



COLCIENCIAS

CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL MAR

COL
0806



PLAN
ESTRATÉGICO

1999
2004

PROGRAMAS NACIONALES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

col
00806

INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS"

—COLCIENCIAS—



Director
 Álvaro Mondragón Arango
 Secretario General
 Hernando Ochoa Núñez
 Subdirector de Programas de Desarrollo Científico y Tecnológico
 Gerardo Martínez López
 Subdirector de Programas Estratégicos
 Ricardo Fournier Angel
 Subdirector de Programas de Innovación y Desarrollo Empresarial
 Campo Elías Bernal Noveda
 Subdirector Financiero y Administrativo
 Luis Ignacio Gutiérrez Cárdenas

PLAN ESTRATÉGICO

1999-2004

Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar

Dirección y Coordinación General del Plan Estratégico

Leonor Botero Arboleda, Ph.D

Jefe del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar

Santa Fe de Bogotá, julio de 1999

13-X-99



© Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia
y la Tecnología "Francisco José de Caldas"
—Colciencias—

Coordinación Colciencias de la edición
Myrian Henao Willes

Dirección y coordinación del Plan Estratégico
Leonor Botero Arboleda

Diseño y diagramación
Vinculos Gráficos

Diseño e ilustración de carátula
Clara Inés Silva - CIS

Fotomecánica e impresión:
Arte y Fotolito, Arfo

ISBN 958-9037-83-6
958-9037-84-4

Impreso en Colombia - Printed in Colombia



Director

Alvaro Mendoza Arango

Secretario General

Hernando Ochoa Núñez

Subdirector de Programas de Desarrollo Científico y Tecnológico

Gerardo Martínez López

Subdirector de Programas Estratégicos

Ricardo Fournier Angel

Subdirector de Programas de Innovación y Desarrollo Empresarial

Campo Elías Bernal Poveda

Subdirector Financiero y Administrativo

Luis Ignacio Gutiérrez Cárdenas

Programa Nacional de Ciencias Básicas

Miguel Tobar Carrizosa (Asesor)

Programa Ciencias Sociales y Humanas

Juan Plata Caviendes (Asesor)

Programa Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat

María Cristina Amézquita Ortiz (Jefe)

Programa Ciencia y Tecnología del Mar

Leonor Botero Arboleda (Jefe)

Programa Ciencias y Tecnología de la Salud

Gloria Inés Palma Alvarez (Jefe)

Programa Estudios Científicos de la Educación

Myrian Henao Willes (Jefe)

Programa Biotecnología

Rafael Aramendis Ramírez (Asesor)

Programa Desarrollo Tecnológico, Industrial y Calidad

Joaquín Emilio Mejía Mantilla (Jefe)

Programa Ciencia y Tecnología Agropecuaria

Oscar Alberto Duarte Torres (Jefe)

Programa Electrónica, Telecomunicaciones e Informática

Elsa Neira de Uribe (Jefe)

Programa Investigaciones en Energía y Minería

Eduardo Castaño Celemin (Jefe)

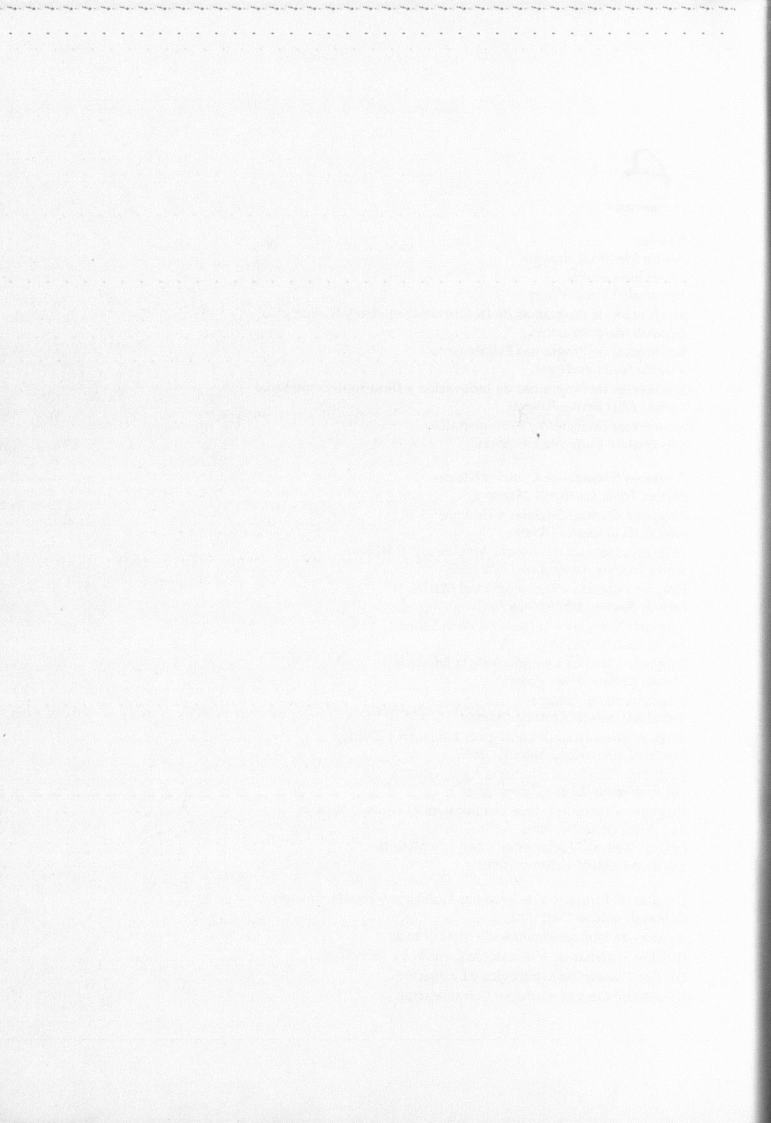
División de Formación de Recursos Humanos y Fortalecimiento
de la Comunidad Científica

División de Internacionalización de la Ciencia

División Sistemas de Información Científica y Tecnológica

División Planeación Estratégica y Evaluación

División de Ciencia, Cultura y Comunicación



RECONOCIMIENTOS

Colciencias agradece la dirección y orientación del proceso de planeación estratégica de los Programas Nacionales del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología al Dr. Fernando Chaparro, Director General de Colciencias —Septiembre 1994 – Septiembre 1998— y a su equipo directivo: Dr. Hernán Jaramillo, Dr. Luis Fernando Castro y Dr. Jorge Ahumada.

Consejo del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar

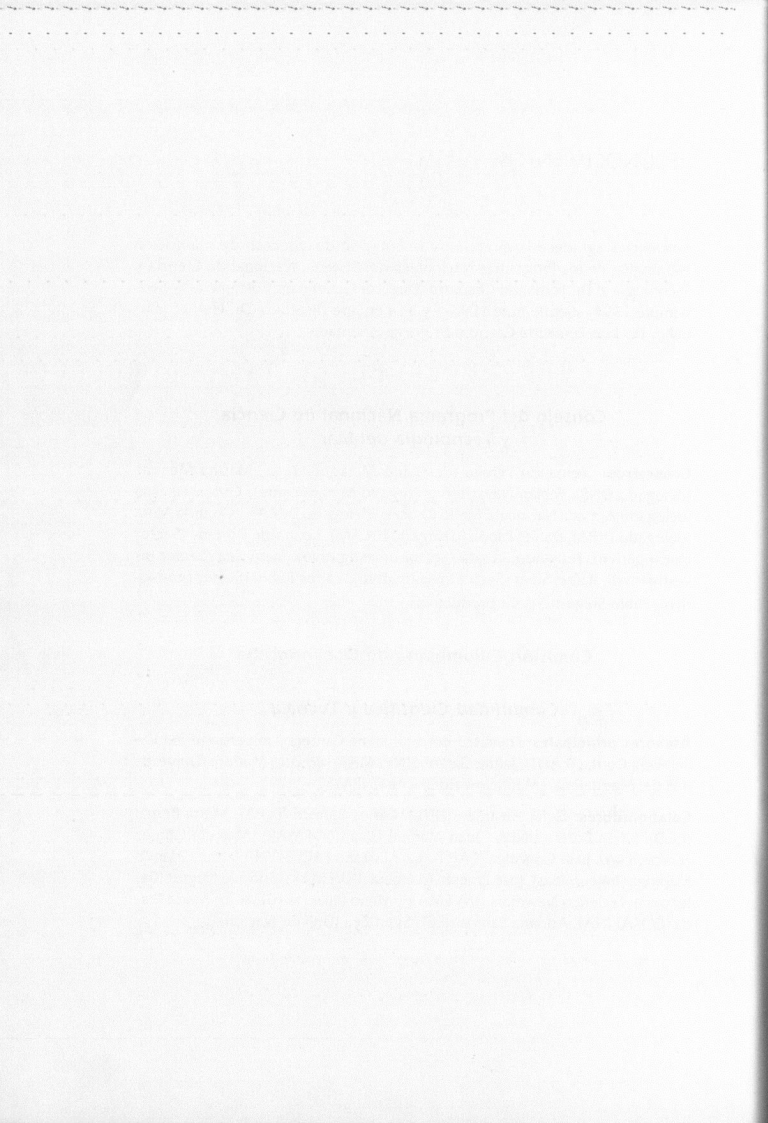
Consejeros: Fernando Pereira (delegado Minagricultura), Martha Méndez (delegado DNP), Fabián Navarrete (delegado Minambiente), Carlos Velásco (delegado Armada Nacional), Mario Palacios (delegado DIMAR), Orlando Mora (delegado INPA), Daniel Pabón (delegado IDEAM), Leonardo Gónima (Sector investigativo), Fernando Zapata (Sector investigativo), Sven Zea (Sector investigativo), Rafael Steer (Sector investigativo), Carlos Rubio (Sector productivo), Pablo Siegert (Sector productivo)

Comisión Colombiana de Oceanografía

Comunidad Científica y Técnica

Asesores principales: Francisco Borrero, Jaime Cantera (Universidad del Valle), Iván Correa (EAFIT), Jaime Garzón (INVEMAR), Rosario Madera (Universidad del Magdalena), Mauricio Valderrama (INPA).

Colaboradores: Elvira Alvarado (UJTL), Carlos Barreto (INPA), Marta Bernal (CCO), Julián Botero (INPA), Juan Manuel Díaz (INVEMAR), Marcela Gómez (*Colciencias*), Juan González (EAFIT), José Lozano (ACCEFYN), Jaime Orlando Martínez (Ingeominas), José Ernesto Mancera (INVEMAR), Enrique Negret (Caledonia), Federico Newmark (INVEMAR), Mario Palacios (DIMAR), Marta Prada (CORALINA), Adriana Santos (IEC), Sven Zea (Univer. Nacional)



INDICE

PRESENTACIÓN	11
INTRODUCCIÓN	15

CAPÍTULO I

ANÁLISIS DEL CONTEXTO DEL PLAN ESTRATÉGICO

I. Caracterización del sector	19
Marco legal y políticas sectoriales que inciden en el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar	19
Características socioeconómicas, ambientales y de problemas de desarrollo	21
Necesidades de conocimiento	23
II. Caracterización de la capacidad de investigación, de la infraestructura institucional/organizacional y de los grupos y redes de investigación	26
Capacidad de investigación	26
Infraestructura institucional	27
Grupos de investigación	28
Redes de investigación	32
Programas de formación de recursos humanos a nivel de pregrado y posgrado	35
III. Antecedentes y logros del Programa en el periodo 1991-1998	36
Diagnóstico preliminar del cumplimiento en la ejecución del Plan de Desarrollo de las Ciencias y Tecnologías del Mar en Colombia 1990-2000	36
Investigación financiada por COLCIENCIAS en el periodo 1991-1998	39
Principales resultados e impacto de la inversión realizada	50
Participación del sector marino en programas estratégicos administrados por COLCIENCIAS para el fortalecimiento de investigación	52
Inversión realizada por las instituciones ejecutoras en actividades de investigación, información o desarrollo tecnológico en el periodo 1991-1996, con recursos diferentes a los de COLCIENCIAS	53

CAPÍTULO II

EL PLAN ESTRATÉGICO: LINEAS DE ACCIÓN, PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN Y DE FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD DE INVESTIGACIÓN

I. Definiciones estratégicas	55
Visión del Programa	55
Misión del Programa	56
Objetivos del Programa	56
Criterios para la evaluación y selección de proyectos	57
II. Plan de Acción 1999-2004	59
Objetivos y metas	59
Problemas para el alcance de la misión y objetivos; resultados esperados y actividades para su logro	62
Ecosistemas y líneas de investigación	68
Objetivos y justificación de las líneas de investigación	72
Objetivos y justificación de los ecosistemas	75
Necesidades prioritarias de investigación en los principales ecosistemas y recursos marinos colombianos	80
Proyectos y actividades de apoyo y de desarrollo de una capacidad nacional	83
1. Fortalecimiento de la capacidad de investigación: Recurso humano, instituciones e infraestructura	83
2. Sistemas de información y redes de investigación	85
3. Apropiación social del conocimiento	88
III. Interacción con otros programas nacionales y con comisiones regionales	89
IV. Políticas y estrategias a largo plazo	91

CAPÍTULO III

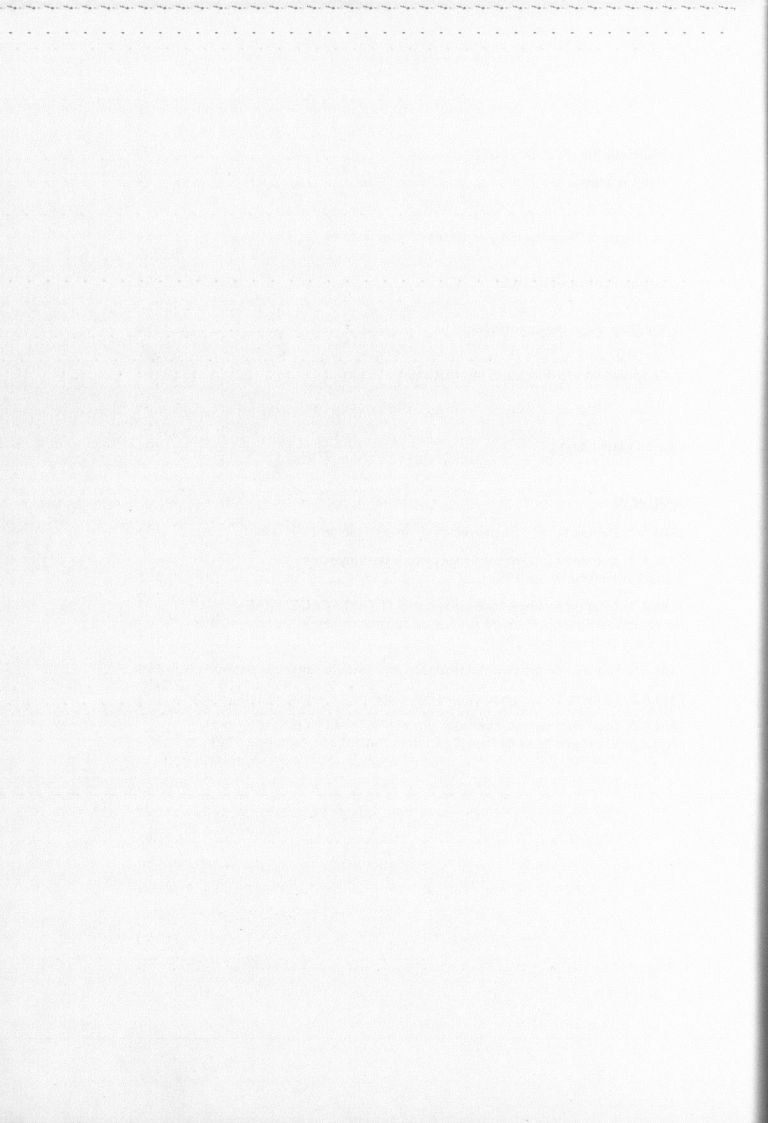
IMPLEMENTACIÓN

I. Estructura organizacional y de coordinación del Plan Estratégico	93
---	----

Papel del Secretariado Técnico	93
Instituciones	94
II. Estrategia de financiación y aspectos presupuestales	94
III. Seguimiento y evaluación	95
IV. Difusión y uso del conocimiento	96
V. Cooperación y/o relaciones internacionales	97
SIGLAS EMPLEADAS	101

ANEXOS

TABLA 1. Demanda total de proyectos de investigación 1991-1998	103
TABLA 2. Demanda total anual de recursos y de proyectos (a precios constantes de 1991)	103
TABLA 3. Total de recursos invertidos por el PNCTM-COLCIENCIAS y por Contrapartida y número de proyectos aprobados según sistema-objeto (a precios constantes de 1991)	104
TABLA 4. Número de proyectos aprobados anualmente según sistema-objeto .	104
TABLA 5. Número de proyecto aprobados anualmente según sistema objeto ...	105
TABLA 6. Total de recursos invertidos por el PNCTM-COLCIENCIAS y por contrapartida según línea de investigación (a precios constantes de 1991)	105





PRESENTACIÓN

La articulación de la planeación estratégica a la ciencia y la tecnología ha representado un desafío para la comunidad académica y científica del país. Introducir sus lógicas, técnicas y metodologías a una dimensión social y cultural tan compleja como lo es la ciencia y la tecnología ha implicado para Colciencias el compromiso de llevar a cabo un ejercicio inteligente, de visión a mediano y largo plazo, que necesariamente va a generar cambios significativos, en las prácticas tradicionales de planeación indicativa utilizadas hasta ahora por el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

La colección de los planes estratégicos de los Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología que el Sistema pone en circulación con la presente publicación, es el resultado de un trabajo de consulta, convocatoria y reflexión, de más de dos años, en el que están involucrados la diversidad de actores que participan activamente en la tarea de mantener viva la actividad científica y tecnológica en el país.

La planeación estratégica en la ciencia y tecnología se concibe como un instrumento gerencial, orientado a mejorar la efectividad de los programas nacionales, en términos de su capacidad para alcanzar los objetivos, mejorar su eficiencia en el uso de los resultados y desarrollar destrezas para adaptarse a los continuos cambios en el entorno nacional e internacional. Con la adopción sistemática de esta metodología, el Sistema busca adquirir una mayor competencia en la interpretación de la realidad y en la construcción de escenarios futuros que fundamenten sus derroteros en la ciencia y la tecnología nacional y en las corrientes mundiales de generación y uso del conocimiento científico y de esta manera fortalecer su contribución a la elevación de la calidad de vida de la población colombiana.

La actividad científica y la tecnológica en su carácter de bien público, al servicio de la academia y de la sociedad, en cuyo desarrollo participan los esfuerzos sociales y los recursos estatales, compromete a quienes la realizan a la rendición de cuentas en el espacio público. Para ello, la racionalidad de la planeación estratégica hace más transparente su actuación, permite generar y establecer indicadores, dar señales claras sobre sus productos, resultados e impacto y elevar la valorización y el reconocimiento de esta dimensión en beneficio de la competitividad y sostenibilidad nacional.

La razón de ser de los Planes Estratégicos se inscribe en cuatro objetivos fundamentales:

- Identificar los desafíos, los problemas críticos que el país enfrenta, así como las oportunidades que el contexto nacional e internacional brinda, en cada uno de los sectores en los que se desarrollan los Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología.
- Lograr una concentración selectiva de recursos financieros, y por lo tanto de esfuerzos de investigación y de desarrollo tecnológico, en ciertos campos o temas de investigación, o ciertas líneas de acción, con el fin de desarrollar masas críticas de investigación (desarrollo de una capacidad nacional), y de alcanzar objetivos estratégicos, haciendo factible la visión del futuro en la que se basa cada Plan Estratégico de Programa.
- Desarrollar una relación más estrecha entre las actividades de investigación y de generación de conocimientos y los usuarios de dicho conocimiento, para asegurar una vinculación efectiva y real de la ciencia y la tecnología a la sociedad, a la cultura y a la economía nacional. Esto tiene que ver con el uso y la aplicación de los resultados de la investigación y con la apropiación social del conocimiento como instrumento básico para que la ciencia y la tecnología contribuyan al desarrollo socio económico y cultural del país.

- Desarrollar una visión que contemple tanto las acciones a realizar en el corto plazo, como en el mediano y largo plazo, respondiendo a los desafíos y oportunidades que ofrecen el contexto nacional e internacional, así como la tendencias de la ciencia y la tecnología y las posibilidades de acción que genera el uso del conocimiento en las sociedades contemporáneas.

Esta publicación hace parte de los actos de celebración de los 30 años de existencia de Colciencias, como reconocimiento público a la labor desarrollada en favor de la consolidación de la capacidad científica y tecnológica y de la formación del personal científico y tecnológico que requiere el país.

Alvaro Mendoza Arango
Director General Colciencias



Las plataformas o buques de investigación son importantes herramientas para los estudios oceanográficos y de recursos pesqueros. En la foto el ARC Malpelo (Fotografía DIMAR)

INTRODUCCIÓN



A partir de los años 70 se han realizado esfuerzos por estructurar programas que orienten las actividades de ciencia y tecnología marina en Colombia, de tal manera que puedan ser integradas realmente al desarrollo del país. Los *Planes de Desarrollo de las Ciencias y las Tecnologías del Mar en Colombia, 1980*¹ y *1990-2000*² (PDCTM), plantean las directrices generales que debe seguir el país durante la década de los años 90 para llegar al siglo XXI con una capacidad científica y tecnológica marina que le permita aplicar los resultados de la investigación en la toma de decisiones acertadas sobre el mar y sus recursos para el desarrollo sostenible nacional. Los PDCTM fueron el resultado de un trabajo cooperativo y participativo de las diferentes instituciones y personas vinculadas a los asuntos marinos del país.

El *PDCTM 1990-2000* presenta como premisa fundamental que «el análisis de los fenómenos relacionados directa o indirectamente con el medio marino, debe hacerse bajo una concepción holística y de desarrollo sostenible que considere al hombre y a su entorno sociocultural». Así mismo, definió como mecanismo para cumplir con sus metas globales, la formulación de unos "Planes Operativos" bienales que definie-

¹ COLCIENCIAS, CCO Y DNP. Plan de Desarrollo de las Ciencias y las Tecnologías del Mar en Colombia. 1980. Ed. Guadalupe Ltda. Bogotá.

² COLCIENCIAS, CCO y DNP. Plan de Desarrollo de las Ciencias y las Tecnologías del Mar en Colombia 1990-2000. 1990. Controles Administrativos Ltda. Bogotá.

ran en detalle y por áreas temáticas, las estrategias y actividades prioritarias. Este ejercicio se inició de manera tardía en 1995 y sus resultados están siendo adoptados en este "Plan Estratégico" a seguir por el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar en lo que resta de la década y hasta el 2004.

El presente Plan Estratégico del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar pretende constituirse en el plan operativo del *PDCTM 1990-2000*, redefiniendo y puntualizando líneas y prioridades de investigación en diferentes disciplinas y ecosistemas e identificando estrategias y acciones específicas para su cumplimiento y para el fortalecimiento de la capacidad de investigación marina nacional. Su formulación se inició en 1996 bajo el liderazgo de la oficina del Programa en COLCIENCIAS, con el activo concurso de Consejeros del Programa, investigadores, sector privado productivo y entidades públicas relacionadas con el sector marino.

El Plan Estratégico deberá constituirse en una herramienta o «carta de navegación» que permita una gestión, promoción, apoyo y ejecución coherente y ordenada de los diferentes aspectos que conllevan al desarrollo y avance de la ciencia y la tecnología del mar en Colombia. Así mismo, deberá ser el soporte científico y tecnológico para las decisiones y compromisos del Estado. Entre éstos, cabe mencionar el fomento y apoyo de programas y proyectos de investigación, de formación de recursos humanos y de desarrollo y consolidación de grupos y centros de investigación, a través de los cuales se continuará dando el salto cualitativo en la investigación marina de tal forma que sus resultados puedan ser insertados en los procesos de desarrollo sostenible social, económico y cultural del país. El Plan Estratégico proveerá, entre otros, los siguientes elementos:

- Caracterización general del sector de investigación marina como base para la definición de prioridades, estrategias y mecanismos.

Definición de objetivos concretos del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar

- Identificación de líneas y temáticas de investigación prioritarios que deben apoyarse y desarrollarse en los próximos 5 años, con base en su importancia estratégica y científica para el desarrollo del país.
- Caracterización de problemas e identificación de actividades específicas para optimizar los esfuerzos institucionales y los recursos humanos, logísticos y financieros en la investigación marina.
- Orientación a los entes planificadores, financiadores y ejecutores de investigación científica marina, para el diseño y ejecución de sus políticas, programas y/o proyectos de investigación.

Se espera que la implementación de este Plan Estratégico sea una importante contribución hacia una decidida inserción del sector marino en la economía y desarrollo sostenible del país. Su ejecución y seguimiento, para el cumplimiento de la misión del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar, es responsabilidad de todos los actores involucrados (entidades del estado, sector académico e investigadores, centros de investigación, sector privado).



Las investigaciones en restauración de manglares retroalimentan los planes de manejo ambiental del proyecto de rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta ejecutado por CORPAMAG - Ministerio del Medio Ambiente. (Fotografías de Victor Rivera)

CAPÍTULO I



ANÁLISIS DEL CONTEXTO DEL PLAN ESTRATÉGICO

I. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR

Marco legal y políticas sectoriales que inciden en el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar

El Plan de Desarrollo de las Ciencias y las Tecnologías del Mar en Colombia 1990-2000 constituye el marco de referencia principal para el desarrollo y avance de las actividades científicas marinas. La expedición casi simultánea al *PDCTM*, de la ley 29 de 1990 que crea el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, y de la Constitución Nacional, así como de la ley 13 de 1990 que asigna la administración y manejo de los recursos pesqueros y acuícolas al Instituto de Investigaciones Pesqueras y Acuícolas -INPA, y posteriormente de la ley 99 de 1993, que crea el Ministerio del Medio Ambiente y le adscribe cinco institutos de investigación, entre ellos el de Investigaciones Marinas y Costeras de Punta de Be-



tín -INVMAR, el cual venía desarrollando hasta entonces su labor de investigación como proyecto especial de Colciencias, han determinado un nuevo ámbito de acción de las ciencias y tecnologías marinas en el país. En algunos casos, especialmente con la Ley 13 de 1990 y la Ley 99 de 1993 se generan dualidades o ambigüedades de objetivos y funciones entre diferentes instituciones. Vale la pena entonces plantear, a través del presente Plan Estratégico del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar, estrategias y mecanismos que contribuyan a su clarificación y a la coordinación interinstitucional.

El Proyecto Colectivo Ambiental del Plan de Desarrollo "Cambio para construir la Paz", 1998-2002, plantea que el conocimiento y comprensión de los ecosistemas, de los aspectos sociales y poblacionales y de los impactos ambientales de la acción humana sobre el medio, serán la base fundamental para la formulación de planes de ordenamiento y manejo ambiental de las diferentes zonas, tanto marinas como continentales del país.

Así mismo, enfatiza la importancia de fortalecer la base científica y tecnológica aportada por los institutos de investigación creados por la Ley 99 y por otras entidades de investigación, en concordancia y coordinación con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

En octubre de 1997 el gobierno nacional emitió el Documento CONPES "Política para el Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura" el cual está siendo actualizado en concordancia con el Plan de Desarrollo "Cambio para construir la Paz". Esta política específica que la investigación y el desarrollo tecnológico son imprescindibles para el desarrollo del subsector pesquero y acuícola del país. Así mismo, recomienda a todas las entidades nacionales responsables de la investigación y del desarrollo tecnológico en pesca y acuicultura, adoptar y desarrollar las prioridades de investigación de acuerdo con el PDCTM 1990-2000 y con el presente Plan Estratégico. En concordancia con lo anterior, el INPA ha formulado su Plan Estratégico de Investigación en Recursos Pes-



queros y Acuicultura, y el Ministerio de Agricultura está liderando la elaboración del Plan de Promoción de la Acuicultura de Colombia.

Características socioeconómicas, ambientales y de problemas de desarrollo

El *PDCTM 1990-2000* hace una caracterización del sector marino, en términos biofísicos y ambientales así como socioeconómicos. En el presente Plan Estratégico, se complementa esta caracterización apuntando hacia la identificación de problemas de desarrollo nacionales en los cuales tiene inherencia el sector investigador marino.

Como base para el desarrollo del sector marino colombiano podemos mencionar, entre otros, las siguientes fortalezas:

- Presencia de dos océanos, con un total aproximado de 3.000 km de costa y aproximadamente 980.000 km² de zona económica exclusiva en los cuales están presentes todos los tipos posibles de ecosistemas marinos tropicales.
- Presencia de ecosistemas de alta biodiversidad y/o productividad tales como arrecifes coralinos (área aproximada de arrecifes coralinos en el Caribe: 2.637 km²; área aproximada de arrecifes coralinos en el Pacífico: 8 km²), estuarios, lagunas costeras y manglares (área aproximada de manglares en el Caribe: 1.530 km²; área aproximada de manglares en el Pacífico: 2.920 km²) con potencial para el desarrollo de pesca artesanal, acuicultura y turismo.
- Creciente conciencia nacional de la necesidad de conservar y de manejar los recursos y ambientes de una manera sostenible y reciente formulación de la política para el manejo integrado de las zonas costeras por parte del Ministerio del medio Ambiente.
- Creciente conciencia de la necesidad de contar con conocimiento científico de los ecosistemas y recursos para poder aprovecharlos de una manera sostenible y efectuar desarrollos tecnológicos apropiados.



Actualmente sin embargo, las zonas costeras y marinas del país enfrentan problemas múltiples, ocasionados tanto por el desordenado e insostenible desarrollo industrial, pesquero, urbano, turístico y de carreteras como por el cambio global. Lo anterior puede revertir en situaciones irreversibles de degradación de los ecosistemas y sus recursos junto con los bienes y servicios que ofrecen. Como problemas tangibles y de mucho impacto podemos mencionar los siguientes:

- Deterioro creciente de arrecifes coralinos: muerte masiva de corales y otros grupos de organismos asociados y disminución extrema de sus recursos pesqueros.
- Deterioro creciente de los sistemas estuarinos y lagunares costeros: contaminación, eutroficación, muerte o destrucción masiva de manglares y disminución y cambio en la calidad de sus recursos pesqueros.
- Erosión y cambios drásticos en la dinámica y geomorfología de costas como consecuencia del aumento del nivel de mar, de otros fenómenos naturales (tsunami, Niño) o del impacto generado por acciones antrópogénicas.
- Insuficiente conocimiento de la biodiversidad marina colombiana y del funcionamiento de los ecosistemas.
- Contaminación de playas y de aguas de balnearios turísticos. Contaminación de la cuenca sur del Caribe por descargas del Río Magdalena.
- Insuficiente conocimiento del potencial y Rendimiento Máximo Sostenible de los recursos pesqueros.
- Disminución general de importantes recursos pesqueros (Tabla 1) en muchos ecosistemas como consecuencia de sobre-pesca o del deterioro del ecosistema respectivo. El aumento gradual de la producción pesquera total anual, de 27.407 ton en 1986 a 164.890 ton en 1996 y 180.000 en 1997³, y de la contribución de ésta y de los recursos acuícolas al PIB (0,7% del total en 1997), aunque es factor positivo como generador de divisas, puede también ser un indicio de pesca incontrolada a niveles no sostenibles.

³ Boletín Estadístico Pesquero, INPA. 1997



Tabla 1. Producción pesquera industrial y artesanal (en toneladas) (Datos tomados de Bol. Estad. Pesq. INPA, 1996)

ESPECIES	1,986	1,991	1,996
Atunes	1.926	44.286	44.150
Carduma, sardina	38	19.604	26.368
Cherna	259	138	180
Chivos, bagres	141	98	425
Lenguados	75	18	30
Lisa	29	28	20
Mero	58	50	43
Pargo	1.167	368	487
Pargo rojo	326	178	43
Sierra	549	217	484
Tiburón	904	327	75
Langosta		15	4
Langostino	1.273	468	1.091
Camarones	402	2.364	16
Calamar	201	13	295
Piangua y otros		395	425

- Disminución reciente en la productividad de la acuicultura de camarones por aparición de enfermedades en los cultivos intensivos.
- Baja diversificación de especies en la industria de la acuicultura.

Necesidades de conocimiento

Las políticas nacionales reconocen la importancia de estudiar

los ecosistemas estratégicos en términos de su producción, biodiversidad y procesos que los rigen, con el objeto de formular políticas y planes de manejo para su conservación. Dentro de estos Ecosistemas Estratégicos, se encuentran los Parques Nacionales marinos así como muchos otros ecosistemas costeros y marinos importantes por su productividad y biodiversidad (lagunas



costeras, manglares, arrecifes coralinos, praderas de fanerógamas, zonas de surgencia y fondos sedimentarios). Si los mares y sus ecosistemas van a ser manejados y conservados en medio de un creciente uso de sus recursos, se requiere entonces una mayor comprensión de su dinámica y cambiante composición química y biológica, interacción con la atmósfera, recursos vivos y no vivos, tolerancia y respuesta a la polución, y relaciones de todo lo anterior con la sociedad.

Para optimizar la productividad, biodiversidad y funcionamiento general de los sistemas hídricos, que para el caso del presente Plan lo constituyen los humedales costeros (manglares), estuarios y lagunas costeras, arrecifes coralinos y sistemas neríticos de plataforma, talud y Zona Económica Exclusiva, se requiere mantener la calidad del recurso agua, lo cual depende no solamente de las acciones y condiciones en las zonas costeras y marinas sino también, en gran medida, de lo que ocurre a lo largo de todas las cuencas que drenan sus aguas al mar Caribe y Pacífico. Con el objeto de poder

diagnosticar y dictar medidas de prevención, mitigación y control de la calidad ambiental de mares y costas, se plantea la necesidad de efectuar investigaciones que contemplen monitoreos, modelación de la contaminación y bioensayos para la determinación de concentraciones permisibles de contaminantes (y normas de vertimientos industriales y urbanos) en el medio marino y de efectos de éstos sobre la biota.

El desarrollo sostenible del sector pesquero requiere del conocimiento de la biología de las especies aprovechables, de la dinámica de sus poblaciones, de su potencial y rendimiento máximo sostenible y del diseño de técnicas eficientes y racionales de pesca, todo lo cual genera la urgente necesidad de acometer investigaciones profundas y cuantitativas en estas áreas del conocimiento. La contribución de los recursos pesqueros al PIB ha ido en aumento representando en 1997 el 3,84% del PIB agropecuario y el 0,71% del PIB total. Gran parte de esto se debe a la pesca del atún y al cultivo de camarones. En contraste, las poblaciones naturales de cama-



rón de plataforma somera, y de algunas especies demersales y pelágicas, han sido fuertemente diezgadas debido a una actividad pesquera indiscriminada e incontrolada que además destruye innumerables hábitats del fondo (bentónicos). Esto ha originado el colapso de la industria pesquera del camarón. Se plantea entonces la necesidad de desarrollar herramientas que permitan efectuar una pesca sostenible de aquellos recursos que no han sido diezgados todavía y recuperar las poblaciones de las especies más afectadas mediante controles pesqueros, repoblación y cultivos.

La sostenibilidad del sector turístico, depende en gran medida de un ordenamiento de los ambientes y ecosistemas susceptibles de ser aprovechados por esta industria. Este ordenamiento a su vez, debe ser realizado con fundamento técnico y científico, lo cual implica el conocimiento del funcionamiento de los ecosistemas para determinar su capacidad de carga, fragilidad, capacidad de recuperación, y su valor en términos económicos, entre otros.

El Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC) involucra todos los anteriores aspectos con el objetivo principal de mejorar la calidad de vida de las comunidades humanas que dependen de los recursos costeros al mismo tiempo que se mantiene la diversidad biológica y productividad de los ecosistemas costeros. El MIZC debe integrar al gobierno con la comunidad, la ciencia con la administración, y los intereses sectoriales con los públicos, en la preparación e implementación de acciones que combinen la inversión para el desarrollo socioeconómico con la conservación de las calidades y funciones ambientales. Todavía hay alguna resistencia, por parte del sector productivo, a incluir dentro de sus inversiones el costo de técnicas y procedimientos ambientalmente menos impactantes.

Ante los desafíos de desarrollo y problemáticas expuestas en los párrafos anteriores, nos encontramos con una creciente conciencia, a nivel nacional, de la necesidad de conservar y manejar los ecosistemas y recursos marinos de una manera sosteni-



ble. Es evidente que esto no puede darse en ausencia de la ciencia y de la tecnología. Las ciencias naturales son vitales para entender el funcionamiento de los ecosistemas y las ciencias sociales son esenciales para dilucidar los problemas de origen antropogénico y encontrar las soluciones adecuadas.

Nos encontramos ante un desconocimiento cuantitativo, y en muchos casos cualitativo de la biodiversidad marina colombiana, del real potencial pesquero de nuestros mares, estuarios y lagunas costeras, de los procesos que rigen esta biodiversidad y productividad y del efecto que las diferentes acciones antrópogénicas están ejerciendo sobre los mismos. Así mismo, el desarrollo tecnológico nacional, para el adecuado uso de los recursos marinos y para la mitigación de impactos ambientales y restauración ambiental, es muy incipiente. Actualmente, el país cuenta en promedio, con una baja capacidad académico-científica para realizar la investigación requerida, al mismo tiempo que existe una gran desarticulación entre las actividades de investigación, producción y manejo ambiental.

II. CARACTERIZACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INVESTIGACIÓN, DE LA INFRAESTRUCTURA INSTITUCIONAL/ORGANIZACIONAL Y DE LOS GRUPOS Y REDES DE INVESTIGACIÓN

Capacidad de investigación

Un análisis del resultado de las Convocatorias de Grupos y Centros de investigación realizadas por COLCIENCIAS en 1996, 1997 y 1998 indica que, en términos de producción intelectual y de importancia estratégica, la comunidad científica marina es, en su mayoría, todavía joven e incipiente en proporción al área de nuestras costas y mares y a la cantidad de ecosistemas, zonas, procesos, recursos y problemas que deberían estar siendo objeto de estudio. El número de investigadores con doctorado activos en investigación marina no supera los catorce, distribuidos en el INVEMAR, Universidad del Valle, Universidad Nacional, Universidad del Magdalena y Universidad EAFIT; otro tanto, en las mismas instituciones, tienen maestría en su mayoría reali-



zada en Colombia. Para el caso de ciencias marinas, la realización de doctorados en el exterior, especialmente en Estados Unidos y algunos países de Europa, se considera una fortaleza porque sus universidades ofrecen los mejores programas académicos y máximas oportunidades de relación e interacción con información de frontera e investigadores de punta.

Infraestructura institucional

Se identifican las siguientes entidades de investigación con capacidad actual o potencial (ya sea por el objeto o misión que les asigna la Ley, por su naturaleza académica o por su trayectoria) para realizar investigaciones en diferentes campos de las ciencias marinas:

Capacidad Actual*

- INVEMAR: Estructura, biodiversidad, función y calidad ambiental de ecosistemas. Evaluación y aprovechamiento de recursos.
- Universidad del Valle: Estructura, función y calidad ambiental de ecosistemas.
- Universidad Nacional de Colombia, sedes Bogotá y Medellín: Estructura, función y calidad ambiental de ecosistemas. Productos naturales marinos. Modelación hidrodinámica.
- Universidad EAFIT: Procesos geológicos en zonas costeras y plataforma.
- ONG's: Fundación Yubarta, Fundación Omacha y Fundación Natura: Mamíferos marinos (Ecología y comportamiento) y ecología de zonas de manglar y arrecifes.
- INPA: Evaluación de recursos pesqueros y acuicultura.
- CENIACUA: Acuicultura (tecnologías de cultivo, selección genética, patología, impacto ambiental de la actividad acuícultora).
- Universidad Jorge Tadeo Lozano: Estructura, función y calidad ambiental de ecosistemas.

* Algunos de estos centros requieren de mayor asesoría y fortalecimiento de su capacidad científica para la formulación, ejecución y divulgación (publicación) de sus investigaciones.



- CIOH: Oceanografía física y química de zona costera y plataforma. Modelación de dinámica oceánica. Levantamientos hidrográficos, cartográficos y de SIGs de zonas costeras.
- CCCP: Monitoreo y procesos de contaminación. Seguimiento del fenómeno del Niño. Desarrollo de SIGs de zonas costeras.
- IDEAM: Servicios de información marina y seguimiento y predicción del cambio global.
- INGEOMINAS: Geomorfología de costas y zonificación de riesgos y amenazas.

Capacidad Potencial

- Universidad del Magdalena
- Universidad de la Guajira
- Universidad del Atlántico
- Universidad de Cartagena
- Universidad de Córdoba
- Instituto de Estudios Caribeños de la Univ. Nal. de Colombia.

Grupos de investigación

Se aplica aquí el concepto de grupo de investigación entendi-

do como conjunto de investigadores de una o varias disciplinas y/o instituciones, comprometidos alrededor del estudio de una problemática definida en un tema de investigación. En el sector marino, existen grupos con diferentes grados de consolidación, desde muy incipiente pero con potencial, hasta algunos que ya muestran trayectoria, producción intelectual y clara agenda de investigación. En julio de 1998, la oficina del PNCTM en COLCIENCIAS editó y publicó el "Directorio de Grupos de Investigación en Ciencia y Tecnología del Mar" el cual provee una "hoja de vida" general de los grupos activos actualmente en ciencias del mar en el país, tanto con trayectoria como incipientes. A continuación se describen algunos, mencionando la institución o instituciones que los apoyan y algo sobre su madurez y/o potencial para consolidarse:

- **Arrecifes Coralinos (INVE-MAR y Universidad Nacional):** Liderado por tres biólogos, dos con doctorado y uno con maestría. En permanente contacto con asesores extranjeros de reconocido prestigio. Tienen producción intelectual en



revistas internacionales arbitradas e indexadas y 2 libros publicados. Es líder, a nivel nacional, en el estudio de estructura y función de arrecifes coralinos, especialmente en el Caribe colombiano. Su producción ha sido reconocida a nivel internacional y ha tenido activa participación en el más importante evento mundial sobre arrecifes coralinos (Congreso Internacional sobre Arrecifes Coralinos). Es miembro de la Red Caricomp (Caribbean Coastal Marine Productivity) la cual involucra a los países del Gran Caribe en un seguimiento de la salud y productividad arrecifal. Es un grupo joven, con mucha capacidad y potencial para consolidarse aún más. Muestra trayectoria, agenda y alto nivel académico. Seleccionado por COLCIENCIAS como grupo de excelencia.

- **Productos Naturales Marinos (Universidad Nacional e INVEMAR):** Liderado por una química con doctorado, con reconocida producción intelectual. Involucra además otros tres investigadores con

doctorado y uno con maestría así como estudiantes de pre y posgrado. En permanente contacto con asesores extranjeros de reconocido prestigio. Tiene producción intelectual en revistas internacionales arbitradas e indexadas. Es un grupo sólido que muestra trayectoria, proyección, agenda y alto nivel académico. Seleccionado por COLCIENCIAS como grupo de excelencia.

- **Estuarios y arrecifes coralinos del Pacífico colombiano (Universidad del Valle):** Liderado por dos biólogos con doctorado. Involucra estudiantes de pregrado y posgrado. Por la trayectoria de sus investigaciones presenta potencial para consolidarse como grupo, pero deberá involucrar más personal de avanzada trayectoria en forma permanente, formular una agenda de investigación e incrementar su producción de artículos científicos indexados. Seleccionado por COLCIENCIAS como grupo de excelencia.
- **Geología y geomorfología de estuarios (Universidad EAFIT):** Liderado por dos geólogos con



doctorado. Involucra estudiantes de posgrado uno de los cuales está realizando su doctorado en USA. Es un grupo joven que debe formular, entre otros, una clara agenda de investigación e incrementar su producción de artículos científicos en revistas indexadas.

- **Maricultura de moluscos (IN-
VEMAR):** Creado e impulsado hasta hace poco por un biólogo con doctorado que se fue del país. Recientemente asumió su dirección un biólogo marino con maestría y trayectoria en acuicultura. El resto del personal, es joven pero con fuerte interés y potencial para consolidarse. Requiere de apoyo para la capacitación de sus miembros a nivel de maestría y doctorado. Este grupo inició la investigación en cultivo de moluscos en el país y presenta resultados importantes para la acuicultura nacional. Muestra corta trayectoria. Debe elaborar agenda y vincular más personal con nivel académico avanzado.
- **Calidad ambiental marina (IN-
VEMAR):** Liderado por un biólogo con doctorado y otro con

maestría quién actualmente realiza estudios de doctorado en el exterior. Involucra otros tres biólogos con maestría y un estadístico candidato a Maestría. Tres de sus investigadores han iniciado estudios de doctorado con el patrocinio de COLCIENCIAS. En los últimos años ha producido gran cantidad de información sobre la Ciénaga Grande de Santa Marta y publicado en revistas arbitradas. Presenta una agenda de investigación. Debe aumentar su producción de artículos científicos indexados.

- **Recursos hidráulicos (Univer-
sidad Nacional – Sede Mede-
llín):** Liderado por un ingenie-
ro con doctorado especialista
en modelación hidráulica; in-
volucra estudiantes de pos-
grado. Realiza investigación
en modelación hidrodinámica
de bahías y estuarios con
el objeto de buscar mejores
fórmulas para el manejo del
recurso hídrico. Presenta de-
mostrada capacidad de publi-
cación y reconocimiento de
sus pares internacionales así
como trayectoria, agenda y
alto nivel académico.



- **Modelación numérica de la circulación costera (CIOH).** Liderado por un oceanógrafo que está realizando estudios de doctorado. Asesorado por dos expertos rusos y por físicos e ingenieros colombianos con amplia experiencia. Involucra además, a cuatro personas con nivel de maestría. El grupo comienza a demostrar una capacidad de publicación en revistas internacionales arbitradas y ya cuenta con un modelo que simula la dispersión de contaminantes en la Bahía de Cartagena.
- **Ecosistemas marinos tropicales (UJTL).** Liderado por una bióloga marina quién actualmente está realizando estudios de doctorado en la Universidad del Valle. El grupo investiga fundamentalmente en ecología de arrecifes corales. Integrado además por varios biólogos marinos y estudiantes de biología marina. Presenta publicación científica a nivel nacional.
- **Evaluación de recursos pesqueros (INPA-VECEP, Pacífico y Caribe):** Liderado por un biólogo con título profesional y un ingeniero pesquero con Maestría en Biología Marina. Involucra profesionales y estudiantes de pregrado. No cuenta con producción intelectual publicada en revistas arbitradas. Tiene una corta trayectoria en evaluación de recursos pesqueros y requiere apoyo para elevar la calidad científica de sus propuestas de investigación y el nivel académico de sus integrantes mediante estudios de doctorado y asesorías de alto nivel. Tiene una agenda de investigación preliminar. Es un grupo incipiente pero con gran potencial para progresar y consolidarse para lo cual, en primer lugar, deben centrar esfuerzos en capacitación de personal a un alto nivel académico.
- **Ecología pesquera (INVE-MAR):** Liderado por un biólogo con doctorado. Involucra además otro biólogo con maestría, varios profesionales y estudiantes de pregrado. Es un grupo incipiente, que se inició recientemente. Sin embargo ya presenta una producción intelectual en revistas



indexadas. Requiere apoyo para involucrar más personal de avanzada trayectoria en forma permanente e incrementar el nivel académico de sus demás integrantes.

- **Ballenas jorobadas (Fundación Yubarta):** Liderado por una bióloga marina quién está actualmente realizando su doctorado en la Universidad del Valle. Involucra además otros tres investigadores uno de los cuales está también realizando el doctorado en Universidad del Valle. Es el único grupo del país trabajando con ballenas al cual COLCIENCIAS ha cofinanciado a través de dos proyectos de investigación culminados exitosamente. Se concentra en estudios de biología, ecología y conservación de cetáceos. La actividad de este grupo ha sido reconocida internacionalmente como contribución al entendimiento del comportamiento de las poblaciones de la ballena jorobada en América.
- **Delfines marinos (Fundación Omacha):** Liderado por un biólogo marino con título profesional. Como grupo es toda-

vía incipiente y no cuenta con personal de nivel académico avanzado. Sin embargo, ha logrado avanzar en las investigaciones y obtenido financiación de COLCIENCIAS y de otras agencias internacionales. Para consolidarse debe trabajar hacia la publicación de sus resultados en revistas científicas y generar una clara agenda de investigación, así como fomentar la formación de sus investigadores a nivel de maestría y doctorado.

Redes de Investigación

1. Activas con participación de Colombia

- **RED DE MANGLARES Y ESTUARIOS:** Se está intentando consolidar esta red internacional bajo el liderazgo de la Universidad del Valle y con la participación de instituciones e investigadores colombianos y de Estados Unidos, Francia y Alemania. Esta red ya realizó una primera actividad (reunión y curso sobre metodologías para el estudio de manglares y estuarios) en Cali (1996). Está en el



proceso de instalar una página en el Web.

- **Caricomp (Caribbean Coastal Marine Productivity):** INVE-MAR hace parte de esta red cooperativa de investigación y monitoreo que tiene acciones en los arrecifes de coral y ecosistemas adyacentes, e involucra a 25 instituciones de 16 países del Gran Caribe. Los datos recopilados sistemáticamente desde 1993 son almacenados, procesados y redistribuidos en el Data Management Center ubicado en la University of the West Indies en Jamaica. Existe interés en otras instituciones colombianas (CEINER, CORALINA, UJTL y en la Universidad del Valle) por ingresar a la red.
- **CYTED:** Varias instituciones colombianas que trabajan en diferentes aspectos de la acuicultura son miembros de esta red la cual tiene áreas temáticas en cultivo de camarones, cultivo de moluscos y cultivo de peces. Entidades como INVEMAR, INPA y CENIACUA ejecutan actualmente proyectos identificados y di-

señados conjuntamente por los varios países miembros. Así mismo, investigadores jóvenes han sido beneficiados con actividades de intercambio y capacitación a través de esta Red. Es recomendable hacer más dinámica la participación de las instituciones colombianas, fomentando un mayor intercambio de la información a nivel interno en el país y divulgando la gama de posibles actividades fomentadas por la Red.

2. Servicios, sistemas y redes de Información existentes

- **Servicio Mareográfico:** A cargo del IDEAM, el cual es responsable del levantamiento, procesamiento y difusión de la información básica para predicciones y asesoramiento.
- **Servicio para Alerta de Tsunami:** A cargo del Observatorio Sismológico del Suroccidente-Universidad del Valle.
- **Servicio Meteorológico:** A cargo del IDEAM, el cual produce boletines y suministra



además información específica por solicitud directa.

- **Servicio de Datos Oceanográficos:** A cargo de DIMAR a través de sus Institutos de Investigación (CIOH y CCCP) en Cartagena y Tumaco, los cuales son responsables del levantamiento, procesamiento y difusión de la información básica para predicciones y asesoramiento. Suministra información a petición del interesado.
- **Servicio Hidrológico:** A cargo del IDEAM. Produce información sobre caudales en cuencas y suministra la información a petición del interesado.
- **Servicio Hidrográfico y Cartográfico:** A cargo de DIMAR a través de sus centros CIOH y CCCP.
- **Servicio de Estadísticas Pesqueras:** A cargo del INPA. Provee información de desembarques, composición, captura y esfuerzo de la pesca a nivel industrial y artesanal, acuacultura, y actividad comercial de la pesca marina y continental en Colombia. Implementado en DBASE IV. Suministra información a través

del Boletín Anual de Estadísticas Pesqueras.

- **SNIM:** (SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN MARINA): A cargo de la CCO. Base de datos implementada en CD/ISIS, sobre bibliografía colombiana y latinoamericana en ciencias del mar.
- **INFOMAR:** (SISTEMA REFERENCIAL DE INFORMACIÓN MARINA): A cargo de la CCO. Base de datos de investigadores y profesionales vinculados al sector marino nacional e internacional, así como de equipos y proyectos en ciencias del mar ejecutados en todo el país.
- **SIPESCO:** (SISTEMA DE INFORMACIÓN DE LAS PRINCIPALES ESPECIES COMERCIALES): Desarrollado en INVEMAR. Implementado en Clarion, maneja principalmente datos referentes a ciclos de vida de las principales especies comerciales existentes en la Ciénaga Grande de Santa Marta.
- **SIPEIN:** (SISTEMA DE INFORMACIÓN PESQUERA DE INVEMAR): Implementado en Microsoft Access, maneja información relacionada con datos de captura y es-



fuerzo pesquero, tallas por especie, sitio de pesca, arte y método de pesca, precios del producto de especies marinas o estuarinas.

- **PICEP:** (PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN DE CAPTURA Y ESFUERZO PESQUERO): Implementado en Dbase III Plus. Recopila información sobre desembarque, composición, captura y esfuerzo pesquero a nivel artesanal. Está siendo utilizado por la seccionales del INPA a nivel de la Costa Caribe Colombiana y próximamente será implementado a nivel de la Región Pacífica.
- **SICAM:** (SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL CRECIMIENTO DE CAMARONES): Desarrollado en INVE-MAR. Implementado en Clarion, maneja información generada durante los ciclos de cultivo de camarón tomando y analizando variables físico-químicas, biológicas, de producción y de manejo. Actualmente implementado y complementado por CENIACUA.
- **OCEAMET:** (SISTEMA DE INFORMACIÓN DE OCEANOGRAFÍA Y METEOROLOGÍA): Desarrollado por el CIOH.

Programas de formación de recursos humanos a nivel de pre-grado y pos-grado

A continuación se hace un recuento de los programas académicos a nivel de pregrado y de posgrado que existen actualmente en Colombia, para formación de profesionales en el área marina.

1. Pre-grado

a) La Universidad Jorge Tadeo Lozano cuenta con una facultad de biología marina que forma profesionales a nivel de pregrado. b) La Facultad de Biología de la Universidad del Valle cuenta con la Sección de Biología Marina, tema en el cual los estudiantes de pregrado pueden hacer énfasis. c) La Universidad Santiago de Cali cuenta con un programa de administración de recursos costeros. d) La Escuela Naval Almirante Padilla de la Armada Nacional cuenta con una Facultad de Oceanografía Física. e) La Universidad del Magdalena cuenta con una Facultad de Ingeniería Pesquera.

2. Pos-grado

a) La Universidad Nacional cuenta con un programa de



Maestría en Biología Marina, el cual se desarrolla en la ciudad de Santa Marta, en estrecha cooperación con el INVEMAR. b) La Universidad del Valle cuenta con un programa de doctorado en Ciencias Biológicas, en el cual es posible hacer énfasis en ciencias marinas.

III. ANTECEDENTES Y LOGROS DEL PROGRAMA EN EL PERIODO 1991-1998

Diagnóstico preliminar del cumplimiento en la ejecución del *Plan de Desarrollo de las Ciencias y las Tecnologías del Mar en Colombia (PDCTM) 1990-2000*

Los diferentes esfuerzos emprendidos durante las dos últimas décadas para incorporar el mar y las zonas costeras al desarrollo económico del país a través de la actividad científica y tecnológica, han tenido un impacto moderado. Es paradójico, que la facilidad aparente con que algunas de las fortalezas antes mencionadas para el desarrollo del sector marino podrían arti-

cularse con el sector productivo (pesquero artesanal e industrial, acuacultor, turístico, farmacológico, navegación y puertos) y ambiental, no haya significado un desarrollo real de las costas colombianas. El *PDCTM 1990-2000* identificó tal falencia y postuló la necesidad de armonizar las políticas de ciencia y tecnología marinas con las de industrialización, en el marco del desarrollo sostenible, como parte de las soluciones a los problemas del país.

En coincidencia con las políticas del *Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología* (en adelante *SNCT*), el *PDCTM 1990-2000* propone generar y estimular la capacidad investigativa y científica del sector a través de 21 programas (entre investigación y apoyo) para cuya ejecución exitosa se postula como necesaria la existencia de mecanismos de integración y coordinación y de fuentes y canales de financiamiento. Así mismo, se postula como un objetivo específico a lograr, el pasar de la capacidad de describir y cuantificar los ecosistemas y fenómenos que los afectan, a la de analizar sus causas, procesos y mecanismos que



los rigen. Sin embargo, y a pesar de los esfuerzos emprendidos hasta ahora, no ha habido la eficacia deseada en el desarrollo de estos 21 programas, ni en el cumplimiento de los objetivos generales y específicos planteados en el *PDCTM*, ni en la implementación de los mecanismos o estrategias planteados en el mismo para su desarrollo. La evaluación del cumplimiento del *PDCTM 1990-2000*, realizada recientemente por la CCO con la co-financiación de COLCIENCIAS, concluye que ha habido solamente un limitado avance hacia el logro de la "imagen" que deberían tener las ciencias y tecnologías del mar en el año 2000 tal como se postula en el Capítulo 4 del *PDCTM 1990-2000*. La evaluación plantea que si bien se ha logrado avanzar en forma puntual, no se tiene una visión global o integral de los ecosistemas ni una base analítica completa que permita acercarse a su manejo racional y al de sus recursos. Tampoco se detectó una clara conexión entre las políticas de Ciencia y Tecnología del Mar y las de manejo ambiental, biodiversidad y desarrollo sostenible

ni entre la información generada y la adopción de medidas por parte de las entidades administradoras o de gestión. En cuanto a la integración interinstitucional, a través de una red de centros de investigación, la evaluación conceptúa que no existe tal red puesto que cada centro actúa por separado en cumplimiento de su propia misión institucional.

Muy *a priori*, se puede identificar la falta de integración y coordinación interinstitucional y la no continuidad en la sesión y actividad de Comités Técnicos o Grupos de Trabajo, como unas de las principales causas del poco cumplimiento de los objetivos del *PDCTM 1990-2000*. Estos Comités tenían como función principal la planificación detallada (planes operativos a cuatro y dos años) de los Programas de Investigación y Apoyo del *PDCTM* y su seguimiento y supervisión, así como la coordinación de lo ejecutado dentro de dichos Programas. Al mismo tiempo, deberían ser medio de comunicación entre las entidades ejecutoras de la investigación y del apoyo. Al fallar la actividad de estos Comités, y faltar una entidad que abanderara y



coordinara el proceso, se permitió que continuara el trabajo aislado y a veces repetitivo en las diferentes instituciones. Así mismo, el uso de la infraestructura existente no se ha podido optimizar pues no se ha generado una verdadera conciencia de la interinstitucionalidad, ni tampoco hay un claro conocimiento del equipamiento e infraestructura para investigación con que cuenta cada institución.

Por otro lado, si bien la mayoría de entidades que realizan investigación marina en Colombia son parte de la CCO, entidad que comparte la Secretaría Técnica del Consejo del PNCTM, su Asamblea anual ordinaria no se ha constituido en evento en el cual se discute y planteen estrategias y soluciones, y se evalúe el progreso de las Ciencias del Mar en el país. Tampoco se formulan, concertan o suscriben allí políticas o acuerdos interinstitucionales que conlleven al progreso del *PDCTM 1990-2000* y de sus programas, o a su posible reformulación.

Por otra parte, dentro de sus estrategias para el programa de recursos humanos, el *PDCTM 1990-2000* no plantea la forma-

ción de investigadores a nivel de doctorado en el exterior como factor fundamental para lograr elevar la calidad de la investigación marina. No hay una masa crítica suficiente de investigadores de alto nivel académico en ciencias del mar que supla las necesidades de investigación y de formación de nuevo recurso humano.

Todo lo anterior no significa, sin embargo, que no haya habido avances en la ejecución del *PDCTM 1990-2000* y en la calidad de la investigación realizada, lo cual es palpable en el desarrollo de proyectos que abordan el análisis y modelación de fenómenos o procesos específicos, en el mayor volumen de publicaciones científicas arbitradas producidas, especialmente por la Universidad del Valle, INVEMAR y la Universidad Nacional de Colombia, y en el grado de reconocimiento que a nivel internacional tienen estas instituciones y sus grupos de investigación. Además, se pueden ya detectar algunos impactos de la ciencia sobre los sectores acuacultor (desarrollo de laboratorios de levante de larvas, creación y fortalecimiento del Centro de In-



investigaciones en Acuicultura – CENIACUA– el cual ya está devolviendo resultados importantes al sector), pesquero (alguna normatividad pesquera basada en resultados de evaluación de recursos) y ambiental (acciones de rehabilitación de manglares en la Ciénaga Grande de Santa Marta; delimitación de áreas protegidas en la isla de Providencia; estudios base para el manejo de algunos ecosistemas; sistemas de información georeferenciada).

Investigación financiada por COLCIENCIAS en el período 1991-1998

A continuación se hace una relación de la inversión manejada por el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar durante el periodo 1991-1998, tanto con recursos COLCIENCIAS, como de contrapartida. Recursos COLCIENCIAS se refiere al aporte que realiza esta entidad para el desarrollo de proyectos de investigación y recursos de contrapartida se refiere al aporte que realizan las entidades para el desarrollo de los proyectos. Los datos se presentan a precios constantes de

1991 y los valores se consignan en miles de pesos.

En el período 1991-1998, el *PNCTM* ha aprobado un promedio cercano a los diez proyectos por año. En la figura 1a. se observa que si bien, la solicitud para financiación de proyectos ha aumentado, el número de proyectos aprobados ha variado solamente entre 7 y 13 por año. Se observa también que de 14 proyectos en 1991 la demanda subió a 41 en las dos recepciones programadas de 1996. Esta mayor demanda en los últimos años (1996 -1998) coincide con la mayor disponibilidad de recursos a partir del préstamo COLCIENCIAS-BID III. El número de proyectos presentados correspondió a un monto solicitado a Colciencias cercano a los 460 millones de pesos en 1991, contra más de 2.400 y 1.500 millones solicitados en 1996 y 1997, respectivamente (a precios constantes de 1991) (Figura 1b). La menor proporción de proyectos aprobados en los últimos años se debe, a la mayor exigencia de calidad y rigor científico por parte del *SNCT*. La mayor demanda se origina probablemente, en

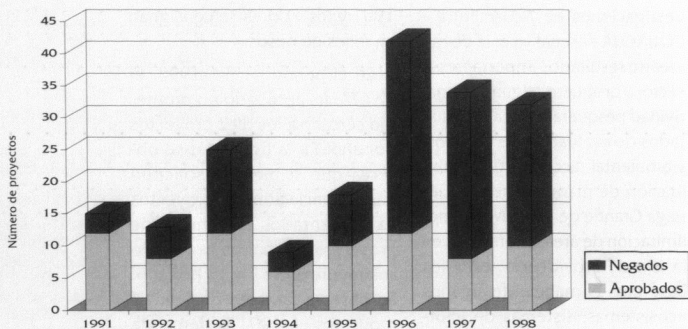


Figura 1a. Demanda total de proyectos de investigación

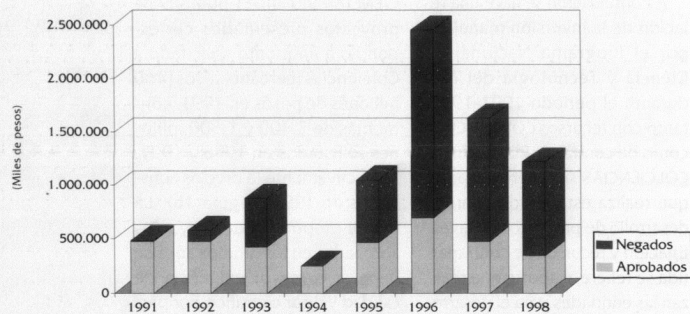


Figura 1b. Demanda total de recursos Colciencias



una mayor consolidación del *SNCT* y una mayor necesidad y competencia por recursos de parte de las entidades. Es de resaltar, sin embargo que en el período 1991-1998 no ha habido un incremento significativo en la inversión en Ciencia y Tecnología del Mar. Esta disminución tiende a agrandarse dada la actual situación fiscal del país.

Las figuras 2a,b y 3 a,b muestran el número de proyectos anuales y el porcentaje (del to-

tal invertido por el *SNCT* en ciencia y tecnología del mar) de recursos invertidos en los diferentes sistemas objeto de estudio y en las diferentes disciplinas de investigación. Las tablas 1 y 2 muestran el número total de proyectos aprobados y monto de recursos (en cifras absolutas a precios constantes de 1991) invertidos por el *SNCT* entre 1991 y 1998 en las diferentes disciplinas de las ciencias marinas y sistemas o recursos objeto de estudio.

Tabla 1. Número de proyectos aprobados y recursos invertidos (a precios constantes de 1991, valores en millones de pesos) por el PNCTM-COLCIENCIAS entre 1991 y 1998 en los diferentes sistemas o recursos objeto de estudio.

SISTEMA-OBJETO	No. Proyectos	PNCTM-COLCIENCIAS	CONTRAPARTIDA	COSTO TOTAL (COLCIENCIAS + Contrap.)
Arrecifes	16	699,4	686,0	1.385,4
Mamíferos	3	113,8	144,8	258,6
Plataforma	12	485,2	818,1	1.303,2
Continetales	10	258,6	195,8	454,4
Estuarios y manglares	22	914,2	1.091,8	2.006,0
Acuicultura	16	739,1	1.088,9	1.828,1
Otros*	2	47,5	26,8	74,3
TOTAL	81	3.257,9	4.052,3	7.310,2

* Se refiere a proyectos que analizan o sintetizan información sobre investigación en todos los ecosistemas o que desarrollan metodologías para adquisición de información.



Tabla 2. Número de proyectos aprobados y recursos invertidos (a precios constantes de 1991, valores en millones de pesos) por COLCIENCIAS en ciencias del mar entre 1991 y 1998 en diferentes disciplinas o líneas de investigación.

SISTEMA-OBJETO	No. Proyectos	PNCTM-COLCIENCIAS	CONTRAPARTIDA	COSTO TOTAL (COLCIENCIAS + Contrap.)
Autoecología	9	299,3	356,8	656,1
Calidad ambiental	8	296,7	237,6	534,4
Biodiversidad	5	282,7	273,9	556,6
Desarrollo	11	415,0	535,5	950,5
Est. y Func.	28	1.285,4	1.554,4	2.839,8
Evaluación de Recursos	12	481,5	723,4	1.204,9
Información	3	81,0	118,9	200,0
Modelación	4	101,1	236,5	337,7
Sist. y Tax	1	15,0	15,1	30,2
TOTAL	81	3.257,9	4.052,3	7.310,2

Se observa que la investigación en arrecifes coralinos se ha mantenido bastante activa (Figura 2b) y debe señalarse que los montos solicitados en 1996 alcanzaron una cifra sin precedentes, cercana a los 350 millones (177 millones a precios constantes de 1991). El tema ha sido abordado tradicionalmente por INVEMAR, la Universidad del Valle y la Universidad Jorge Tadeo Lozano y se constituye en uno de los más ampliamente inves-

tigados y de los que cuenta con investigadores de mayor nivel académico (doctorado). Esto último ha motivado la conformación de uno de los grupos más sólidos y maduros de investigadores nacionales en temas marinos.

La investigación en sistemas de manglares y estuarios también ha sido muy activa a partir de 1991 (Figura 2b). Esta investigación ha sido realizada primordialmente por INVEMAR y la Universidad del Valle y se cen-



tra en los ecosistemas de la región de la Ciénaga Grande de Santa Marta y del área de Buenaventura en el Pacífico colombiano. Cabe anotar aquí que a través del Fondo Especial Ambiental, que consta de recursos del Ministerio del Medio Ambiente administrados por COLCIENCIAS para la financiación de proyectos de los Institutos del Ministerio, se financió, hacia finales de 1997, un proyecto que estudia los procesos biogeoquímicos y estructurales que ocurren a lo largo de la trayectoria (temporal y espacial) de la restauración del manglar de la

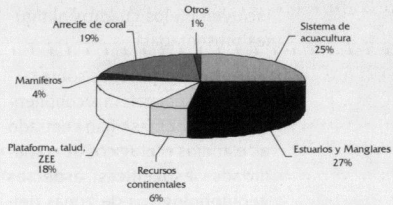


Figura 2a. Porcentaje de recursos invertidos según sistema-objeto (Colciencias + contrapartida) 1991-1998

Ciénaga Grande de Santa Marta. El costo total, a precios corrientes, de este proyecto es de 485 millones sobre los cuales el Fondo Especial aporta 400 y el INVEMAR 85 (estas cifras no se

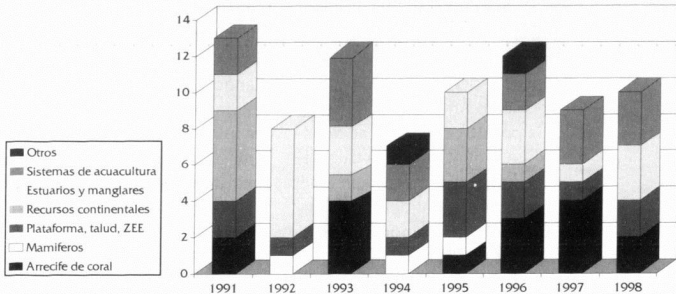


Figura 2b. Número de proyectos aprobados anualmente según sistema-objeto



incluyen en los cuadros ni figuras presentadas).

Las investigaciones sobre sistemas de la plataforma continental, salud y ZEE se han centrado en estudios ecológicos de comunidades específicas, aspectos geomorfológicos de zonas deláticas y franjas litorales, calidad ambiental de la zona costera del Pacífico y evaluación de recursos pesqueros demersales y pelágicos en el Pacífico y Caribe. Las instituciones activas en estos temas han sido principalmente INVEMAR, la Universidad EAFIT, el INPA, la Universidad del Valle, el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) y el Centro de Control de la Contaminación del Pacífico (CCCP). Es de anotar que hacia finales de 1997, y también con fondos especiales del Ministerio del Medio Ambiente administrados por COLCIENCIAS, se financió un proyecto para la caracterización de la macrofauna del talud continental del Caribe colombiano como aporte al conocimiento de la biodiversidad de nuestros mares. El costo total de este proyecto, a precios corrientes, es de 761 millones de pe-

sos sobre los cuales el Fondo Especial aporta 421 millones y el INVEMAR 340 millones (estas cifras no se incluyen en los cuadros presentados).

Como se observa en las figuras 3a,b, temas como los productos naturales marinos (incluidos en «Desarrollo Tecnológico»), indicadores de contaminación (incluidos en «Estructura y Función» y en «Calidad Ambiental»), bioacumulación de metales en organismos (incluidos en «Calidad Ambiental»), estudios base para preservación de especies (incluidos en Autoecología), particularmente de mamíferos acuáticos, y proyectos sobre información y difusión científica, también muestran un interés continuado por parte de la comunidad científica nacional, aunque, exceptuando a los dos primeros, los resultados de estos trabajos están pobremente reflejados en publicaciones científicas. En materia de preservación de especies, particularmente la investigación relacionada con la biología de los mamíferos acuáticos, tales como delfines rosados, ballenas jorobadas y delfines nariz de botella, se han destacado



muy especialmente las ONG's, Yubarta y Omacha. No obstante que los costos han sido comparativamente modestos (34 millones/proyecto en promedio, precios constantes de 1991), puede decirse que a través de estas actividades, Colombia ha alcanzado un papel destacado en la región, en lo que a investigación de mamíferos acuáticos se refiere.

Destaca la ausencia de investigaciones en taxonomía y sistemática durante el periodo 1991-1997, probablemente como consecuencia de la tenden-

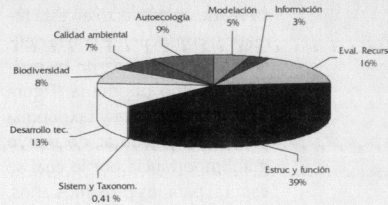


Figura 3a. Porcentaje de recursos invertidos (Colciencias + Contrapartida) según disciplina 1991-1998

cia temporal, nacional y mundial a no considerar estos estudios como relevantes o prioritarios, seguido de la financiación, en

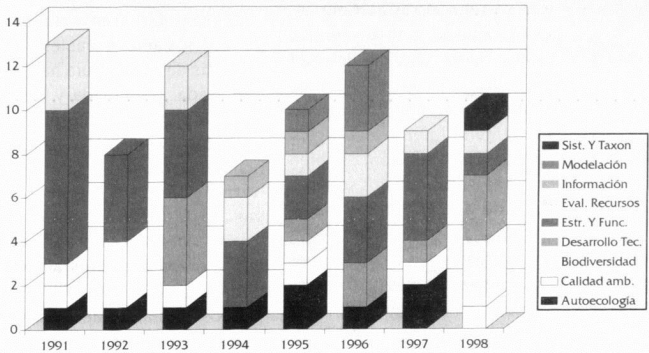


Figura 3b. Número de proyectos aprobados según disciplina ó línea de investigación



1998, de un proyecto en esta temática, consecuente con la definición de esta línea de investigación como prioritaria (Figura 3b). La sistemática y taxonomía comienzan a cobrar de nuevo gran importancia por lo cual se espera, para los próximos años, un resurgimiento de este tipo de propuestas. Se observa también una casi ausencia de estudios de biología básica de organismos, concretamente ciclos de vida o aspectos relacionados con su fisiología, comportamiento, etc. probablemente como consecuencia de un desestímulo general a las investigaciones puntuales y reduccionistas. Contrasta con esto el gran porcentaje (39%) (Figura 3a) y continuidad en el tiempo (Figura 3b) de investigaciones con orientación fundamentalmente ecológica (estructura y función), si bien muchos de los trabajos son meramente descripciones de ecosistemas y de las correlaciones entre organismos y condiciones ambientales. Pocos trabajos se adentran en el entendimiento de los procesos y mecanismos que están controlando estas correlaciones y casi ninguno efectúa

manipulaciones experimentales para el entendimiento o cuantificación de los mismos.

Los estudios oceanográficos realizados (incluidos en estructura y función) son principalmente descriptivos y de recolección y correlación de datos, aunque en los 2 últimos años se han iniciado esfuerzos hacia la modelación de procesos. Este es un ejemplo del tipo de investigaciones cuyo desarrollo se recomienda hacer con cooperación técnica y financiera internacional para acceder a las más recientes y de frontera, hipótesis y metodologías de trabajo.

La investigación en evaluación de recursos aprovechables y en sistemas de acuicultura ha sido impulsada, promovida y desarrollada principalmente por los institutos *INPA* e *INVEMAR*. El número de proyectos sobre evaluación de recursos pesqueros ha variado de año en año entre ninguno, uno, dos y cuatro anuales con montos absolutos anuales que van de 40 a 100 millones a precios constantes del 91 (Figura 3a). En total, solamente un 16 y un 25 % de los recursos invertidos (Colciencias + Contraparti-



da) en el período objeto de este análisis (1991-1998) han sido orientados hacia la evaluación de recursos (Figura 3a) y hacia investigaciones sobre sistemas de acuicultura (Figura 2a), respectivamente, actividades de importancia crucial para el racional y ordenado aprovechamiento y conservación de estos recursos.

Debe señalarse que en las anteriores cifras no se ha considerado el esfuerzo emprendido por el Estado para crear y consolidar el Centro de Investigación en Acuicultura de Colombia -CENIACUA-, a partir de 1993. Desde entonces, CENIACUA ha recibido del Gobierno Nacional, a través de COLCIENCIAS, \$1.010 millones de pesos (precios corrientes) para el desarrollo de cinco proyectos de investigación en camaronicultura y piscicultura. Hacia finales de 1997, COLCIENCIAS, a través del Programa Nacional de Ciencias Agropecuarias (Subdirección de Programas de Innovación y Desarrollo Tecnológico), aprobó una cofinanciación de \$1.500 millones de pesos a CENIACUA para el desarrollo de un programa de selección y mejoramiento genético en

ciclo cerrado de camarones peñidos, cuyo valor total es de \$7.000 millones de pesos y para el cual Acuanal, Proexport, CENIACUA y Oceanos S. A., se constituyen en fuentes de contrapartida. CENIACUA ha establecido una oficina en Bogotá y ha implementado sendos laboratorios en Cartagena y en Tumaco. Además, mediante convenios con el INPA y el *Ministerio de Agricultura*, ha recibido recursos adicionales que están apoyando su proceso de consolidación como centro de investigación y de servicios para el sector. Se espera que esta inversión conjunta del Estado, la academia y los particulares, represente en el futuro cercano un impulso a la actividad científica y, además, la generación de las soluciones técnicas que el sector acuicultor necesita con urgencia.

A juzgar por las propuestas presentadas al Programa en los últimos años, el tema de la modelación, particularmente en la Ciénaga Grande de Santa Marta, ha atraído el interés de las diferentes instituciones. Estos proyectos han sido propuestos por INVEMAR y centros de educación superior ta-



les como Universidad Nacional - sede Medellín, y Universidad del Quindío, jugando un importante papel en la generación de conocimiento integral de la Ciénaga y en el entendimiento de su comportamiento. Además, desde 1996 COLCIENCIAS está apoyando el estudio de la modelación numérica de la circulación costera del Caribe colombiano y su aporte al entendimiento de los procesos de transporte de contaminantes, investigación que viene siendo realizada desde 1995 por el CIOH.

El informe final de la «Estrategia de Regionalización de Ciencia y Tecnología» de la Misión Regional de la Costa Atlántica⁴, en la sección relativa a Ecología Marina Costera en el Caribe Colombiano, muestra que de las 201 referencias de trabajos realizados en el periodo 1988-1994 (de las cuales un 50% han sido publicadas), un poco más del 60% fueron realizadas con participación del INVE-MAR. Se observa que además del INVE-MAR, otras entidades importantes en el desarrollo de la eco-

logía costera en el Caribe colombiano han sido la Universidad Nacional de Colombia (35,3%) (principalmente a través de su programa de posgrado realizado en convenio con INVEMAR) y la Universidad Jorge Tadeo Lozano, aunque en esta última la información en su mayoría está como literatura gris (tesis de grado o informes no publicados). El sector más estudiado de la costa Caribe es el departamento del Magdalena, seguida del departamento de Bolívar, lo cual indudablemente se debe a la presencia física en Santa Marta y Cartagena de instituciones dedicadas total o parcialmente a la investigación marina. La estructura de la investigación ambiental costera en el Caribe colombiano ha sufrido un cambio natural importante. De la dominancia marcada de los estudios sistemáticos/taxonómicos que se presentaba en los años setenta se ha pasado en la actualidad a un mayor énfasis en la autoecología y en la ecología de comunidades. Se ha comenzado por otra parte a considerar el estudio de los ambientes costeros desde una perspectiva más amplia, bajo un enfoque holístico que integra en el análisis diversos elementos clave en la estructura y fun-

⁴ Comisión Regional de Ciencia y Tecnología, Corpes Costa Atlántica, Universidad de Cartagena, Universidad del Norte, Ciencia y Tecnología para el Caribe Colombiano -Plan de Desarrollo Regional 1996-2001. 1997. Impreandes Presencia. Bogotá.



ción de los sistemas (ecología de sistemas y ecología regional). Ante la acelerada degradación de nuestros ambientes costeros, es urgente incrementar este tipo de estudios para tratar de obtener prontamente modelos primarios (que con el tiempo deben ser complementados y perfeccionados) de funcionamiento de los ecosistemas, que nos permitan proponer medidas más acertadas de prevención o mitigación para su conservación.

En alusión a la financiación de proyectos según el tipo de institución (Tabla 3), los institutos de investigación pública (principalmen-

te INVEMAR, INPA y CIOH) y las universidades públicas (principalmente la Universidad Nacional y la Universidad del Valle) llevan el liderazgo, seguidos de las universidades privadas (principalmente EAFIT). Si bien todavía no llegan a captar altos porcentajes de los recursos del sistema, otras universidades públicas (Antioquia, Quindío, Cartagena) han realizado en los últimos años una labor orientada hacia la consolidación de sus grupos de investigación a través de la consecución de recursos diferentes a los propios para mantener y fortalecer su infraestructura y personal

Tabla 3. Total de proyectos aprobados y recursos invertidos según tipo de entidad 1991 -1998 (a precios constantes de 1991, valores en millones de pesos)

SISTEMA-OBJETO	No. Proyectos	PNCTM-COLCIENCIAS	CONTRAPARTIDA	COSTO TOTAL (COLCIENCIAS + Contrap.)
Emp. privada	2	180,3	285,1	465,5
Inst. Privado	1	51,3	106,3	157,7
Inst. Público	32	1.457,8	2.251,3	3.709,1
ONG	10	232,0	238,7	470,9
U. Privada	9	366,1	315,2	681,3
U. Pública	25	922,7	828,8	1.751,6
Otros	2	47,5	26,7	74,3
TOTAL	81	3.257,9	4.052,3	7.310,2



científico. La participación de ONG's y universidades privadas desde 1991 hasta la fecha ha sido fluctuante (con la excepción de la Universidad EAFIT) y su captación de recursos para investigación a través del *SNCT* es también baja.

Principales resultados e impacto de la inversión realizada

Es difícil evaluar el impacto real de todas estas investigaciones en el manejo de nuestras zonas y recursos marinos y/o en el incremento de productividad (ambientalmente sana) de los sectores pesquero, acuacultor y turístico del país. No existen indicadores de impacto ni mecanismos de seguimiento del grado en que las entidades públicas o privadas utilizan la información producida, ya sea en el manejo de los ambientes y recursos marinos, o en la producción acuícola y pesquera nacional. Es un hecho además, que gran número de los resultados han quedado en la forma de «literatura gris» sin hacerse disponibles a sus potenciales usuarios o al resto de la comunidad científica para la continuidad y profundización de

las investigaciones. Actualmente, el PNCTM está realizando la evaluación del impacto generado por la inversión en investigación marina, a través de una consultoría contratada para tal fin en la cual se analiza principalmente el efecto sobre el desarrollo de los sectores ambiental, acuacultor, pesquero, turístico y de navegación del país, así como sobre la capacidad científica de instituciones y grupos de investigación en ciencia y tecnología del mar. Sin embargo, preliminarmente se pueden resaltar los siguientes resultados concretos como aportes importantes para los subsectores ambiental, pesquero, acuacultor y farmacológico:

1. Ambiental

- Documentación de cambios a mediano plazo en atributos de los arrecifes coralinos para discernir entre factores causantes naturales y antropogénicos y relacionarlos con el cambio global.
- Modelo de circulación costera y simulación del transporte de contaminantes en la Bahía de Cartagena.



- Generación de información básica, caracterización y diagnóstico ambiental de ecosistemas para el manejo de:
 - Arrecifes coralinos del Caribe colombiano, esp. Archipiélago de San Andrés y Providencia y área de Santa Marta;
 - Manglares de la región de la CGSM;
 - Cuerpos lagunares del delta exterior del Río Magdalena;
 - Delta del Río San Juan; Bahía Málaga y estuario de Buenaventura.

2. Pesquero

- Información básica (biología, tamaño de poblaciones, distribución de tallas, esfuerzo pesquero, etc.) para el ordenamiento pesquero de: langosta y caracol en San Andrés y Providencia, pesca blanca en el Pacífico colombiano, recursos pesqueros de la Ciénaga Grande de Santa Marta.

3. Acuicultor

- Adaptación de tecnologías para el cultivo *in situ* de la

ostra en el estuario de Cispatá.

- Bases tecnológicas para el cultivo de bivalvos (ostra perlifeira, hachas, pectínidos) en el Caribe colombiano.
- Capacidad de diagnóstico de enfermedades de camarones de cultivo (en CENIACUA).
- Banco de datos históricos de condiciones físico-químicas y biológicas del agua y suelos de los estanques camaroneros.
- Entendimiento de procesos y factores determinantes de la productividad natural en estanques de camarones como aporte al manejo de los mismos.
- Capacidad de selección de buena semilla de camarón para proceso de compra y venta.
- Desarrollo en ciclo cerrado de nueva semilla de camarón resistente al virus del síndrome de Taura

4. Farmacológico

- Identificación de sustancias promisorias como antibióticos y antitumorales a partir de esponjas del Caribe colombiano.



Participación del sector marino en programas estratégicos administrados por COLCIENCIAS para el fortalecimiento de la capacidad de investigación

La Tabla 4 muestra la participación del sector marino en programas estratégicos para el fortalecimiento y capacitación de recursos humanos. Se nota, en general, una baja proporción en

el acceso a este tipo de programas. Es notoria la baja participación en el programa de jóvenes investigadores a pesar de ser esta estrategia una de las identificadas en el *PDCTM 1990-2000* como importantes para ejecutar. De las 18 personas que están realizando actualmente estudios de posgrado en el exterior, 13 están inscritas en programas de doctorado y cinco en programas de maestría.

Tabla 4. Participación del sector marino en programas estratégicos para el fortalecimiento de la capacidad de investigación. Cifras en número de beneficiados o de eventos. Cifras en paréntesis: Porcentaje del total aprobado para todos los Programas de Ciencia y Tecnología.

Programa	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Jóvenes investigadores	-	-	-	-	-	1 (0,7%)
Movilidad investigadores	-	-	-	2 (13,3%)	1 (7,1%)	1 (20%)
Estímulos a investigadores	-	-	6 (4,2%)	5 (3,07%)	5 (4,2%)	
Becas doctorado y maestría	2 (3%)	3 (2,6%)	2 (3,4%)	3 (2,1%)	8 (5,3%)	4 (2,2%)
Asistencia a cursos	-	2 (0,5%)	2 (0,3%)	4 (0,8%)	3 (0,4%)	-
Pasantías generales	-	-	1 (0,1%)	2 (0,4%)	-	-
Realización de cursos	-	-	27 (3,7%)	40 (7,8%)	128 (16,5%)	2



Inversión realizada por las instituciones ejecutoras en actividades de investigación, información o desarrollo tecnológico en el periodo 1991-1996, con recursos diferentes a los de COLCIENCIAS

Algunas de las entidades ejecutoras de la investigación marina en el país, principalmente los centros e institutos de investigación y ONGs, cofinancian la actividad investigativa científica y tecnológica con recursos de sus presupuestos de inversión, de cooperación internacional, del sector privado y propios (generados a partir de venta de servicios). Cabe destacar la inversión realizada por la Armada Nacional, a través de DIMAR y sus centros de investigación, en levantamientos hidrográficos y cartográficos, monitoreos, caracterizaciones oceanográficas y meteorológicas y diagnósticos de contaminación, por un total aproximado de \$2.622'127.000 (\$1.500 millones a precios constantes del 91). El INPA ha invertido aproximadamente \$2.000 millones (a precios constantes de 1991) de su presupuesto de inversión y recursos propios en in-

vestigación sobre recursos pesqueros y acuicultura. Además, ha obtenido importantes recursos de la Comunidad Europea, en el marco de los Programas PEC y VECEP, para la evaluación de recursos pesqueros en el Pacífico y Caribe, apoyo a la pesca artesanal y capacitación de pescadores y tecnólogos. Así mismo, destaca la inversión realizada por la GTZ alemana en asesoría técnica, capacitación y equipos para el INVEMAR en el marco del proyecto de rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta, inversión que asciende a la suma de \$685'578.000 (400 millones a precios constantes de 1991). Las ONG's, Omacha y Yubarta, han gestionado recursos de instituciones diferentes a COLCIENCIAS para sus investigaciones sobre ballenas y delfines marinos por valores aproximados de 14 y 80 millones (a precios constantes de 1991) respectivamente. De éstos, aproximadamente 68 millones provinieron de agencias financiadoras internacionales tales como Whale and Dolphin Conservation Society e International Whaling Commission.



La investigación sobre recursos pesqueros de la Plataforma Continental del Caribe y Pacífico colombianos provee las bases técnicas requeridas en la formulación de planes de ordenamiento pesquero (Fotografías de Camilo García)

CAPÍTULO II



EL PLAN ESTRATÉGICO: LÍNEAS DE ACCIÓN, PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN Y DE FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD DE INVESTIGACIÓN

I. DEFINICIONES ESTRATÉGICAS

Visión del Programa

El PNCTM generará la capacidad científica nacional necesaria para el conocimiento y adecuado manejo y aprovechamiento de los recursos y ambientes marinos. Contribuirá al mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos mediante un impacto real de la investigación científica y tecnológica en el desarrollo sostenible del país.



Misión del Programa

Incorporar la Ciencia y la Tecnología al desarrollo del sector marino (ambiental, acuicultor, pesquero, turístico, farmacológico, navegación) del país, para posibilitar el diseño y realización de planes, políticas, programas y paquetes tecnológicos que conduzcan a un óptimo ordenamiento, conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos y ambientes marinos. Así mismo, constituirse en el soporte científico y tecnológico para las decisiones y compromisos del Estado. Para lograr ésto, involucrará el concurso y asociación de todos los actores, participantes de una u otra manera, en el desarrollo del sector: Estado, sector académico e investigativo, sector productivo privado y comunidad en general.

Objetivos del Programa

1. Objetivo general

Posibilitar, a través de la incorporación de la Ciencia y la Tecnología al desarrollo del sector marino del país, el diseño y realización de planes, políticas, pro-

gramas y paquetes tecnológicos que conduzcan a un manejo sostenible de los recursos y ambientes marinos del país.

2. Objetivos específicos

- a) Proveer las bases científicas para la realización de un adecuado manejo integrado de la zona costera y de los recursos marinos aprovechables.
- b) Avanzar en el conocimiento de la biodiversidad marina del país y proveer las bases científicas y tecnológicas para su adecuada valoración, conservación, manejo y aprovechamiento sostenible.
- c) Avanzar en el entendimiento y predicción de los efectos y causas del cambio global en los ecosistemas marinos colombianos, como base para la formulación y ejecución de medidas de prevención y mitigación de impactos.
- d) Desarrollar innovaciones tecnológicas para una óptima, sostenible y ambientalmente sana, explotación y aprovechamiento de los recursos marinos renovables.



- e) Desarrollar y fortalecer las capacidades nacionales de investigación en ciencia y tecnología del mar.

Criterios para la evaluación y selección de proyectos

Los criterios básicos sobre los cuales se fundamenta la selección final y asignación de recursos financieros para los proyectos son la calidad, la eficiencia y la pertinencia. Estos tres criterios se evalúan en cuanto a la propuesta, el grupo de investigación y el impacto, definidos a continuación:

A. La propuesta

- **Planteamiento del problema:** Se refiere a la formulación clara y explícita de una o varias preguntas de investigación.
- **Marco conceptual:** Claridad en la identificación del tema en el contexto mundial y nacional que indique dominio conceptual del asunto y capacidad de articularlo coherentemente con los objetivos de la propuesta de investigación.
- **Objetivos:** Se tendrá en cuenta si son precisos, viables, verificables y coherentes con el problema a estudiar y entre ellos mismos.
- **Originalidad:** Aspectos innovadores de la propuesta en cuanto a nuevas hipótesis, conceptos o métodos, modificaciones a procesos existentes o soluciones totalmente novedosas a problemas específicos.
- **Metodología:** Adecuación del diseño (experimental o muestral) de la investigación frente a los objetivos propuestos. Claridad y precisión en la identificación de técnicas, métodos y/o instrumentos a utilizar. Claridad y coherencia en la descripción del procesamiento y análisis de la información. Identificación de posibles problemas a presentarse con la metodología propuesta.
- **Planificación:** Posibilidad de obtener los resultados esperados en el tiempo propuesto y con los recursos solicitados.
- **Presupuesto:** Relación entre los rubros y cantidades solicitadas y los objetivos, metodología y duración del proyecto.



to. Presentación y sustentación general del presupuesto.

- **Coherencia:** Articulación entre planteamiento del problema, marco conceptual, objetivos, metodología y resultados esperados.
- **Aspectos éticos:** Concordancia con las normas y disposiciones vigentes, nacionales e internacionales (*cuando aplica*).

B. El grupo de investigación

- Nivel de formación académica del (los) investigador (es).
- Conformación del grupo: Grado de interdisciplinariedad cuando el proyecto la requiere.
- Trayectoria científica del grupo: Experiencia, en investigación científica, publicaciones realizadas individual y colectivamente.
- Experiencia en el tema del proyecto: Antecedentes de los investigadores en el tema de la propuesta, con resultados exitosos, publicaciones afines.
- Estabilidad científica del grupo.
- Apoyo institucional al grupo.

C. Impacto

- **Pertinencia:** Capacidad del proyecto para abordar problemas estratégicos de acuerdo a las políticas nacionales.
- **Resultados esperados:** Además del aporte al conocimiento, se evaluará si la propuesta prevé otros productos o aplicaciones que puedan derivarse del desarrollo del proyecto.
- **Formación de recurso humano:** Grado de contribución del proyecto al fortalecimiento de la capacidad de investigación nacional en términos de formación de nuevos investigadores a nivel de maestría o doctorado.
- **Integración/asociación interinstitucional:** Grado de asociación entre entidades para trabajo conjunto en torno a objetivos comunes, haciendo más eficiente el uso de recursos humanos, financieros y logísticos y contribuyendo al fortalecimiento de entidades en proceso de consolidación.
- **Estrategia regional:** Grado de contribución del proyecto a la implementación de la Estrate-



gia de Regionalización de la Ciencia y la Tecnología.

- **Estrategia de comunicación:** Previsión y adecuación de medios para divulgar los resultados de la investigación (revistas científicas y divulgativas, otras publicaciones, videos, ponencias en Congresos, etc.).

II. PLAN DE ACCIÓN 1999-2004

Objetivos y metas

OBJETIVO 1

Proveer las bases científicas para la realización de un adecuado manejo integrado de la zona costera y de los recursos marinos aprovechables.

METAS

- Contar con inventarios de recursos y biodiversidad, caracterizaciones y diagnósticos ambientales de los siguientes ecosistemas marinos colombianos: Arrecifes coralinos, lagunas costeras, estuarios y manglares de las Zonas Especiales de Manejo definidas por el Ministerio del Medio Ambiente en su Política de Ordenamiento y Manejo de las Zonas Costeras.
- Conocer los potenciales y rendimiento máximo sostenible (RMS) de langostas, pargos, chernas, caracol, ostras, mojarras, robalo, etc., en las principales zonas de pesca de los mares colombianos que puedan ser la base para planes de ordenamiento pesquero.
- Contar con la capacidad de efectuar valoraciones económicas de los ecosistemas marinos colombianos, como herramienta para la adopción de medidas de manejo.
- Definir niveles permisibles de los principales contaminantes en estuarios, lagunas costeras y mar, con base en sus efectos sobre las especies y ecosistemas.
- Contar con indicadores de calidad ambiental y del estado de las poblaciones de recursos aprovechables.
- Contar con el conocimiento básico relativo a corrientes,



procesos erosivos y de construcción de playas necesarios para efectuar una acertada protección de playas y acantilados en las principales zonas costeras del país.

OBJETIVO 2

Avanzar en el conocimiento de la biodiversidad marina del país y proveer las bases científicas y tecnológicas para su adecuada conservación y aprovechamiento

METAS

- Contar con inventarios de ecosistemas y especies en las Zonas Especiales de Manejo definidas en la Política para el Ordenamiento y Manejo de Zonas Costeras expedida por el Ministerio del Medio Ambiente
- Avanzar en los inventarios de productos naturales bioactivos encontrados en organismos arrecifales y estuarinos.
- Contar con una bases de datos en red, de los inventarios de especies y recursos.

OBJETIVO 3

Avanzar en el entendimiento y predicción de los efectos del cambio global en los ecosistemas marinos colombianos, como base para la formulación y ejecución de medidas de prevención y mitigación de impactos.

META

- Vincular a Colombia a las redes internacionales sobre cambio global, a través de uno o varios proyectos de investigación enmarcados en programas internacionales de investigación (v.g. LOICZ) sobre cambio global.

OBJETIVO 4

Desarrollar innovaciones tecnológicas para una óptima, sostenible y ambientalmente sana, explotación y aprovechamiento de los recursos marinos renovables

METAS

- Contar con paquetes tecnológicos para el cultivo (mono y



policultivo) artesanal e industrial de especies de algas y peces marinos (pargo, cherna, lebranche), crustáceos (camarones) y moluscos (ostras, pectínidos, caracoles) marinos.

- Contar con paquetes tecnológicos para la repoblación de peces (meros, pargos), crustáceos (langosta) y moluscos (caracoles, bivalvos) en ecosistemas marinos en los cuales han sido diezmadados.
- Contar con semillas (o con la tecnología para su recolección o producción) de algas, peces, crustáceos y moluscos marinos con características deseables mejoradas en cuanto a crecimiento, presentación, rusticidad, resistencia a enfermedades y calidad en general.
- Contar con la capacidad científica para desarrollar tecnologías de ciclo cerrado y selección genética para mayor crecimiento y resistencia a enfermedades en las especies de cultivo.
- Contar con tecnologías de biofiltros y/o procesamiento de

deshechos y descargas de los sistemas intensivos de cultivo.

OBJETIVO 5

Desarrollar y fortalecer las capacidades nacionales de investigación en ciencia y tecnología del mar

METAS

- Incrementar el número de investigadores con doctorado de tal forma que cada grupo de investigación existente actualmente cuente por lo menos con dos personas de alto nivel académico.
- Incrementar el número de publicaciones en revistas científicas indexadas que contengan los resultados de las investigaciones realizadas en el país.
- Incrementar el número de grupos de investigación que presentan producción intelectual y agenda de investigación y que cuentan con reconocimiento internacional por la calidad y el aporte de sus trabajos a la solución de problemas concretos.



Problemas para el alcance de la misión y objetivos; resultados esperados y actividades para su logro

PROBLEMA 1

Capacidad científica del recurso humano en su mayoría débil e incipiente, lo cual se manifiesta, entre otros, en la baja calidad científica de una gran mayoría de proyectos de investigación presentados al PNCTM en COLCIENCIAS, deficiente planificación de tiempos y presupuestos, incumplimiento de resultados comprometidos y escasa publicación científica (arbitrada) de resultados.

Resultado esperado 1. Se contará con mayor número de investigadores activos altamente capacitados en ciencias del mar para formular y ejecutar proyectos científicos de alta calidad y para publicar sus resultados sometiéndose a la crítica de los pares internacionales.

Actividades

a. Incentivo y apoyo a formación académica avanzada de in-

vestigadores en temas prioritarios.

- Ingreso a programas doctorales en universidades prestigiosas del exterior.
- Fomento de programas doctorales tipo "sandwich" con fuerte participación de universidades e institutos de reconocido nivel de excelencia y prestigio internacional.
- Fortalecimiento de programas nacionales académico-investigativos de nivel de maestría y doctorado.
- Exigencia de nivel doctoral y experiencia comprobada de publicación científica indizada de resultados de investigación, para los profesores de estos programas académico-investigativos.
- Condicionamiento del apoyo a la formación de maestría y doctorado en el exterior, a que se realice en programas de reconocido nivel de excelencia, prestigio y trayectoria.

b. Apoyo a etapas pre-proyecto: Para los investigadores o gru-



pos poco consolidados, se podrán financiar actividades pre-proyecto, de hasta 6-8 meses de duración, que sirvan para preparar al personal y a la institución para la presentación de una propuesta formal de proyecto individual o conjunto con otras instituciones. Estas actividades pueden incluir programas de asesoría con expertos en el tema para apoyo en el diseño de metodologías de investigación, pasantías del investigador al Centro del asesor, movilización de personal para hacer contactos interinstitucionales (y con COLCIENCIAS), pruebas preliminares de campo y laboratorio, etc. En cualquier caso, el producto o resultado final de estas etapas pre-proyecto es un proyecto de investigación de excelente calidad para ser presentado a la siguiente convocatoria. Para la identificación de etapas pre-proyecto se podrá tener en cuenta proyectos presentados no seleccionados (categorías B y C) cuya temática y objetivo son novedosos e importantes y ameritan apoyo para su for-

mulación y profundización, especialmente cuando los investigadores o grupos son jóvenes.

- c. Acompañamiento al desarrollo/ejecución de proyectos de grupos incipientes: Para aquellos proyectos presentados, cuyos objetivos, marco conceptual y planteamiento metodológico general son claros y coherentes, pero cuya metodología específica y aspectos operativos presentan problemas en su formulación, se podrán financiar, con cargo al mismo proyecto, asesores externos que apoyen a los investigadores en el diseño y aplicación de las metodologías específicas así como en el análisis de información, garantizando así la calidad científica y publicación arbitrada de los resultados.
- d. Convocatorias de pequeñas propuestas de investigación cuyo monto solicitado no supere los 20-30 millones de pesos y cuyo objetivo principal es dar la oportunidad, a investigadores jóvenes sin mayor experiencia, de formu-



lar y manejar su propio proyecto. Estos investigadores jóvenes deberán estar respaldados por un grupo o institución de investigación reconocidos.

Resultado esperado 2. Se logrará direccionar a los grupos de investigación para que sus proyectos contengan los requisitos de calidad científica exigida y además apunten hacia temas pertinentes y prioritarios para el país y/o para el desarrollo de la capacidad científica marina nacional.

Actividades

- a. Socialización del Plan Estratégico mediante presentación en el Congreso Nacional de Ciencias del Mar y publicación y distribución a la comunidad científica.
- b. Convocatorias dirigidas de proyectos de investigación en temas específicos prioritarios tendientes a solucionar problemáticas concretas de relevancia nacional. Se podrá asignar/reservar un porcentaje de los recursos anuales del Programa para la financiación de estas convocatorias dirigidas.

- c. Divulgación, a los investigadores, de claras instrucciones para presentación de proyectos de investigación.
- d. Divulgación, a los investigadores, de claros criterios de evaluación de proyectos de investigación.

PROBLEMA 2

Indefinición de prioridades y carencia de claras agendas de investigación orientadas hacia la solución de los problemas prioritarios.

Resultado esperado. Se habrán definido prioridades y agendas de investigación, las cuales se estarán actualizando permanentemente.

Actividades

- a. En este Plan Estratégico 1999-2004 se plantean las prioridades definidas por el CPNCTM con base en consultas y talleres de discusión realizados durante 1996 y 1997 con investigadores y usuarios de la investigación.
- b. Para el liderazgo en la formulación de agendas de investi-



gación en las líneas de investigación y ecosistemas definidos como prioritarios en este Plan, se identifican instituciones o grupos, que ya sea por su trayectoria o por el objeto o función que les asigna la Ley, han demostrado o deben demostrar, mayor capacidad, liderazgo y énfasis en esas áreas particulares del conocimiento. Estas instituciones o grupos coordinarán y liderarán la interacción entre las diferentes instituciones y/o grupos involucrados, de tal forma que se garantice la producción de agendas de investigación, la racionalización en el uso del equipo y recursos humanos disponibles, la interdisciplinaridad y el enfoque holístico de los programas de investigación, orientados hacia la solución de problemas nacionales y producción de conocimiento básico pero estratégico. A priori, se pueden identificar las siguientes instituciones para liderar actividades nacionales en:

- Arrecifes Coralinos: INVEMAR (Grupo Arrecifes Cora-
 - ralinos), Universidad del Valle
 - Manglares y estuarios: INVEMAR (Grupo Lagunas Costeras), Universidad del Valle (Grupo Manglares)
 - Playas y acantilados: EAFIT (Grupo Geología Marina), INGEOMINAS
 - Plataforma, Talud y ZEE: CIOH, INVEMAR
 - Sistemas de Acuicultura: INPA, CENIACUA
 - Evaluación de recursos aprovechables: INPA, INVEMAR (Grupo Ecología Pesquera)
 - Sistemas y redes de información marina: INVEMAR, CIOH
 - Calidad ambiental: INVEMAR, CIOH y CCCP
 - Conservación y aprovechamiento de la biodiversidad marina: INVEMAR, Universidad Nacional (Grupo Productos Naturales Marinos)
- c. Coordinación de las anteriores actividades con los encargados / representantes de la política sectorial involucrada.

PROBLEMA 3

Poca difusión y aplicación de los resultados de investigación, tanto a nivel de publicaciones científicas como de transferencia de tecnologías o conocimiento a los potenciales usuarios de los resultados y a la sociedad civil en general.

Resultado esperado 1. Se habrá difundido el conocimiento producido, tanto a la comunidad científica nacional e internacional como a la sociedad civil.

Actividades

- Compromiso de publicación de resultados en revistas científicas reconocidas, como requisito para cofinanciación de proyectos.
- Sistema de información actualizado que contenga los resultados y conclusiones de las investigaciones y que sea accesible a todos los interesados (*ya ha sido implementado por el PNCTM a través de INTERNET*).
- Publicación divulgativa de resultados en los casos en que esto sea necesario para la

apropiación y aplicación social del conocimiento.

- Propender por que la investigación sea "participativa" en el sentido de informar e involucrar a los habitantes de las zonas de estudio sobre el porqué y para qué del proyecto y la forma como ellos pueden contribuir a su exitoso desarrollo en beneficio de ellos mismos.

Resultado esperado 2. Se estarán aplicando los resultados de las investigaciones en los sectores pertinentes (ordenamiento pesquero, regulación o restauración ambiental, mitigación impactos, acuacultura, planes de manejo, etc.).

Actividades

- Identificación clara de los usuarios de los resultados desde el diseño y la formulación de los proyectos
- Planteamiento de un plan de transferencia de los resultados y del conocimiento producido o tecnología desarrollada a los usuarios potenciales, desde el diseño y formulación de los proyectos.



- c. Diseño y financiación de Programas Estratégicos: Se identificarán temas o problemas críticos sobre los cuales hay una sentida necesidad de manejar el conocimiento existente para la toma de decisiones. Se crearán entonces programas multidisciplinarios e intersectoriales de investigación-acción a través de los cuales se concreta el conocimiento para la acción. Los Programas Estratégicos se desarrollarán mediante varios de los siguientes tipos de actividad: foros de discusión, estudios puntuales que recopilen, integren y analicen el estado del arte, microproyectos para generar información inexistente pero necesaria, consultorías dirigidas orientadas por agenda estratégica, consultorías dirigidas para formulación de propuestas de acción específica.
- d. Mayor gestión de Consejeros en su sector en el sentido de gestionar, trabajar hacia, buscar y canalizar, que los resultados de la investigación que ellos han recomendado y aprobado en el seno del Consejo, y que son pertinentes al

subsector que ellos representan, se apliquen y utilicen.

PROBLEMA 4

Poca articulación interinstitucional para construcción de agendas de investigación y racionalización y optimización de recursos humanos, logísticos y financieros.

Resultado esperado. Las instituciones (universidades, centros, grupos, usuarios) se habrán articulado para la construcción de agendas de investigación y para la racionalización y optimización de recursos humanos, logísticos y financieros.

Actividades

- a. Mayor gestión de Consejeros en su sector.
- b. Convocatoria e implementación de comités temáticos interinstitucionales: Estos Comités trabajarán para la articulación de agendas de investigación entre las diferentes instituciones encargadas de la investigación (tanto estatales como privadas o mixtas) así como en acciones conjuntas para acceso a la Cooperación



Internacional y apoyo a grupos de investigación. En su seno se hará planeación detallada de las agendas de investigación en las diferentes temáticas así como el seguimiento a la ejecución y resultados de las mismas, evitando duplicación de esfuerzos y fomentando el uso más racional y eficiente de recursos humanos, financieros y de infraestructura de todas las instituciones. Cada Comité estará liderado y coordinado por las instituciones o grupos de investigación líderes en las diferentes áreas temáticas, según definidos en el literal b del Problema 2 de esta misma sección.

- c. Mayor apoyo a proyectos que involucren un decidido componente de asociación interinstitucional, cuando las temáticas y capacidades institucionales lo ameriten.
- d. Creación de programas interinstitucionales e interdisciplinarios para temáticas consideradas como prioritarias y sobre las cuales el país tiene una capacidad de investigación dispersa entre las diferentes instituciones nacionales.

PROBLEMA 5

Pocos recursos financieros para el fortalecimiento y modernización de infraestructura y equipos en universidades y centros de investigación y para la actualización y complementación permanente de los centros de documentación con la literatura de punta internacional.

Resultado esperado. Mayores recursos financieros para fortalecer la actividad científica marina nacional.

Actividades

- a. Gestión de recursos internacionales mediante participación en programas internacionales de investigación (v.g. LOICZ, IAI, UE).
- b. Gestión de recursos del sector productivo privado y de Ministerios relacionados con el mar.

Ecosistemas y líneas de investigación

El *PDCTM 1990-2000* define 21 programas (16 de investigación y cinco de apoyo), parte de



los cuales no están activos ni presentan síntomas de gestación como tales. Los 16 programas de investigación están clasificados en tres grandes áreas temáticas así: I. Ecosistemas Marinos, II. Recursos Naturales Marinos y III. Ambiental y de Desastres Naturales. En la primera se incluyen los Programas de: 1) Estuarios y Deltas, 2) Manglares, 3) Lagunas Costeras, 4) Arrecifes, 5) Playas y Acantilados, 6) Plataforma y Talud Continental y 7) Ecosistemas Oceánicos. En la segunda área temática se incluyen los Programas de: 1) Recursos Hidrobiológicos, 2) Recursos Costeros Terrestres, 3) Recursos Minerales y Energéticos y 4) Recursos Paisajísticos. En la tercera área temática se incluyen los Programas de: 1) Areas Especiales, 2) Calidad Ambiental, 3) Preservación de Especies en Vía de Extinción, 4) Tecnología Ambiental y 5) Desastres Naturales. Un análisis del desarrollo del Plan, indica que en esta década, han estado activas varias investigaciones que se enmarcan en las temáticas de Estuarios y Deltas, Manglares, Lagunas Costeras, Arrecifes Coralinos, Playas y Acantilados, Recursos Hidrobio-

lógicos, Calidad Ambiental, Desastres Naturales, Plataforma y Talud. Sin embargo, no ha habido un desarrollo programático (con objetivos y metas claras) de estas actividades, ni los diferentes proyectos se han ejecutado como parte de agendas de investigación estructuradas para los programas respectivos. Los proyectos se han desarrollado en razón a la trayectoria, capacidad e intereses, tanto de las instituciones como de los investigadores calificados y así mismo como respuesta a algunas problemáticas ambientales concretas o a necesidades puntuales de desarrollo de nuestro país.

En este Plan Estratégico se re-clasifican los siete ecosistemas definidos en el Programa de Investigación en Ecosistemas Marinos del PDCTM 1990-2000, uniendo manglares, deltas, estuarios y lagunas costeras en uno solo, puesto que los manglares son componente fundamental e inseparable de las lagunas costeras y estuarios tropicales y los deltas son las unidades geomorfológicas que los contienen.

En el área de recursos naturales aprovechables se propone



una clara separación entre los pesqueros y los de acuicultura, con programas de investigación para cada uno de ellos. Teniendo en cuenta las particulares condiciones de los cultivos acuícolas y la necesidad de entenderlos como sistemas sobre los cuales hay que conocer el funcionamiento, estructura, calidad ambiental así como desarrollar tecnologías para el mejoramiento de su productividad (tanto de los que se realizan en sistemas cerrados o de estanques, como de aquellos que se localizan en el medio natural), se adopta aquí su caracterización como sistemas definidos.

Los recursos costeros terrestres y los recursos paisajísticos son componentes de los ecosistemas arriba definidos y quedarían incluidos en los mismos. La calidad ambiental es uno de los principales aspectos a investigar en los ecosistemas definidos y se propone clasificarla como una línea de investigación aplicable a los diferentes ecosistemas; en esta área temática se incluirían los estudios sobre tecnología ambiental, preservación de especies y desastres naturales.

Teniendo en cuenta la importancia de la Zona Económica Exclusiva, para los intereses del país en cuanto a especies transzonales y altamente migratorias así como en el marco de convenios internacionales suscritos, se propone hacerla explícita en conjunto con los sistemas de plataforma y talud continentales.

En concordancia con lo anterior, quedan definidos los siguientes *ecosistemas* como principales objeto de estudio del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar para los próximos cinco años:

- Sistemas Arrecifales Coralinos
- Sistemas Estuarinos: Manglares, estuarios, deltas y lagunas costeras
- Sistemas de Playas y Acanalados
- Sistemas de Plataforma, Talud y Zona Económica Exclusiva
- Sistemas de Acuicultura

Teniendo en cuenta entonces, que varios de los Programas del *PDCTM 1990-2000* pueden considerarse como transversales a otros y que un buen número de ellos se cruza entre sí en sus



contenidos, se propone una reorganización, en forma matricial, de la estructura programática del *PDCTM 1990-2000*, con el fin de operativizar los contenidos de investigación. Se generan así, ocho *líneas de investigación* en las cuales se incluyen los posibles asuntos a investigar en los principales sistemas marinos colombianos, respondiendo a la necesidad actual de conocer y mantener la biodiversidad marina del país, efectuar un acertado manejo integrado de la zona costera y proveer innovaciones tecnológicas para la óptima producción y utilización de los recursos renovables, a saber:

- Estructura y función de ecosistemas
- Evaluación de recursos aprovechables
- Calidad ambiental
- Desarrollo Tecnológico
- Caracterización y valoración de la biodiversidad
- Autoecología de organismos
- Modelación
- Información

A continuación se muestra la matriz de investigación a través de la cual se plantea la interacción entre los ecosistemas y las líneas de investigación:

Matriz de investigación

Línea de Investigación \ Ecosistema	Arrecifes corallinos	Sistemas estuarinos	Playas y Acantilados	Plataforma y talud y Zona Económica Exclusiva	Sistema de acuicultura
Estructura y función de ecosistemas					
Evaluación de recursos aprovechables					
Calidad ambiental					
Desarrollo Tecnológico					
Caracterización y valoración de la biodiversidad					
Autoecología de organismos					
Modelación					
Información					

Formación de Recursos Humanos

Fortalecimiento de Infraestructura

Información y Difusión de la Investigación Científica



Transversal (como tercera dimensión) a todos los componentes de la matriz, están los programas de apoyo a la investigación entre los cuales merecen especial mención los de Formación de Recursos Humanos, Fortalecimiento de Infraestructura, e Información y Difusión de la Investigación Científica, los cuales a su vez se constituyen en líneas de acción en el presente Plan Estratégico.

Objetivos y justificación de las líneas de investigación

a. Estructura y función de ecosistemas

Esta línea de investigación incluye los estudios ecológicos y oceanográficos requeridos para el conocimiento, entendimiento y caracterización de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas marinos más estratégicos y de su respuesta al cambio global. Lo anterior implica que se deberán identificar, cuantificar y relacionar, entre otros, los siguientes aspectos: características físicas, químicas, geomorfológicas y meteorológicas; ca-

racterización de la estructura de las comunidades y determinación de las variables y procesos que las rigen; inventarios de biodiversidad específica, ecosistémica y genética; productividad de los ecosistemas; fenómenos y procesos que rigen la productividad y biodiversidad; ciclos biogeoquímicos, redes tróficas y flujos de energía en los ecosistemas y procesos que los rigen; procesos de cambio (naturales y por causas antropogénicas), de corto y mediano plazo. Lo anterior proveerá bases importantes para poder efectuar un manejo integrado de las zonas costeras así como predicciones de efectos por acciones antropogénicas o cambio climático global. La efectividad de la políticas y medidas de manejo ambiental de las zonas costeras y de la conservación del patrimonio nacional de biodiversidad, dependen en gran medida del entendimiento científico de los ecosistemas.

b. Evaluación de recursos aprovechables

Esta línea de investigación se concentra en identificar, conocer y cuantificar los principales recur-



sos renovables aprovechables, determinar la dinámica de sus poblaciones y su potencial y rendimiento máximo sostenible. Incluye los estudios base de las poblaciones, requeridos para poder efectuar un manejo sostenible de los recursos pesqueros en ecosistemas explotados y/o con potencial para ello, recursos acuícolas y productos naturales. La determinación de impactos del cambio global en la dinámica de los stocks de especies aprovechables por el hombre es otro factor importante para lograr un adecuado manejo de estos recursos. Esta línea de investigación incluye además la valoración económica de bienes y servicios derivados de los sistemas naturales (incluyendo valores de uso indirecto, de funciones ecológicas y valores opcionales) para su aplicación tanto en el diseño de políticas como en decisiones sobre proyectos de desarrollo o actividades relacionadas de alguna manera con la zona costera.

c. Calidad ambiental

Esta línea de investigación comprende los estudios ten-

dientes a evaluar riesgos y amenazas, entender y plantear soluciones a las problemáticas de deterioro creciente de recursos y ecosistemas marinos, tanto por causas naturales como antrópicas, principalmente en zonas de plataforma, arrecifes coralinos, playas, lagunas costeras, estuarios y manglares, y proponer medidas para su rehabilitación y/o conservación y manejo. Lo anterior implica diagnósticos de causas y efectos, evaluaciones de impacto, definiciones de límites permisibles de contaminantes en ambientes marinos, estudios para encontrar posibles soluciones, y producción de bases científicas para las propuestas de manejo, protección, rehabilitación y/o mitigación del deterioro/degradación de la calidad ambiental marina. Así mismo incluye los estudios relacionados con el impacto de los procesos biogeoquímicos de los ecosistemas (naturales o alterados) sobre los procesos de cambio global.

d. Desarrollo tecnológico

Esta línea de investigación se enfoca hacia la identificación o



desarrollo de métodos y tecnologías para la explotación sostenible, uso y manejo de los recursos marinos aprovechables. Incluye el desarrollo de tecnologías de pesca y acuicultura óptimas, pero ambientalmente sanas (selección genética, desarrollo de dietas, bio-filtros, policultivos, maduración en cautiverio, etc.), y los estudios para la obtención y síntesis de compuestos bioactivos a partir de organismos marinos.

e. Caracterización y valoración de la biodiversidad

Esta línea abarca la producción de inventarios de especies, ecosistemas y genes, la determinación de su valor en el contexto nacional y mundial y el diseño de estrategias para su preservación, explotación sustentable y negociación. Incluye además los estudios taxonómicos y de sistemática de grupos específicos y de su filogenie o evolución histórica. Esto último es de especial importancia para el manejo y conservación de especies, poblaciones o comunidades puestas que permite predecir el valor

o lo que significaría la extinción de una sola o varias especies. Por otro lado, a través de la sistemática se puede llegar a saber si una determinada tendencia o carácter tiene un origen filogenético o ha sido adquirido en respuesta a cambios ambientales.

f. Autoecología de organismos

Esta línea de investigación incluye aquellos estudios orientados hacia el conocimiento de los ciclos de vida e historia natural de las especies individuales. Así mismo, involucra el conocimiento de los procesos metabólicos y fisiología general a nivel orgánico.

g. Modelación

Incluye aquellos proyectos orientados hacia el diseño o elaboración de modelos teóricos, matemáticos, de simulación, predicción o proyección de condiciones o impactos, como herramientas de trabajo en las anteriores líneas de investigación.

h. Información

Incluye aquellos proyectos o programas orientados hacia la



generación y/o sistematización de información en forma de bases de datos, redes, páginas web, mapas, etc.

Objetivos y justificación de los ecosistemas

a. Arrecifes corallinos

Los arrecifes corallinos son oasis de productividad en mares tropicales caracterizados por la pobreza nutricional de sus aguas y por la baja abundancia de sus recursos en comparación con mares subtropicales o templados. Al mismo tiempo, son zonas de concentración de biodiversidad, mucha de la cual ya está jugando un papel en el avance y desarrollo de la industria farmacéutica. Con sus esqueletos calcáreos, los corales contribuyen a la formación de playas y a la protección de las costas a través de sus formaciones de barrera. Sin embargo, los arrecifes corallinos están siendo objeto de fuertes procesos de degradación, en gran medida debido a actividades directas del hombre colombiano sobre ellos pero también como consecuen-

cia de los efectos resultantes del cambio climático global. Las actividades antrópicas generadoras de erosión a lo largo de las cuencas continentales, son quizá uno de los principales agentes causales de mortandad de corales al incrementarse la carga de sedimentos y de nutrientes aportados por los ríos a las aguas costeras. El uso de dinamita para pesca artesanal en estos arrecifes y el turismo desordenado (anclas, colecta de corales, pisoteo de corales, vertimiento de desechos de balnearios turísticos) están también contribuyendo a la acelerada degradación de estos importantes ecosistemas. Quizá una de las actividades más importantes a realizar, desde el punto de vista de su manejo y conservación, es el ordenamiento del uso de las zonas arrecifales colombianas en términos de su capacidad de carga turística y pesquera. Merecen especial atención, en el contexto de este Plan Estratégico, los arrecifes del Archipiélago de San Andrés y Providencia, Archipiélago Islas del Rosario, Archipiélago Islas de San Bernardo, Isla Gorgona, Ensenada de Utría, y región de Santa Marta.



b. Estuarios, manglares y lagunas costeras

Las áreas estuarinas, lagunas costeras y manglares, son quizá los ecosistemas marinos tropicales más productivos en términos de potencial aprovechable directamente por el hombre. Estos ecosistemas producen una buena cantidad de recursos comestibles marinos tales como crustáceos, moluscos y peces, y son fuente importante de sustento para un gran número de comunidades costeras que trabajan a nivel artesanal. Por otro lado, los manglares son agentes protectores de erosión en las costas y correctamente manejados, pueden ofrecer importantes recursos madereros. Por estar localizados en la zona costera, una zona con fuertes presiones para urbanizarse e industrializarse, donde además drenan las aguas continentales con su carga de desechos orgánicos y contaminantes químicos, estos ecosistemas han estado sujetos a fuertes alteraciones y degradaciones tanto de su parte física-ambiental como de sus recursos bióticos. Un conocimiento adecuado y científico del funcionamiento de estos ecosiste-

mas y del potencial aprovechable de sus recursos permitirá elaborar planes de manejo que integren la conservación de estos ecosistemas con usos sostenibles tales como explotación forestal, pesca, turismo, minería, apicultura y acuicultura.

c. Playas y acantilados

Las actividades antrópicas tanto en las zonas costeras como en el interior del país, así como los procesos naturales (por causas como tsunamis, terremotos, tormentas tropicales, corrientes) de erosión y/o formación de playas, dunas, barras costeras, etc., originan continuamente cambios en la morfología de playas, acantilados y zonas de la plataforma somera que afectan la distribución y sucesión de las comunidades bióticas así como la estabilidad en las actividades humanas relacionadas con estas zonas costeras. Casos concretos como los del Delta del Río Patía, la CGSM, y el puerto de Barranquilla, demuestran la importancia de entender las causas y mecanismos que los controlan para poder proponer alternativas de solución. El desarrollo acelerado



y la utilización creciente de las zonas litorales (a menudo con un conocimiento insuficiente del medio físico y biológico) en los países desarrollados, ha generado todo un panorama de conflictos y expectativas y la revisión de concepciones de uso que, por ejemplo, propenden por «convivir con los cambios naturales» antes que intentar controlar las variaciones geomorfológicas a través de obras ingenieriles de tipo estructural. Estudios detallados de riesgos geológicos y de impactos ambientales para los diversos tipos de usos del litoral están llevando más y más frecuentemente a las decisiones de «no desarrollar», antes que embarcarse en proyectos con análisis de costo-beneficio desfavorables a mediano y largo plazo. Aunque no totalmente aceptada, la opinión científica es favorable a la hipótesis según la cual nos encontramos en un período de aceleración del aumento del nivel del mar que podría llevar a la inundación parcial o total de importantes sectores de costas bajas del mundo, especialmente de las zonas deltaicas, comunes en los litorales del país (los

escenarios pesimistas predicen aumentos del nivel del mar del orden de 50 cm a 1 m para el próximo siglo). Los estudios de factibilidad, impacto ambiental y desarrollo de zonas litorales en países desarrollados exigen identificar «escenarios» de posibles respuestas de la morfología litoral a los aumentos del nivel del mar, especialmente con relación a la erosión litoral y a las migraciones (o destrucción) de ecosistemas costeros.

En relación con los litorales colombianos, al aumento general del nivel del mar se suma una constitución geológica que favorece ampliamente la inestabilidad física de las zonas litorales, v gr., el diapirismo de lodo en la Costa Caribe y la ocurrencia frecuente de terremotos/maremotos en la Costa Pacífica. La información disponible evidencia que un porcentaje alto de las zonas litorales del país (probablemente del orden del 50%) presenta tendencias erosivas al parecer a largo plazo y probablemente asociadas a cambios relativos del nivel del mar, en los que la neotectónica puede ser una de las causales principales. Ejemplos



de generación de problemas de erosión importantes debidos a intervención antrópica se encuentran en el litoral Caribe en las áreas del delta del Magdalena, Cartagena y en los Golfos de Urabá y Morrosquillo, a menudo acompañados de conflictos sociales que obligan a la construcción urgente de obras ingenieriles de defensa con altos costos y sin el conocimiento adecuado del medio físico ni con posibilidades de seguimiento de impactos posteriores. En la Costa Pacífica, el caso del delta del Patía, en el que se conjugan intervención antrópica, subsidencia costera, terremotos y maremotos, corresponde a uno de los ejemplos más ilustrativos, a nivel mundial, de la necesidad del conocimiento básico de agentes de procesos litorales. Los costos de las soluciones de carácter ingenieril adoptadas en los litorales colombianos suman, no cientos, sino miles de millones de pesos. Hay que tener en cuenta aquí que los factores climáticos y los eventos geológicos de alta energía en la Costa Pacífica afectan no sólo a playas y acantilados, sino también a los sectores

intermedios y altos de las cuencas de drenaje, complicando aun más la problemática litoral.

d. Plataforma, Talud y Zona Económica Exclusiva

Para efectos de este Plan, se incluyen aquí los sistemas bentónicos (especialmente fondos blandos) y pelágicos de la Plataforma, Talud y Zona Económica Exclusiva, excluyendo a los arrecifes coralinos y sistemas estuarinos presentes hasta profundidades aproximadas de 100 m. Su principal importancia radica en los recursos pesqueros demersales y pelágicos que allí habitan o que por allí migran (especies tranzonales y altamente migratorias), los cuales son foco de la actividad pesquera industrial. Por otro lado, el gran desconocimiento que tenemos, sobre la biodiversidad que albergan, los hacen importantes objeto de estudio, sobre todo en el contexto internacional actual de la propiedad, uso y conservación de la biodiversidad.

Para el período 1999-2004, se recomienda concentrar los es-



fuerzas de investigación en esta zona en aspectos relacionados con el seguimiento del cambio climático global y su efecto/relación con sistemas costeros especialmente en procesos tales como el ciclo del CO₂, y el fenómeno ENSO (El Niño). Son también muy importantes para el adecuado manejo de esta zona del país, las cartografías submarinas y estudios de especies transzonales y altamente migratorias con relevancia en la ZEE de nuestro país. Es necesario además, entender y cuantificar los fenómenos de surgencia de la zona de la Guajira y Santa Marta y adquirir un conocimiento más profundo de los procesos biológicos y oceanográficos de los Golfos de Morrosquillo y Urabá. Es importante capacitar un mayor número de investigadores a nivel de doctorado, vinculando asesores internacionales con trayectoria y reconocida capacidad de publicación, en forma permanente o semipermanente, y realizando convenios de cooperación internacional con instituciones del exterior de reconocida trayectoria en investigaciones oceánicas.

e. Sistemas de acuicultura

De acuerdo con estadísticas de la FAO (Fisheries Circular No. 886), durante el año de 1996 la producción mundial de la acuicultura alcanzó 28 millones de toneladas, distribuidas así: 23% algas; 25% moluscos; 49% peces; 3% crustáceos. Durante este mismo año la producción de la acuicultura colombiana alcanzó las 30.000 toneladas, de las cuales el mayor porcentaje (83%) corresponde a peces de agua dulce y el 17% a camarones marinos. De lo anterior se deduce que a pesar de un sobresaliente incremento de la producción acuícola nacional durante el periodo 1986-1996 (de 1.300 ton a 30.000 ton), la actividad ha estado basada casi exclusivamente en el cultivo de peces de agua dulce (trucha y tilapia) y de camarones marinos (poca diversificación), presentando vacíos de conocimiento en las áreas de biología básica, nutrición, reproducción, patología, genética y biotecnología aplicada para el aprovechamiento sostenible de nuestra rica biodiversidad. Tras un período de expansión entre



los años 80 y 1992, la producción de camarón cultivado decreció entre 1992 y 1996 hasta casi un 50%⁵. Esto se debió principalmente a problemas de alimentación, crecimiento, mortalidad, fuente de larvas/postlarvas de los animales y a deterioro en la calidad de su carne, debido fundamentalmente a enfermedades y a proliferación de microalgas tóxicas o causantes de mal sabor en los camarones. Así mismo, las actividades de acuacultura

intensiva han ocasionado con frecuencia problemas ambientales como la eutroficación y/o contaminación de aguas marinas, estuarinas y continentales (ríos y lagos). El desarrollo de la actividad acuícola y la generación de tecnologías alternativas para solucionar su problemática, requiere de la investigación científica.

⁵ Boletín Estadístico Pesquero. INPA 1997

Necesidades prioritarias de investigación en los principales ecosistemas y recursos marinos colombianos

Sistemas arrecifales coralinos

- Completar caracterización de las áreas coralinas colombianas.
- Continuar (y ampliar) programa de monitoreo de salud arrecifal y condiciones físico-químicas.
- Identificación y evaluación de agentes de deterioro.
- Completar, cuantificar y valorar inventarios de biodiversidad.
- Evaluar reclutamiento, potencial y RMS de especies comerciales arrecifales: langostas, pargos, chernas, caracol.
- Desarrollo de técnicas para repoblación de especies.
- Identificación y aplicación de productos naturales.



Sistemas estuarinos y de manglares (en zonas o unidades ambientales de manejo-MinAmb.)

- Completar, cuantificar y valorar inventarios de biodiversidad.
- Evaluar reclutamiento, potencial y RMS de especies comerciales como: ostra, jaibas, mojarras, robalos, etc.
- Diagnósticos de calidad ambiental y desarrollos para restauración de ecosistema y/o mitigación de impactos ambientales.
- Desarrollo de sistemas artesanales de acuicultura.
- Desarrollo de técnicas para repoblación de especies.

Sistemas de Playas y Acantilados

- Procesos erosivos relacionados con causas naturales (de nivel del mar y tectónicos) y/o antropogénicos: diagnósticos y soluciones.
- Geomorfología de costas.
- Capacidad de carga turística.

Sistemas de Plataforma Talud y ZEE

- Potencial de especies pelágicas (atún, machuelo, calamar, etc.).
- Potencial de especies demersales de profundidad: camarones, pargos.
- Papel como fuente o sumidero de CO₂- cambio climático global.
- Inventarios de biodiversidad.

Sistemas de Acuicultura

- Desarrollo de paquetes tecnológicos para diversificación con moluscos, peces marinos, algas y crustáceos.
- Ciclo cerrado y selección genética para mayor crecimiento y resistencia a enfermedades.
- Uso eficiente de la productividad primaria natural ➔ Desarrollo de policultivos.



- Depuración de aguas de descarga y biofiltros.
- Desarrollo de sistemas artesanales.

Recursos Pesqueros

- Potencial de especies pelágicas y demersales de plataforma y ZEE (para planes de ordenamiento pesquero).
- Reclutamiento, potencial y RMS de especies comerciales arrecifales y estuarinas (para planes de ordenamiento pesquero).
- Desarrollo de técnicas para repoblación de especies.
- Bioeconomía de las pesquerías.
- Rentabilidad económica de la aplicación industrial o artesanal de los resultados de las prospecciones pesqueras.
- Tecnologías sostenibles de pesca.

Estructura y funcionamiento de ecosistemas

- Líneas de base y caracterizaciones ecológicas.
- Papel como fuente o sumidero de CO_2 .
- Ecología de sistemas: modelación de procesos.
- Descripción y modelación de circulación costera.
- Geomorfología de costas.
- Ciclos biogeoquímicos.

Caracterización y valoración de la biodiversidad

- Completar inventarios.
- Identificación y aplicación de productos naturales.



Contaminación y calidad ambiental

- Diagnósticos de calidad ambiental.
- Desarrollos para mitigación y restauración. Definición de límites permisibles de contaminantes.
- Efectos de contaminantes sobre función de organismos y ecosistemas.
- Capacidad de carga (turística, desechos líquidos y sólidos, vertimientos industriales, etc.)

Proyectos y actividades de apoyo y de desarrollo de una capacidad nacional

1. Fortalecimiento de la capacidad de investigación: Recurso humano, grupos, instituciones e infraestructura

a. Formación de recursos humanos

A nivel de pregrado se identifica la necesidad de elevar el nivel de los profesionales egresados en aspectos generales fundamentales para el futuro de su carrera como investigadores. Entre éstos cabe mencionarse el dominio del inglés puesto que es en este idioma en el cual se encuentra la mayoría de la literatura

de frontera necesaria para la actualización permanente. Asimismo, se ha identificado una gran debilidad en la capacidad de expresión escrita en el propio idioma español, (aún en personas con maestría y doctorado lo cual redundo en una deficiente presentación de proyectos de investigación y de informes o artículos para publicación) y por lo tanto en la de divulgación para reconocimiento nacional e internacional de los resultados de la investigación. A nivel de pregrado, también se identifica la necesidad de involucrar un componente de "introducción a la investigación" en las carreras existentes.

Para complementar el tradicional apoyo a proyectos de in-



vestigación y garantizar la calidad de su presentación y resultados, es necesario hacer un gran esfuerzo hacia la capacitación a nivel de doctorado. Si bien se está avanzando en esto a través de las convocatorias de COLCIENCIAS para estudios de posgrado en el exterior (actualmente hay 13 personas realizando estudios de doctorado en el exterior y cinco haciendo estudios de maestría), ha faltado diálogo, análisis y concertación a nivel intra e interinstitucional (en entidades del sector académico, productivo e investigador), sobre las necesidades de capacitación y de formación de recursos humanos. No existe un plan nacional representativo de las necesidades de capacitación del país en ciencias del mar, que plantee estrategias claras para la unión de esfuerzos y de recursos hacia su logro. Así mismo, el apoyo a estudiantes de posgrado mediante becas en el exterior, debe fundamentarse en que el programa de estudios y la tesis de los mismos se enmarquen dentro de las líneas de investigación identificadas como prioritarias para el país y más es-

pecíficamente en aquellas en las cuales hay vacíos de recurso humano.

A nivel de posgrado se identifica la fuerte necesidad de impulsar la salida de los profesionales a universidades del exterior, en lo posible Estados Unidos y Europa, donde tendrán mayor posibilidad de interactuar con el mundo científico de frontera. Para el caso de apoyo a programas de maestría o doctorado nacionales se debe hacer especial énfasis en la trayectoria y calidad de los profesores, todos los cuales deben tener doctorado y experiencia demostrada en investigación y en publicación indexada de sus resultados de investigación. Por otro lado, la posibilidad de acceso a la literatura de punta, por parte de los estudiantes (ya sea mediante bibliotecas o centros de documentación actualizados, o a través de medios electrónicos), debe ser garantizado por las universidades y ser condición para otorgar apoyo externo a estos programas de posgrado.

A continuación se relacionan las principales temáticas identi-



ficadas como necesarias para llenar vacíos de recurso humano a nivel de posgrado, enmarcadas en los programas de investigación del PDCTM que están actualmente activos:

- Evaluación de recursos pesqueros, modelación de las pesquerías y de la dinámica de las poblaciones explotadas o explotables
- Acuicultura de organismos marinos con énfasis en patología, mejoramiento y selección genética, productividad de sistemas de cultivo y mitigación de impactos ambientales.
- Procesos biogeoquímicos (énfasis en estuarios, manglares, arrecifes coralinos) y ecología microbiana marina
- Ecología del plancton
- Ecología estuarina y de bosques de manglar
- Oceanografía física y química
- Geología marina (procesos de morfodinámica costera)
- Valoración bioeconómica de ecosistemas y recursos
- Modelación estadística, geoes-tadística y matemática

- Uso y aplicación de herramientas para la investigación, tales como sensores remotos

b. Creación y consolidación de Centros o Institutos de Investigación

Más que creación de nuevos centros de investigación, se requiere aprovechar y consolidar la capacidad de investigación ya instalada en los existentes, reforzando el recurso humano y equipamiento en muchos de ellos. Es fundamental su fortalecimiento con personal de nivel doctoral y la preparación detallada de agendas de investigación basadas en prioridades y problemas nacionales, regionales y locales.

2. Sistemas de información y redes de investigación

a. Sistemas de información

Para una eficiente y óptima eficacia de la inversión en sistemas de información, es de vital importancia asegurar una coordinación interinstitucional que garantice la no duplicación de esfuerzos o de generación de sistemas o servicios incompatibles. Para



ello, los ministerios y entidades de rango mayor (ej. Ministerio del Medio Ambiente, DIMAR, Ministerio de Agricultura) deberán articularse y definir responsabilidades de sus institutos, centros y/o corporaciones, en la creación e implementación de bases de datos y sistemas de información. En este sentido, se deberán coordinar, repartir esfuerzos y definir responsabilidades entre CCO, DIMAR, INVEVAR, INPA, IDEAM y CARs. Es necesario además, asegurar que el planteamiento de los proyectos orientados a generar sistemas de información, esté basado en una estrecha interacción con las entidades regionales encargadas del manejo, con el fin de asegurar que realmente tiendan a suplir las necesidades de información de la zona o zonas en cuestión. Es imprescindible diferenciar muy claramente estas actividades de las de investigación, y propender porque las entidades cuya misión principal es la INVESTIGACION continúen generando nuevos conocimientos que eventualmente alimenten los sistemas de información. A continuación se esbozan algunas ac-

tividades prioritarias para lograr unos sistemas de información accesibles y confiables:

- Establecimiento de mecanismos de interrelación interinstitucional en el ámbito nacional para el suministro e intercambio tanto de la información existente como de la que sea generada en el futuro.
- Evaluación de los subsistemas de información que sirven de apoyo para el almacenamiento, procesamiento y análisis de datos marinos existentes en diferentes instituciones del sector en el país tales como: SIPESCO, SIPEIN, PICEP, SICAM, OCEAMET y SEPEC.
- Definición e implementación de nuevas estructuras de almacenamiento de datos y diseño de subsistemas de información, con una metodología de control de datos que permita su estandarización, normalización y calidad total de acuerdo a estándares internacionales.
- Fortalecimiento y generalización de los subsistemas de almacenamiento, procesamiento y análisis de datos para que



- servan de apoyo común a las labores de la comunidad científica y técnica.
- Diseño de mecanismos para identificar información histórica que se encuentre dispersa actualmente en las instituciones y que sea considerada de interés por la comunidad científica para la evaluación de la dinámica de los ecosistemas a través del tiempo.
 - Elaboración y trámite de convenios que sirvan de marco jurídico para la cooperación interinstitucional orientada a la divulgación e intercambio de información del sector y su acceso al conjunto de la sociedad.
 - Organización, diseño y construcción de páginas web, para dar a conocer y hacer públicos los datos y la información marina que posean las instituciones. Estas páginas servirán de enlace referencial de las instituciones del sector, informando sobre líneas de investigación que se desarrollan, grupos, investigadores, proyectos, tipo de información que se genera, agendas de investigación, etc.
 - Publicación del Directorio de Grupos de Investigación en Ciencias y Tecnologías del Mar, como herramienta para la coordinación entre los diferentes grupos y su conocimiento tanto a nivel nacional como internacional. *El Directorio ya ha sido publicado y distribuido a la comunidad nacional e internacional.*
 - Página web, actualizada permanentemente, con los resúmenes (en inglés y español) de los resultados de las investigaciones financiadas por COLCIENCIAS a partir de 1991 (ya ha sido implementado por el PNCTM).
- b. Redes de investigación**
- Es importante apoyar y fortalecer las redes de investigación existentes y fomentar que grupos e instituciones se vinculen a aquellas internacionales con más inherencia en su campo de acción:
- A la Red CARICOMP deben vincularse otras instituciones o grupos colombianos que hacen investigación en arrecifes



- coralinos y que podrían contribuir, con trabajos en su área geográfica de influencia, al entendimiento de la problemática del deterioro generalizado (global) de los arrecifes coralinos.
- Apoyo al nacimiento de la Red de Investigación en Sistemática y Taxonomía la cual está siendo gestada en la actualidad por un grupo de investigadores de la Universidad Nacional y del INVEMAR.
 - Apoyo a la Red de Estuarios conformada recientemente bajo el liderazgo de Universidad del Valle.
 - Ingreso, por parte de las instituciones con inherencia en el tema, a «Reef Base» y Fish Base», no solo como receptores de información sino aportando información a las mismas.
 - Participación de instituciones colombianas pertinentes, en redes y actividades internacionales relacionadas con el estudio y predicción del fenómeno de «El Niño» o de otros específicos relacionados con el cambio climático global.
 - Participación en la Red "Consorcio de Investigaciones del Pacífico Oriental" (CIPO) para el desarrollo de programas de investigación sobre los impactos biológicos y socioeconómicos del cambio climático en los recursos pesqueros.
- ### 3. Apropiación social del conocimiento
- De una muestra de 32 proyectos finalizados entre 1991 y 1995, solamente un 38% produjeron publicaciones en revistas arbitradas y de éstos solamente un 2% publicaron resultados en revistas indexadas. Un 53% se quedó como literatura gris (tesis, informes técnicos) y un 9% produjo libros, manuales o atlas que fueron difundidos ampliamente.
- Se detecta por lo tanto la necesidad de fomentar e impulsar la divulgación de los resultados de las investigaciones en forma de publicaciones científicas. Esta es la manera más confiable y expedita de evaluar la calidad de la investigación y de lograr que genere un impacto, tanto en el conocimiento de los grupos de



investigación como en el aporte al conocimiento y en la solución de problemas concretos. Para lo anterior, cada proyecto financiado deberá tener compromisos concretos de publicación de resultados en revistas arbitradas o, preferiblemente, indexadas.

Aparte de continuar fortaleciendo la calidad de las revistas científicas nacionales que fueron escalafonadas por COLCIENCIAS, es necesario promover la publicación de los resultados de la investigación en revistas internacionales arbitradas e indexadas. El Consejo del PNCTM utilizará como criterio importante, para la evaluación de proyectos y asignación de recursos financieros, la calidad de la estrategia de comunicación propuesta así como el grado de publicación de resultados de proyectos anteriores realizada por los autores del proyecto.

Es importante también promover la publicación de los resultados que son aplicables o de directo interés para los sectores ambiental, acuacultor, pesquero o turístico, en forma divulgativa a manera de libros, cartillas, vi-

deos, etc. Así mismo, se debe hacer difusión periódica del conocimiento producido al sector educativo para que la ciencia y tecnología marina sea involucrada a la cultura nacional.

Por otro lado, periódicamente se deberán divulgar, a través de medios fácilmente accesibles (Internet, televisión, radio, prensa) los resúmenes de los resultados de las investigaciones realizadas en el SNCT. Esto propenderá porque la sociedad en general, conozca y entienda la importancia que tiene el conocimiento científico de nuestros ecosistemas marinos y el desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de sus recursos, en el desarrollo sostenible del país.

III. INTERACCIÓN CON OTROS PROGRAMAS NACIONALES

Se deberá fomentar una mayor articulación y trabajo conjunto entre el Programa de Ciencia y Tecnología del Mar y otros Programas Nacionales, especialmente en lo referente a proyectos que pueden o deben tener



nexos o participación cercana del sector privado. Lo anterior se da especialmente en los proyectos de acuicultura, para cuya evaluación y estrategia de financiación se deberá contar con la participación del Programa Nacional de Ciencias Agropecuarias. Las actividades de investigación en acuicultura y en pesquerías son, dentro del PNCTM, quizá las que más claramente pueden ser de interés para el sector productivo y para las cuales se debe exigir mayor participación, tanto conceptual como monetaria, de la industria acuicultura y pesquera.

Se visualiza además la necesidad de activar la relación y comunicación con los Programas de Ciencias del Medio Ambiente y Hábitat, Biotecnología y Ciencias Sociales. Con el primero se ha trabajado conjuntamente en la evaluación y programación del acompañamiento técnico a los proyectos de los Institutos del Ministerio del Medio Ambiente financiados por el Fondo Especial Ambiental. Con Biotecnología se contemplan actividades conjuntas para el proceso de evaluación de propuestas

de investigación y definición de prioridades especialmente en lo relativo a utilización de la biodiversidad marina. Con Ciencias Sociales es muy importante la interacción en lo relativo a problemas ambientales de la zona costera/marina ocasionados por actividad antropogénica o con repercusión sobre comunidades humanas.

Por la naturaleza misma del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar, la mayoría de sus actividades son de orden e impacto regional. Se deberá promover una mayor interacción con las comisiones regionales del Caribe y Pacífico, especialmente para la identificación de prioridades y formulación de propuestas de investigación orientadas hacia la solución de problemas particulares de las regiones. Así mismo, esta interacción y coordinación es fundamental para definir planes de capacitación de investigadores en estas regiones y de apoyo a universidades y centros regionales que requieran asesoría y acompañamiento para la formulación y ejecución de sus investigaciones.



IV. POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS DE LARGO PLAZO

A continuación se sintetizan las principales políticas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar cuya definición se basa en gran medida en los problemas y objetivos definidos en el presente Plan Estratégico y hacia cuyo cumplimiento se orientará el trabajo del Consejo del PNCTM.

- Apoyo a proyectos y programas de investigación teniendo como base principal los principios de calidad, pertinencia (impacto) y eficiencia.
- Fortalecimiento de la capacidad de investigación mediante apoyo al recurso humano en la forma de: becas doctorales, asesoría en etapas pre-proyecto para formulación de proyectos de investigación, acompañamiento/asesoría durante la ejecución de proyectos, apoyo a pequeñas propuestas de investigadores o grupos jóvenes e incipientes.
- Articulación entre la investigación y los usuarios de los resultados y del conocimiento producidos por ésta, mediante el fomento de proyectos y programas desde los cuales se plantean asociaciones interinstitucionales y claras estrategias de transferencia de resultados y/o tecnologías.
- Exigencia de publicación científica de resultados en revistas internacionales de reconocido prestigio, como estrategia para validación y evaluación de la calidad científica de las investigaciones y de difusión de resultados a la comunidad científica.
- Trabajo pro-activo de los Consejeros en su sector y de la Secretaría Técnica con los investigadores y grupos, para mejorar la calidad de los proyectos presentados al Consejo así como la calidad de los resultados producidos y el grado de aplicación de éstos en el sector o actividad pertinente.
- Fomento a la articulación interinstitucional para una mayor eficiencia en la inversión en proyectos y programas de investigación.



*La adopción de tecnologías cubanas para el cultivo de la ostra de mangle, *Crassostrea rhizophorae*, por parte del INPA en el estuario de Cispata, se constituye en una alternativa económica para los pescadores de la zona y contribuye a diversificar la acuicultura nacional (Fotografía de Horacio Rodríguez)*

CAPÍTULO III



IMPLEMENTACIÓN

I. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL Y DE COORDINACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO

Papel del Secretariado Técnico

- Fomento y acompañamiento a la formulación de proyectos y programas mediante un sistema interactivo con los grupos o instituciones identificados como potenciales actores en las áreas prioritarias de investigación.
- Diagnósticos periódicos de la situación y avance de las Ciencias del Mar en el país y diseño permanente de estrategias para el fomento y consolidación de la investigación marina.
- Diseño y puesta en marcha de formas de seguimiento y evaluación de programas y



proyectos y de su impacto en el desarrollo sostenible del país y en la consolidación de la capacidad científica nacional.

- Coordinación y liderazgo para la permanente actualización del Plan Estratégico del PNCTM.

Instituciones

Por su grado de madurez en investigación marina y su relativo estado de consolidación, las siguientes instituciones tienen un papel clave en la implementación del Plan:

- INVEMAR
- Universidad del Valle
- Universidad Nacional de Colombia
- INPA
- CENIACUA
- CIOH
- CCCP
- Universidad EAFIT

Deben hacerse partícipes del proceso:

- Universidad de la Guajira
- Universidad del Magdalena

- Universidad del Atlántico
- Universidad de Cartagena
- Universidad de Córdoba
- Universidad de Antioquia
- Universidad Jorge Tadeo Lozano
- Corporaciones Autónomas Regionales con inherencia en zonas marinas
- ONG's

Para insertarse en el proceso, estas últimas entidades deberán vincular personal científico de alto nivel académico, participar de los comités técnicos temáticos y comprometerse con algunos componentes de las agendas temáticas de investigación a desarrollar.

II. ESTRATEGIA DE FINANCIACIÓN Y ASPECTOS PRESUPUESTALES

Se identifican las siguientes fuentes de recursos para la financiación de las líneas de investigación, actividades de capacitación, sistemas de información, implementación de redes, etc. planteadas en el Plan Estratégico:



- Recursos ordinarios de COLCIENCIAS para proyectos de investigación básica, estratégica y aplicada.
- Recursos ordinarios de la Fundación para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología del Banco de la República.
- Recursos del Fondo FEN en el marco de sus convocatorias para financiación de proyectos de investigación científica.
- Sistema Integrado de Financiación, mediante alianzas estratégicas, compuesto por fondos de COLCIENCIAS, Ministerio del Medio Ambiente, Ministerio de Agricultura (Fondo Pronatta), Ministerio de Desarrollo, Ministerio de Vías y Transporte y sector productivo (alianzas universidad-empresa) para financiación de investigaciones estratégicas. Se mantiene la especificidad de cada una de las fuentes y de los criterios y enfoques que cada una maneja.
- Recursos de la Unión Europea para proyectos de interés multinacional (2 o más países incluyendo siempre alguno de la UE) en temas relacionados con cambio global, problemas ambientales o de aprovechamiento de recursos en cuencas oceánicas de interés común.
- Recursos de programas internacionales como UNESCO, PNUD, LOICZ, GEF, a través de proyectos que se enmarquen en los objetivos de éstos.
- Cooperación Internacional con países tales como Alemania, Canadá, Chile, Japón en temas relacionados con problemáticas de calidad ambiental, acuicultura y desarrollo pesquero.

III. SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

Para el seguimiento y evaluación de los proyectos y programas de investigación, así como del impacto de sus resultados sobre el desarrollo del país, se deberá diseñar y montar un Sistema de Evaluación y Seguimiento que verifique el cumplimiento de los objetivos de política, científicos, institucionales, y de impacto, a través de la utilización de indicadores tales como:

- Indicadores de calidad de las investigaciones: Publicaciones



científicas en revistas arbitradas y preferiblemente indexadas.

- Indicadores de impacto de los resultados de la investigación en el diseño de política y normatividad ambiental y pesquera: Planes de manejo u ordenamiento producidos con base en la información científica obtenida, normas y regulaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros, acuícolas y metabolitos secundarios.
- Indicadores de difusión a la sociedad civil: libros, atlas, cartillas o videos producidos, de carácter divulgativo y didáctico.
- Indicadores de cumplimiento del Plan: Proyectos finalizados o en ejecución que abordan las prioridades de investigación definidas en el Plan Estratégico; convenios interinstitucionales para la realización de actividades conjuntas de investigación; funcionamiento de los grupos o comités de trabajo para la elaboración, actualización y seguimiento de las agendas de investigación; nacimiento de grupos de investigación en áreas priorita-

rias determinadas por el Plan; mayor producción intelectual de los grupos de investigación; número de profesionales realizando estudios de doctorado; número de nuevos doctores posicionados en los centros de investigación o universidades liderando agendas de investigación.

- Indicadores de fortalecimiento de la capacidad científica: grupos de investigación reconocidos a nivel nacional e internacional e integrados por personal de alto nivel académico.
- Indicadores de impacto en el sector productivo: Incremento en productividad sostenible del sector pesquero o acuacultor como consecuencia de la utilización de resultados de investigación científica y de aplicación directa de desarrollos tecnológicos.

IV. DIFUSIÓN Y USO DEL CONOCIMIENTO

Con el objeto de garantizar un impacto real de los resultados de la investigación se requiere in-



volucrar en el sistema a las entidades que son usuarias reales o potenciales de estos resultados. Entre éstas se pueden mencionar las siguientes:

- Ministerio del Medio Ambiente
- Ministerio de Agricultura
- Ministerio de Desarrollo
- Ministerio de Educación
- Corporaciones Autónomas Regionales con inherencia en zonas costeras y en el río Magdalena
- INPA
- Departamento Nacional de Planeación
- Sector Productivo Acuacultor: Acuanal
- Sector Productivo Pesquero: Cámara Pesquera de la ANDI

Además, se deberán implementar los mecanismos expuestos en las secciones de "Problemas para el Alcance de la Misión y Objetivos" (PROBLEMA 3 pg. 66), "Sistemas de Información y Redes de investigación" (pg. 85) de este Plan Estratégico.

En 1998 se está cofinanciando la formulación del primer

"Proyecto Estratégico de Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC)" como una estrategia fundamental para generar un impacto real de los resultados de las investigaciones científicas sobre las zonas costeras. A través de este proyecto de investigación-acción, multidisciplinario e intersectorial, se deberá *concretar el conocimiento para la acción* mediante la formulación de Planes de Manejo Ambiental para el Golfo de Morrosquillo y la Bahía de Málaga.

V. COOPERACIÓN Y/O RELACIONES INTERNACIONALES

- Con la Universidad de South Carolina: interés en ecología estuarina y en trabajar conjuntamente con entidades como Universidad del Valle, INVE-MAR y Universidad Jorge Ta-deo Lozano.
- Universidad del Suroeste de Louisiana: Interés en trabajar conjuntamente con INVEMAR en la problemática de restauración de manglares. Existe ya un proyecto de investigación en ejecución, elaborado conjunta-

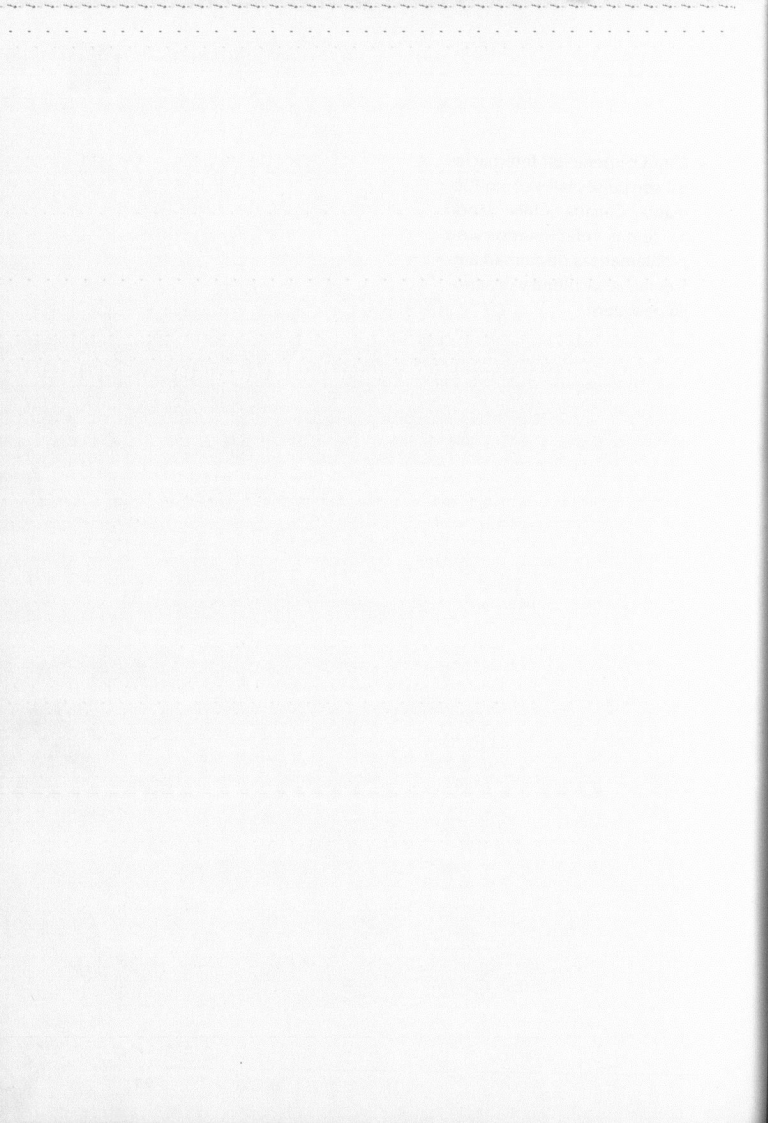


mente y cofinanciado, a través de COLCIENCIAS, por el Fondo Especial Ambiente del Ministerio del Medio Ambiente.

- Universidades de Giessen (Alemania) y de Amsterdam (Holanda): Interés en continuar haciendo investigaciones conjuntas a través de estudiantes doctorales (Colombianos o de esos países) que realicen sus tesis en Colombia. Implica además la visita de profesores/investigadores de esas instituciones a Colombia para dictar conferencias y cursos, participar en talleres, asesorar investigaciones.
- GTZ de Alemania: Actualmente presente en el Proyecto de Rehabilitación de la CGSM como apoyo al fortalecimiento institucional de Corpamag y en Corponariño como apoyo para el manejo de los manglares del departamento. Se amerita fortalecer su componente de apoyo al sector investigador, concretamente en instituciones como INVEMAR, Universidad del Magdalena, Universidad del Valle, INPA para proyectos tendientes a desarrollos de acuicultura o de la pesca artesanal y a rehabilitación ambiental.
- Comunidad Económica Europea: Actualmente presente en el Programa INPA-VECEP que realiza evaluación de recursos pesqueros y fomento a la producción artesanal en el Caribe y Pacífico colombianos. Se amerita buscar cooperación y asesoría para otras entidades a través de proyectos orientados hacia la producción de Planes de Manejo de Ambientes y Recursos Marinos así como efectos del cambio global sobre ambientes y recursos en cuencas oceánicas de interés común.
- Universidad de Bordeaux: Actualmente presente de forma puntual en algunas asesorías a EAFIT y CIOH. Se amerita el fomento de esta cooperación para las actividades de investigación en Geología Marina y para fortalecimiento de la capacidad del recurso humano en esta disciplina a través de estudios de posgrado, asesorías y participación en proyectos específicos y trabajo continuado con grupos jóvenes de investigación.



- Otra Cooperación Internacional con países tales como Alemania, Canadá, Chile, Japón en temas relacionados con problemáticas de calidad ambiental, acuicultura y desarrollo pesquero.



SIGLAS EMPLEADAS

ACCEFYN	Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
ACUJANAL	Asociación Nacional de Acuicultores de Colombia
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CCCP	Centro de Control de Contaminación del Pacífico
CCO	Comisión Colombiana de Oceanografía
CEINER	Centro de Investigaciones, Educación y Recreación de las Islas del Rosario
CENIACUA	Corporación Centro de Investigación de la Acuicultura de Colombia
CGSM	Ciénaga Grande de Santa Marta
CIOH	Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas
COLCIENCIAS	Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco José de Caldas"
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica
CORALINA	Corporación Autónoma Regional de San Andrés y Providencia
CORPAMAG	Corporación Autónoma Regional del Magdalena
CPNCTM	Consejo del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar
CYTED	Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo
DIMAR	Dirección General Marítima
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
GEF	Global Environmental Facility
IAI	Interamerican Institute
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IEC	Instituto de Estudios Carbeños-Univ. Nal. de Colombia
INGEOMINAS	Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras
INPA	Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura
INVEMAR	Instituto Nacional de Investigaciones Marinas y Costeras de Punta Betín "José Benito Vives d'Andreis"
LOICZ	Land Ocean Interactions in the Coastal Zone
MIZC	Manejo Integrado de Zonas Costeras
ONG	Organización no Gubernamental
PDCTM	Plan para el Desarrollo de las Ciencias y Tecnologías del Mar en Colombia 1990-2000
PNCTM	Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
RMS	Rendimiento Máximo Sostenible
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SNCT	Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología
UE	Unión Europea
UJTL	Universidad Jorge Tadeo Lozano
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Tecnología
ZEE	Zona Económica Exclusiva



Los estudios sobre productos naturales presentes en esponjas y otros invertebrados de los arrecifes corallinos de los mares colombianos, contribuyen a la caracterización y valoración de la biodiversidad marina colombiana y a la identificación de sustancias promisorias en las industrias química y farmacéutica (Fotografía de Germán Bula)

ANEXOS

TABLA 1. Demanda total de proyectos de investigación 1991-1998

Proyectos	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	TOTAL
Aprobados	13	8	12	7	10	12	9	10	81
Negados	1	5	12	2	7	29	25	22	103
Negados	1	5	12	2	7	29	25	22	103
Total	14	13	24	9	17	41	34	32	184

TABLA 2. Demanda total anual de recursos y de proyectos (a precios constantes de 1991, valores en millones de pesos)

Año	Proyectos Negados	Recursos Negados Colc.+Contrap.	Proyectos Aprobados	Recursos Aprobados Colc.+Contrap.	Demanda Total Proyectos	Demanda Total Recursos
1991	1	43,1	13	857,4	14	900,5
1992	5	320,1	8	919,8	13	1.239,9
1993	12	841,7	12	816,9	24	1.658,7
1994	2	15,2	7	734,3	9	749,5
1995	7	993,0	10	861,9	14	1.855,0
1996	29	3.560,7	12	1.576,7	41	5.137,4
1998	22	2.933,8	10	695,8	32	3.629,7
Total	103	11.133,4	81	7.310,2	184	18.443,6

Tabla 3. Total de recursos invertidos por el PNCTM-COLCIENCIAS y por Contrapartida y número de proyectos aprobados según sistema-objeto (a precios constantes de 1991, valores en millones de pesos)

SISTEMA-OBJETO	PNCTM-COLCIENCIAS	CONTRAPARTIDA	COSTO TOTAL (Colc. + Contrap.)	Número
Arrecifes de coral	699,4	686,0	1.385,4	16
Mamíferos marinos	113,8	144,8	258,6	3
Plataforma, talud, y ZEE	485,2	818,0	1.303,2	12
Recursos Continentales	258,6	195,8	454,4	10
Sistema estuarino	914,2	1.091,8	2.006,0	22
Sistema de Acuicultura	739,1	1.088,9	1.828,1	16
Otros	47,5	26,8	74,3	2
TOTAL	3.257,9	4.052,3	7.310,2	81

Tabla 4. Número de proyectos aprobados anualmente según sistema-objeto

Línea de investigación	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	Total
Autoecología de organismos	1	1	1	1	2	1	2	0	9
Calidad ambiental	1	3	1	0	1	0	1	1	8
Caracterización ambiental/Valoración de la Biodiversidad	1	0	0	0	1	0	0	3	5
Desarrollo tecnológico	0	0	4	0	1	2	1	3	11
Estructura y función	7	4	4	3	2	3	4	1	28
Evaluación de recursos aprovechables	3	0	2	2	1	2	1	1	12
Información	0	0	0	1	1	1	0	0	3
Modelación	0	0	0	0	1	3	0	0	4
Sistemática y taxonomía	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Total	13	8	12	7	10	12	9	10	81

Tabla 5. Número de proyecto aprobados anualmente según sistema-objeto

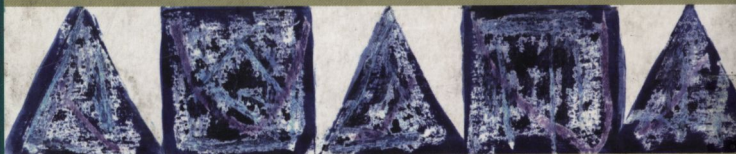
Sistema-Objeto	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	Total
Arrecifes de coral	2	0	4	0	1	3	4	2	16
Mamíferos marinos	0	1	0	1	1	0	0	0	3
Plataforma, talud, y ZEE	2	1	0	1	3	2	1	2	12
Recursos Continentales	5	0	1	0	3	1	0	0	10
Sistema estuario	2	6	3	2	2	3	1	3	22
Sistema de Acuicultura	2	0	4	2	0	2	3	3	16
Otros	0	0	0	1	0	1	0	0	2
Total	13	8	12	7	10	12	9	10	81

Tabla 6. Total de recursos invertidos por el PNCTM-COLCIENCIAS y por contrapartida según línea de investigación (a precios constantes de 1991, valores en millones de pesos)

Línea de Investigación	Número	PNCTM- Colciencias	Contrapartida	Costo Total
Autoecología de organismos	9	299,3	356,8	656,0
Calidad ambiental	8	296,7	237,6	534,4
Caracterización /Valoración de la Biodiversidad	5	282,7	273,9	556,6
Desarrollo tecnológico	11	415,0	535,5	950,5
Estructura y función	28	1.285,5	1.554,4	2.839,8
Evaluación de recursos aprovechables	12	481,5	723,4	1.204,9
Información	3	81,0	118,9	200,0
Modelación	4	101,1	236,5	337,6
Sistemática y taxonomía	1	15,0	15,1	30,2
Total	81	3.257,9	4.052,3	7.310,2

La planeación estratégica, las agendas de investigación orientadas a la resolución de problemas nacionales, el fortalecimiento de la comunidad científica y una verdadera articulación entre investigadores y usuarios del conocimiento científico, son la base para generar la capacidad de aplicar las ciencias y tecnologías del mar en la conservación y el desarrollo sostenible de los recursos marinos y costeros de Colombia.

Programa Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar.
COLCIENCIAS



E-mail: info@colciencias.gov.co
Transversal 9A No. 133-28
Teléfono (91) 2169800
Fax: 6251788
Santa Fe de Bogotá, D.C., Colombia

CENTRO DE DOCUMENTACION



01005092

COLCIENCIAS