



UAM Reynosa-Rodhe, UAT,  
Tamaulipas, México.  
Grupo Maricultura en la  
Fundación Terrazul, Bogotá, Colombia.

# EL CULTIVO DE ALGAS MARINAS: ALTERNATIVA INDUSTRIAL EN ACUACULTURA SUSTENTABLE A MEDIANO Y LARGO PLAZO

Dr. Mauricio Ondarza Beneitez, [mondarza@uat.edu.mx](mailto:mondarza@uat.edu.mx), [biochem93@hotmail.com](mailto:biochem93@hotmail.com),  
Dr. Raúl E. Rincones, [raul@fundacionterrazul.org](mailto:raul@fundacionterrazul.org), [rrincones@hotmail.com](mailto:rrincones@hotmail.com)

Las algas marinas tienen un gran valor terapéutico que puede llegar a ser la clave para combatir enfermedades de origen diverso. Son además un valioso recurso natural para la industria de alimentos, cosméticos y biotecnológica. Su explotación en nuestro país puede contribuir a mejorar la realidad socio-económica de muchas comunidades costeras, las cuales, en su mayoría, viven en condiciones de extrema pobreza.

Desde el punto de vista ambiental, el cultivo y explotación de algas marinas representan una actividad amigable al medio ambiente, ya que no genera desechos ni efluentes; aumenta, asimismo, la biodiversidad local al servir como sustrato y refugio a numerosas especies de peces e invertebrados y diversifica las actividades productivas tradicionales, reduciendo la pesca de ciertas especies amenazadas como las tortugas marinas, caracol de pala y langosta.

## RESUMEN DEL PROYECTO

La idea general de esta propuesta de investigación es crear los lineamientos iniciales para el de una industria de algas marinas en el estado de Tamaulipas, a través del uso sostenible de los recursos naturales locales y la construcción de capacidades para el fortalecimiento y empoderamiento de las comunidades de pescadores a través de la instalación y operación de granjas marinas.

Para la puesta en marcha de esta iniciativa es necesaria la implementación de programas de investigación aplicada y participativa que permitan ampliar el conocimiento de los recursos algales

para su aprovechamiento sustentable. Igualmente, se requiere articular un trabajo interdisciplinario y de reingeniería dentro de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), donde se involucren y participen investigadores, docentes, personal técnico y estudiantes de los programas de Biología, Química, Nutrición, Medicina Veterinaria y Zootecnia, Agronomía, Ciencias Ambientales y Sociología, en cooperación con organizaciones no gubernamentales, entidades públicas y empresas privadas.

En términos generales, esta propuesta incluye un estudio de bioprospección y valoración de los recursos algales de la región, con particular énfasis en la Laguna Madre y zonas adyacentes de la costa Tamaulipeca.

A partir de los resultados de esta evaluación, se realizará una caracterización química de los diversos compuestos, para luego continuar con bioensayos de actividad biológica, utilizando líneas celulares y animales de laboratorio.

Otras investigaciones incluyen estudios bromatológicos y químicos con el fin de desarrollar uno o varios productos y/o suplementos alimenticios que ayuden a mejorar los altos niveles de desnutrición en la región, así como sus usos y aplicaciones en la industria de ficoloides (agar, carragenina y alginos).

Asimismo, se evaluará el potencial de las algas marinas como bioestimulantes en la agricultura, ya que existen en México diversos productos comerciales importados que se emplean como fuentes de microelementos y fitohor-

monas para el mejoramiento de los cultivos.

Adicionalmente, se propone un trabajo de asistencia y apoyo a las comunidades de pescadores, quienes serán los actores principales en la producción de la materia prima, a partir de las granjas marinas operadas de manera independiente, lo cual podrá mejorar su calidad de vida a través de la generación de empleo e incremento de los ingresos económicos.

Con la activa participación de las comunidades se podrá garantizar la comercialización de los productos y derivados de algas marinas, tanto en México como en el extranjero, ayudando a la generación de divisas y a la sustitución de importaciones.

Los resultados de las investigaciones obtenidas en este proyecto darán el soporte científico y tecnológico necesario para la consolidación de una industria de algas y sus derivados, lo cual favorecerá económicamente a la región y proyectará a la Universidad como un centro de referencia en innovación biotecnológica y social para el aprovechamiento de los recursos marinos a nivel nacional e, incluso, internacional.

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura en México como es una opción estratégica de desarrollo de zonas costeras y rurales. Según la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), las expectativas de crecimiento de producción de productos pesqueros por acuicultura son buenas, siempre que se consideren formas

de desarrollo sostenible.

Para ello se requiere un programa que asegure el incremento en la producción de especies cultivadas, la creación de nuevos empleos y de nuevas oportunidades de negocios; en la erradicación de la pobreza extrema; en la equidad de géneros; en la disminución de la pesca irracional; en la mejora de procesos de comercialización y procesamiento.

Cabe señalar que una disminución en la producción generada por la pesca, ha sido compensada por la de la acuicultura. Esta representa actividades que ofrecen desarrollos económicos y progreso en multitud de ambientes y beneficios, al incrementar la producción de alimentos de alto valor nutricional y agregado; la accesibilidad o destino a los mercados de exportación, siendo importante el fomento, la regulación y la administración de las actividades.

La Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable ya ha sido aprobada pero no ha entrado en vigor por adolecer de graves fallas en los mecanismos de conciliación de intereses de pescadores de bahías, alta mar, acuicultores, inversionistas, autoridades, entre otros factores.

En estos momentos se requiere de una propuesta sólida que cumpla con las expectativas de la sociedad y que permita crear las condiciones que generen bienestar y espacios hacia un futuro productivo y sustentable. Dicha acción requerirá de decisión política, disponibilidad financiera y capacidad de implementación.

La presente propuesta contempla las siguientes actividades:

- una acción de mejoramiento integral de cultivos y co-cultivos tradicionales de peces, camarones, algas, ostiones, almejas, mejillones, ranas, callo de hacha y otros.
- Asistencia en técnicas sustentables de bioprospección, cultivo, cosecha, industrialización y comercialización de cultivos emergentes.



Fotos 1 y 2. Actualmente se producen cerca de cinco millones de toneladas anuales de algas marinas a través de la maricultura, principalmente para consumo humano, siendo China, Corea y Japón los principales centros de producción mundial (McHugh, 2003).

- Impulso a la investigación y creación de un entorno favorable al desarrollo de nuevos co-cultivos.

Estas acciones deberán incluir los apoyos necesarios para el desarrollo de la industria de soporte a la producción y operaciones conexas tales como:

1. Certificaciones, valores agregados, aseguramiento de la calidad y obligatoriedad de sistemas HACCP (puntos críticos de control), etiquetado, impacto ambiental, rastreabilidad, inteligencia comercial, etc....
2. Para lograr resultados tangibles, se tendrán que privilegiar el mejoramiento integral de los principales cultivos (algas, camarones, piscicultura y ostricultura) y las actividades de desarrollo rural.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### La industria de algas marinas

Las civilizaciones orientales han consumido las algas marinas por sus cualidades nutritivas durante milenios, pero es sólo a partir de mediados de 1800 cuando se da inicio al cultivo de las mismas, en lugar de la recolección de los bancos naturales existentes en Japón. Actualmente se producen cerca de cinco millones de toneladas anuales de algas marinas a través de la maricultura, principalmente para consumo humano, siendo China, Corea y Japón los principales centros de producción mundial (McHugh, 2003).

Además de sus cualidades nutricionales, las algas marinas tienen otras

aplicaciones como fuente de ficoloides o gomas marinas (agar, alginateos y carrageninas) para la industria de alimentos, cosmetología, biotecnología e ingeniería genética, así como para la elaboración de dietas balanceadas para animales. En resumen, por sus variadas características, las algas marinas, tanto en su estado natural como en sus productos derivados, son objeto de transacciones mercantiles dentro de las naciones productoras, como en los mercados internacionales.

Desde el punto de vista social, el cultivo de algas marinas es realizado por comunidades costeras en unidades productivas donde la razón familiar es esencial, especialmente porque son los familiares de los pescadores (jóvenes de ambos sexos y la mujer) los que dirigen las labores diarias de las granjas.

Desde el punto de vista económico, la producción sostenida de las algas a través de los cultivos asegura ingresos familiares regulares, a diferencia de la estacionalidad típica de la actividad pesquera (Foto 1).

En América Latina y el Caribe coexiste un problema actual y una solución potencial para poblaciones económicamente excluidas, con grandes insuficiencias nutritivas y con grandes posibilidades de lograr un desarrollo sostenible a través del cultivo de algas marinas (McHugh, 2001). Es por ello que varias organizaciones internacionales de cooperación, conjuntamente con algunos gobiernos y empresas privadas, han tomado varias iniciativas para impulsar el desarrollo de programas de

cultivo de algas marinas como alternativa productiva en diversas comunidades de pescadores de la región, particularmente en Argentina, Chile, Colombia, Perú, México, Cuba y Brasil.

La utilización de las algas marinas es una industria multimillonaria y está basada en la producción de carragenina, agar y alginatos. Los productos derivados de las algas marinas que más han influenciado esta industria son los *ficocoloides* o *gomas marinas*, debido a sus propiedades como gelificantes, de retención de agua y su habilidad para emulsificar (Renn, 1997).

Sin embargo, en los últimos años, las firmas farmacéuticas han encaminado sus esfuerzos en el desarrollo de nuevos fármacos a partir de diversos compuestos y extractos algales que han mostrado actividades biológicas diversas, lo que es corroborado por Ireland et al (1993), quien afirma que las algas son la fuente de cerca del 35% de los nuevos químicos de origen marino, seguido por las esponjas (29%) y los corales (22%).

#### USOS Y APLICACIONES BIOTECNOLÓGICAS DE LAS ALGAS MARINAS

Los diversos compuestos obtenidos a partir de las macroalgas marinas tienen un amplio espectro de actividad en los sistemas biológicos. Algunos polisacáridos sulfatados, sintetizados por especies de algas rojas, tienen actividad antiviral hacia agentes responsables de enfermedades infecciosas humanas. Tal es el caso de un galactano sulfatado obtenido a partir de *Agardiella tenera* (Witvrou et al, 1994) y un xilomanano sulfatado, a partir de *Nothogenia fastigiata* (Damon et al, 1994; Kolender et al, 1995). Ambos tienen actividades contra el virus de la inmunodeficiencia humana (HIV, por sus siglas en inglés), el virus del herpes simplex (HSV, por sus siglas en inglés) y los virus respiratorios sincitiales tipos I y II (RSV, por sus siglas en inglés).

Estos polisacáridos son activos durante la primera etapa de la replicación del RNA del virus cuando es absorbido en la superficie de la célula (De Clercq, 1996, 2000); además tienen baja actividad citotóxica hacia las células

mamíferas, lo cual es una característica importante que deben tener los polisacáridos antivirales. También se encuentran los polisacáridos sulfatados a partir de *Schizymenia pacífica*, el cual inhibe la transcriptasa reversa del HIV in vitro (Nakashima et al, 1987) en una etapa tardía de la replicación del HIV, con un efecto mínimo en el DNA (por sus siglas en inglés) humano y la actividad de la RNA polimerasa.

Igualmente, un galactano sulfatado de *Gracilaria corticata*, tiene propiedades antivirales contra el HSV tipos 1 y 2, debido a que inhibe la unión del virus en la célula del huésped (Mazumder et al, 2002).

Además de estos compuestos, la *carragenina* también tiene actividad antiviral.

Carlucci et al (1997, 1999) notaron que la *D-carragenina* y la parcialmente ciclada *D/iota-carragenina* obtenida a partir de *Gigartina skottsbergii* tiene potenciales efectos antivirales contra HSV tipos 1 y 2, durante la etapa de absorción del virus. También la *carragenina*, a partir de los estados cistocarpico y tetrasporofítico de *Stenogramme* interrumpida muestra una actividad antiherpética similar (Cáceres et al, 2000).

Existen también fracciones de polisacáridos que aún no han sido caracterizados, pero que son obtenidos a partir de *Caulerpa sp.*, *Corallina sp.*, *Hypnea charoides*, *Padina arborescens* y *Sargassum patens*, que tienen alta actividad antiviral contra el virus HSV tipos 1 y 2 con bajos niveles de citotoxicidad (Zhu et al, 2003).

Se ha encontrado que ciertos compuestos como los fucoidanos y la misma carragenina, poseen una capacidad antiviral y microbicida vaginal contra herpes genital en ratones, por lo tanto, son buenos candidatos para un futuro desarrollo de productos vaginales con dichas propiedades (Zeitlyn et al, 1997). En el caso de los fucoidanos, adicionalmente tienen el beneficio de inhibir la unión del esperma a la zona pelucida en humanos (Oeninger et al, 1991; Pantankar et al 1993), lo cual puede ser utilizado para desarrollar un posible microbicida vaginal con propiedades

anticonceptivas.

De igual manera, existen otros compuestos algales que poseen propiedades antivirales similares como la *chondriamida A*, extraída a partir de *Chondria atropurpurea* contra el HSV tipo II (Palermo et al, 1992) y la *kahalalida F*, producida por especies de *Bryopsis*, que ha demostrado efectividad en algunos casos de estudios sobre el SIDA, y sus cualidades anti-HIV están siendo estudiadas en casos clínicos (Hamann et al, 1996, Haefner, 2003). Así como este compuesto de *Bryopsis* tiene actividad antiviral, también posee actividad antibiótica, junto con la *kahalalida A*, contra *Mycobacterium tuberculosis* (el Sayed et al, 2000) y propiedades anticancerígenas y antitumorales (Hamann & Scheuer 1993, Hamann et al, 1996).

La *kahalida F* ha sido efectiva en el control de tumores que causan cáncer de pulmón, colon y próstata (Horgen et al, 2000; Nuijen et al, 2000; Sparidans et al, 2001) y fue patentada como posible sustancia activa terapéutica para el tratamiento de carcinoma de pulmón humano (Scheuer et al, 2000).

Además de los compuestos con actividades antivirales, las algas también son productoras de sustancias aglutinantes como las lectinas, las cuales se pueden encontrar en una variedad de algas rojas, verdes y pardas (Rogers & Hori, 1993; Benevides et al, 1998; Shanmugan et al, 2002). Las lectinas son capaces de producir reacciones de aglutinación en eritrocitos humanos, por lo cual son útiles en ensayos de tipificación de grupos sanguíneos, axial como para caracterizar polisacáridos de superficie celular o determinar patrones de unión celular en ensayos lectino-absorbentes (Llovo et al, 1993; Wu et al, 1996; Wu et al, 1998).

Entre las macroalgas productoras de lectinas está *Hypnea japonica*, que produce las llamadas hipninas A-D (Hori et al, 1986); *Gracilaria chorda*, que produce una hemaglutinina en la fracción de sulfato de amonio de su extracto (Kakita & Kitamura, 2003) y *Amansia multifida* que produce una lectina que induce la migración de neutrófilos in vitro e in vivo, en la cavidad peritoneal

o dorsal de ratones (Neves et al, 2001).

Los *fucooidanos* son una clase de polisacáridos compuestos de *fucopiranos* y sulfato natural, los cuales tienen un amplio espectro de actividad en los sistemas biológicos como actividad anticoagulante, antitrombótica, antiinflamatoria y efectos antiproliferativos (Religa et al, 2000), axial como actividad antitumoral, anticáncer, antimetástática y fibrinolítica, demostradas ya en animales en laboratorio (Coombe et al, 1987; Maruyama et al, 1987). Los *fucooidanos* bloquean la angiogenesis y tienen efectos antiadhesivos en las células, lo que inhibe la unión de sustancias, compuestos o proteínas cuya adhesión conlleva a la formación de tumores (Soeda et al, 1994).

También mejoran el sistema inmunológico, pues tienen la capacidad de estimular a los macrófagos que fagocitan las células dañadas y antígenos infecciosos.

Los *fucooidanos* poseen una actividad antioxidante, ya que son capaces de controlar los radicales libres (moléculas de oxígeno inestables) de nuestro organismo que dañan las células mediante el "bombardeo" que hacen sobre ellas para que liberen los electrones que necesitan para ser estables, sin embargo, en este proceso causan daño al tejido celular contiguo al bombardeo.

De esta forma, los antioxidantes impiden el daño causado por los radicales libres, al donarle el electrón que les hace falta para mantenerse estables, sin necesidad de que estos dañen a las células del tejido (Coombe et al, 1987).

Los *fucooidanos* son sintetizados por especies de algas pardas, entre ellas de los géneros *Sargassum* y *Dictyota* abundantes en la Laguna Madre y costas Tamaulipecas, pero, además de los *fucooidanos*, también existen otros compuestos producidos por las algas marinas que presentan actividad antiinflamatoria y efectos en el sistema inmune; estos son los ácidos grasos poliinsaturados PUFA (por sus siglas en inglés) principalmente los ácidos *eicosapentanoico* y *docosahexanoico* (Stefanov et al, 1988; Gerwick & Bernart 1993).

Estos compuestos son similares a las



Fotos 3, 4 y 5. Principales usos y aplicaciones del *Agar* y la *Carragenina* en la industria de alimentos.

hormonas *eicosanoides* de plantas superiores y humanos, las cuales tienen un amplio rango de funciones fisiológicas (Gerwick et al, 1993, Imbs et al, 2001). Cuando su producción en el organismo es alterada conlleva a enfermedades relacionadas con la inflamación (Gerwick & Bernart 1993), por lo tanto los eicosanoides y sus derivados son compuestos potenciales para la producción de nuevas drogas anti inflamatorias (Jacobs et al, 1993). También presentan actividad antiviral, antimicrobiana e inhibitoria de enzimas, axial como propiedades antihipertensivas.

Las algas sintetizan polisacáridos y fibras como el *alginato*, la *carragenina*, el *funorano*, *fucooidano*, *laminarano*, *porfirano* y *ulvano*, que son capaces de reducir la absorción de colesterol en el intestino, produciendo respuestas hipocolesterolemicas e hipolipidemicas en el organismo (Kiriya et al, 1968, Lamela et al, 1989, Panlasigui et al, 2003).

Otros compuestos que presentan actividad hipolipidémica son los encontrados en extractos etanólicos de las macroalgas *Solieria robusta*, *Lyngaria stellata*, *Colpomenia sinuosa*, *Spatoglossum asperum* y *Caulerpa racemosa*, debido a que se ha demostrado que disminuyen el colesterol total en el suero y los niveles de triglicéridos y lipoproteínas de baja densidad en ratas (Ara et al, 2002). Por lo cual algunas de estas sustancias, sobre todo las fibras, han sido explotadas por compañías nutraceúticas que las comercializan como productos para la salud.

Algunas especies de algas son productoras de toxinas como los *kainoides*, que actúan como neurotransmisores (Laycock et al, 1989) y son, por tanto, impor-

tantes herramientas en investigación de desórdenes neurofisiológicos como las enfermedades de *Alzheimer*, *Parkinson* y *epilepsia* (Higa & Kuniyoshi 2000, Ben-Ari & Cossart 2000, Hopkins et al, 2000, Carcache et al, 2003).

Existen además otros compuestos tóxicos extraídos de las algas que sirven como anti-helmínticos, tal es el caso de los extractos de *Digenea simplex* y *Chondria armata* que sintetizan ácido domoico y han sido usados como anti-helmínticos por los japoneses durante siglos (Higa & Kuniyoshi, 2000).

En adición a su actividad tóxica en parásitos, los *kainoides* también presentan actividad insecticida contra moscas y cucarachas (Maeda et al, 1984, 1986, 1987). Otros compuestos algales que presentan actividad insecticida son las amidas bis-indólicas y las chondriamidas A, B y C aisladas del alga roja *Chondria atropurpurea* (Palermo et al, 1992, Davyt et al, 1998). Los *terpenoides halogenados*, sintetizados por una gran variedad de especies de algas son útiles en el hogar, la industria y la acuicultura, ya que también son tóxicos para helmintos (Takinawa et al, 1998), insectos, mosquitos y cucarachas (Watanabe et al, 1989, 1990).

#### BREVE RESEÑA DEL MERCADO MUNDIAL Y LA INDUSTRIA DE FICOCOLOIDES

Actualmente, cerca de un millón de toneladas de algas húmedas son cosechadas y extraídas para producir los principales *ficocoloides* (*agar*, *alginato* y *carragenina*). La producción mundial de ficocoloides para el año 2003 se presenta en el Cuadro 1 y según reporte de la FAO era de 55 mil toneladas, valoradas

<b>FICOCOLOIDES</b>	Producción anual TM	Valor Estimado US \$ MM	Fuente materia prima (principales especies)	Países procesadores
<b>CARRAGENINA</b>	42 930	240	<i>Kappaphycus</i> , <i>Hypnea</i> , <i>Eucheuma</i> , <i>Chondrus</i> , <i>Gigartina</i> , <i>Mazaella</i> , <i>Chondracanthus</i> .	Estados Unidos, Francia, Filipinas, Chile, China, Japón, Indonesia
<b>ALGINATOS</b>	36 100	213	<i>Macrocystis</i> , <i>Ascophylum</i> , <i>Lessonia</i> , <i>Laminaria</i> , <i>Ecklonia</i> , <i>Durvillea</i>	Estados Unidos, Noruega, Francia, U.K, China, Japón, Corea.
<b>AGAR</b>	8.000	132	<i>Gelidium</i> , <i>Pterocladia</i> y <i>Gracilaria</i> , <i>Gracilariopsis</i>	Chile, España, Portugal, Marruecos, Japón, China, Estados Unidos, Indonesia, Corea, Nueva Zelanda.
<b>Total</b>	<b>55.000</b>	<b>585</b>		

**CUADRO 1****Estructura del mercado mundial de Ficocoloides.**

en 585 millones de dólares.

Dentro de los principales usos y aplicaciones de los *ficocoloides* se destacan sus funciones como estabilizantes en la industria cárnica, helados, confitería (Fotos 2, 3 y 4), axial como en la elaboración de cosméticos, cremas, champús y pasta dental.

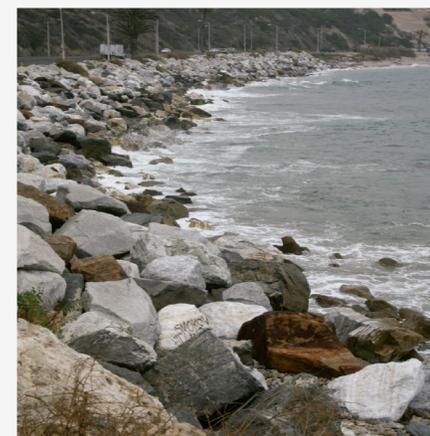
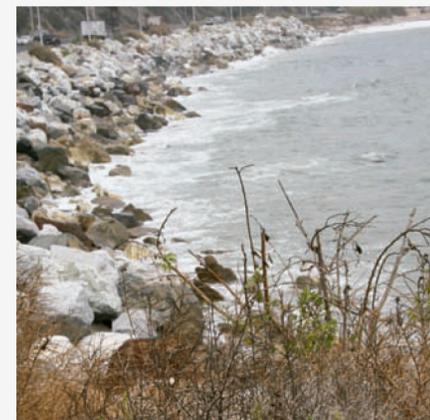
**AGAR**

Cerca de 8 mil toneladas anuales de agar son producidas mundialmente con un valor de 176 millones de dólares, siendo Chile el principal país productor con el 30% del mercado internacional. Otros países productores son: Argentina, que

extrae *Gracilaria* de bancos naturales en la Patagonia para una planta procesadora en la provincia de Chubut; Brasil, que extrae poblaciones silvestres en el estado de Ceara para abastecer a una empresa productora de agar ubicada en el estado de Paraíba y Perú, que exporta algas a Chile provenientes de praderas de *Gracilaria*.

México también tiene una nascente industria en el Mar de Cortes, donde se aprovechan poblaciones naturales de *Gelidium* y *Gracilaria* para una fábrica que funciona en la población de Ensenada, Baja California (Robledo, 2006).

El precio promedio del agar de grado



Fotos 6 y 7. Actualmente, cerca de un millón de toneladas de algas húmedas son cosechadas y extraídas para producir los principales ficocoloides (agar, alginato y carrageni).

alimenticio está en el orden de 20 a 22 dólares el kilogramo. El precio actual de especies de *Gracilaria* de óptima calidad como fuente de materia prima proveniente de los cultivos comerciales en países como Chile (*G. chilensis*) nos brinda una excelente oportunidad de negocios en el mercado de agar de grado alimenticio.

**CARRAGENINA**

La demanda mundial de algas productoras de *carragenina*, particularmente de *Kappaphycus alvarezii* es de 220 mil toneladas/año, con un incremento anual del 10%, siendo los principales

centros de producción: Filipinas, Indonesia, Malasia y Tanzania. Esto se ve representado en una facturación anual de 171,6 millones de dólares y en la generación de unos 400 mil empleos directos (McHugh, 2003).

Adicionalmente, existen experiencias y programas pilotos de cultivo y

aprovechamiento de *K. alvarezii* (*Eucheuma cottonii*) en el Caribe, desde hace más de veinte años. Se reportan estudios en la Península de Yucatán (Muñoz et al, 2004), Cuba (Areces, 1995), Panamá (Batista et al 2006), Brasil (de Paula & Pereira, 2003), Venezuela (Rincones & Rubio 1999) y Colombia (Rincones

2006), donde se han obtenido resultados promisorios (Fotos 5 y 6).

En la mayoría de estos países se ha contado con el apoyo de la FAO y diversas organizaciones internacionales con miras a buscar alternativas productivas a las poblaciones de pescadores artesanales. ■

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ara J, Sultana V, Qasim Rahmad VU 2002. Hypolipidaemic activity of seaweed from Karachi coast. *Phytother. Res.* 16: 479-483.
- Batista G., Shields C, Yee R, Gonzalez J. 2006. Seaweed farms on the Caribbean coast of Panama. En: *World Seaweed Resources: an authoritative reference system.* AT Critchley, M. Ohno & DB Largo (eds.) formato DVD University of the Netherlands and UNESCO ([www.etiis.org.uk](http://www.etiis.org.uk)).
- Ben-Ari Y, Cossart R 2000. Kainate, a double agent that generates seizures: two decades of progress. *Trends in Neurosci.* 23: 580-587.
- John W. Blunt et al., 2008. *Marine Natural Products.* *Nat. Prod. Rep.*; 25, 35-94.
- Cáceres PJ, Carlucci MJ, Damonte EB, Matsuhiro B, Zúñiga EA 2000. Carrageenans from Chilean samples of *Stenogramme interrupta* (Phyllophoraceae): Structural analysis and biological activity. *Phytochemistry* 53: 81-86.
- Carcache LM, Rodriguez J, Rein KS 2003. The structural basis for kainoid selectivity at AMPA receptors revealed by low-mode docking calculations. *Bioorg. Med. Chem.* 11: 551-559.
- De Clercq E 2000. Current lead natural products for the Chemotherapy of human immunodeficiency virus (HIV) infection. *Med. Res. Rev.* 20: 323-349.
- El Sayed KA, Bartyzel P, Shen X, Perry TL, Zjawiony JK, Hamann MT 2000. Marine natural products as antituberculosis agents. *Tetrahedron* 56: 949-953.
- Haefner B 2003. Drugs from the deep: marine natural products as drug candidates. *Drug Discov. Today* 8: 536-544.
- Higa T, Kuniyoshi M 2000. Toxins associated with medicinal and edible seaweeds. *J. Toxicol. Tox. Rev.* 19: 119-137.
- Hopkins KJ, Wang G-J, Schmued LC 2000. Temporal progression of kainic acid induced neuronal and myelin degeneration in the rat forebrain. *Brain Res.* 864: 69-80.
- Horgen FD, de los Santos DB, Goetz G, Sakamoto B, Kan Y, Nagai H, Scheuer PJ 2000. A new depsipeptide from the sacoglossan mollusk *Elysia ornata* and the green alga *Bryopsis* species. *J. Nat. Prod.* 63: 152-154.
- Imbs AB, Vologodskaya AV, Nevshupova NV, Khotimchenko SV, Titlyanov EA 2001. Response of prostaglandin content in the red alga *Gracilaria verrucosa* to season and solar irradiance. *Phytochemistry* 58: 1067-1072.
- Kakita H, Kitamura T 2003. Hemagglutinating activity in the cultivated red alga *Gracilaria chorda* Holmes, from Japan. In Chapman ARO, Anderson RJ, Vreeland VJ, Davison IR (eds), *Proceedings of the 17th International Seaweed Symposium, Oxford University Press, Oxford*, pp. 175-182.
- Karamanos Y, Ondarza MA, Morvan H, Stadler T, Christiaen D 1988. In: *Algal Biotechnology*, T. Stadler, J. Mollion, MC. Verdus, Y. Karamanos, H. Morvan and D. Christiaen Editors, Elsevier Applied Science Publishers Ltd. New York and London. ISBN 1-85166-233-2, Pages: 477-487.
- Karamanos, Y., Ondarza MA, Bellanger F, Christiaen D, Moreau S, 1989. The linkage of 4-O-methyl-L-galactopyranose in the agar polymers from *Gracilaria verrucosa*. *Carbohydr. Res.*, 187: 93-101.
- Martir, M.A 2005. Proyecto de Ordenamiento de la Camaronicultura en Ahime, Sinaloa, Acuicultores Unidos de Ahime, SA de CV, Los Mochis, Sinaloa, México.
- Mazumder S, Ghosal PK, Pujol CA, Carlucci MJ, Damonte EB, Ray B 2002. Isolation, chemical investigation and antiviral activity of polysaccharides from *Gracilaria corticata* (Gracilariaceae, Rhodophyta). *Int. J. boil. Macromol.* 31: 87-95.
- Nuijen B, Bouma M, Talsma H, Manada C, Jimeno JM, Lopez-Lazaro L, Bult A, Beijnen JH 2000 Development of a lyophilized parenteral pharmaceutical formulation of the investigational polypeptide marine anticancer agent kahalalide F. *Drug Dev. Ind. Pharm.* 27: 767-780.
- Ondarza, MA, et al., 1987. Variations in the composition of agar polysaccharides from *Gracilaria verrucosa*, cultivated under controlled conditions. *Food Hydrocolloids, Vol.1, 5/6, 507-509.*
- Ondarza, MA. 1988. Etude de galactanes extraits de la paroi de l'algue Agarophyte *Gracilaria verrucosa* (HuDs.) Papenfuss cultivee en conditions contrDlees. DERTC (Universite de Technologie de Compiègne, France). DoctorDt de 3eme. Cycle. These U15, Pages: 71.
- Ondarza, MA. 1995. Pyrolysis-Gas chromatography-Mass Spectrometry of agar type polysaccharides from *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss. *Rev. Latinoamer. Quim.* 23/4: 126-132.
- Ondarza, MA and F. Sotelo. 1996. Neutral Glycolipids in adult rabbit blood and analysis of their function as specific receptors for microorganisms. *Biomedical Chromatography*, 10: 6-10.
- Ondarza, MA y cols. 2002. Constituyentes bioactivos de la esponja marina *Aplysina* sp. *Nota científica. Vol 13, Num. 3, Septiembre-Diciembre,* págs: 63-68.
- Ondarza, MA. 2003. *La Biotecnología marina: temas ambientales relevantes.* *BioTam Nueva Serie, Vol. 14 (2): 13-20.*
- Ondarza, MA. 2006. ESTUDIO DE LOS GALACTANOS EXTRAIDOS DE LA PARED DEL ALGA AGAROFITA GRACILARIA VERRUCOSA (HUDES), PAPANFUSS, CULTIVADA BAJO CONDICIONES CONTROLADAS. Traducción del Frances al Español. Tesis de Doctorado depositada en la Biblioteca de la Universidad Autonoma de Tamaulipas, Cd. Victoria, Tamaulipas, México (79 paginas). <http://www.ilustrados.com/documentos/jp-estudios%20de%20los%20galactanos%20extraidos.pdf>
- Ondarza, MA. 2007. Substituciones en la unidad D-Galactosa de polímeros del agar: Implicaciones metabólicas. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 42(2): 201-204, agosto de 2007. Resumen 42 (2): 201-204 texto completo en formato pdf.
- Panlasigui LN, Baello OQ, Dimatangal JM, Dumelod BD 2003. Blood cholesterol and lipid-lowering effects of carrageenan on human volunteers. *Asia-Pac. J. Clin. Nutr.* 12: 209-214.
- Religa P, Kazi M 2000. Fucoidan inhibits smooth muscle cell proliferation and Reduces mitogen-activated protein kinase activity. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery.* 20 :419-426.
- Rincones, R.E. 2006. *The Jimoula Initiative.* En: *World Seaweed Resources: an authoritative reference system.* AT Critchley, M. Ohno & DB Largo (eds.) formato DVD University of the Netherlands and UNESCO ([www.etiis.org.uk](http://www.etiis.org.uk)).
- Rincones, R.E. & H.M. Gallo, 2004. Programa de Capacitación en el cultivo de algas marinas "Jimoula" a las comunidades del Cabo de la Vela, Península de La Guajira. Informe Final. Proyecto Fortalecimiento para el desarrollo de empresas rurales a partir de productos de la biodiversidad en el Cabo de la Vela, Departamento de La Guajira. FAO TCP/COL/2901. 192 pp.
- Robledo D & Freile Pelegrin Y 1997. Chemical and mineral composition of six potentially edible seaweed species of Yucatan. *Botanica Marina* 40: 301-318.
- Shanmugam M, Mody KH, Ramavat BK, Murthy ASK, Siddhanta AK 2002. Screening of Codiacean algae (Chlorophyta) of the Indian coasts for blood anticoagulant activity. *Indian Ind. J. mar. Sci.* 31: 33-38.
- Sparidans RW, Stokvis E, Jimeno JM, Lopez-Lazaro L, Schellens JH, Beijnen JH 2001. Chemical and enzymatic stability of a cyclic depsipeptide, the novel, marine-derived, anti-cancer agent kahalalide F. *Anticancer Drugs* 12: 575-582.
- Zhu W, Ooi VEC, Chan PKS, Ang Jr PO 2003. Inhibitory effect of extracts of marine algae from Hong Kong against Herpes simplex viruses. In Chapman ARO, Anderson RJ, Vreeland VJ, Davison IR (eds), *Proceedings of the 17th International Seaweed Symposium, Oxford University Press, Oxford*, pp. 159-164.