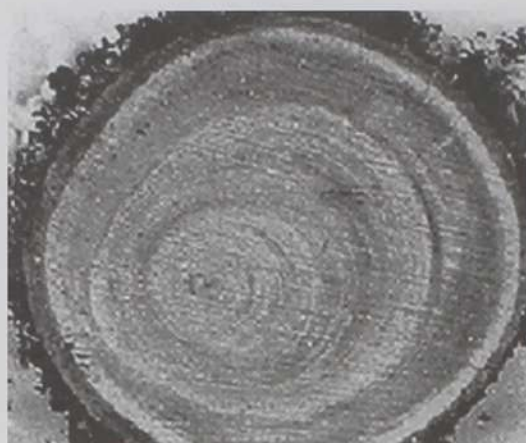
Los límites entre bandas pueden ser graduales o abruptos. Un incremento abrupto puede representar periodos en los que no hubo depósito de anillos. Las bandas irregulares podrían representar un disturbio ambiental similar al de un huracán o al ataque ocasional de un predador (Rhoads y Lutz, 1980).

TRASCENDENCIA DEL USO DE ANILLOS DE CRECIMIENTO

a) Reconstrucciones ambientales

En muchos problemas paleontológicos y ecológicos se intenta reconstruir los gradientes ambientales y las condiciones particulares de un hábitat. La información sobre crecimiento que proveen algunas estructuras rígidas marinas podría ser utilizada para reconstruir los gradientes de profundidad, salinidad y temperatura. Otras variables afines, relativas a cambios en la turbidez del agua, en la estabilidad del fondo, en la concentración de oxígeno disuelto y en la disponibilidad de alimento, afectan igualmente el crecimiento, la frecuencia de reproducción, el reclutamiento de juveniles a las poblaciones adultas y la supervivencia.

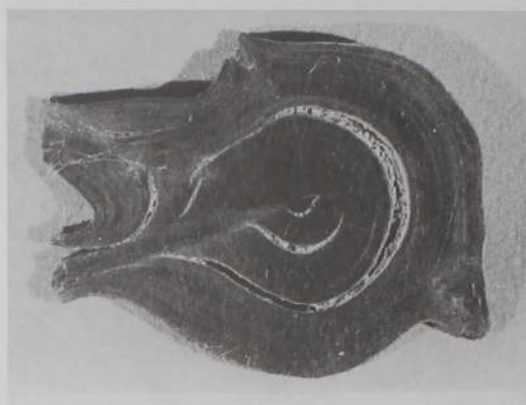
Desde luego, ninguna de estas variables deja una marca única y específica sobre el crecimiento del esqueleto. Sin embargo, a pesar de que estos factores ambientales afectan a los miembros de una comunidad, lo hacen de manera diferente y depende en buena medida de la tolerancia de cada especie a la variación de cada variable en el tiempo y en el espacio (Rhoads y Lutz, 1980).



Anillos de crecimiento en el tronco de un árbol.

Los grandes cambios estacionales en la temperatura del agua, en la turbulencia del agua o en la producción primaria marina están asociados con la latitud. La temperatura es un factor determinante, tanto en los tejidos blandos como en el crecimiento del esqueleto. En muchos grupos animales el registro del crecimiento del esqueleto en condiciones de gran variación térmica es a menudo registrado como anillos estacionales de crecimiento. Las especies polares y templadas tienen un amplio espaciado entre anillos, las cuales representan frecuentemente meses cálidos, mientras que anillos muy cercanos unos a otros indican meses fríos. La estacionalidad climática puede quedar preservada en el esqueleto como un cambio en la ultraestructura química (Worbes y otros, 2003).

En determinadas latitudes las variaciones estacionales en las propiedades de la columna de agua del medio marino decrecen conforme se incrementa la profundidad, especialmente por debajo de la termoclina (plano de tasa máxima de decremento de la temperatura). Las poblaciones de aguas someras, principalmente las que están localizadas entre los límites superior e inferior de la zona de fluctuación de mareas, muestran una estacionalidad marcada en las bandas de crecimiento en comparación con las poblaciones de aguas profundas.

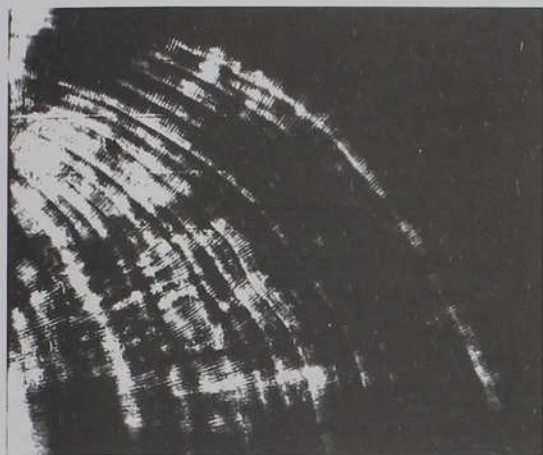


Anillos de crecimiento en un coral negro.

En aguas someras hay una alta frecuencia de cambio en el ambiente, principalmente por causa de la marea y de las fluctuaciones de temperatura e intensidad luminosa a lo largo del día, mientras que a grandes profundidades los organismos experimentan con baja frecuencia cambios estacionales o fluctuaciones anuales asociadas al movimiento del sedimento del fondo (Cailliet y otros, 2001).

b) Implicaciones ontogénicas y demográficas

Muchas preguntas sobre la ontogenia no pueden ser resueltas experimentalmente, sobre todo en el caso de organismos fósiles. De esta manera, la información que proveen las bandas de crecimiento se convierte en una fuente de información tan valiosa como única. Algunas veces es posible extrapolar información del crecimiento de organismos fósiles utilizando organismos vivos, específicamente cuando la comparación involucra organismos con afinidad taxonómica. Si las especies extintas no tienen representantes vivos la interpolación de los patrones de crecimiento en fósiles requiere de un análisis concienzudo antes de hacer alguna analogía basada en el conocimiento general del ambiente, el esqueleto de los organismos y la relación con especies recientes (Rhoads y Lutz, 1980).



Anillos de crecimiento en un coral negro.



Anillos de crecimiento en la vértebra de una tortuga.

El registro demográfico de un cambio ambiental está basado en la respuesta de las poblaciones en un gradiente espacial y temporal respecto a la calidad del ambiente y a las presiones ecológicas. Los cambios pueden medirse como variaciones en el crecimiento, en el reclutamiento o en la supervivencia, como estimadores de la talla o la edad en las estructuras rígidas. La contemporaneidad o antigüedad de la muerte en los ensamblajes de especies puede determinarse comparando los patrones en los anillos de crecimiento entre especímenes de una muestra del ensamblaje muerto. Una vez que el paleontólogo o el ecólogo determina si el ensamblaje fósil fue formado por una acumulación gradual de organismos individuales de diferentes edades o por una mortalidad en masa, construye una curva poblacional de crecimiento y supervivencia estimando la estacionalidad del reclutamiento y los rangos de crecimiento y mortalidad (Worbes y otros, 2003).

El manejo de las pesquerías puede verse beneficiado con el estudio de los anillos de crecimiento. Las escamas y otolitos de los peces pueden usarse como medidas para la determinación de la edad en los mismos. La aplicación del análisis del crecimiento del esqueleto o estructuras rígidas en pesquerías no recibe todavía la atención suficiente. Sin embargo, los biólogos pesqueros están muy

interesados en optimizar el reclutamiento y maximizar las capturas (Cailliet y otros, 2001). En este sentido, el crecimiento del esqueleto puede ser usado para reflejar indirectamente los cambios en la biomasa de tejido blando de los especímenes capturados (Rhoads y Lutz, 1980).

CONCLUSIÓN

En los grupos de organismos en los que se ha llegado a validar el registro de anillos de crecimiento (árboles, peces, corales), se han logrado ajustar exitosamente modelos sencillos que describen bien el proceso de crecimiento y que invitan al estudio y análisis en otros grupos. Esto sucede así no porque se trabaje con la perspectiva reduccionista de desear expresar necesariamente el proceso de crecimiento en forma matemática en todos los casos, sino porque ni la forma ni el tamaño de los seres vivos en el medio natural ocurren de forma azarosa ni adoptan éstos proporciones caprichosas. Las restricciones al crecimiento más inmediatas provienen de la geometría de los cuerpos y de las leyes de la física.

Para algunos grupos, como árboles, peces y corales pétreos, los cuestionamientos sobre la periodicidad, la datación de eventos y la reconstrucción de escenarios ambientales y ecológicos parecen estar

superados. Estos grupos han ingresado en un segundo nivel de estudio, cuya tendencia es generar modelos matemáticos para determinar no sólo el crecimiento, sino para simular e inferir procesos biológicos, ecológicos y climáticos. Estos grupos demuestran que la determinación de los anillos de crecimiento, mediante el empleo de técnicas adecuadas de análisis, puede generar información científica relevante.

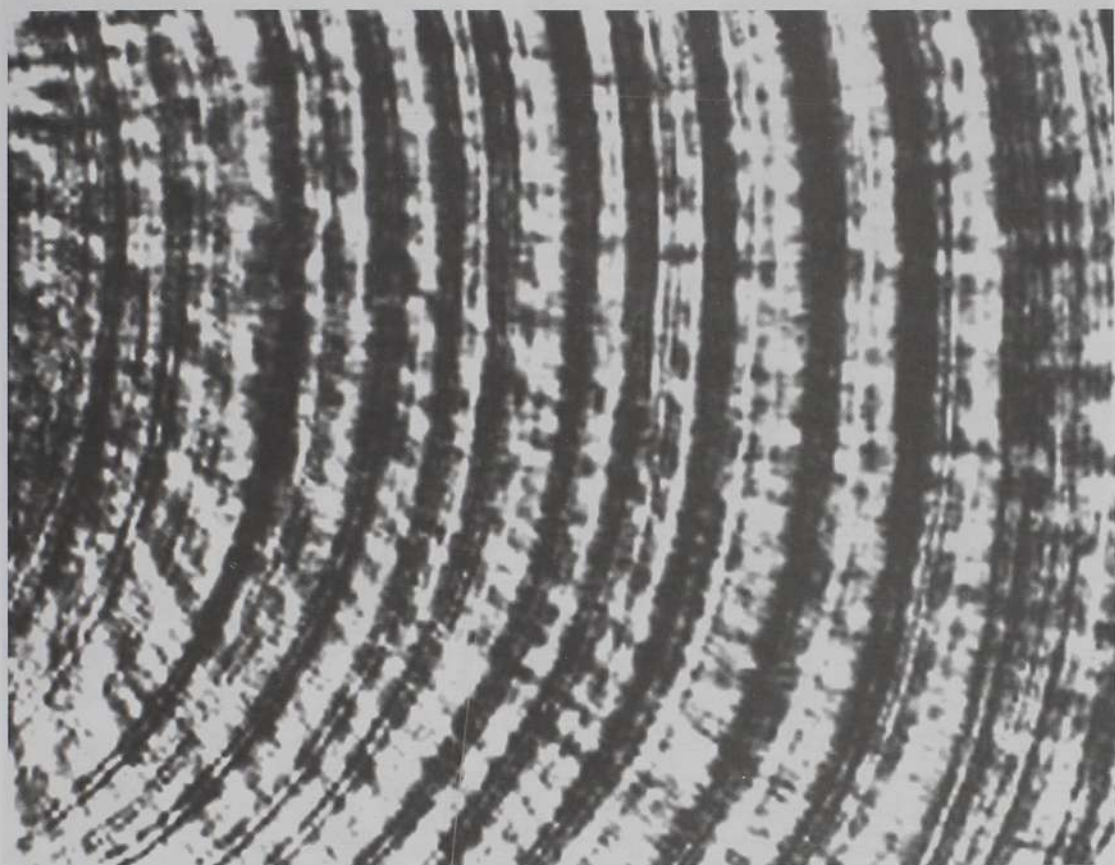
Sin embargo, aun en los grupos en los que se ha avanzado notablemente en las investigaciones sobre anillos de crecimiento, sigue existiendo la idea, inevitablemente controversial, sobre la relación mutuamente influyente entre los organismos y el ambiente, así como el cuestionamiento sobre en dónde radica el control de la formación de los anillos de crecimiento. Es decir, si existe un control aparente en el proceso de depósito de los anillos: ¿cuál es su naturaleza, es endógeno o exógeno?

Los factores ambientales influyen determinante sobre la densidad y la amplitud de los anillos de crecimiento. Sin embargo, los organismos cuentan a su vez con la maquinaria metabólica que regula su respuesta frente a los cambios ambientales.

En síntesis, más allá del sentimiento de belleza o curiosidad que suscitan, los científicos están aprendiendo a comprender el significado de los anillos de crecimiento en términos estructurales y funcionales a la luz de un ambiente físico y biológico siempre cambiante.

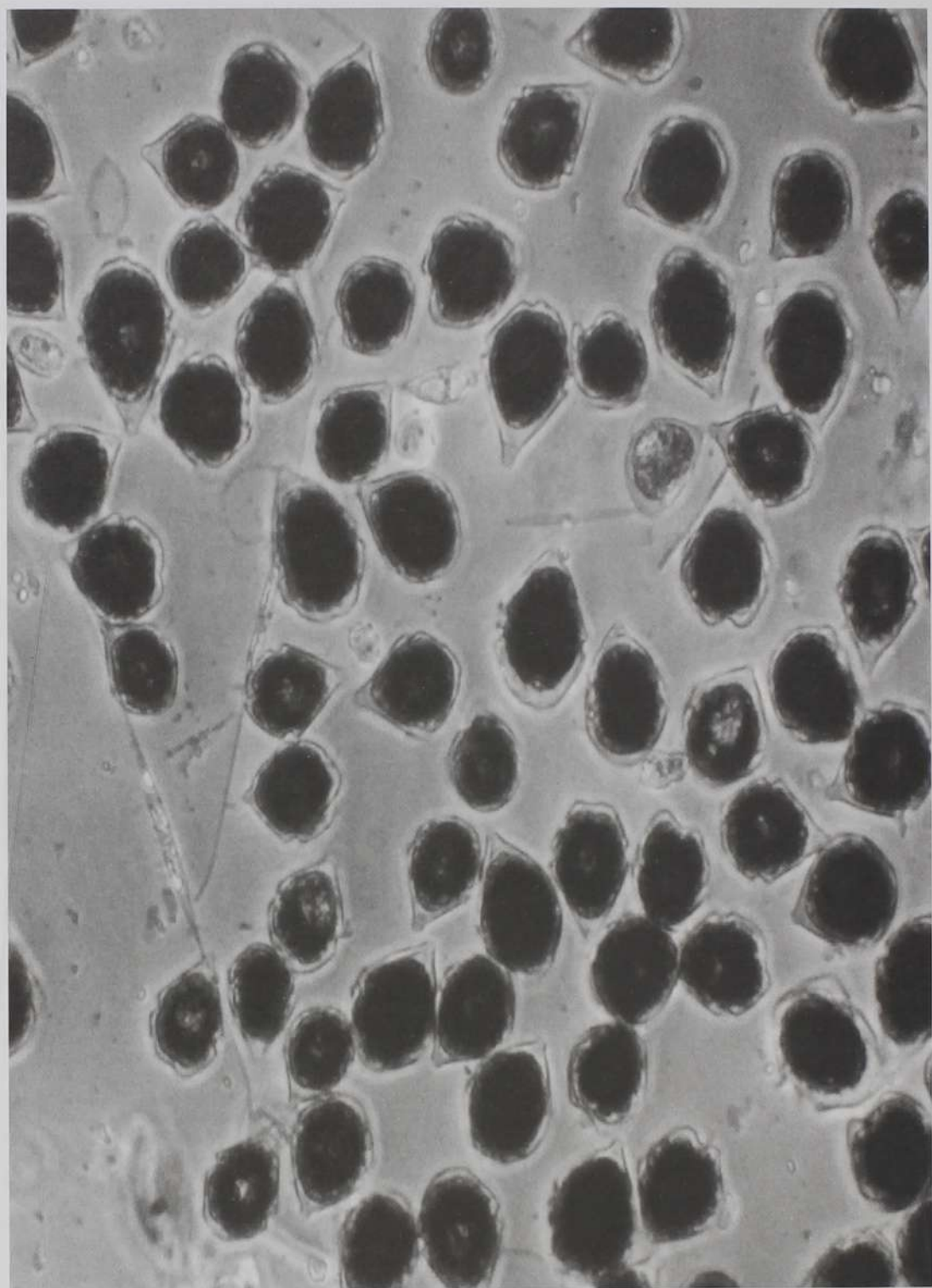
BIBLIOGRAFÍA E IMÁGENES

- Arkhipkin, A. y Björke H., 2000, "Statolith shape and microstructure as indicators of ontogenetic shifts in the squid *Gonatus fabricii* (Oegopsida, Gonatidae) from the Norwegian Sea", *Polar Biology* 23:1-10.
- Cailliet, G., y otros, "Age determination and validation studies of marine fishes: do deep-dwellers live longer?", *Experimental Gerontology* 36, 2001, pp. 739-764.
- Cheng H., Adkins J., Edwards R.L., Boyle E.A., 2000 "U-Th dating of deep-sea corals", *Geochimica et Cosmochimica Acta* 64: 2401-2416.
- Coles W.C., 1999, "Aspects of the biology of sea turtles in the Mid-Atlantic bight", Tesis doctoral, University of North Carolina, USA.
- Costello C.M., Jones D.E., Green Hammond K.A., Inman R.M., Inman K.H., Thompson B.C., Deitner R.A., Quigley H.B., 2001, "A study of black bear ecology in New Mexico with models for population dynamics and habitat suitability", Reporte final. Federal Aid in Wildlife Restoration Project W-131-R, Ecosystem Modeling, New Mexico State University.
- Juárez-de la Rosa, B. A., *Caracterización y análisis del patrón de anillos de crecimiento en dos especies de coral negro (Cnidaria: Antipatharia)*, Tesis de Licenciatura, México, UNAM, 2002.
- *Caracterización de anillos de crecimiento en dos especies de coral negro (Cnidaria: Antipatharia) mediante técnicas de análisis digital de imágenes*, Tesis de Maestría, Mérida, Cinvestav-IPN, Unidad Mérida, 2004.
- Rhoads, D. C., y R. A. Lutz (comps.), *Skeletal growth of aquatic organism: biological records of environmental change*, Nueva York, Plenum Press, 1980.
- Worbes, M., y otros, "Tree ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon", *Forest Ecology and Management* 173, 2003, pp.105-123.



Anillos de crecimiento en el estólito de un calamar.

Se agradece a la bióloga Delta Castillo por la digitalización de las imágenes



CUANDO EL MAR CAMBIA DE COLOR: FLORECIMIENTOS ALGALES

CYNTHIA ÁLVAREZ
JORGE A. HERRERA-SILVEIRA

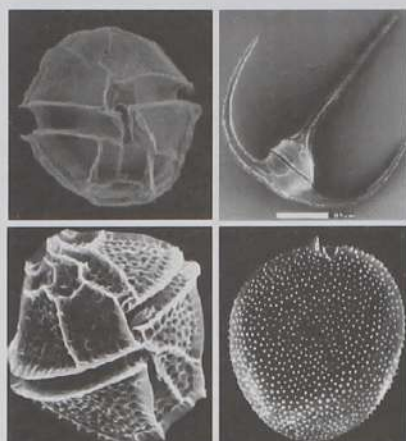
EL MAR COMO FUENTE DE VIDA

A MENUDO VEMOS QUE EL MAR CAMBIA DE COLOR EN DIFERENTES ÉPOCAS del año, sobre todo en las zonas cercanas a las playas. ¿A qué se debe esto? Se cree que es el fondo del mar el que refleja su color cuando la luz solar incide y se refracta a través del agua, devolviendo así la tonalidad propia del fondo. Sin embargo esto es falso, porque la tonalidad depende de la concentración y tipos de algas microscópicas presentes en el agua de mar. Si se toma una muestra grande de agua de mar y se analiza todo lo que contiene encontraremos organismos que se pueden ver a simple vista y organismos microscópicos que vemos sólo con ayuda de aparatos especiales.

De esta forma, con un microscopio podemos observar muchos microorganismos móviles de formas variadas y que conforman lo que se conoce con el nombre de "plancton". Éste se divide en dos partes: una parte animal, que es el zooplancton (rotíferos, copépodos, larvas de peces y de invertebrados) y una parte vegetal, que es el fitoplancton (plantas microscópicas unicelulares, filamentosas o en cadenas). Tanto el zooplancton como el fitoplancton son de mucha importancia en las pesquerías por constituir el segundo y el primer eslabón, respectivamente, de la cadena alimenticia en el mar.

Dentro de la comunidad del fitoplancton se pueden encontrar varios grupos de microalgas, como las diatomeas (las más abundantes), los dinoflagelados, los cocolitofóridos, los silicoflagelados, las algas verde-azules, las algas verdes, las pardas y los euglenoides en los estuarios. Se debe recordar que, como plantas, estas microalgas se nutren y reproducen asimilando las sustancias químicas disueltas en el mar, como son nitrógeno, fósforo y sílice, presentes de forma natural en el agua marina. En determinadas condiciones ambientales se produce un crecimiento muy elevado de estos microorganismos y en ciertas zonas se alcanzan concentraciones tan altas que dan coloración al agua. El color puede ir desde el rojo al verdoso, por lo que a estos eventos se les conoce como "mareas rojas".

La M. C. Cynthia Álvarez Góngora es estudiante de doctorado del Departamento de Recursos del Mar.
Su correo electrónico es: agcc@mda.cinvestav.mx
El Dr. Jorge A. Herrera-Silveira es profesor titular del Departamento de Recursos del Mar.
Su correo electrónico es: jherrera@mda.cinvestav.mx



Sphaerodinium, Ceratium, Gonyaulax y Prorocentrum.

¿MAREAS ROJAS O FLORECIMIENTOS ALGALES NOCIVOS?

Con frecuencia oímos hablar de las mareas rojas o leemos artículos sobre ellas en la prensa y, aunque da la impresión de que se trata de un problema actual, han estado entre nosotros por lo menos desde los tiempos bíblicos. El relato sobre las aguas del Nilo convertidas en sangre y las otras plagas que le sucedieron puede que sea el más famoso en su género. La marea roja es producida por algunas especies de dinoflagelados presentes en los océanos, pero este fenómeno también ocurre en aguas dulces.

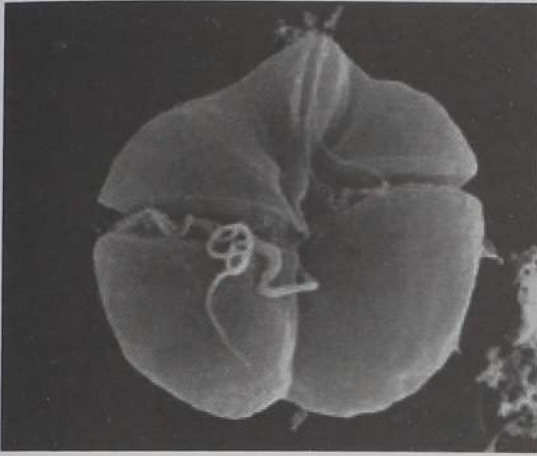
Se las ha llamado mareas rojas porque algunas de estas especies, principalmente dinoflagelados, producen un color rojo en las aguas, pero existen otras especies que dan al agua otras coloraciones: verde, parda, amarilla, anaranjada, rosada y hasta fluorescente. La marea roja no es un peligro para la especie que la produce, pero sí lo es para las personas y la fauna marina. De la gran variedad de mareas rojas sólo un bajo porcentaje son dañinas para el ser humano (aproximadamente 10% del total). Por otra parte, algunas de estas especies no producen cambio de color de las aguas y son tóxicas, por este motivo se las llama "florecimientos algales nocivos" (FAN) y no mareas rojas.

Los florecimientos algales se deben a la concentración masiva y esporádica de algunas especies de fitoplancton (diatomeas o dinoflagelados) en la columna de agua por días o semanas. Se llaman "florecimientos" porque el fitoplancton se multiplica en cuestión de días de manera exponencial, llegando a alcanzar densidades de millones de células por litro de agua de mar y se observan como líneas o manchas en el agua, localizadas cerca de la costa o lejos de ella, dependiendo mucho de las corrientes marinas.

Cerca de 300 especies de microalgas son capaces de crecer masivamente formando lo que se conoce como floraciones y sólo la cuarta parte de estas especies son productoras de toxinas. Estos eventos deben considerarse como naturales, ya que siempre han existido, pero en la actualidad se han hecho más frecuentes en casi todas las costas del mundo. Este crecimiento impredecible se debe a causas aún no determinadas del todo, pero pueden ser de origen natural o de origen antrópico, existiendo gran diversidad de especies y formas de fitoplancton.

¿QUÉ PASA EN LAS COSTAS DEL MUNDO?

Desde hace dos décadas, el número de publicaciones sobre florecimientos algales ha crecido notablemente y se especula que se debe al aumento de población y al mayor número de investigadores y estudios derivados en diversas áreas. Sin embargo, en esta última década el incremento mundial de florecimientos de fitoplancton tóxico ha sido detectado en diferentes regiones. Esto ha mantenido preocupada a la comunidad internacional, debido a que se han transportado dinoflagelados que aparentemente no existían en



Karenia brevis.

esos lugares, como sucedió en Tasmania y Nueva Zelanda con *Gymnodinium catenatum*, que fue llevado por los barcos en el agua de lastre. Además de este aumento, parece haber mayor agresividad en las toxinas y un acrecentamiento en las especies tóxicas. Respecto de estas últimas, las más recientes pertenecen al grupo de las diatomeas, las cuales normalmente no son tóxicas. Esta toxicidad, aparentemente adquirida por regímenes nutritivos atípicos (p. ej. deficiencia de fosfato) es resultante de la contaminación orgánica (eutrofización).

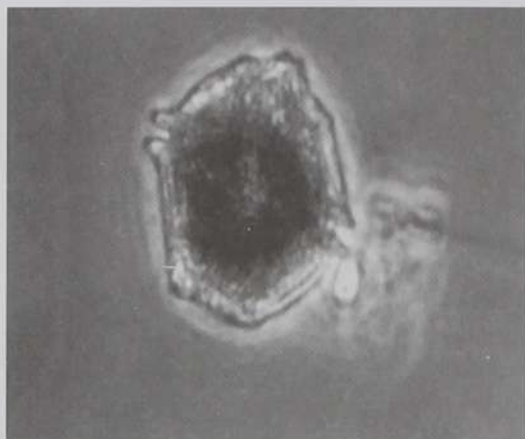
Se ha especulado mucho acerca de la causa o el detonante de los florecimientos algales y se han sugerido diversas razones:

- Factores oceánicos (temperatura, luminosidad, salinidad, corrientes, etc.).
- Contaminación orgánica, variaciones del régimen hidrológico, cambios en las temperaturas del mar, aumentos en la radiación solar, variaciones de las corrientes marinas o una combinación de algunas o todas a la vez.
- Incremento en el uso de fertilizantes para cultivos terrestres o descargas de aguas residuales de centros urbanos o industriales cercanos a las costas, y que por diversos medios éstos van a dar al mar, afectando sus ciclos normales de nutrientes.
- La basura que se arroja a los ríos y al mar, y en algunos sitios la pesca con dinamita o productos químicos,

Un nuevo estudio, en el que se utilizaron los satélites de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), muestra que el transporte atmosférico de hierro fertiliza las aguas cercanas a la costa oeste de Florida. Ciertas bacterias parecidas a plantas usan este hierro para propiciar una marea roja. Cuando los niveles de hierro suben estas bacterias, *Trichodesmium*, fijan el nitrógeno presente en el agua, convirtiéndolo a una forma que puede ser utilizada por otros tipos de vida marina. La adición de nitrógeno biológicamente útil en el agua hace del Golfo de México un ambiente favorable para las algas tóxicas. La investigación ha sido patrocinada parcialmente por un subsidio de la NASA que forma parte del programa Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms (ECOHAB) (Ecología y Oceanografía del Desarrollo de Algas Nocivas), un proyecto de investigación multidisciplinario diseñado para estudiar las algas perjudiciales.

¿QUÉ PASA EN MÉXICO?

¿Qué ocurre en el litoral mexicano? Cada año se ve con preocupación el incremento de la presencia de florecimientos algales en las playas mexicanas, causando estragos en la salud y en algunos casos la muerte. Pese a ser un fenómeno natural, los florecimientos algales se han convertido en un problema de salud pública, debido a su presencia cada vez más frecuente, mayor permanencia y mayor grado de toxicidad. Por esto, es necesario contar con un sistema de monitoreo permanente que proporcione una detección oportuna de los florecimientos algales, con lo cual se podrán mitigar los daños.



Scripsiella trochoidea.



Dynophysis caudata.

En México, los florecimientos algales no son un fenómeno nuevo, y son varias las especies que afectan sus costas. Durante los últimos cinco años las zonas afectadas por estos eventos se han ampliado en el suroeste del Pacífico. No se puede decir lo mismo en áreas del Golfo de California y del Golfo de México, ya que estos fenómenos se conocen cuando menos desde hace dos siglos. El crecimiento poblacional, la gradual eutrofización de las costas y el cambio climático global son factores importantes en el cambio futuro de las aguas costeras, que ante las actuales perspectivas van a favorecer el desarrollo de florecimientos algales y el aumento de los dinoflagelados tóxicos. De aquí que se considere indispensable una vigilancia continua del fitoplancton de las aguas costeras, principalmente en aquellos lugares que por su crecimiento turístico o desarrollo de la acuicultura tienden a deteriorar más rápido la calidad de las aguas costeras.

La distribución de los florecimientos algales en México está en proceso de estudio, ya que hay escasas investigaciones al respecto y la mayoría sin seguimiento. La mayor parte de la información se encuentra en resúmenes de simposios o congresos, algunos en simples informes de trabajo. A pesar de esto, se conocen parcialmente las especies tóxicas más importantes, gran número de especies se han reportado en listas de chequeo como parte de la

comunidad planctónica. Los principales organismos causantes de eventos tóxicos son los dinoflagelados *Gonyaulax polygramma*, *Gymnodinium catenatum*, *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* y *Ptychodiscus brevis*. Otros producen mareas rojas no tóxicas, como *Mesodinium rubrum*, *Gonyaulax triacantha*, *Noctiluca scintillans*, *Prorocentrum dentatum*, *Gymnodinium splendens*, *Gymnodinium sanguineum*, *Ceratium tripos* var. *ponticum*, *Ceratium furca*, *Scripsiella trochoidea* y *Oscillatoria erythraea*. El primero de éstos es el ciliado más común de las costas del Pacífico y el último es la cianofita, más común durante eventos fuertes de El Niño. La magnitud es muy variable, desde pequeñas manchas de un centenar de metros hasta varios kilómetros cuadrados, y la densidad va de 0.5 a 36 millones de células por litro. El tiempo de residencia va de 1 a 2 días hasta 5 meses. Las grandes densidades se deben a *Prorocentrum dentatum* y *Prorocentrum minimum*, este último observado únicamente en estanques salobres para cultivo de camarón, no se los ha relacionado con casos de envenenamiento.

En la última década han aparecido nuevas áreas de florecimientos algales en la Bahía de Acapulco, Huatulco, Salina Cruz y Puerto Morelos. Estas últimas localidades y Mazatlán son las únicas regiones donde se han registrado casos



Akashiwo sanguinea.



FloreCIMIENTO Nitzschia longissima (diatomea).

fatales de envenenamiento paralítico por mariscos (PSP) y en el Golfo de México ha habido gran mortalidad de peces debido a la ictiotoxina producida por *Karenia brevis*. Yucatán y la costa oeste de California son áreas en las que este fenómeno es poco conocido y recientemente se ha empezado a estudiar debido a la presencia de estos eventos en los últimos años.

FLORECIMIENTOS ALGALES EN LAS COSTAS DE YUCATÁN

El fenómeno de los florecimientos algales, antes raro e impredecible en determinadas áreas, se ha hecho muy común y de cierta periodicidad hoy en día. Sin duda, el desarrollo humano ha contribuido en mucho para establecer estas nuevas condiciones. Esto ha traído como consecuencias que determinadas localidades se encuentren constantemente amenazadas por un posible evento de florecimientos algales. Por ello, es urgente entender estos fenómenos: una buena definición y un conocimiento multidisciplinario son de vital importancia para poder prevenir sus efectos.

Las costas de la Península de Yucatán no han sido la excepción en cuanto a la aparición de florecimientos algales en sus litorales. Se tienen registros de estos eventos desde 1948, siendo los

más recientes los de los veranos 2001, 2002 y 2003, que provocaron grandes pérdidas en el sector pesquero y turístico.

El último de estos eventos, en septiembre del 2003, fue seguido técnicamente por el grupo de trabajo del Laboratorio de Producción Primaria del Cinvestav-Unidad Mérida en coordinación con el personal de la Secretaría de Marina. Este suceso se distinguió porque estuvo compuesto por dos florecimientos algales, uno causado por las diatomeas *Nitzschia longissima* y *Cylindrotheca closterium*, y el otro causado por el dinoflagelado *Scrippsiella trochoidea*. Ambos eventos tuvieron una duración de 10 semanas, cubriendo una superficie de 10,000 km² en la zona costera, desde el puerto de Dzilam de Bravo hasta el puerto de Celestún.

Las densidades totales que se alcanzaron fueron de seis millones de células por litro, cuando en condiciones normales se observan unos cuantos cientos por litro. Uno de los principales problemas de la región costera norte de la Península de Yucatán es la contaminación por nutrientes y materia orgánica que vienen en los aportes de agua subterránea que descargan en la zona costera. Esta condición es uno de los principales factores que favorecen la frecuencia, intensidad y magnitud de los florecimientos algales en las costas de Yucatán, lo que incide en la calidad de la zona costera y en

hábitats críticos para la flora y fauna silvestre, principalmente especies de importancia comercial.

Entre las especies de fitoplancton tóxico y nocivo que se han identificado en las aguas costeras de la Península de Yucatán están presentes *Gambierdiscus toxicus*, *Prorocentrum lima*, *Prorocentrum mexicanum*, *Prorocentrum minimum*, *Prorocentrum norrisianum*, *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*, *Pseudonitzschia seriata* y *Amphidinium carterae*. Otras especies no tóxicas, pero que forman florecimientos algales nocivos, son *Nitzschia longissima*, *Cylindrotheca closterium*, *Heterocapsa circularisquama*, *Dinophysis caudata*, *Scrippsiella trochoidea*, *Trichodesmium erythraeum*, *Ceratium furca* y *Pyrodinium bahamense*.

¿CÓMO DAÑAN LOS FLORECIMIENTOS ALGALES AL ECOSISTEMA?

El impacto que los florecimientos algales tienen en el ecosistema es de gran magnitud e importancia y pueden considerarse críticos para determinadas especies. Hay florecimientos algales que no constituyen ningún peligro (especies inocuas), mientras que otros pueden causar intoxicaciones severas (especies tóxicas). Las proliferaciones de fitoplancton en aguas marinas o estuarinas pueden causar mortandades masivas de peces, contaminar los productos del mar con toxinas y alterar los ecosistemas de forma negativa para el ser humano. Este fenómeno puede ser destructivo de la vida marina porque:

- Los nutrientes se agotan en el agua, lo que no favorece a otras especies. Al producirse cambios en la temperatura la población de fitoplancton empieza a morir simultáneamente. Conforme el fitoplancton se descompone se utiliza excesivo oxígeno disuelto en el agua por actividad bacteriana, de tal forma que muchos organismos mueren sofocados, especialmente peces y aquellos que viven en el fondo marino.

- Algunas especies de dinoflagelados producen toxinas que en ocasiones causan la muerte de peces, mamíferos y aves marinas. En el caso de la especie *Karenia brevis* se ha reportado muerte de

peces por asfixia, ya que produce una sustancia que rompe los glóbulos rojos, impidiéndoles el transporte de oxígeno. Otra toxina producida por el grupo del género *Gonyaulax* se conoce como enfermedad del envenenamiento paralizante por moluscos (PSP). Los organismos de sangre caliente son particularmente afectados por este veneno, que incide en el sistema nervioso, llevándolos a una parálisis muscular y finalmente a la muerte. También son afectados algunos animales de sangre fría (como los peces), pero los moluscos (como almejas y mejillones) lo acumulan en sus cuerpos, por lo que en el caso de ser ingeridos por humanos podría ser fatal. Cuando hay altas densidades de *Gonyaulax* algunas comunidades pesqueras cierran la pesca de moluscos y crustáceos (cangrejos y langostas) durante ese periodo.

Las toxinas más conocidas son ciguatoxina y brevetoxina. También se han descrito otras como saxitoxina, venenos diarreicos, ácido domóico y pfiesteira. La toxina más potente es la ciguatoxina, que ocasiona la ciguatera y es producida por los dinoflagelados *Gambierdiscus toxicus*, *Ostreopsis siamensis* y *Prorocentrum lima*. Las brevetoxinas (100 veces menos tóxicas que las ciguatoxinas), de las que se conocen aproximadamente nueve, son producidas por *Karenia brevis*. El dinoflagelado *Alexandrium minutum* da una coloración verdosa al mar cuando se encuentra en grandes concentraciones, pudiendo llegar a alcanzar 300 millones de células por litro, produciendo efectos paralizantes.

El cocolitofórido *Calyptrosphaera sphaeroidea* da una coloración entre verde oliva y azul marino y puede alcanzar una concentración máxima de hasta 13 millones de células por litro. Es importante mencionar que la concentración de

células no es determinante en cuanto a su toxicidad, ya que hay especies que aun habiendo pocos centenares por litro causan efectos nocivos.

Han sido identificadas una docena de saxitoxinas, neosaxitoxinas y gonyautoxinas, las cuales son producidas por los géneros *Alexandrium*, *Gonyaulax*, *Protogonyaulax*, *Pyrodinium* y *Gymnodinium*. En general, las toxinas del fitoplancton causan mortalidad en peces y toxicidad en moluscos, así como envenenamiento o muerte en humanos, mamíferos marinos (delfines, manatíes, ballenas) y aves (pelícanos y cormoranes). Actualmente se ha comprobado que va aumentando el efecto tóxico en consumidores directos o indirectos de los organismos que han concentrado las toxinas (efecto de magnificación).

El impacto del fitoplancton tóxico o nocivo es particularmente evidente cuando la actividad pesquera ribereña es afectada. Los ostiones, las almejas y otros moluscos no son visiblemente afectados pero acumulan las toxinas en el hepatopáncreas. Las toxinas son transmitidas al ser humano a través del consumo de estos productos y se convierten en un serio riesgo para la salud pública. Aunque la naturaleza química de las toxinas es muy diversa, generalmente no cambian ni reducen la toxicidad mediante la cocción ni influyen en el gusto de la carne.

Desafortunadamente, la detección de productos del mar contaminados o no aptos para consumo no puede hacerse en el lugar por los pescadores o consumidores, sino que, para estar seguros, deben realizarse análisis de laboratorio ya establecidos por la Secretaría de Salud que permiten determinar si hay o no toxina y de qué tipo es. Para reducir el riesgo de intoxicaciones graves se requiere un monitoreo intensivo de la composición de especies del fitoplancton en la zona de cosecha de mariscos y hacer bioensayos o análisis químico de los productos del mar para determinar su toxicidad.

Por lo tanto, en los eventos de florecimientos algales tóxicos se aplican vedas para la extracción, consumo y comercialización de mariscos, a fin de

proteger a los consumidores. Por ello, las personas dedicadas a la extracción de productos marinos, y que se ven fuertemente afectadas en su actividad, han buscado soluciones en cuanto a sus fuentes de trabajo, encontrando que la acuicultura es una buena opción ante este riesgo natural. Dada la gran diversidad de especies de fitoplancton nocivo es de gran importancia su correcta identificación taxonómica para determinar si son tóxicas o nocivas y dar un resultado confiable.

IMPACTO EN LA SALUD HUMANA

Las toxinas producidas por las diversas especies de fitoplancton tóxico se clasifican en cuatro tipos según el efecto tóxico que producen (tabla 1). De estos cuatro tipos las intoxicaciones paralizantes PSP (Paralytic Shellfish Poisoning) y las diarreicas DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning) son las más comunes en nuestro país, aunque esto podría cambiar en el futuro debido al transporte de especies productoras de otros tipos de toxinas desde sus zonas habituales hasta nuestras costas a causa de la navegación marítima, transportadas en el agua de lastre de los barcos.

Cuando hay contacto directo con el agua afectada se puede sufrir irritación en las vías respiratorias altas, dermatitis y afecciones oculares externas. También se han presentado muertes masivas de peces, por lo que se han propuesto varios métodos de control, los cuales hasta la fecha han resultado poco efectivos. La eliminación de las toxinas es lenta, pudiendo permanecer en el tejido animal desde meses hasta años, sobre todo en lugares con temperaturas bajas, ya que se reduce su metabolismo.

INTOXICACIÓN	TIPO DE TOXINA	ESPECIES	SINTOMATOLOGÍA
PSP Intoxicación paralizante	Saxitoxina Neosaxitoxina	<i>Alexandrium catenella</i> <i>Alexandrium tamenense</i>	Parestesia perioral, en manos y pies. Puede ser mortal.
DSP Intoxicación diarreica	Ácido Okadaico	<i>Gymnodinium catenatum</i> <i>Dinophysis acuminata</i> <i>Dinophysis caudata</i>	Vómitos, diarrea y dolor abdominal. Promotoras de tumores.
ASP Intoxicación amnésica	Ácido Domóico	<i>Pseudonitzschia</i> <i>Pseudodelicatissima</i>	Gastroenteritis y pérdida de memoria.
NSP Intoxicación neurotóxica	Brevetoxina	<i>Gymnodinium breve</i>	Alteraciones leves de tipo neurológico.

Tabla 1. Toxinas producidas por fitoplancton tóxico.

Las toxinas afectan el metabolismo normal de los organismos y en el ser humano pueden ocasionar la muerte en un lapso de 12 horas, según la cantidad de toxinas ingeridas, ya que aún no existen antídotos. Algunos síntomas comunes que presentan las personas afectadas son: debilidad del cuerpo, adormecimiento alrededor de la boca, dificultades para hablar, pérdida de movimientos voluntarios, dolor de cabeza, vómitos, diarrea, mareos, sed, dolor abdominal, parálisis y fallo cardíaco o respiratorio en casos extremos. Lo recomendable en caso de sospecha de una ingesta de organismos con toxinas es llevar al paciente lo más pronto a un centro médico, darle mucho líquido, y algunas veces se induce al vómito. Una vez en el hospital se le practicará un lavado gástrico y se le dosificará antihistamínicos como primeras medidas.

En México, tanto en el océano Pacífico como en el Golfo de México se presentan florecimientos algales inocuos y tóxicos, pero la incidencia de este tipo de intoxicación es baja. Quizá esto se deba a

que en la mayoría de los casos no se logra diagnosticar como tal o no se reporta a las instituciones médicas, debido a que este tipo de envenenamiento o intoxicaciones son indebidamente diagnosticados.

ALGO INEVITABLE

Como aún es desconocido el mecanismo y las condiciones que favorecen que estos eventos se estén presentando con la frecuencia, intensidad, duración y cobertura que en el litoral mexicano se están dando es innegable que se requiere abordar este problema de forma tal que permita conocer el conjunto de especies que pueden producir florecimientos algales tóxicos y las condiciones que potencialmente las provocan. Para hacer frente a esta problemática hay que abordar principalmente los aspectos de diagnóstico y monitoreo de florecimientos algales por medio del uso de técnicas de campo y laboratorio ya establecidas. Además es importante tomar en cuenta el uso de nuevas herramientas, como es el uso de la teledetección con sensores remotos (imágenes satelitales) para tener una mayor cobertura espacial dada la escala de estos eventos.

El Laboratorio de Producción Primaria del Cinvestav-Unidad Mérida tiene en su sentido más amplio el objetivo de dar apoyo a las actividades de análisis de los factores y procesos relacionados con la variabilidad espacial y temporal a micro y macroescala de la producción primaria de los ecosistemas de la zona costera, teniendo como marco conceptual la conectividad de ecosistemas y el desarrollo de indicadores de salud. En el Laboratorio de Producción Primaria se realizan investigaciones relacionadas con los grupos de fitoplancton, pastos

marinos y manglares, así como aspectos de la calidad del agua a través de indicadores de eutrofización.

En relación con el fitoplancton los temas de investigación se relacionan con los factores ambientales relacionados con la composición, abundancia y estructura de la comunidad, poniéndose especial atención a las especies que desarrollan florecimientos algales y que son nocivas, conduciendo un programa de monitoreo. Se mantiene un programa de seguimiento de los cambios espaciales y temporales a diferente escala y en sitios con diversos tipos e intensidad de impacto antropogénico, con el propósito de establecer los factores que determinan los cambios en la comunidad de fitoplancton costero tropical, como indicadores de eutrofización. Esto está permitiendo desarrollar un programa de investigación sobre los florecimientos algales en el litoral de la Península de Yucatán.

Este programa pretende resolver interrogantes básicas como: ¿cuáles son los factores que se relacionan con la aparición de florecimientos algales?, ¿cuáles son los mecanismos de disparo de florecimientos algales inocuos y nocivos?, ¿por qué en algunas localidades del litoral Yucateco son más frecuentes las apariciones de estos eventos?, ¿existen patrones espaciales y temporales de los florecimientos algales que puedan ser detectados con imágenes de satélite? La información generada servirá para instrumentar acciones que lleven a instituir de manera eficaz las medidas de seguridad de índole sanitaria que puedan evitar que causen o continúen causando riesgos a la salud mediante la prohibición para el uso recreativo, la captura, comercialización y consumo de productos del mar, a efecto de proteger la salud de la población en

general y reducir los impactos económicos por efectos sobre la actividad pesquera y turística. Algunas de las medidas más importantes a tomar en cuenta son:

- Realizar muestreos en las costas para determinar a tiempo las especies causantes, el nivel de afectación y propagación, así como los daños reales y potenciales originados por el florecimiento. Además, llevar a cabo el monitoreo del agua de mar para determinar presencia, ausencia o disminución del fenómeno.

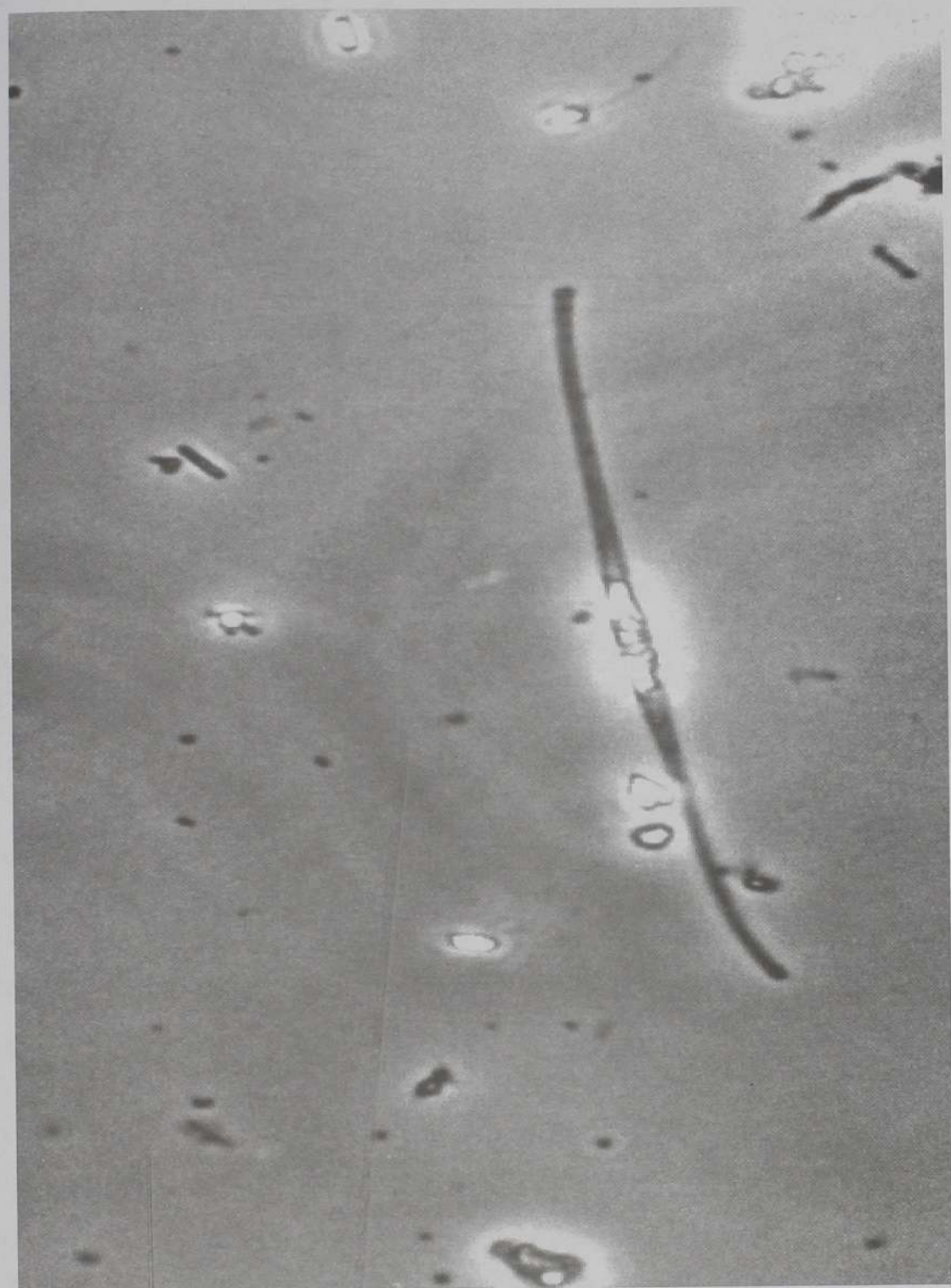
- Establecer como medida de seguridad la veda provisional para la extracción, comercialización y consumo de mariscos durante el evento, así como intensificar la vigilancia para evitar posibles intoxicaciones entre consumidores residentes y visitantes.

- Instalar un cerco sanitario de protección en la costa de la zona afectada, fundamentalmente la instalación de retenes para evitar la salida de mariscos presuntamente descompuestos y decomisar cargamentos de mariscos que, de resultar contaminados, deberán incinerarse de inmediato.

- Sin embargo, para alcanzar las metas de la predicción y mitigación de daños hace falta continuar con la investigación básica de ese fenómeno y coordinar programas de monitoreo con los sectores relacionados con el fenómeno, como Semarnat (medioambiente) y la Secretaría de Satanto a nivel Federal como Estatal, para lo cual el **Cinvestav** cuenta con el recurso técnico y humano para llevar adelante esta tarea. Lamentablemente, como muchas otras áreas, los recursos de operación no están disponibles o son muy escasos, limitando los alcances de este tipo de programas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, G.C., *Cambios estructurales del fitoplancton costero en relación al régimen hidrológico en cuatro puertos de la Península de Yucatán*, Tesis de Maestría, México, 2003, Cinvestav, Unidad Mérida.
- Cortés Altamirano, R., *Las mareas rojas*, 1998, A.G.T. Editor.
- Cosper, E.M., C. Lee, y E.J. Carpenter, "Brown tide" blooms in Long Island embayments. Toxic marine phytoplankton, *Elsevier Science*, pp.17-28,1990.
- Livinston, R. J., *Eutrophication processes in coastal systems: origin and sucession of plankton blooms and effects on secondary production in Gulf Coast estuaries*, Universidad del Estado de Florida, Center for Aquatic Research and Resource Management, CRC Press, 2001.
- Longhurst, A., *Analysis of marine ecosystems*, Londres, 1981, Academic Press.
<http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS.html>



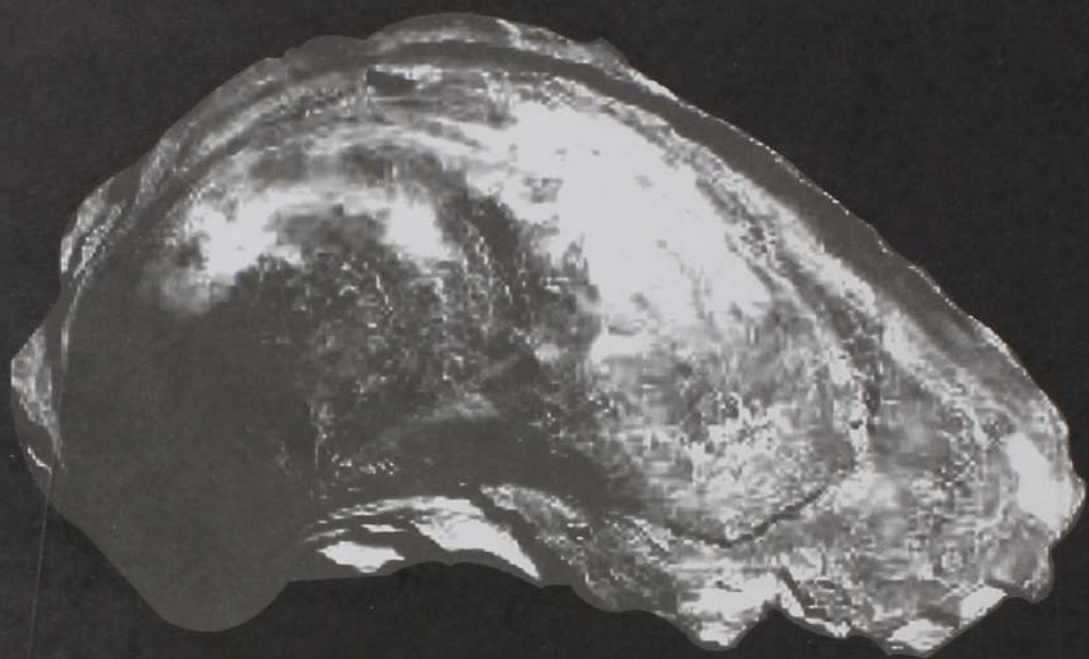


Fig 4. Ostión (*Crassostrea virginica*).

IMPORTANCIA DEL DIAGNÓSTICO INMUNOLÓGICO Y MOLECULAR EN ORGANISMOS ACUÁTICOS

MÉXICO CUENTA CON VASTAS EXTENSIONES DE AGUA QUE HAN POTENCIADO el desarrollo de la acuicultura intensiva y extensiva, y el cultivo de organismos acuáticos siempre es afectado por la presencia de organismos patógenos que causan epizootias y producen pérdidas económicas. En el Laboratorio de Inmunología y Biología Molecular del Cinvestav Unidad Mérida se han estado implementando, desde 1999 a la fecha, técnicas inmunológicas y moleculares para poder apoyar al diagnóstico de enfermedades que provocan pérdidas económicas a organismos de importancia comercial, tales como el camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*), el ostión (*Crassostrea virginica*) y la tilapia (*Oreochromis niloticus*).

El camarón blanco del Pacífico es una especie nativa del oeste del Pacífico, y su distribución va desde Sonora, Golfo de California, México, hasta las costas de Perú. Esta especie es muy apreciada por los acuicultores de todo el mundo, debido a su adaptación a casi a cualquier condición de cultivo.

En el Golfo de México la camaronicultura se basa en el cultivo del camarón blanco, especie que ha sido afectada por infecciones virales, tanto en el Pacífico mexicano como en la parte norteamericana del Golfo de México.

Los virus causan enfermedades que pueden atentar contra la producción de una granja camaronícola (la rapidez con que se presenta la enfermedad depende de la virulencia y la concentración del virus), con consecuencias fatales para los acuicultores. Aunque se han reconocido cerca de 20 virus para camarones peneidos, únicamente cuatro tienen importancia, debido a la severidad de la enfermedad, daño y pérdidas económicas que causan en las granjas. Estos virus son: Síndrome de Taura (Taura Syndrome Virus, TSV), Virus de la Cabeza Amarilla (Yellow Head Virus, YHV), Síndrome de la Mancha Blanca (White Spot Syndrome Virus, WSSV), Virus de la Necrosis Hipodermal y Hematopoyética (Infectious Hypodermal and Hematopoietic Necrosis, IHNV). Este virus se detectó por primera vez en Taiwán y China en los años 1991-1992, y en Japón en 1993. Otras



Fig. 1. Monogéneo adulto (*Cichidogyrus sclerosus*).



Fig. 2. Cuerpo de inclusión del virus de la mancha blanca en tejido de camarón.

epidemias se reportaron en países asiáticos como India, Indonesia, Corea, Malasia, Tailandia, y Vietnam. Se atribuye la aparición del virus en el continente americano, a partir de 1995, a una variedad de vías como: la migración de humanos y animales, el rápido tránsito por tierra, mar y aire o a través de productos congelados infectados. Se supone que la diseminación fue debida a la alimentación con camarón congelado infectado procedente de Asia a cultivos experimentales de acociles en Texas.

A partir de 1999 fue detectado en México, Colombia, Perú, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, Belice y Ecuador, siendo devastador para la industria camaronícola de estos países. En el año 2000 este virus afectó, junto con el virus del Síndrome de Taura, la actividad camaronícola en la costa del Pacífico, y el índice de mortalidad fue elevado, así como también el cierre de numerosas granjas. El virus de la Mancha Blanca es del tipo ADN (doble cadena) (*Whispovirus nimaviridea*). Tiene un amplio rango de hospederos entre los crustáceos, siendo potencialmente letal para la mayoría de las especies de peneidos cultivados. Los viriones presentan una envoltura trilaminar; miden 80-120 nanómetro (nm) de ancho por 250-380 nm de largo, con una nucleocápside de 58-67 nm de ancho y 330-350 de largo; cada partícula viral tiene en un extremo una extensión de su envoltura similar a un flagelo.

El diagnóstico de la enfermedad puede ser a simple vista si el camarón presenta signos clínicos como aparición de manchas cuticulares blancas, enrojecimiento del cuerpo (fig.1), nado errático, falta de alimentación o pérdida del equilibrio. El diagnóstico por histología se basa en la búsqueda de cuerpos de inclusión, que son depósitos de cromatina

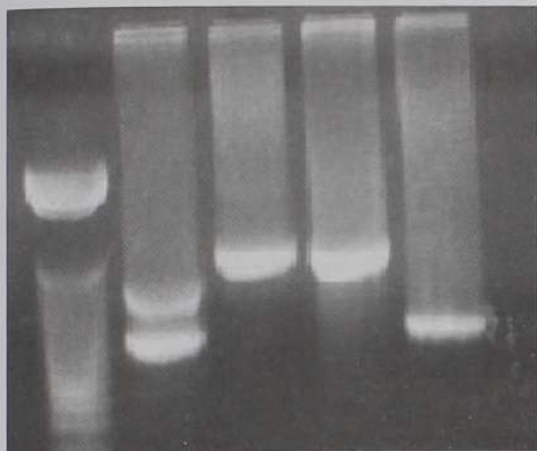


Fig. 3. PCR para detectar el virus de la mancha blanca en camarones (1. marcador, 2. control, 3. y 4. animales negativos, 5. positivo).

producidos por los viriones generados en los núcleos hipertrofiados de las células infectadas (fig. 2).

La técnica de PCR (Polimerase Chain Reaction) es considerada una herramienta de diagnóstico eficaz. Por lo general se utilizan pruebas comerciales de importación (iQ2000® y Diagxotics®), las cuales, aparte de requerir permisos sanitarios y aduanales, son de elevado costo, lo que las hace relativamente caras. En el Laboratorio de Inmunología y Biología molecular se han estado desarrollando pruebas diagnósticas alternativas con la misma calidad que las pruebas de importación, lo cual ha llevado al desarrollo de primeras (sondas de ADN) que cuenten con la misma sensibilidad y especificidad de las pruebas comerciales. Actualmente, han sido validados en diferentes fases de la infección (prepatente, sintomático o asintomático) con el fin de que sean una opción de diagnóstico confiable (fig. 3).

Con el desarrollo económico y turístico en la Península de Yucatán la afluencia de turistas nacionales y extranjeros es cada vez más común, lo cual ha potenciado el mejoramiento de las industrias hoteleras y del ramo alimenticio. Mensualmente se importan cerca de 20,000 toneladas de camarón fresco o congelado para consumo humano, de países como Nicaragua, Ecuador y Belice, más lo que se produce nacionalmente en el Pacífico mexicano. En este sentido, existen granjas en México que se

dedican a cultivar larvas y juveniles, que se exportan a granjas de otros países para engorda y, posteriormente a su cosecha, vuelvan a México para consumo humano. Esta estrategia genera divisas importantes para los países involucrados. El diagnóstico molecular es clave para asegurar que los lotes están libres de infección, ya que la sola sospecha de la presencia del virus propicia el cierre de las fronteras, la incineración de toda la cosecha y el sometimiento a cuarentena de las granjas sospechosas.

La norma oficial mexicana de Emergencia Sanitaria NOM-EM-006-PESC-2004 establece que para importar y exportar camarón blanco es un requisito determinar la presencia de enfermedades virales en crustáceos vivos, muertos, de sus productos y subproductos, con el fin de impedir su introducción y movilización por el territorio nacional.

Por iniciativa del Dr. Víctor Vidal, jefe del Laboratorio de Patología Acuática, a principios del 2004 nos hemos acreditado como terceros especialistas de la red de laboratorios de diagnóstico aprobados por la Sagarpa, que nos permite certificar oficialmente el diagnóstico de las enfermedades virales en el cultivo, importación y exportación del camarón.

Otro de los recursos nacionales de gran importancia económica está representado por el ostión *Crassostrea virginica* (Gmelin), también conocido como la ostra americana (fig. 4), cuyos bancos se distribuyen ampliamente en las lagunas costeras de los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche. En México en el año 2000 la producción nacional de ostiones rebasó las 50,000 toneladas. De la producción ostrícola en el país, 90% es soportada por *C. virginica*, que en 1999 representó un valor comercial de 50 millones de pesos.



Fig. 5. *Perkinsus marinus* en tejido de ostión.

Perkinsus marinus, el agente patógeno más importante del ostión *C. virginica* fue reportado por primera vez en 1949 en Estados Unidos. Este parásito es un protozoo que se distribuye geográficamente desde Massachusetts hasta Florida, pasando por el Golfo de México y hasta las costas de Venezuela, Puerto Rico y Cuba, y accidentalmente se introdujo en Pearl Harbour, Hawai. La perkinsosis es una infección de los moluscos de mar causada por dos parásitos protistas del tipo Apicomplexa (*P. marinus* y *P. olseni*). *P. marinus* también se conoce comúnmente como "dermo" en el interior de los tejidos del ostión. La infección por *P. marinus* es trabajosa de erradicar, ya que una vez que el parásito llega a un banco de ostiones es muy difícil que se obtenga una recuperación de la población después de la infección.

En la naturaleza, las etapas infectivas de *P. marinus* están distribuidas en el agua y son encontrados como alimentos de ostiones. Muchas infecciones se inician con la desintegración de ostiones infectados muertos y que posteriormente son filtradas por ostiones no infectados. Una de las razones por las cuales *Perkinsus* ha logrado superar barreras geográficas es por el constante movimiento de los bancos de una región a otra para ayudar a la fijación de las larvas de ostión. Un ejemplo es su introducción en Portugal por

importaciones de ostiones sin la realización de un estudio sanitario.

En México, un evento de mortalidad de *C. virginica* en 1995, que se asoció originalmente con la contaminación por petróleo, permitió determinar la presencia de *P. marinus* en el Estado de Tabasco, y actualmente se sabe de su presencia en todo el Golfo de México. Aunque no se conoce cómo llegó la enfermedad a la región se sospecha que vino por importación de semillas de Estados Unidos sin un previo estudio sanitario.

El diagnóstico de *P. marinus* va desde las observaciones a simple vista hasta las técnicas moleculares; en la revisión de primera instancia se puede ver que los ostiones tienen una coloración pálida en la glándula digestiva, reducción en los índices de condición, emaciación severa y encogimiento del manto. También a nivel histológico es posible detectar desarrollo gonadal reducido y destrucción del epitelio digestivo. Ocasionalmente, se pueden presentar pequeños paquetes de pus en los tejidos blandos. En el microscopio electrónico la identificación de *Perkinsus* spp se obtiene mediante la búsqueda de características morfológicas de los estados en ciclo de vida en tejidos de hospederos por medio de técnicas parasitológicas que se basan en cultivar el tejido en un medio de tioglicolato de sodio (fig. 5). A pesar de su baja sensibilidad esta técnica se ha utilizado en Estados Unidos como la prueba de oro para monitorear la presencia de *P. marinus* en sus costas. Sin embargo, la técnica de PCR ha mejorado en 100% su diagnóstico. Aparte de su alta especificidad, el PCR tiene la ventaja de que puede identificar cualquier estadio de *P. marinus*. En el laboratorio se están estandarizando y validando estas pruebas con el fin de proveer a

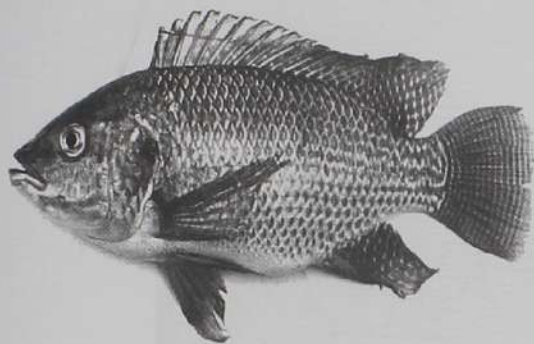


Fig. 6. Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

los acuicultores y autoridades sanitarias de herramientas confiables para procesos de importación y exportación.

Finalmente, la tilapia es un cíclido altamente cultivable debido al relativo bajo costo de su producción y a su apreciable calidad nutricional (fig. 6). Después de la carpa, la tilapia es el pez más cultivado en el mundo debido a la gran demanda que esta especie tiene en diversos países (p. ej. Estados Unidos, que en 1999 importaron la cifra récord de 37 millones de kilogramos de tilapia, 82 millones de dólares).

En el año 1964 la tilapia fue introducida en México, procedente de Alabama, Estados Unidos. Estos peces tienen gran adaptabilidad y resistencia al medio, por lo que figuran entre las principales especies cultivadas de manera intensiva en México. Un ejemplo, se observa en la estupenda adaptación de la tilapia a principios de la década pasada en la que se registraron capturas anuales promedio de 70 mil toneladas. Esto representó 44% de la producción piscícola de la nación. En el Estado de Yucatán, a iniciativa de los gobiernos estatal y federal, 15% de los municipios criaban tilapia en 1997, situación que se ha incrementado en los últimos años, hasta alcanzar un total de 125 unidades acuícolas que cultivan esta especie en 35 localidades.

Estos cultivos han sido amenazados por la presencia de ectoparásitos del género *Cichlidogyrus*. Estos ectoparásitos son monogéneos, platelmintos pequeños (0.5 a 30 mm de largo) y de ciclo de vida directo (fig. 7), y se alojan en los filamentos branquiales. En las infecciones por monogéneos los efectos patológicos en los peces se traducen, en general, en coloraciones grisáceas de las branquias, las cuales se encuentran recubiertas de moco abundante y algunas veces se observan hipertrofias (aumento anormal del volumen de las lamelas). Este hecho redundante en que los peces tengan problemas para respirar, como fue apreciado en *O. niloticus* del río Nilo en Egipto. En algunas ocasiones la hinchazón branquial es tan pronunciada que los peces no pueden cerrar la cavidad branquial. Este parásito se ha reportado en Filipinas, donde se registró como agente causal de severos daños en branquias de varias especies de tilapia. En Cuba, por introducción de tilapias de África, causó mortalidades. En México se ha registrado *C. sclerosus* en tilapias silvestres de la lagunas de Quintana Roo e infestaciones en tilapias cultivadas en Yucatán. En particular se han encontrado mortalidades en los estanques del Cinvestav Unidad Mérida, determinando a *C. Sclerosus* como agente causal. Además de la erosión de las lamelas existen infecciones por organismos oportunistas, como bacterias y hongos.

Las técnicas de diagnóstico que se utilizan en sanidad acuícola requieren sacrificar a los peces para detectar la presencia del parásito, esto conlleva pérdidas económicas para los acuicultores. En este sentido, se han estado estandarizando técnicas de diagnóstico similares a las utilizadas en vertebrados superiores y las pruebas inmunológicas han demostrado ser de gran viabilidad.



Fig. 7. Monogéneo adulto (*Cichlidogyrus sclerosus*).

Para poder estandarizar algún tipo de prueba inmunológica es necesario saber si los peces son capaces de producir anticuerpos y de presentar memoria inmunológica. Esto es así debido a que los peces carecen de médula ósea, que es la fuente de células mieloides en vertebrados superiores, así como de nódulos linfáticos, ya que la mayoría de los teleósteos poseen tejidos linfopoyéticos en el timo, riñón cefálico, bazo y en tejidos linfoides asociados a mucosas. De hecho, el riñón cefálico tiene similitud morfológica con la médula ósea presente en los vertebrados superiores.

Una vez establecido esto es más sencillo adaptar o estandarizar métodos que se basan en la reacción producida por los anticuerpos de estos organismos y los distintos componentes antigénicos del parásito que provoca un complejo específico antígeno-anticuerpo, el cual puede ser detectado por difusión o precipitación del complejo o mediante pruebas colorimétricas. Existe evidencia de que las tilapias producen anticuerpos que son específicos a los monogéneos *Cichlidogyrus*. Actualmente se están estandarizando técnicas más prácticas, como ELISA (Enzyme Linked Immunosorbant Assay), para proveer a los acuicultores de elementos confiables en sanidad acuícola.

El Laboratorio de Inmunología y Biología molecular junto con el Laboratorio de Patología

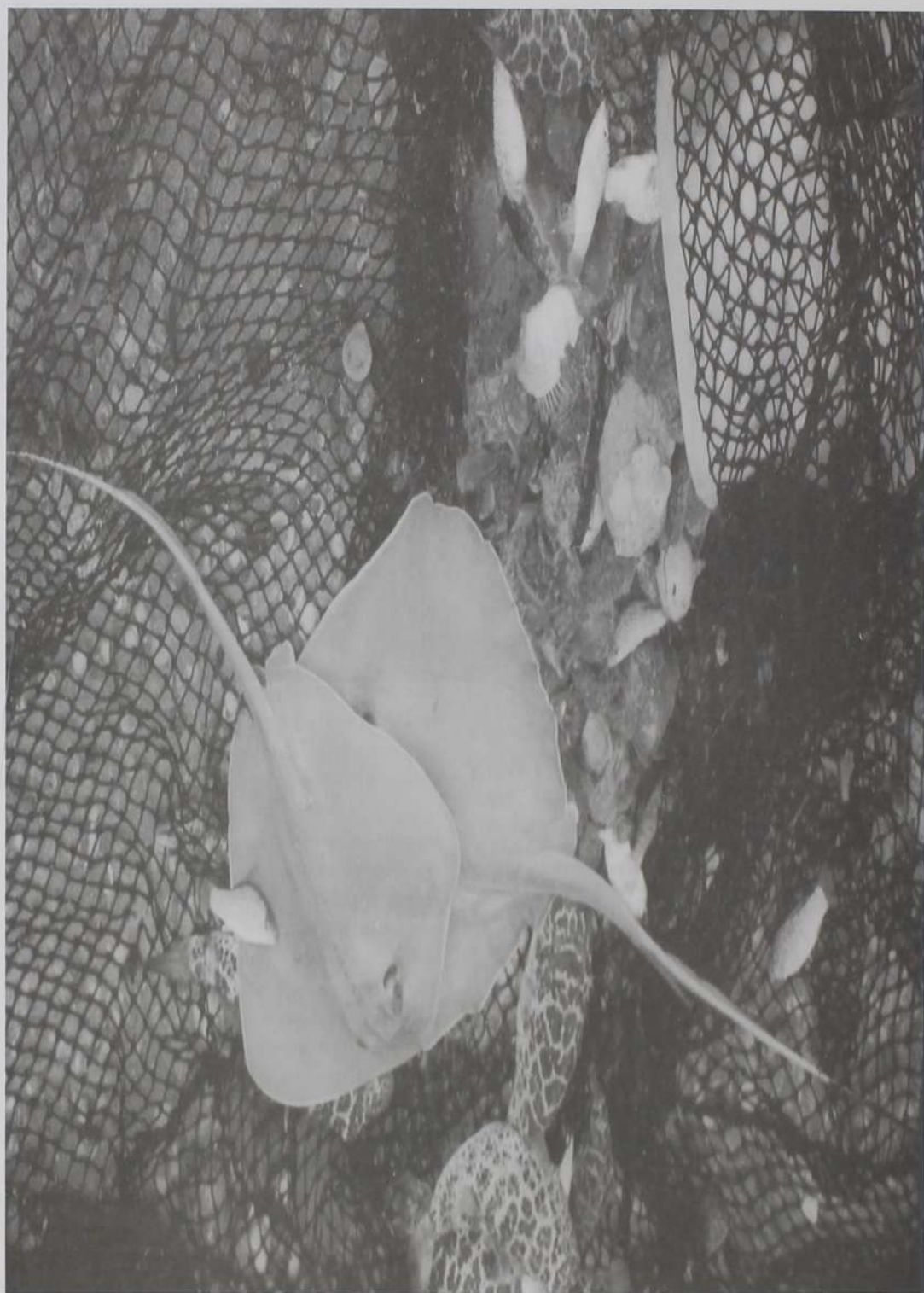
Acuática del Cinvestav Unidad Mérida han sido considerados por acuicultores locales, nacionales y extranjeros como centros de referencia para el diagnóstico de diversas enfermedades. El desarrollo turístico en la Península de Yucatán es cada vez más importante, y nuestra ubicación geográfica requiere hacer más eficiente el desarrollo de estrategias diagnósticas en sanidad acuícola.

BIBLIOGRAFÍA

- Office International des Epizooties (OIE), *Risk analysis in animal health*, Sidney, World Health for Animal Health, 2000.
- Vidal Martínez, V. y otros, *Atlas de los helmintos parásitos de México*, México, Instituto Politécnico Nacional, 2002.



Banco de peces.



LOS PECES DEL LITORAL DE YUCATÁN

SONIA EUGENIA PALACIOS
MARÍA EUGENIA VEGA

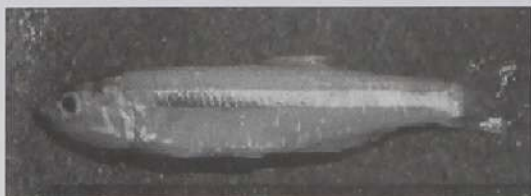
LA GRAN DIVERSIDAD DE FORMAS Y TAMAÑOS QUE HAN DESARROLLADO LOS peces a lo largo de su evolución les ha permitido invadir diferentes hábitats acuáticos. Así, los encontramos en lugares con características físicas y químicas diferentes, por ejemplo, en las aguas dulces y someras, es decir, de las aguadas, o en las profundidades del mar.

Estas modificaciones han implicado también cambios en sus hábitos alimenticios, conductuales y reproductivos. Las adaptaciones alimenticias que presentan en el tamaño y la posición de la boca, y en los dientes y arcos branquiales les permiten explotar casi todos los recursos disponibles en un determinado hábitat, facilitándose así la invasión.

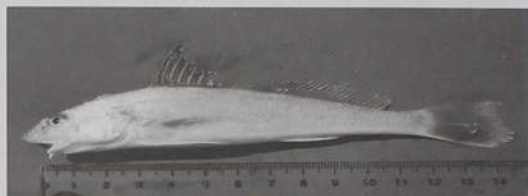
La zona costera, que integra gran variedad de ecosistemas altamente productivos, es considerada un sitio crítico para la comunidad de peces marinos, debido a que muchos de los procesos que están relacionados con sus ciclos de vida —patrones de migración, alimentación y reproducción— dependen de la interacción de estos ecosistemas.

El litoral de Yucatán presenta gran heterogeneidad de hábitats para los peces, ya que entre tierra firme y la isla de barrera, formada por un cordón litoral arenoso, se encuentran lagunas salobres (Laguna de Chelem), rías (Ría Celestún y Ría Lagartos) y ciénegas influidas por los eventos atmosféricos y los movimientos mareales, posibilitando el flujo y reflujo de las masas de agua, así como la migración de diversos organismos, entre ellos los peces, hacia las zonas de alimentación, crianza y refugio. Asimismo, a lo largo de la costa se pueden encontrar otros hábitats con fondos arenosos, rocosos (piedras y arena) y zonas de pastos marinos.

Los peces que hay en el litoral marino de Yucatán, cerca de la playa, generalmente son pequeños y se mueven rápidamente en cardúmenes, como las sardinas (*Harengula jaguana*, *Ophistonema oglinum*) y el nylon (*Anchoa hepsetus*, *Anchoa lamprotaenia*). Estos peces se caracterizan por tener el cuerpo comprimido lateralmente, boca grande subterminal y consumir fitoplancton.



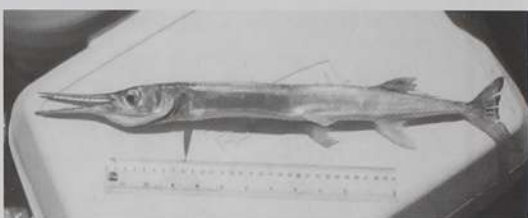
Nylon (*Anchoa hepsetus*, *Anchoa lamnoides*).



Ronco (*Menticirrhus americanus*).



Zapatero (*Oligoplites saurus*).



Pez aguja (*Strongylura notata*).

Por la mañana, muy temprano, y al atardecer se puede observar cerca de las estructuras de protección contra el oleaje (muelles y espolones donde rompen las olas) pequeños cardúmenes de pez aguja (*Strongylura notata*, *Strongylura marina*). Su cuerpo alargado, hocico puntiagudo y dientes filosos les permiten capturar presas en movimiento, como crustáceos y peces, que usualmente consumen.

Durante la época de nortes el mar se agita con los vientos y el agua se vuelve turbia, por lo que la mayoría de los peces se alejan de la costa o migran a otros sitios. Sin embargo, en esta época los bagres (*Ariopsis felis* y *Bagre marinus*) son los más comunes en la zona costera.

El cuerpo de los bagres está adaptado a la vida nocturna y al continuo contacto con el fondo, ya que su cabeza es aplanada, las aletas pectorales son largas, y presenta barbillas en la zona del hocico. Las barbillas son órganos sensoriales que les permiten orientarse durante la noche o en aguas turbias, así como localizar a sus presas. Son omnívoros

y en su dieta incluyen: poliquetos (gusanos), pequeños peces, invertebrados y materia orgánica en descomposición (detritus).

Otros peces que también se caracterizan por tener barbillas en la parte inferior de la mandíbula, aunque muy cortas, y que prefieren las aguas poco claras y agitadas son los roncós (*Menticirrhus americanus*, *M. litoralis* y *M. saxatilis*). Viven cerca del fondo y presentan una boca terminal inferior que les permite alimentarse de poliquetos, pequeños crustáceos y moluscos que se encuentran en el sustrato. Cuando son pequeños se los encuentra cerca de la playa

Las lisas (*Mugil curema* y *Mugil tricholoma*) son muy comunes en el litoral de Yucatán, y fácilmente identificables, pues son nadadores rápidos que andan en pequeños cardúmenes y tienen el hábito de ir saltando en la superficie del agua. Su cuerpo es alargado, fusiforme (forma de huso), con escamas pequeñas y delgadas que reducen la fricción con el agua, con lo que aumenta la velocidad de



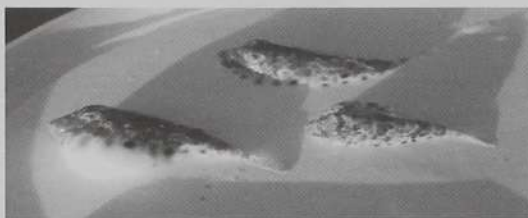
Ronco (*Menticirrhus littoralis*).



Pez sapo.



Bagre (*Ariopsis felio*, bagre marinus).



Peces globo (*Sphoeroides spengleri*).

sus movimientos. Los organismos jóvenes de estas especies se encuentran en la entrada de las rías o en la Laguna de Chelem, y cuando son adultos se localizan a lo largo de la costa nadando libremente.

Una de las especies considerada estuarina y que habita en las playas arenosas del litoral yucateco es el zapatero (*Oligoplites saurus*), que forma grandes cardúmenes de movimientos rápidos. Su forma fusiforme, su estrecho pedúnculo caudal y su cola furcada lo vuelven un rápido nadador. Por esto, puede estar en continuo movimiento buscando a su presa y atraparla en persecución, de ahí quesús alimentos preferidos sean peces y crustáceos.

Los peces comúnmente llamados "planos" (*Citharichthys macrops*, *Paralichthys albigutta* y *Symphurus plagiusa*) se caracterizan por tener un cuerpo aplanado, los dos ojos de un solo lado del cuerpo y las aletas caudal y anal alargadas. Todo lo anterior está relacionado con la costumbre bentónica de estos peces, que pasan la mayor parte del tiempo recostados en el fondo, siempre sobre el mismo lado.

La ventaja que les da ser planos es que pueden enterrarse en los fondos arenosos o fangosos de las rías o en la Laguna de Chelem o en las playas arenosas de la costa, evadiendo así a sus depredadores y al mismo tiempo sorprendiendo a sus presas, que generalmente son crustáceos, moluscos y cangrejos.

Otros peces comunes en las zonas someras de las playas arenosas y rocosas de la costa, así como también en las aguas cálidas poco profundas de las rías y Laguna de Chelem, son los peces globo o sapo, conocidos localmente como Xpó (*Sphoeroides testudineus*, *S. spengleri* y *S. nephelus*).

El pez globo se caracteriza por presentar dos pares de dientes incisivos poderosos y tener la habilidad de inflarse rápidamente mediante la ingestión de agua cuando se siente en peligro.

El pez sapo es carnívoro, se alimenta principalmente de moluscos y crustáceos, así como de otros invertebrados que habitan en el fondo, y a veces de peces. Otra característica interesante es que su piel



Pez plano (*Symphurus plagiusa*).



Pez erizo (*Chilomycterus schoefi*).

está cubierta por una secreción mucosa tóxica llamada "tetradotoxina", que los protege de sus depredadores. Esta toxina también se encuentra en sus vísceras y gónadas, por lo que hay que pensar más de dos veces si se quiere comer este manjar.

El pez erizo (*Chilomycterus schoefi*) habita en las aguas someras asociadas a fondos rocosos y en las zonas de pastos marinos en el litoral de Yucatán. No tiene escamas y su piel está cubierta de fuertes espinas fijas que cubren cabeza y cuerpo, excepto la parte de la boca y la base de la aleta caudal. Cuando se siente amenazado se infla y las espinas sobresalen, por lo que es una presa difícil para sus depredadores, ya que prácticamente no pueden ingerirlo. Otra estructura característica de esta especie son los dientes: están soldados en dos placas, una para cada mandíbula, por lo que pueden ramonear en los pastos o en las rocas.

Esta variedad de peces mencionados es una pequeña muestra de la gran diversidad íctica que presenta el litoral marino-estuarino de Yucatán,

donde hasta ahora hemos registrado más de 110 especies. Aunque muchos de los peces referidos en este artículo aparentemente no tienen valor económico es importante destacar su valor estético, ya que se pueden observar fácilmente al pasear o nadar por las playas o rías de Yucatán. Y desde el punto de vista biológico son importantes debido a que dominan los niveles medio y alto en la cadena alimenticia, y como carnívoros regulan, a través de la predación, a otras poblaciones, todo lo cual señala la importancia de su estudio y conservación.

BIBLIOGRAFÍA

- Blaber, J. M. S., *Fish and fisheries of tropical estuaries*, Nueva York, Chapman and Hall, 1987.
- Livingston, R. J., *Trophic organization in coastal systems*, Nueva York, Press, 2003.
- Vega Cendejas, M. E., M. Hernández de Santillana, y G. De la Cruz Agüero, *Los peces de la Reserva de Celestún*, México, Pronatura-Cinvestav, 1997.



Riqueza marina de los litorales.



Archivo Cinvestav.

SUSTENTABILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS COSTEROS MEXICANOS

LAURA VIDAL

COMO CUALQUIER OTRO SER VIVO DEL PLANETA, LOS SERES HUMANOS DEPENDEMOS DE NUESTRO ENTORNO, FORMAMOS PARTE DE LOS ECOSISTEMAS EN LOS QUE VIVIMOS Y HACEMOS USO DE ÉSTOS COMO DEPREDAADORES O COMO MODIFICADORES DE SUS ELEMENTOS. NUESTRA PRESENCIA AFECTA AL ENTORNO Y ALTERA LAS CARACTERÍSTICAS NATURALES DE LOS ECOSISTEMAS.

Desde la década de 1970 el discurso de sustentabilidad ha sido empleado por administradores de recursos, políticos y académicos. Sin embargo, la permanencia y protección de nuestros sistemas naturales depende de todas las personas, y no sólo en el ámbito discursivo, sino como acciones en función de objetivos y compromisos.

Con este artículo deseamos introducir a toda persona sensible e interesada en el tema de la sustentabilidad, no de los recursos naturales independientes ni de linajes poblacionales o actividades productivas, sino en la sustentabilidad de los ecosistemas de los que formamos parte y de los cuales dependen nuestro presente y futuro.

¿QUÉ ES UN ECOSISTEMA?

Un ecosistema es un sistema natural en el que la energía y la materia se mueven de forma intensa y estrecha en determinado espacio y tiempo, y donde numerosos seres vivos interactúan entre sí y con el ambiente físico-químico en complejas redes alimentarias y en diversos procesos.

Desde los años setenta la Teoría Ecológica de Odum observa el manejo de los recursos naturales vivos (orgánicos) y minerales (inorgánicos) de una región.

En oposición a esta idea de preservación se han utilizado otros modelos de manejo apuntando a obtener el máximo provecho económico de la extracción de un determinado recurso en el menor tiempo posible.

Antes de este periodo el efecto que las actividades humanas producían en el hábitat o en otros recursos vivos de la región era soslayado por amplias escalas de tiempo y espacio, y el área de estudio se reducía generalmente a intereses locales. Las excepciones se presentaban cuando las actividades productivas estaban en creciente desarrollo o cuando el



Costa del Estado de Yucatán.

recurso ocupaba grandes regiones, como en el caso de las pesquerías de bacalao del Atlántico Norte o el del atún tropical.

En síntesis, los estudios se concretaban en pequeñas áreas, eran de corta duración en el tiempo, y tenían escasa interacción con el medio físico y otros recursos de la región (ecosistema). Esta concepción estriba en la confirmación de que el recurso a manejar es uno de los varios componentes dinámicos interrelacionados ecológicamente en una región, y en que su permanencia indefinida (sostenibilidad o sustentabilidad) es necesaria para la preservación de dicho ecosistema. Unos treinta años atrás ningún estudio observaba el fundamento para la preservación de recursos naturales, y el alcance de los modelos predominantes de explotación de los mismos poseía serias limitantes de calidad respecto al manejo sustentable del ecosistema.

Esta perspectiva del empleo de recursos resulta incompatible con la meta para lograr la

sustentabilidad de los ecosistemas, más aún si ampliamos nuestra visión a la sustentabilidad de biorregiones, por ejemplo, el Caribe, o de grandes ecosistemas, como el Gran Ecosistema Marino del Golfo de México, área de 200,000 km² con características hidrológicas, topográficas y redes de alimentación distintivas (Sherman y Alexander, 1986), o de la biosfera.

Junto con esta carencia de percepción sistémica resultaba aún más grave suponer que el impacto de una actividad intensiva o extensiva pudiera compensarse al asignar un precio a los efectos secundarios no deseados (o externalidades), y lograr que el usuario simplemente lo cubriera de alguna manera. El impacto en un ecosistema no se determina acumulando sus externalidades, ya que las prácticas dañinas ocasionan una degradación que rebasa el nivel de renovación natural de producción en el sistema.

Mantener sustentable un sistema significa no interferir con sus procesos naturales de producción,



Uso acuícola intensivo de sistema abierto en costa yucateca de occidente.

maduración ecológica y resiliencia (es decir, habilidad para recobrar su estabilidad ante disturbios).

NACIMIENTO GLOBAL DEL ENFOQUE DE SOSTENIBILIDAD

Ante la influencia creciente de las actividades productivas en escalas cada vez mayores de tiempo y espacio surgen los primeros indicios de conciencia ambiental en el planeta. En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, en Estocolmo, Suecia (1972), se pusieron en evidencia los límites humanos para enfrentar la escasez de recursos y el mal aprovechamiento de los espacios en lo referente a la disposición de los desechos de producción.

Posteriormente se postuló el ecodesarrollo como una opción que basaba los modelos de producción y de estilos de vida en las condiciones y

potencialidades ecológicas de cada región. Sin embargo, los siguientes conceptos de desarrollo que surgieron dieron un paso atrás, al sostenerse en los mecanismos de mercado antes que en favorecer la condición de permanencia ecológica.

En 1988 se publicó el documento *Nuestro futuro común* o Informe de Brundtland, donde se evaluaron los avances de los procesos de degradación ambiental y la eficacia de las políticas ambientales de diversos países para enfrentarla y en el que se acuñó el concepto “desarrollo sustentable”.

En la Reunión Internacional de 1992 en Río de Janeiro, Brasil, se elaboraron algunos principios de sustentabilidad para el uso de recursos naturales y de sistemas naturales críticos del planeta (bosques y mares). En este documento se incluyó, y se aceptó internacionalmente, la necesidad de considerar en su integridad a los ecosistemas sometidos por el ser humano con la finalidad de mantenerlos saludables a lo largo del tiempo (Agenda 21). Con esto



Zona Urbana de Progreso-Yucaltepén, Yucatán.

surge la noción de que la unidad geográfica a estudiar no debía limitarse a intereses particulares de uno o varios países, sino a una unidad ecológica cuyo comportamiento o vocación se caracterizara por algún fenómeno ambiental o definición del ecosistema conocido como "Gran Ecosistema" (ejemplos: Gran Ecosistema Marino de la Corriente de California, Gran Ecosistema Marino del Golfo de México).

A pesar de que este enfoque tomó cuerpo en un amplio ambiente académico y entre los administradores de la reserva natural todavía persiste la explotación de recursos particulares, aunque ello afecte el rendimiento de otros recursos naturales del ecosistema. El riesgo es evidente, incluso para los países altamente desarrollados, pues el recurso que se adopta para hacerlo sustentable responde a consideraciones políticas y económicas, y no ecológicas. En otras palabras, responde a aquel sector del Estado que con más fuerza política o con más dinero cuenta para tal fin.

La sustentabilidad de sistemas, según modelos recientes, está compuesta por elementos ecológicos, sociales, económicos, comunitarios e institucionales en estrecha interacción y equilibrio (fig. 1). La sustentabilidad no puede lograrse sin tomar en cuenta: 1) las capacidades ecológicas del ecosistema (productividad, capacidad de dilución de contaminantes, etc.), así como su uso óptimo y protección, 2) la repartición equitativa de costos y beneficios asociados al uso de sistemas naturales, 3) la valoración de las comunidades humanas como culturas que usan tales sistemas, y 4) las capacidades institucionales para manejar los recursos en plazos largos.

Recientes discusiones entre académicos y manejadores de pesquerías en el Caribe evidencian la multiplicidad de criterios para darle mayor peso o importancia a cada uno de los elementos de la sustentabilidad. Mientras algunos investigadores consideran que lo más importante a conservar

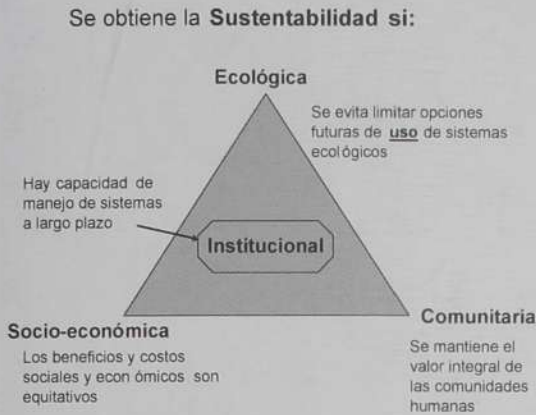


Fig. 1. Modelo de sustentabilidad diseñado para sistemas pesqueros, pero retomado para la sustentabilidad de ecosistemas.

es la integridad ecológica, otros sostienen que la permanencia de las sociedades con un equilibrio socioeconómico es de mayor relevancia, y otros consideran que el rol más importante para mantener sustentables los sistemas se encuentra en las estructuras administrativas y legales que definen las políticas de usos de recursos.

Como si cada sociedad pudiera definir el punto de equilibrio de su triángulo de sustentabilidad (fig. 2). Es decir, algunas sociedades votarían por un triángulo con un punto de equilibrio mucho más cercano a un elemento que a los otros dos (a), o con alguna combinación de dos elementos sin tomar tanto en cuenta el elemento restante (b), o un punto de equilibrio totalmente central entre los tres elementos (c) usando un diagrama triangular de composición química (fig. 2). Un país con fuertes valores culturales (p. ej. México, Perú, Indonesia, etc.) podría dar más peso al elemento cultural o comunitario de la sustentabilidad, mientras que las

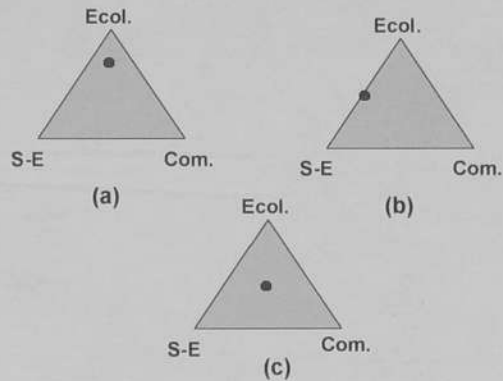


Fig. 2. Modelos alternativos de sustentabilidad de ecosistemas. El punto negro representa el punto de equilibrio entre los elementos, pudiendo ser más importante el aspecto ecológico que el socioeconómico y el comunitario (a), o similarmente importantes los elementos ecológico y socioeconómico y no tan importante el comunitario (b), y los tres elementos en igualdad de importancia (c).

sociedades que destruyeron las bases culturales originales de la región (p. ej. Estados Unidos) podrían darle mínima o nula importancia a este elemento.

ROLES DE LOS MIEMBROS DE LA SOCIEDAD PARA LOGRAR LA SUSTENTABILIDAD DE LOS ECOSISTEMAS

Lograr un balance de todos estos requisitos puede parecer utópico. Sin embargo, los científicos concuerdan en que más que una meta la sustentabilidad es un proceso de aprendizaje, en el cual, a través de las decisiones del manejo y sus respuestas en el sistema, surge la formación de maestros. En este aprendizaje se delega gran responsabilidad a los científicos, quienes tienen el desafío de observar y entender los procesos de los sistemas naturales con una mentalidad abierta e interdisciplinaria capaz de convencer a las autoridades y a la sociedad de las



Tiraderos de basura al aire libre en municipios costeros de Yucatán.

posibles opciones de uso sustentable según las características únicas de cada ecosistema y cada comunidad en vinculación.

Entre otros aspectos, los científicos de disciplinas ecológicas y sociales deben reconocer procesos de productividad, estructura y funciones de los ecosistemas, los estados de salud de sus componentes y la caracterización de componentes sociales y económicos.

Por su parte, los manejadores de ecosistemas o recursos deben ser capaces de establecer políticas de manejo que reflejen las expectativas de uso de la sociedad, pero basadas en los conocimientos que los científicos otorgan. También podrían rescatar valores estéticos, productivos, recreativos, etc. del uso de los ecosistemas que se remontan a las épocas de nuestras antiguas culturas. Un ejemplo muy bello acerca de la interacción sociocultural de nuestros ancestros aztecas con su entorno ecológico fue relatado por Bernal Díaz del Castillo en 1519. Describe que en la época de Enrique VIII la po-

blación de Tenochtitlan era cinco veces mayor a la que entonces existía en Londres, no obstante, la ciudad azteca conservaba la armonía, sus habitantes lograban manejar los obstáculos ambientales con ingenio y la agricultura floreció gracias a un original sistema de chinampas.

Es evidente que el sector directivo de la sociedad debe lidiar con presiones internacionales intensas para mantener a México en la jugada económica mundial, pero tal vez rescatando ese ingenio de nuestros ancestros prehispánicos podrían gobernar nuestros ecosistemas, aun a pesar de los intereses de empresas transnacionales, las presiones de la globalización, los tratados de libre comercio y la creciente demanda de nuestros recursos no sustentables, como el petróleo.

Sin embargo, incluso con los conocimientos científicos y las mejores intenciones del gobierno y de los manejadores de recursos, la sustentabilidad de nuestros ecosistemas no podrá lograrse en contra



Muelle de altura en Progreso, Yucatán.

o a pesar de la indiferencia de la sociedad civil. Todos somos esos entes sociales que no sólo pueden definir los objetivos de su desarrollo, sino que además imponen a los ecosistemas la presión de sus prácticas de consumo de recursos, manejo de desechos y prácticas demográficas.

Los mexicanos tenemos constitucionalmente el derecho de decidir, a través de nuestro voto, quién nos gobierna, y a participar en la toma de decisiones sobre qué tipo de ciencia deseamos mantener con nuestros impuestos. Sin afán de restarle importancia a la ciencia básica, que en el caso de México es reconocida internacionalmente por su calidad, la sociedad podría preguntarse si puede darse el lujo de competir con la ciencia del Primer Mundo, que responde a otras necesidades o si desea una ciencia dirigida a resolver nuestra problemática ecológica, socioeconómica y cultural.

Más aún, la sociedad puede actuar en la vida cotidiana rescatando valores culturales, evitando

emplear patrones de países donde se reconocen en primer lugar al dinero y donde todo tiene precio, monetario o de mercado. Podemos rechazar la premisa de que el impacto ecológico de nuestras actividades productivas y las del gobierno se compensan con estudios someros de manifestaciones de impacto de recursos (no de sistemas), o con algunas multas administrativas; principalmente cuando al aceptar la explotación de nuestros ecosistemas no se contempla el impacto sociocultural.

¿CON CUÁLES ECOSISTEMAS DEBEMOS EMPEZAR A PENSAR EN SUSTENTABILIDAD?

México posee una extensión total de línea de costa de 9,330 km, ocupa el décimo segundo lugar entre las naciones costeras del mundo. En nuestro país la zona económica exclusiva marina, bañada por los océanos Pacífico y Atlántico, es casi una vez y



Infraestructura portuaria en costas de la Península de Yucatán.

media mayor que el área terrestre. Por ello, México es una nación con fuerte orientación marítima.

Es decir, mucha de nuestra riqueza ecológica proviene del mar y de la interacción de éste con la tierra, o sea, de las costas. Sin embargo, tradicionalmente la economía del país se ha centrado básicamente en actividades productivas tierra adentro y no se le ha dado mucha importancia a sus mares y costas. Hace pocas décadas, y sólo en algunas regiones, la explotación petrolera de altamar, la pesca y la actividad turística han empezado a cobrar importancia socioeconómica. Con ello ha surgido la preocupación del impacto ambiental que dichas actividades tienen en los recursos naturales de la nación.

Los ecosistemas costeros son altamente productivos, presentan gran biodiversidad y abundancia de vida, intenso dinamismo energético y están sujetos a alta densidad poblacional y a variedad de usos. Por ello, su integridad y conservación están en alto riesgo.

Existen abundantes evidencias de que el desarrollo económico sin planeación de impacto ambiental ha dañado seriamente las zonas costeras. Una forma de comparar el desarrollo de un país con su deterioro ambiental es observar conjuntamente indicadores económicos con indicadores ecológicos.

En nuestro país se estima que en el Producto Interno Bruto (PIB) lo que aporta la pesca (principal actividad productiva del sector primario en costas y mares) es poco significativo, comparado con la aportación del sector agrícola. Sin embargo, la sobreexplotación pesquera no sólo ha disminuido la cantidad de ejemplares en varias especies, sino que es muy probable que también haya modificado cadenas alimentarias costeras.

Por otro lado, la economía de México está fuertemente ligada a la extracción de hidrocarburos, en especial en el Golfo de México, y la incidencia en lo ecológico de esta actividad es tan importante



Embarcaciones de pesca ribereña en costas de la península yucateca.

que, desde 1978, después de varios derrames petroleros, con la consecuente contaminación de aguas y zonas costeras, se ha propiciado la creación de programas ambientales nacionales dentro de los Planes de Desarrollo Nacional e Industrial.

El desarrollo turístico en zonas costeras también es importante y sustancial en el PIB; sin embargo, la infraestructura requerida para el manejo y deposición de desechos sólidos no ha crecido en la misma dimensión. Así, varias regiones costeras tienen serios problemas con tiraderos de basura al aire libre y con descargas de aguas residuales procedentes de la industria hotelera y restaurantera. Algunas regiones han sido reconocidas por la contaminación de sus aguas, p. ej. Oaxaca, Veracruz y Yucatán.

Otros motivos de seria preocupación son el crecimiento demográfico y la expansión urbana en las regiones costeras, como sucede en Campeche. También debe atenderse el deterioro en zonas de manglar y vegetación de dunas por uso acuícola, este

es el caso de la camaronicultura expansiva o extensiva en Sinaloa. Existen además algunas regiones, como Yucatán, que presentan una intensa erosión de los suelos costeros por cambios en la vegetación local, con desarrollos portuarios sin planeación de impacto. Esto ocasiona un problema de grandes dimensiones socioeconómicas, además de las consideraciones ecológicas, por el daño de la infraestructura ante fenómenos meteorológicos, como huracanes.

Se han realizado pocos estudios sobre el componente socioeconómico y cultural de las zonas costeras. No obstante, se reconoce que hay patrones drásticos de cambio sociocultural por efecto de las migraciones hacia esas zonas y que hay cambios bruscos de valores de las comunidades costeras por influencia externa. Incluso, dentro de los estados costeros el esfuerzo de investigación sociocultural se enfoca más a las grandes ciudades o a las comunidades tierra adentro.

Respecto al componente institucional, que lleva las riendas en las políticas de planeación del uso de sistemas, nuestro gobierno otorga escasa prioridad a los esfuerzos para explotar de manera sustentable los ecosistemas costeros. En algunos planes de desarrollo de estados costeros, como Yucatán y sus municipios, el litoral no es considerado prioritario, se lo menciona de manera escasa. Existen pocas y limitadas estrategias para el manejo de estas regiones, como ocurre con la zona federal marítimo-terrestre y las zonas de reserva ecológica. La legislación ambiental asociada al manejo de los ecosistemas costeros es fragmentada y está dispersa entre varias instituciones y órdenes de gobierno, y ni siquiera las Leyes de Protección Ecológica de los estados colindantes con el mar incorporan regulaciones específicas para sus costas. No existe una ley federal de costas, regulación que daría coherencia y orden en el caos a la legislación de tales zonas. Desafortunadamente, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, entidad a cargo de la vigilancia e inspección del uso legalmente permitido de los recursos naturales, posee serias limitaciones respecto de su eficiencia, por el traslapamiento con otras instituciones de gobierno, carencia de presupuesto y personal, y por la falta de poder político en el ámbito estatal y local.

En resumen, falta un inmenso trecho para lograr un equilibrio entre los elementos que conforman la sustentabilidad de nuestros ecosistemas, incluidas las costas. Existen serias deficiencias en el conocimiento ecológico, socioeconómico y cultural de las regiones costeras, así como en nuestra capacidad de gestión ambiental de sus recursos (instituciones y legislación). Falta mucho para percibirlos como sistemas integrados. Si como

ciudadanos, en el ejercicio de nuestro rol social, pudiéramos reconocer la responsabilidad en este proceso de decisión sobre la sustentabilidad de nuestros valiosos ecosistemas, y actuáramos consecuentemente, tal vez en pocas décadas lograríamos ser un país marítimo con desarrollo sustentable.

BIBLIOGRAFÍA

- Charles, A., *Sustainable Fishery Systems. Fish and Aquatic Resources Series 5*, Oxford, Blackwell Science, 2001.
- Díaz, del Castillo, B., *La Conquista de la Nueva España*, México, Fondo de Cultura Económica, 1963.
- Sachs, I., *Ecodesarrollo: desarrollo sin destrucción*, México, El Colegio de México, 1982.
- Sherman, K., y L.M. Alexander, *Variability and Management of Large Marine Ecosystems. A. S. S. 29*, Washington, editorial Westview Press Inc., 1986.



Costas de Yucatán



EL SISTEMA CIRCULATORIO DEL PLANETA AZUL

MANUEL ANTONIO REYES

EL CUERPO HUMANO TRANSPORTA LOS NUTRIENTES Y EL OXÍGENO A TODAS las células a través del torrente sanguíneo, de forma similar lo hace la Tierra por medio de las corrientes marinas.

La finalidad de este artículo es dar a conocer qué fuerzas impulsoras mueven las masas de agua en nuestro planeta, cómo se clasifican en función de esta fuerza impulsora y cuál es la principal corriente que alimenta al Golfo de México.

De pequeños nos emocionamos al escuchar en la radio o ver en la televisión el lanzamiento de los transbordadores espaciales y echamos a volar nuestra imaginación preguntándonos cómo se ve la Tierra desde el espacio o qué color tiene.

Las fotos captadas por los satélites desde el espacio muestran que se asemeja a una enorme canica azul ligeramente achatada en los polos, y por su color los astronautas lo llaman "Planeta Azul". Los responsables de las tonalidades observadas son los océanos y los gases de la atmósfera que reflejan la luz azul (fig. 1).

Las lagunas, los océanos, mares, ríos, lagos, pantanos, glaciares, etc., forman sobre nuestro planeta una capa de agua, la hidrósfera. La hidrósfera se formó hace más de 4,000 millones de años, a partir del vapor producido por las erupciones volcánicas, que eran más frecuentes que en la actualidad. El vapor se condensó formando nubes que provocaron lluvias torrenciales y el agua se acumuló en las cuencas existentes sobre la superficie terrestre.

El agua que se encuentra en los océanos cubre más de 70 % de la superficie terrestre. En el hemisferio norte las aguas ocupan 154 millones de km² y las tierras emergentes 100 millones de km², y en el hemisferio sur se hallan 206 millones de km² y 48 millones de km², de agua y de tierra, respectivamente.

Desde el comienzo de la humanidad los océanos han sido utilizados como fuente inagotable de recursos renovables y no renovables, como medio de transporte y comercio, como reserva de agua dulce y, por supuesto, como basurero.

Los océanos son el sustento para la vida, y esto se refleja en la enorme variedad de organismos que viven en ellos, más de 200,000 especies de protistas, plantas y animales. Desde la costa hacia mar adentro se pueden

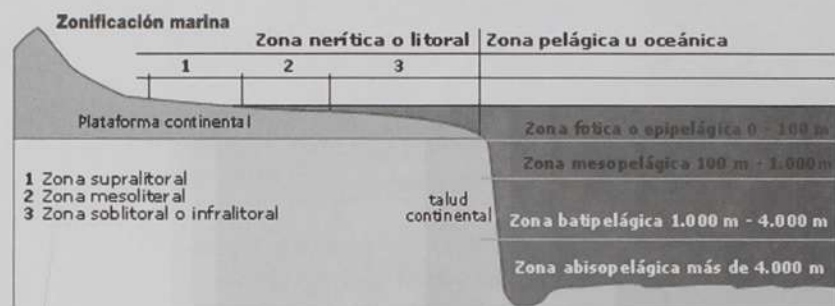


Fig. 2. Zonificación ecológica de los océanos.

distinguir dos grandes zonas: la nerítica o litoral y la pelágica u oceánica. La primera va desde la costa hasta el límite de la plataforma continental, y la segunda va desde dicho límite, donde se inicia el talud continental, hacia las zonas abismales o profundas (fig. 2).

Las zonas más productivas se concentran a lo largo de los bordes continentales (zona nerítica o litoral) y en unas pocas áreas en las que las aguas están enriquecidas por nutrientes y residuos orgánicos, que son elevados por corrientes ascendentes (afloramientos) hasta zonas iluminadas por el sol (zonas fóticas), donde el fitoplancton, los pastos y las algas pueden llevar a cabo el proceso fotosintético (fig. 3).

Las corrientes oceánicas son desplazamientos de masas de agua de un lugar a otro, con dirección fija y constante, que regulan la temperatura del agua y aportan nutrientes; es la sangre que fluye a través del sistema circulatorio de nuestro

planeta. Su función es trasladar grandes cantidades de energía desde las zonas ecuatoriales hasta las polares y, junto con las corrientes atmosféricas, son las responsables de que las diferencias térmicas en la Tierra no sean tan fuertes, como las que se darían en un planeta sin atmósfera ni hidrósfera. Por ello su influencia sobre el clima es tan notable.

Las corrientes cálidas que se mueven hacia las zonas frías aumentan la temperatura de las regiones por donde pasan, y las corrientes frías que se mueven hacia las zonas cálidas generan temperaturas más bajas (fig. 4, el inciso (A) indica las temperaturas más altas y el inciso (B) las más bajas).

Por ejemplo, la Corriente del Golfo transporta energía al Atlántico Norte e influye considerablemente en el clima de Europa. Su influencia es tal que zonas cercanas al polo norte, como Escandinavia, no presentan hielo en sus aguas.

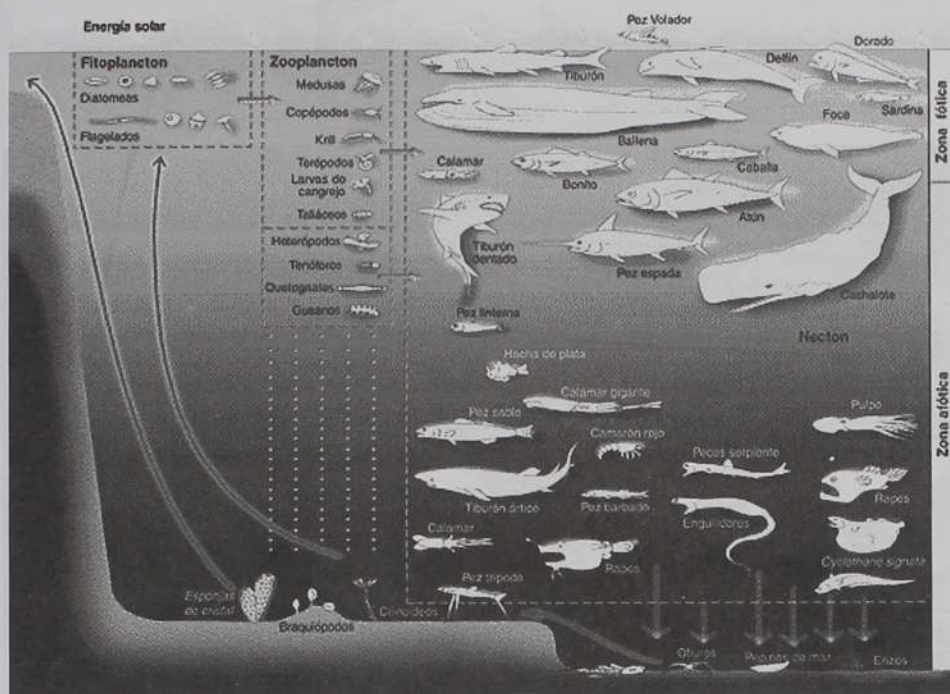


Fig. 3. Zonificación biológica de los océanos.

¿QUÉ FUERZAS MUEVEN A LAS MASAS DE AGUA?

A diferencia del cuerpo humano (en el que la sangre es bombeada por el corazón), las corrientes oceánicas son impulsadas por más de un proceso. Mencionamos aquí a las fuerzas principales.

Viento

Es el principal factor que influye en la generación e intensidad de una corriente. Al estar en contacto con los vientos dominantes, que soplan permanentemente en una dirección, las aguas oceánicas superficiales comienzan a desplazarse, debido a la fuerza de fricción que se genera entre estas dos capas.

Rotación terrestre

De acuerdo con la Tercera Ley de Newton (a toda acción corresponde una reacción de igual mag-

nitud pero de sentido contrario) el giro de la Tierra hacia el este produce una acumulación de agua contra las costas situadas al oeste de los océanos.

Diferencias de temperatura

Esta fuerza permite el transporte de energía de una región a otra. Las aguas frías y densas de las zonas polares se hunden desplazándose hacia las zonas ecuatoriales; en tanto que las aguas cálidas y menos densas del Ecuador se desplazan hacia los polos.

Interferencia de los continentes

Cuando una masa de agua choca con un continente la corriente se desplaza siguiendo la topografía del terreno.

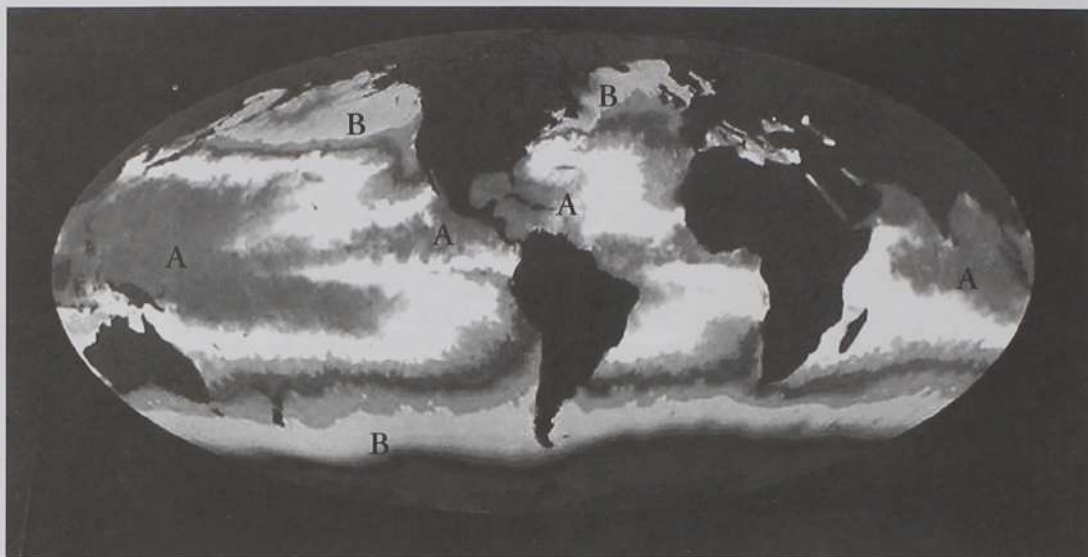


Fig. 4. Temperatura media de los océanos. Los tonos oscuros (A) indican las temperaturas más altas, mientras que los tonos claros (B) las más bajas.

¿ESTAS FUERZAS IMPULSORAS GENERAN UN SOLO TIPO DE CORRIENTE?

No (de forma similar a la existencia de los diferentes grupos sanguíneos, positivos y negativos, O, A, B y AB), estas fuerzas generan diferentes tipos de corrientes.

- Corrientes de arrastre: Se crean sobre la superficie de océanos y mares por la acción directa del viento.

- Corrientes de densidad: Se generan por las diferencias de temperatura y salinidad (densidad) entre dos masas de agua situadas en distintos lugares o profundidades. Suelen ser de poca intensidad.

- Corrientes de mareas: Se producen por la variación del nivel del mar, debido a la atracción gravitacional que ejercen la Luna y el Sol sobre la superficie de los océanos; invierten su dirección a medida que cambia la marea (pleamar o bajamar).

La velocidad de la corriente depende de la geomorfología de la costa.

- Corrientes de oleaje fuerte: Se generan en el curso de las tormentas y son responsables de las grandes modificaciones de las playas. Pueden alcanzar velocidades de 0.5 m/s.

- Corrientes de turbidez: Se producen durante el desplazamiento de sedimentos hacia las cuencas oceánicas.

- Corrientes oceánicas: Transportan inmensas masas de agua a distancias de millares de kilómetros, afectando sólo la capa de agua superficial (primeros centenares de metros). Pueden ser aperiódicas, como la Corriente del Golfo, o con periodos muy largos, como las Monzónicas.

Finalmente (al igual que la sangre que fluye a través de las venas y arterias de nuestro cuerpo regresa al corazón), las corrientes cálidas recorren los mares y teóricamente regresan al punto de partida; sin embargo, algunas ramas pueden desprenderse

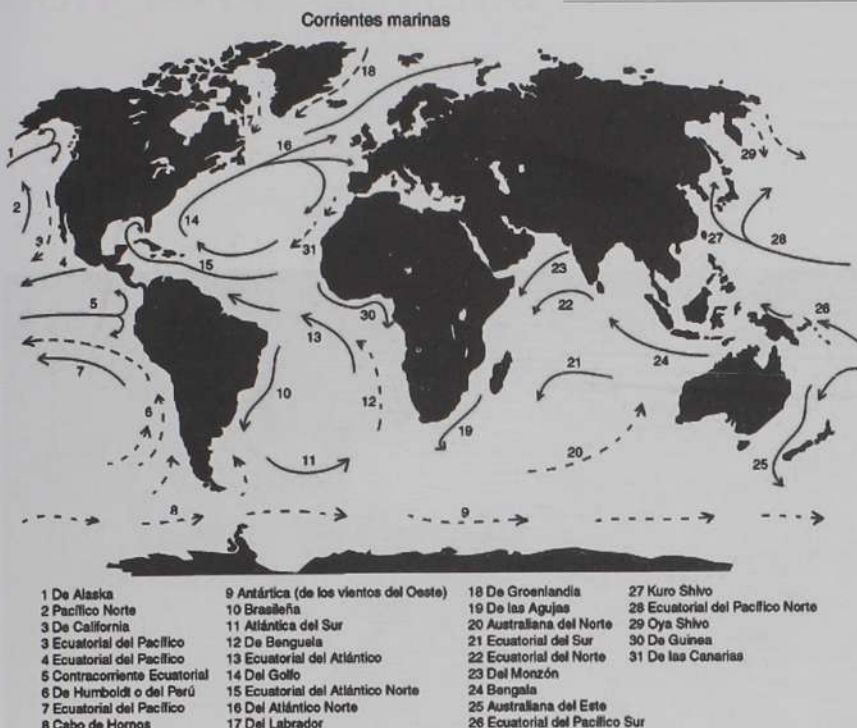


Fig. 5. Principales corrientes marinas en el Planeta azul. Las flechas contínuas representan corrientes cálidas y las punteadas corrientes frías.

de ellas y avanzar en los mares más fríos hasta perderse allí. No sucede lo mismo con las corrientes frías, las cuales casi nunca son cíclicas, sino lineales. Sin embargo, parece como si fueran atraídas por los remolinos producidos por las corrientes cálidas.

Entre las corrientes cálidas podemos citar: la Corriente de Kurosiwo o Corriente Negra (su nombre en japonés alude al color oscuro de sus aguas), la Corriente de Yucatán, proveniente del Caribe, con un flujo de 25 a 35 millones de m^3/s y con una velocidad promedio de 80 cm/s en la superficie, y hasta de 150 cm/s a una profundidad de 300 m. Esta descomunal cantidad de agua es la arteria principal (aorta) que irriga al Golfo de México y es la que da origen a la Corriente de Lazo, que sale al Atlántico Norte por el Estrecho de Florida como la Corriente del Golfo (fig. 5, flechas contínuas y flechas punteadas, representan corrientes cálidas y corrientes frías, respectivamente).

De la Corriente de Yucatán se desprenden algunos vasos capilares que bañan la plataforma de

la Península de Yucatán. Esta extraordinaria intrusión de agua condiciona el clima oceánico del Golfo y en particular el de nuestro litoral marítimo. Por debajo de la Corriente de Yucatán circula una contracorriente que es parte importante del mecanismo de surgencia en el Banco de Campeche.

BIBLIOGRAFÍA

- Filigrasso, L. C., *Apuntes de Oceanografía Geológica*, Editor Alberto Guzmán Urióstegui, 2003.
- Open University, *Waves, tides, and shallow-waters processes*, segunda edición, Londres, Butterworth-Heinemann y Open University, 1999.
- Open University, *Ocean Circulation*, segunda edición, Londres, Butterworth-Heinemann y Open University, 1999.
- Pickard, G. L. y W. J. Emery, *Descriptive Physical Oceanography, Introduction*, cuarta edición, Londres, Pergamon Press, 1982.
- <http://oceancurrents.rsmas.miami.edu/caribbean/yucatan.html>
- <http://www.solarviews.com/span/earth.htm>
- <http://www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/03AtmHidr/132Oceano.htm#Océanos%20y%20mares>
- <http://homepage.mac.com/uriarte/gulfstream.html>
- <http://www.mgar.net/mar/corrient.htm>



Personal de laboratorio. | Archivo Cinvestav

NOTICIAS DEL CINVESTAV

PREMIOS DE INVESTIGACIÓN DE LA ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS 2003 Y 2004

2003 Ciencias Naturales

Dra. Guadalupe Beatriz Xoconostle Cázares.
Investigadora del Departamento de Biotecnología
y Bioingeniería

Ingeniería y Tecnología

Dr. Máximo López López.
Investigador del Departamento de Física

2004 Ciencias Exactas

Dr. Héctor Hugo García Compeán.
Investigador del Departamento de Física

Ciencias Naturales

Dr. Jean-Philippe Vielle Calzada.
Investigador de la Unidad Irapuato

Doctorado Honoris Causa

La Universidad de Manitoba otorgó el grado de Doctor of Science (Honoris Causa) al Dr. Octavio Paredes López, por ser un miembro destacado de la comunidad científica internacional y graduado de esa universidad.

Premio Javier Romero Molina 2003

La M. C. Patricia Fernández del Valle Faneuf, estudiante de Ecología Humana, obtuvo el reconocimiento a la mejor tesis de maestría en el área de Antropología Física, que otorga el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), con su trabajo "La salud en una comunidad rural del Estado de Yucatán: una perspectiva de ecología humana".

Dentro del mismo evento, la M. C. Martha Constancia Sauri Bazán, estudiante del Departamento de Ecología Humana, Unidad Mérida, obtuvo mención honorífica por su trabajo de tesis "Publicidad televisiva, hábitos alimentarios y salud en adolescentes de la ciudad de Mérida, Yucatán, México", en el área de Antropología Física.

POSGRADOS EN EL PIFOP

A partir de la inclusión de los siguientes posgrados en el Programa Integral de Fortalecimiento del Posgrado (Pifop), el Cinvestav cuenta con el reconocimiento de 100 % del Conacyt en sus programas de maestría y doctorado.

- Doctorado en Biomedicina Molecular
- Doctorado en Ciencias en Ingeniería Metalúrgica
- Doctorado en Ciencias Especialidad en Materiales
- Doctorado en Patología Experimental
- Doctorado en Toxicología
- Maestría en Biomedicina Molecular

NOMBRAMIENTOS

Dr. Enrique Campesino Romeo

Director de la Unidad Monterrey

Dr. Luis Herrera Estrella

Director del Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad

COORDINADORES ACADÉMICOS

Dr. Federico Castro Muñoz-Ledo

Departamento de Biología Celular

Dr. Gabriel López Castro

Departamento de Física

Dr. Ernesto Lupercio Lara

Departamento de Matemáticas

Dr. Gonzalo Zubieta Badillo

Departamento de Matemática Educativa

Dr. Marco Antonio Vega López

Patología Experimental



LA COMUNIDAD DEL CINVESTAV
LAMENTA PROFUNDAMENTE EL
FALLECIMIENTO DE:

Dra. Guillermina Waldegg Casanova
Investigadora del Departamento de Investigaciones Educativas

Dr. Juan José Rivaud Morayta
Investigador del área de Metodología y Teoría de la Ciencia

Dr. Jerzy F. Plebański Rosiński
Investigador Emérito del Departamento de Física

CONTRIBUCIONES

Las contribuciones para la revista *Avance y Perspectiva* deberán enviarse a las oficinas del Cinvestav en los siguientes formatos.

TEXTOS:

Word, Disco 3/5 ó CD-ROM

Cuando se trate de artículos de investigación la extensión máxima será de 15 cuartillas; en cuanto a los artículos de difusión se aceptará un máximo de 10 cuartillas.

Si el texto incluye tablas, éstas se entregarán en archivo por separado, en disco, en texto corrido y con una impresión adjunta que muestre la forma en que debe quedar la tabla. Además, se debe indicar en el original la ubicación de éstas. La indicación es también válida para esquemas y cuadros.

Las notas deberán incluirse al final del trabajo, antes de la bibliografía o de las referencias, debidamente numeradas. Las referencias deben apegarse a los modelos siguientes:

Libro:

Wiener, Norbert, *Cibernética: o el control y la comunicación en animales y máquinas*, Barcelona, Tusquets.

Artículo de revista:

Adem, José, 1991, "Algunas consideraciones sobre la pesca en México", en *Avance y Perspectiva*, vol.10, abril-junio, pp. 168-170.

Se sugiere que las referencias sean cuidadosamente revisadas por los autores y que los títulos de los artículos y los nombres de las publicaciones no se abrevien.

Todos los textos deben incluir el nombre del autor, grado académico, adscripción y cargo que desempeña, teléfono y correo electrónico.

IMÁGENES Y GRÁFICAS:

TIFF, 20 x 20 cm (mínimo), 300dpi, blanco y negro, CD-ROM. Las imágenes se entregarán en forma física, de preferencia en transparencias. No se aceptarán imágenes de internet o cámara digital debido a que la resolución que presentan no es adecuada.

En caso de que el trabajo incluya diapositivas en power point remitirlas impresas en papel fotográfico y en máximo grado de resolución y no a través de archivos de office.



Cinvestav

avance@cinvestav.mx

T/F (55) 50 61 33 71

www.cinvestav.mx/publicaciones

Av. Instituto Politécnico Nacional 2508,

Zacatenco, C. P. 07360

México DF, México

**AHORA NOS CONOCEN
COMO LA FLOTA MAS MODERNA DEL
MUNDO, PERO SEGUIMOS SIENDO:
MEXICANA.**



aerolínea mexicana líder en América
e además de toda su experiencia,
ofrece viajar por una enorme red
de destinos en los aviones más modernos.



mexicana.com

MEXICANA 

Siente la experiencia



Cinvestav

El Cinvestav en conjunto con la Universidad de Colima y a través del CEUPROMED invitan a los estudiantes de secundaria y preparatoria al 2° ciclo de conferencias 2005-2006 las cuales se llevarán a cabo de 12:00 a 13:30 en el auditorio Arturo Rosenbluth.

Para mayor información comunicarse con Dra. Angelina Flores,
Departamento de Química-Cinvestav.
5061 3720 ó 5061 3800 ext. 4003
correo web: aflores@cinvestav.mx

"La Tecnología y la Ciencia desde el Cinvestav"

2005

22 Septiembre

El ataque de los clones: La batalla inmunológica contra el virus mortal del SIDA.
Dr. Fernando Enriquez Rincón, Departamento de Inmunología.

13 Octubre

Fascinante mundo del estado sólido: La superconductividad.
Dr. Rafael Baquero, Departamento de Física.

27 Octubre

La energía, del sol al vocho.
Dr. Omar Solorza, Departamento de Química.

10 Noviembre

El genoma humano.
Dra. Cecilia Montañez Ojeda, Departamento de Genética y Biología Molecular.

24 Noviembre

Teoría de la computación: El arte de comprender el corazón de las máquinas.
Dr. Feliu Sagols Troncoso, Departamento de Matemáticas.

8 Diciembre

La química es fácil y divertida.
Dra. Ángeles Paz Sandoval, Departamento de Química.

2006

12 Enero

Epilepsia, enfermedad que era sagrada.
Dra. Luisa Lilia Rocha Arrieta, Departamento de Farmacología y Epilepsia.

26 Enero

El dinamismo de las figuras.
Dr. Gonzalo Zubieta, Departamento de Matemática Educativa.

23 Febrero

¿Cómo se defiende nuestro cuerpo de la contaminación?
Dr. José Víctor Calderón Salinas, Departamento de Bioquímica.

9 Marzo

Transformando a los seres vivos ¿Te gustaría clonar?
Jazmín Magdalena Vázquez Bahena, Estudiante de doctorado en el Departamento de Biotecnología.

23 Marzo

La química del color.
Adrián Peña Hueso y Raúl Colorado Peralta, Estudiantes de doctorado en el Departamento de Química.

11 Mayo

Las drogas y el cerebro.
Dra. Silvia Lorenia Cruz Martín del Campo, Departamento de Farmacología Cinvestav-Sur.

25 Mayo

El procesamiento digital de las señales y sus aplicaciones.
Dr. Aldo Gustavo Orozco Lugo, Departamento de Ingeniería Eléctrica (Comunicaciones).

8 Junio

¿Qué sabes acerca de los nanotubos?
Melchor Martínez Herrera, Estudiante en el Departamento de Química.

22 Junio

¿De qué está hecho el universo?
Dr. Tonatiuh Mahos, Departamento de Física.