

## Ecosistemas de manglar, variabilidad climática y producción de camarones en el área costera del Pacífico colombiano

Ricardo Álvarez-León \*, Javier A. Díaz-Ochoa \*\* & Eunice Ñañez-Martínez \*\*\*

### Resumen

**Ecosistemas de manglar, variabilidad climática y producción de camarones en el área costera del Pacífico colombiano.**

Se presenta una síntesis de características geomorfológicas, climáticas y biológicas en el área costera del Pacífico colombiano dentro de la cual se desarrollan las pesquerías del camarón blanco (*Litopenaeus occidentalis*, *L. vannamei* y *L. stylirostris*). Se analizan en particular las características del ciclo vital de *L. occidentalis*, única especie para la cual se cuenta con información en el área de estudio. Las diferentes etapas del ciclo vital de esta especie son puestas en el contexto de la variabilidad ambiental resumida por factores, o "proxies", como la cobertura de manglares ribereños (áreas de crianza), nivel del mar (mecanismos de transporte y retención de estadios tempranos del desarrollo), viento, precipitación y caudal de ríos (disponibilidad de nutrientes, salinidad, transparencia del agua). Para el período comprendido entre 1968 y 1998, se establece que las tendencias de largo plazo observadas en la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la pesquería industrial, están asociadas significativamente ( $r^2 = 0.47$ ,  $p < 0.01$ ) con la variabilidad en la precipitación y el nivel medio del mar en

### Abstract

**Mangrove ecosystems, climate variability and shrimp production in coastal area of the Colombian Pacific.**

Here we present a synthesis of geomorphological, climatic and biological features for the coastal zone of the Colombian Pacific, an area where a fishery targeted to the white shrimp (*Litopenaeus occidentalis*, *L. vannamei* y *L. stylirostris*) is carried out. In particular, we analyze several characteristics of the life cycle of *L. occidentalis*, the only species for which there are data available in the study area. The various development stages of the species are put into a context of the environmental variability summarized by proxies such as riverine mangrove cover (nursery habitat), sea level height (early development stages transport and retention mechanisms), winds, precipitation and runoff (nutrients availability, salinity, water transparency). For the period between 1968 and 1998, we establish that the long-term trends of the catch per unit of effort (CPUE) of the industrial fishery, are significantly associated ( $r^2 = 0.47$ ,  $p < 0.01$ ) with precipitation and mean sea level measured at Buenaventura, during December and April (northern hemisphere winter). Despite the El

### Résumé

**Écosystèmes de la mangrove, variabilité climatique et production de crevettes dans la zone côtière du Pacifique colombien.**

Nous présentons une synthèse des caractéristiques géomorphologiques, climatiques et biologiques de la zone côtière du Pacifique colombien, zone dans laquelle se développe la pêche de la crevette blanche (*Litopenaeus occidentalis*, *L. vannamei* et *L. stylirostris*). Nous analysons en particulier les caractéristiques du cycle biologique de *L. occidentalis*, la seule espèce pour laquelle des informations sont disponibles dans la zone d'étude. Les différentes étapes du cycle de vie de cette espèce sont placées dans le contexte de la variabilité environnementale résumées par des facteurs, ou "proxies" tels que la couverture des mangroves côtières (zones de reproduction), le niveau de la mer (transport et mécanismes de rétention des stades de développement précoce), le vent, les précipitations et le débit fluvial (disponibilité des éléments nutritifs, salinité, clarté de l'eau). La période de 1968 à 1998, indique que les tendances à long terme observées dans les captures par unité d'effort (CPUE) de la pêche industrielle, sont significativement associées ( $r^2 = 0.47$ ,

\* Fundación Maguaré, Mamizales, Caldas, Colombia.

Correo electrónico: alvarez\_leon@yahoo.com

\*\* Departamento de Oceanografía y Centro de Investigación Oceanográfica en el Pacífico Sur Oriental (FONDAP-COPAS), Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile.

Correo electrónico: jadiaz@udec.cl

\*\*\* Ñañez-Martínez Asociados, Bogotá, D.C., Colombia.

Correo electrónico: enanez@hotmail.com

Buenaventura, entre diciembre y abril (invierno del hemisferio norte). A pesar de que los eventos de El Niño Oscilación del Sur alteran en forma profunda los regímenes de precipitación en el área, sus efectos en el largo plazo sobre la abundancia del camarón son más bien modestos. Sin embargo, existe un importante porcentaje de varianza de la CPUE sin explicar el cual probablemente está asociado con el impacto antropogénico derivado de la sobrepesca, así como la destrucción de manglares ribereños en algunas de las áreas de crianza más importantes.

Niño Southern Oscillation events have a profound effect on precipitation regimes in the region; their influence on the long-term shrimp abundance seems modest. However, a substantial proportion of CPUE variance remains not explained and is probably associated with anthropogenic impacts such as over fishing and riverine mangrove destruction in several of the most important nursery areas.

$p < 0.01$ ) à la variabilité des précipitations et le niveau moyen de la mer à Buenaventura, entre Décembre et Avril (période hivernale dans l'hémisphère nord). Bien que les événements de l'oscillation australe de El Niño modifient profondément la configuration des précipitations dans la région, ses effets à long terme sur l'abondance de la crevette sont plutôt modestes. Toutefois, une variation importante de la CPUE reste sans explication mais serait probablement associée aux impacts anthropiques résultant de la surpêche et de la destruction des mangroves côtières dans certaines des plus importantes zones de reproduction.

**Palabras clave:** Alteraciones antropológicas, fenómenos naturales, manglares, camarones, Colombia.

**Key words:** Anthropogenic tensors, Colombia, mangroves, natural phenomena, shrimps.

**Mots clefs:** perturbations anthropiques, phénomènes naturels, les mangroves, crevettes, Colombie.

## Introducción

Esta contribución presenta una síntesis de características geomorfológicas, climáticas y biológicas en el área costera del Pacífico colombiano dentro de la cual se desarrollan las pesquerías del camarón blanco (*Litopenaeus occidentalis*, *L. vannamei* y *L. stylirostris*). Constituye el objetivo principal de este trabajo establecer un marco teórico objetivo, el cual aún no ha sido formulado explícitamente para el área de estudio, pertinente para la formulación de hipótesis *a priori* (e.g. Tyler 1992) sobre la relación ambiente-recurso de las especies antes mencionadas.

Como parte de un marco *a priori* para relaciones ambiente-recurso, se analizan las características del ciclo vital de *L. occidentalis*, única especie del grupo de "camarones blancos" con información para el área de estudio. Además, las diferentes etapas del ciclo vital de esta especie son puestas en el contexto de la variabilidad ambiental resumida por factores (*proxies*) como la cobertura de manglares ribereños (áreas de crianza), nivel del mar

(mecanismos de transporte y retención de estadios tempranos del desarrollo), viento, precipitación y caudal de ríos (disponibilidad de nutrientes, salinidad, transparencia del agua). Finalmente, se utilizan series de tiempo de captura y esfuerzo recopiladas entre 1968 y 1998, acompañadas por registros de precipitación y nivel medio del mar en el área de Buenaventura, así como información sobre la evolución en la cobertura de floresta de manglar en la línea de costa, con el fin de contrastar algunas de las asociaciones establecidas *a priori*.

## Características geomorfológicas

La costa colombiana sobre el Pacífico se extiende entre 1°25'-7°16'N y 77°20'-84°30'O, pero es solamente a lo largo de la plataforma continental, entre Cabo Corrientes y la Ensenada de Tumaco, que tradicionalmente se ha realizado el aprovechamiento comercial del camarón blanco (Fig. 1). Esta franja costera se caracteriza por presentar una extensa cobertura de manglares que hacen parte de los bosques que van desde el

sur de México hasta el norte del Perú (Meyer & Rodríguez 1997). En el norte de la costa los manglares son pequeños, crecen en terrenos inundados periódicamente por la marea y reciben material arrastrado por la lluvia desde el continente. Estos bosques están dominados por el mangle piñuelo (*Pelluciera rhizophorae*) y barras de arena los protegen del oleaje. Al sur de Cabo Corrientes (delta del río San Juan, sur de Buenaventura, Guapi y Tumaco) abundan las formaciones de manglar ribereño constituido principalmente por mangle rojo (*Rhizophora mangle*), piñuelo (*P. rhizophorae*) y ocasionalmente nato (*Mora oleifera*) (Fig. 1) (Cantera-Kintz 1995). Es de notar que el manglar ribereño constituye un ambiente de protección y alimentación por excelencia para las postlarvas y juveniles de diferentes especies de camarones peneidos en las zonas tropicales (García & Le Reste 1986, Primavera 1998).

Al norte de Cabo Corrientes la costa está dominada por acantilados correspondientes a las estribaciones de la Serranía del Baudó, en donde existen algunas zonas de manglar al

interior de pequeñas cuencas de sedimentación protegidas por barras arenosas. Más al sur, la costa es de tipo sedimentario y se forma una gran llanura costera interrumpida por acantilados en los sectores de Pichidó, Tortugas y la Ensenada de Tumaco (Prahl *et al.* 1990). Al sur las planicies costeras limitan con el mar a través de cadenas de islas de barrera. Estas islas se han originado por subsidencia o hundimiento paulatino y diferencial implicando la colonización de nuevas áreas por el manglar (Martínez & Carvajal 1990). Además, se pueden diferenciar tres regiones según su geomorfología, topografía y altitud. La primera región corresponde a terrenos planos de la llanura costera fluvio-marina, la segunda a zonas de terrazas y vegas con disecciones, a veces muy pronunciadas, que alternan con interfluvios relativamente planos, y la tercera la constituyen colinas que dan la apariencia de lomeríos (Anónimo 1995). Las grandes cuencas de sedimentación y planicies costeras aluviales al sur de Cabo Corrientes están sometidas a mareas amplias y a corrientes de

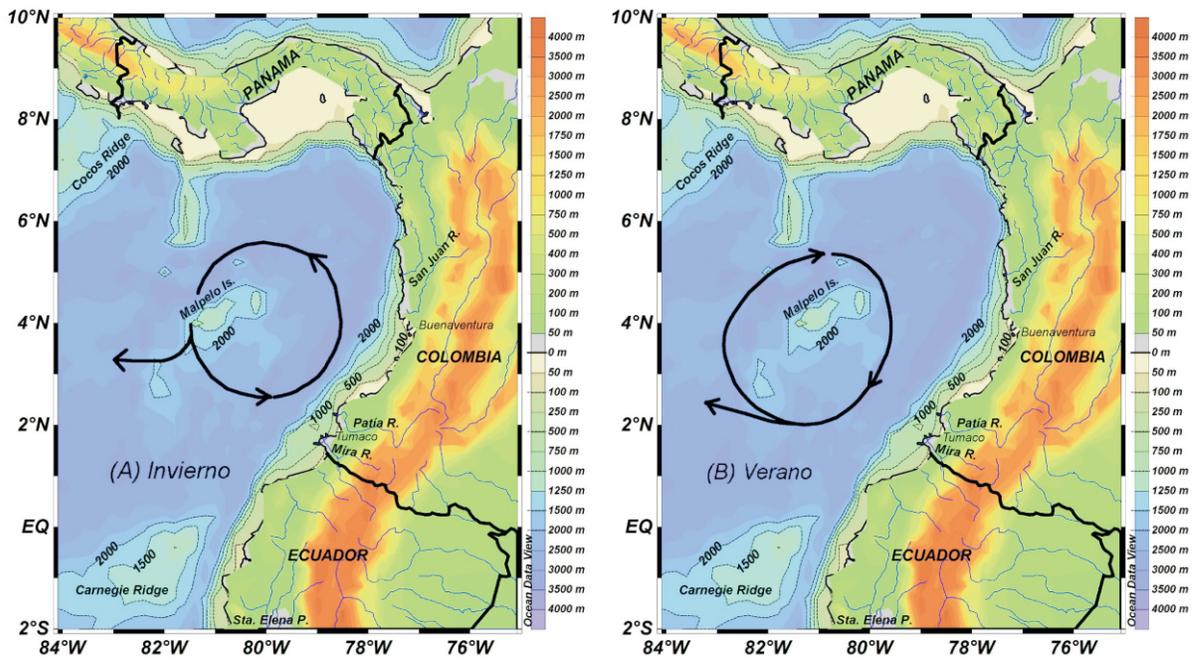


Figura 1. Áreas en donde se captura el camarón blanco (*Litopenaeus occidentalis*, *L. vannamei* y *L. stylirostris*). Esta actividad se desarrolla primordialmente en aguas someras (0- ~40 m) entre Tumaco (1°45'N) y Cabo Corrientes (05°29'N). Las flechas esquematizan los patrones de circulación de gran escala durante el invierno (A) y el verano (B) del hemisferio norte (modificado de Devis-Morales *et al.* 2008).

agua dulce que transportan sedimentos. La expansión del borde continental hacia el mar, sin embargo, es contrarrestada por tendencias erosivas asociadas con el ascenso del nivel del mar y subsidencia diferencial. En efecto, los rasgos erosivos se ven incrementados por el oleaje fuerte, las marejadas, la disminución sectorial de la sedimentación y la mayor frecuencia de tormentas durante eventos El Niño (Martínez & Carvajal 1990).

### Climatología y circulación del mar

El Pacífico colombiano está ubicado en la zona tropical, área que en gran escala se caracteriza por la convergencia de masas de aire húmedo ascendentes que conforman una nubosidad extendida y precipitaciones altas (Philander 1990). Al norte de la línea ecuatorial la convergencia de los vientos alisios del NE y del SE origina la Zona de Convergencia Inter-Tropical (ZCIT) cuyas migraciones anuales abarcan desde 2°N en marzo hasta 13°N en septiembre (Philander 1990, Tchantsev & Cabrera 1998). En particular, los vientos alisios del NE son más activos en noviembre-mayo pero se debilitan considerablemente durante los meses siguientes hasta llegar a velocidades mínimas en septiembre. A la inversa, los alisios del SE son más intensos desde junio-noviembre cuando actúan en dirección a la costa (Tchantsev & Cabrera 1998). Datos del satélite NSCAT para el período noviembre de 1996 a junio de 1997 indican que la actividad de los vientos hacia la costa puede prolongarse hasta noviembre-enero, pero durante los meses siguientes los mismos cambian de dirección siendo paralelos o hacia fuera de la costa (Rodríguez 1999).

Recientemente, se ha descrito que la circulación en la ensenada de Panamá no está dominada exclusivamente por el giro ciclónico asociado con el viento de la Corriente de Chorro de Panamá cuya mayor intensidad se desarrolla durante el invierno del hemisferio norte (marzo) (Forsbergh 1969, Devis-Morales *et al.* 2008). De hecho, dicha circulación se invierte durante el verano (septiembre) conformándose un giro anti-ciclónico asociado con la intensificación de los vientos del SW (Corriente de Chorro del

Chocó) y la desaparición de la Corriente Costera de Colombia (Rodríguez-Rubio *et al.* 2003, Devis-Morales *et al.* 2008; Fig. 1).

Rodríguez & Stuardo (2002) notaron que la disminución de la temperatura superficial del mar (TSM) en el norte del Pacífico colombiano, con valores por debajo de 26°C, se origina por el afloramiento al norte del golfo de Panamá (5°N) entre marzo y abril. Es precisamente durante el invierno cuando se conforma una estructura tipo domo con una termoclina más somera (~30 m) que durante los meses de verano (~50 m) (Devis-Morales *et al.* 2008). Esta estructura, no obstante, no es tan evidente en la zona costera ya que la termoclina permanece relativamente profunda ( $\geq 50$  m) todo el año. Por su parte, la circulación geostrófica muestra corrientes marinas superficiales hacia y a lo largo de la costa en sentido sur-norte durante el invierno mientras que las mismas se dirigen mar afuera en el verano (Devis-Morales *et al.* 2008; Fig. 1).

Los resultados que se mencionan en los párrafos anteriores adquieren especial relevancia porque afectan las condiciones ambientales al sur de Cabo Corrientes, área en donde tienen lugar fases críticas del ciclo vital como el asentamiento y el reclutamiento de *L. occidentalis* (Herazo-Piñeres 1981). En general, las corrientes próximas a la costa junto con el relieve costero permiten que la fuerza del viento sea uno de los factores predominantes en la determinación de los flujos y densidad de la masa de agua adyacente. A su vez, el esfuerzo del viento es importante para el éxito del reclutamiento de diferentes especies de peces y crustáceos, incluidos los camarones peneidos, en la medida que genera corrientes hacia la costa (Pérez-Farfante 1969, Shanks 1995). En especial, las mareas tienen un papel muy importante para la entrada de las postlarvas a las áreas de crianza, siendo frecuente que se concentren frente a bocas de ríos y entradas de estuarios (*e.g.* Rogers *et al.* 1993 para el camarón *Farfantepenaeus aztecus* en el golfo de México). En el área de estudio las mareas lunares son de tipo semi-diurno (Anónimo 1997) con un período de 12h 25' (Martínez *et al.*

1995), su amplitud es considerable pudiendo superar los 4 m de altura (Martínez *et al.* 1995, Anónimo 1997) y probablemente desempeñan un papel importante para el transporte de estadios tempranos de desarrollo del camarón hacia las áreas de crianza.

### Régimen hidrológico

Las variaciones de la abundancia del camarón blanco pueden estar relacionadas con la dinámica del aporte de los ríos en la zona costera (Álvarez-León & Bravo-Pazmiño 1998). Las zonas frontales de los ríos pueden constituirse en sitios de concentración y retención de los estadios tempranos. En otras partes del mundo, se han encontrado relaciones significativas entre el aporte de los ríos y la captura de camarones u otros crustáceos decápodos (*e.g.* Wilber 1994 para Florida, Evans *et al.* 1997 para Papúa, Nueva Guinea, Loneragan & Bunn 1999 para Australia, Hass *et al.* 2001 para Louisiana).

No obstante, para el Pacífico colombiano, recientemente se ha establecido que el caudal del río San Juan tiene una influencia directa no significativa sobre la abundancia de *L. occidentalis* en las áreas de pesca (Díaz-Ochoa & Quiñones 2008). Esto posiblemente se debe a que el delta del río no coincide espacialmente con las áreas de asentamiento ubicadas más al sur (*e.g.* frente a Buenaventura, golfo de Tortugas, Guapi, Tumaco). En contraste, la precipitación y las variaciones en el nivel medio del mar entre diciembre y marzo (invierno) sí explicaron un alto porcentaje de la varianza interanual del índice de abundancia de *L. occidentalis* entre 1968 y 1990 (Díaz-Ochoa & Quiñones 2008).

### El Fenómeno de El Niño

Con el término “El Niño” o “fenómeno cálido del Pacífico” suele describirse la aparición de aguas superficiales más cálidas de lo normal en el centro y oriente del océano Pacífico tropical principalmente frente a las costas del norte de Chile, Perú, Ecuador y sur de Colombia. Este calentamiento anómalo puede tener, dependiendo de la intensidad de cada

evento, consecuencias en el clima y los ecosistemas en escala local, regional o global (*e.g.* Arntz & Tarazona 1989, Philander 1990, Glantz 1998, Trenberth *et al.* 2002, Riascos 2006). El Niño se ha presentado desde tiempos inmemorables y los primeros registros datan de la época de la conquista española en territorio americano (Quinn *et al.* 1987, Anónimo 2001, García-Herrera *et al.* 2008).

Las anomalías térmicas registradas en un evento El Niño duran en promedio 12 meses aunque se han registrado eventos muy cortos de siete meses (1951) y otros muy prolongados de 18 meses (1982-1983). La intensidad del evento depende de la magnitud de las anomalías de temperatura y de presión tanto oceánicas como atmosféricas y del área cubierta por las mismas (Philander 1990, Anónimo 1998a). Además, este fenómeno no es periódico sino recurrente cada tres a siete años lo cual dificulta su predicción. Durante El Niño pueden identificarse cuatro fases: (1) inicial, (2) desarrollo, (3) madurez y (4) debilitamiento (Nicholls 1987, Philander 1990, Glantz 1998, Anónimo 1998b, McPhaden 1999). En la fase (1) se desplazan aguas cálidas ( $>29^{\circ}\text{C}$ , McPhaden 1999) desde la “poza cálida” del Pacífico occidental tropical hacia la línea de cambio de fecha ( $180^{\circ}\text{O}$ ). En la fase (2) las aguas cálidas del Pacífico occidental continúan avanzando hacia las costas suramericanas, los vientos alisios se debilitan por completo o se invierten en sentido O-E a lo largo de la línea ecuatorial. Por otra parte, la termoclina se profundiza en el este y se eleva en el oeste de la cuenca. Para la fase (3) se alcanza el máximo calentamiento de la superficie del mar frente a las costas suramericanas. Además, los vientos pueden soplar de oeste a este anulándose el afloramiento oceánico y costero (*e.g.* Philander 1990, Barber *et al.* 1996). Finalmente, en la fase (4) el evento decae y el calentamiento anómalo de las aguas del Pacífico tropical oriental desaparece casi por completo.

Asimismo, El Niño tiene efectos profundos sobre el comportamiento de la Zona de Convergencia Inter-Tropical, los cuales en el corto y largo plazo se reflejan en sus migraciones entre el norte y el sur, así como también en

los patrones de viento y temperatura superficial del mar en la Ensenada de Panamá (0-10°N y 90-100°O). Debido a que la ensenada de Panamá es el área de máxima incursión de la ZCIT en el Pacífico oriental, es aquí donde los eventos cálidos tienden a producir las mayores anomalías de precipitación (Philander 1990, Sharp 1992). De esta forma, se observa que durante El Niño la costa Pacífica a lo largo de América central y Colombia presenta precipitaciones mínimas en contraste con el área comprendida desde el norte del Ecuador hasta el norte del Perú donde se pueden presentar precipitaciones fuertes (Sharp 1992).

### Impactos de El Niño sobre los ecosistemas

En el Pacífico centro-oriental (0-10°N) en su conjunto la productividad biológica presenta un rango amplio tal como se infiere de imágenes satelitales entre noviembre de 1978 y junio de 1986 (0.04-25.6 mg/m<sup>3</sup> de clorofila-*a*, Fielder 1994). En general los sitios con mayor productividad biológica se concentran alrededor del golfo de Tehuantepec (costa central de México), golfo de Papagayo (Nicaragua) o el golfo de Panamá (Fielder 1994). Comparativamente, frente a Colombia se observan las concentraciones más bajas de pigmentos fotosintéticos (0.2-0.5 mg/m<sup>3</sup> de clorofila-*a*) (Thomas 1979, Fielder 1994). Previo al evento El Niño de 1982-1983 la producción primaria llegó al máximo durante 1981 pero después, durante el evento propiamente dicho, la productividad descendió al mínimo. Es decir que, en promedio, la clorofila-*a* satelital durante El Niño 1982-1983 disminuyó un 39%, siendo este porcentaje mayor en sentido O-E y desde la línea ecuatorial hacia el norte y el sur (Fielder 1994). Un patrón similar pudo observarse durante El Niño 1997-1998 cuando el afloramiento se redujo fuertemente y los niveles de productividad biológica fueron los más bajos del registro histórico (Chávez *et al.* 1999).

En el Pacífico colombiano información anecdótica sugiere que cuando se presenta un evento cálido se reducen las capturas del camarón blanco debido a una migración de sus poblaciones hacia el sur (Pineda-Polo 1992). En efecto, se ha informado que durante El Niño las

capturas de camarones peneidos posiblemente aumentan en Ecuador (Klima 1989) y ciertamente en el norte del Perú, en donde los eventos cálidos permiten que aumente la abundancia y las capturas de especies como *L. vannamei* (Mendo & Tam 1993).

### Vegetación anfibia y terrestre

La costa del Pacífico colombiano presenta dentro de sus límites, extensas áreas de bosques que se fueron desarrollando con base en su capacidad adaptativa al medio circundante. De esta forma, hacia el inicio del piedemonte se encuentran los bosques de colinas bajas, cuya heterogeneidad florística, ha provocado la extracción selectiva de los árboles de especies comerciales o valiosas, como el sandé (*Brosimum* sp.), el chachajo (*Aniba perulitis*), y el chanul (*Sacoglottis procera*), entre otros, tras la cual subsisten comunidades vegetales con un remanente de árboles considerados de bajo valor comercial o de uso desconocido y una fauna reducida.

Otra asociación que se observa con frecuencia en áreas inundadas por aguas de escorrentía es el catival, dominado por el cativo (*Prioria copaifera*), la cual fue sometida a intensos aprovechamientos a través del otorgamiento de concesiones en grandes áreas (Departamento del Chocó, norte de la costa Pacífica), para la extracción de madera con la finalidad de suplir la demanda nacional e internacional de maderas rollizas. A la par con estas comunidades se encuentran los bosques de guandal o mangual o pantanos de agua dulce, que reúnen un conjunto de subtipos, determinados por la presencia más o menos homogénea de algunas especies con algunas características (lenticelas en raíces y neumatóforos) que les permiten soportar inundaciones temporales. De acuerdo con ello, la presencia de la palma naidí (*Euterpe oleracea*) marca la existencia del naidizal, el sajo (*Camptosperma panamensis*), la del sajal, mientras que, algunas especies de miristicáceas como el cuángare (*Virola* spp.) y el sebo (*Dialyanthera* spp.) aparecen dominantes en los cuangariales. La extensión aproximada de éstos, incluyendo

algunos bosques mixtos, para 1976 era de 798.500 ha (Anónimo 1976).

Sobre la franja costera más externa se ubican grandes extensiones de árboles denominados mangles, dada la relativa homogeneidad en algunas características aun cuando son de familias y especies diferentes. Estos ecosistemas, definidos por la FAO (Anónimo 1994) como formaciones vegetales litorales características de las zonas costeras abrigadas tropicales y subtropicales, han sido descritos de diversas formas como: “terrenos costeros arbolados”, “bosque de marismas” y “manglar” y conforman un bosque que marca la transición entre mar y tierra (Suman 1994). Para Prah et al. (1990), con el nombre de manglar se conoce a ciertas asociaciones vegetales costeras de los trópicos y subtrópicos que tienen determinadas características comunes, a pesar de pertenecer a diferentes grupos taxonómicos. Estas características comunes son: (1) una marcada tolerancia al agua salada y salobre, sin ser plantas halófitas obligadas, (2) diferentes adaptaciones para ocupar sustratos inestables, (3) adaptaciones para intercambiar gases en sustratos anaerobios y (4) embriones capaces de flotar que se dispersan transportados por el agua.

Según las Resoluciones 1602 de 1995 y 020 de 1996 emanadas del Ministerio del Medio Ambiente de Colombia, se define como manglar los ecosistemas de las zonas costeras en los que se relacionan especies arbóreas de diferentes familias denominadas mangle, con otras plantas, con animales que allí habitan permanentemente o durante alguna fase de su vida, y con las aguas, los suelos y otros componentes del ambiente.

Para los ecosistemas de manglar del litoral del Pacífico colombiano, Prah et al. (1990), indican la presencia de cinco familias (Avicenniaceae, Caesalpiniaceae, Combretaceae, Pellicieraceae, Rhizophoraceae) y nueve especies (*Avicennia germinans*, *Conocarpus erecta*, *Laguncularia racemosa*, *Mora oleifera*, *Pelliciera rhizophorae*, *Rhizophora harrisonii*, *R. mangle*, *R. racemosa*, *R. samoensis*). Anónimo (1991) también hace mención de ésta última especie, sin embargo, es conveniente aclarar que como esta clasificación no ha sido adoptada de forma generalizada, las especies de mangle rojo se nombran como *Rhizophora* spp., teniendo en cuenta que existen dudas alrededor de la diferenciación de las especies de éste género en las costas colombianas.

La respuesta de los bosques de manglar a factores ambientales como los gradientes de salinidad, la amplitud de mareas, la estabilidad del sustrato, el aporte de nutrientes y de agua dulce, se puede observar en las variaciones estructurales de su desarrollo (Álvarez-León 1993, Tabla I). Adicionalmente, estos parámetros unidos a la micro-topografía determinan diferentes tipos de manglares: (1) de barra, (2) invertidos, (3) ribereños, (4) enanos, (5) de borde y (6) de islotes (Prah et al. 1990).

Los manglares, han soportado desde el siglo XVI extracciones de árboles para la producción de vigas y quillas para barco, con destino a países como Perú y Cuba

**Tabla I.** Características de la costa Pacífica colombiana (Álvarez-León 1993).

Zona norte	Zona sur
Plataforma continental angosta	Plataforma continental ancha
Topografía costera abrupta hasta 1500 m de altura	Topografía costera plana
Fuertes surgencias de baja intensidad	Surgencias ausentes
Alta precipitación anual (4000 -8000 mm)	Precipitación anual menor (1000 -4000 mm)
Desembocan dos ríos (San Juan y Baudó)	Desembocan tres grandes ríos y 19 menores
Aguas claras todo el año	Aguas frecuentemente turbias

(Prahl *et al.* 1990). Este aprovechamiento que se hizo más intenso desde mediados del siglo XX, cuando la producción de taninos a partir de las especies del mangle tuvo su mayor auge, comenzó a mostrar ejemplos de lo inadecuado de dichas prácticas. Así, el desperdicio de la madera por parte de las empresas productoras de taninos, las entresacas intensivas en especies como el mangle rojo (*Rhizophora* spp.) y el nato (*Mora oleifera*), el reemplazo parcial o total de áreas de nato y mangle por cultivos tradicionales, han ido en detrimento de algunas zonas de manglar. Sin embargo, en otras zonas, por razones de orden natural ha existido cierta recuperación y en especial por la acreción o el cambio de cursos de ríos.

### **Manglares ribereños como áreas de refugio y crianza**

En el hábitat espacialmente complejo ofrecido por las raíces de los árboles de mangle, los estadios tempranos de los camarones peneidos encuentran refugio de los depredadores más grandes (Rönnbäck *et al.* 2002, Nagelkerken *et al.* 2008). Simultáneamente se pone a disposición de las postlarvas y juveniles una cantidad significativa de presas de menor tamaño a través de la abundancia de nutrientes proporcionados por los sistemas fluviales (Alongi 1987, Stoner & Zimmerman 1988, Alongi 1990, McTigue & Zimmerman 1991, Lee 1999). Esto sin embargo, ha sido propuesto para algunos ecosistemas de manglar principalmente del Indo-Pacífico, siendo aún poca la evidencia que apoye alguna de estas hipótesis en el Pacífico colombiano.

La gran cantidad de detrito procedente de las hojas de los manglares ha sido considerada una fuente importante de alimento para los camarones peneidos. Sin embargo, dada la naturaleza refractaria de la hojarasca es posible que el porcentaje de producción biológica que es consumida por el propio sistema de manglar haya sido subestimado, al tiempo que se habría exagerado la magnitud de las exportaciones de estos bosques hacia los sistemas costeros adyacentes (Alongi 1987, Stoner & Zimmerman 1988, Alongi 1990,

McTigue & Zimmerman 1991, Lee 1999). Las investigaciones de Twilley *et al.* (1997) en el río Guayas (Ecuador), parecen apoyar la hipótesis de que las exportaciones de detrito desde el manglar hacia sistemas adyacentes no son tan altas, si se descuenta el consumo de hojarasca realizado por algunos organismos capaces de digerirla como los cangrejos del género *Ucides*. En efecto, evidencia acumulada en los últimos años sugiere que más del 50% del carbono producido por los ecosistemas de manglar consiste en carbono inorgánico disuelto procedente de la remineralización de la materia orgánica (Bouillon *et al.* 2008).

En el Pacífico colombiano algunos estudios indican que las tallas medias de captura más pequeñas de camarones en las áreas de pesca (*e.g.* reclutas) se encuentran en áreas cubiertas densamente por manglares, en las proximidades de la bahía de Buenaventura o del golfo de Tortugas. Esta asociación resalta la importancia potencial que tienen estos ecosistemas para el éxito del reclutamiento del camarón, el cual tiene lugar principalmente entre octubre y marzo (Herazo-Piñeres 1981, Ramírez-Aristizábal 1994, Díaz-Ochoa *et al.* 1997). Teniendo en cuenta esta última observación aquí se presentan algunas mediciones de la productividad primaria de 12 bosques diferentes realizadas en las costas colombianas sobre el Pacífico la cual varía entre 6.48 y 14.08 toneladas  $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$  (Álvarez-León 2000, Tabla II).

Al efecto de las variables climáticas y oceanográficas se debe sumar el deterioro de los bosques de manglar, con especial atención sobre los manglares ribereños. Estos árboles son removidos con el fin de producir leña y carbón, para la construcción de granjas camaroneras, de represas y canales. A eso se adiciona el despeje de áreas donde se construyen muelles e infraestructura diversa y el serio deterioro ocasionado por la contaminación con desechos derivados del petróleo. Por otra parte, al encontrarse la costa del Pacífico colombiano en un sitio de alta actividad tectónica, la zona está sometida a la transformación periódica de la morfología costera. Los

eventos catastróficos como los *tsunamis* son un ejemplo de este tipo de influencia natural sobre los ecosistemas. El maremoto de 1979, por ejemplo, produjo un cambio en la elevación de la cuenca del Pacífico, entonces el río Sanquianga captó aproximadamente el 70% de la descarga del Patía en la parte alta, antes del sitio donde este río confluye con el río Telembí. Este evento produjo grandes problemas de erosión, sedimentación, mortalidad de manglares y probablemente cambios en los recursos pesqueros (Restrepo & Kjerfve 2000).

### Situación de los manglares del Pacífico colombiano

El deterioro de los manglares en algunos sectores (Tabla II), ha motivado que se propongan y desarrollen estudios tendientes a la determinación de características particulares de estos ecosistemas, que permitan la puesta en marcha de perspectivas más adecuadas para su manejo. Dentro de ellos, se encuentran estudios de estructura y zonación, de productividad primaria y de fauna y flora asociadas, que, sin embargo, no han logrado aun aportar resultados concretos alrededor del mencionado manejo, en tanto que la degradación antrópica (*e.g.* corteros, camaroneas, avance de las zonas urbanas y portuarias) y por otros factores (*e.g.* fenómenos de El Niño, La Niña, maremotos y tsunamis), sigue avanzando sobre otras zonas de manglar. A esto se suma, según Sánchez-Páez (1994), la demanda de aproximadamente 240 familias dependientes de la extracción de mangle en la costa, en bosques que según el diagnóstico exploratorio de Anónimo (1991), muestran condiciones favorables en la etapa brinzal pero prácticamente una interrupción en la sucesión vegetal en los siguientes estadios (latizal y fustal). Asimismo, en contra del aumento en la extensión de los manglares, puede funcionar el criterio de Prahl *et al.* (1990) quienes manifiestan cómo las características sucesionales del manglar permiten que éste sea reemplazado por comunidades de agua dulce a partir de la formación de barras y con la ayuda de cambios medioambientales, que limitan la permanencia de los manglares a la franja influen-

**Tabla II.** Productividad (toneladas ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) de los manglares del Pacífico colombiano (Álvarez-León 2000).

Localidad	Productividad
PNN de Utría	10.31
Punta Soldado	12.95
Estero Veneno	11.35
Estero Limones	7.50
Río Guapi	13.46-14.08

ciada por el agua salada y salobre, y que sólo en algunos casos logra adentrarse más allá de 10 km.

Con base al diagnóstico, la zonificación, mapeo y la aproximación socio-económica, realizados durante la fase I del Proyecto Manglares de Colombia (Sánchez-Páez *et al.* 1997), se identificó como prioritaria, la realización de ensayos de recuperación de las áreas de manglar, con la activa participación de las comunidades locales. Durante la fase II (etapas I y II), se perfeccionaron las técnicas, monitoreando las parcelas y ampliando la cobertura en áreas específicas de recuperación. En la costa Pacífica los ensayos han sido exitosos con el material vegetal producido en vivero, que presentó una respuesta más positiva con respecto a plántulas producidas por siembra directa, con una supervivencia para *R. mangle* del 84% y del 94%; éstas cifras, superan a las obtenidas en las otras tres especies, pues con *L. racemosa* apenas se alcanzó a un 3.4%, en el método de siembra directa. En el área de transplante, la supervivencia para *A. germinans* fue del 42% y para *P. rhizophorae* de 96.3%, utilizando material de vivero (Sánchez-Páez *et al.* 1997, Guevara-Mancera *et al.* 1998).

### Algunas asociaciones a posteriori

En las secciones anteriores se ha presentado una revisión de diferentes factores ambientales, bióticos y abióticos, potencial-

mente importantes para la determinación de la fortaleza de las clases reclutadas del camarón blanco (principalmente *L. occidentalis*) en las áreas de pesca del Pacífico colombiano. En esta parte se examinan algunas predicciones *a priori* utilizando observaciones mensuales recopiladas entre 1968 y 1998.

Los datos de la pesquería fueron recuperados de archivos históricos del Instituto Nacional de los Recursos Naturales y del Ambiente (INDERENA) y del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA, Anónimo 1991-1998). Esta información se registró originalmente en escala mensual y constituyó la base para el manejo de la pesquería del camarón blanco durante las décadas de 1970 y 1980 (Mora-Lara 1988). Además la información del nivel medio del mar en Buenaventura se obtuvo del University of Hawaii Sea Level Center (<http://ilikai.soest.hawaii.edu>). Por su parte, las series de precipitación fueron compradas al Instituto de Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), mientras que la ocurrencia de eventos El Niño se determinó mediante las anomalías de temperatura reconstruidas para la zona Niño 3-4, datos que hacen parte del índice Oceanic El Niño Index (ONI) del Climate Prediction Center de los Estados Unidos ([http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml)). Mayores detalles relacionados con las

características de estas series de tiempo pesqueras, de precipitación y nivel del mar, así como depuración y estimación de datos faltantes pueden encontrarse en otros trabajos (Díaz-Ochoa 2003, Díaz-Ochoa & Quiñones 2008).

### Contrastación

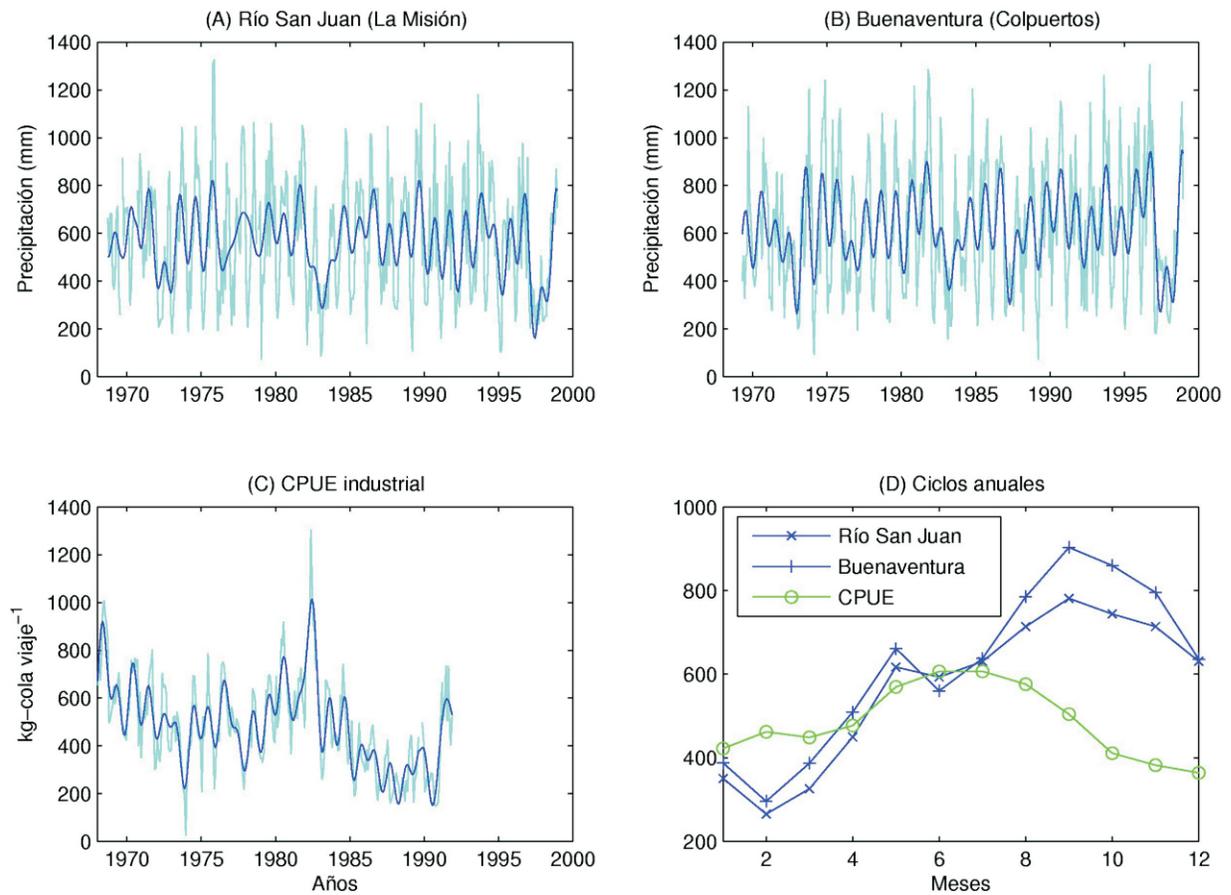
Como resumen, puede decirse que en el área de estudio se destacan por su magnitud y variabilidad factores ambientales abióticos como la pluviosidad (Fig. 2A-B), la cual a su vez está ligada directamente con las migraciones estacionales de la ZCIT. La estacionalidad del clima en el área conlleva la intensificación de los vientos alisios del NE durante el invierno del hemisferio norte (diciembre-marzo) y por ende del afloramiento en el golfo de Panamá. Además, el afloramiento en el golfo de Panamá se refleja en una reducción significativa en el nivel medio del mar en la región (Forsbergh 1969, Rodríguez-Rubio *et al.* 2003) lo cual podría relacionarse también con la advección mar afuera de las postlarvas del camarón blanco durante los meses de invierno (Forsbergh 1969, Díaz-Ochoa & Quiñones 2008) y/o con la regulación de la cantidad de hábitat disponible para el asentamiento. Por otra parte, durante el verano, tiene lugar la intensificación de los vientos alisios del SE cuando entran grandes cantidades de agua dulce en la zona costera debido al aumento de los caudales y la precipitación.

**Tabla III.** Duración de los “ciclos de producción anual” determinada como el tiempo transcurrido entre dos máximos anuales consecutivos de captura por unidad de esfuerzo de la pesquería industrial de *Litopenaeus occidentalis* en el Pacífico colombiano.

Ocurrencia (mes/año)	Duración (meses)	Ocurrencia (mes/año)	Duración (meses)	Ocurrencia (mes/año)	Duración (meses)
junio 68	-	junio 75	12	mayo 83	12
junio 69	12	junio 76	12	julio 84	14
julio 70	13	enero 77	7	febrero 85	7
septiembre 71	14	junio 78	17	julio 87	12
mayo 72	8	julio 79	13	diciembre 88	17
mayo 73	12	julio 80	12	noviembre 89	11
junio 74	13	mayo 82	8	junio 90	7

Resulta evidente que características fenológicas de *L. occidentalis* como las épocas de desove, de asentamiento en los manglares y de reclutamiento en las áreas de pesca, parecieran estar acopladas con la climatología en el área de estudio. En cierta forma, este acoplamiento podría explicar el porqué la máxima CPUE en las áreas de pesca industrial tiende a ocurrir a mediados del año (Tabla III, Fig. 2C-D). En efecto, a mediados del año, en promedio se reclutan los camarones al stock adulto y un alto porcentaje de los individuos de la población se encuentran en avanzado estado de madurez sexual (Herazo-Piñeres 1981, Ramírez-Aristizábal 1994). De hecho, la mayor actividad del desove tiene lugar a fines del verano, entre septiembre y octubre, cuando los vientos predominantes van hacia la costa. Debido

a la alta tasa de crecimiento de *L. occidentalis* (Pineda-Polo *et al.* 1992, Barreto-Reyes *et al.* 1994) las etapas subsiguientes del desarrollo del camarón se completan rápidamente y es común encontrar un alto grado de superposición espacio temporal entre la aparición de hembras ovadas y el asentamiento de postlarvas en los manglares a fines del año y durante los primeros meses del año siguiente (Pineda-Polo *et al.* 1992). En este sentido, las postlarvas probablemente encuentran en las áreas de asentamiento una mayor disponibilidad de alimento y hábitat favorables para la supervivencia y crecimiento debido a los mayores aportes de agua dulce durante el verano (Fig. 2D).



**Figura 2.** Precipitaciones en el área del río San Juan (A); Buenaventura (B) (entre paréntesis el nombre de las estaciones analizadas del IDEAM); serie de CPUE (C) de la flota industrial del camarón *Litopenaeus occidentalis* (según Díaz-Ochoa & Quiñones 2008); y ciclos anuales (D) correspondientes a las series en A, B y C. Las tendencias suavizadas de las series se obtuvieron mediante un filtro pasa-baja coseno de Lanczos para frecuencias  $\geq 12$  meses.

### Influencia de los eventos El Niño Oscilación del Sur

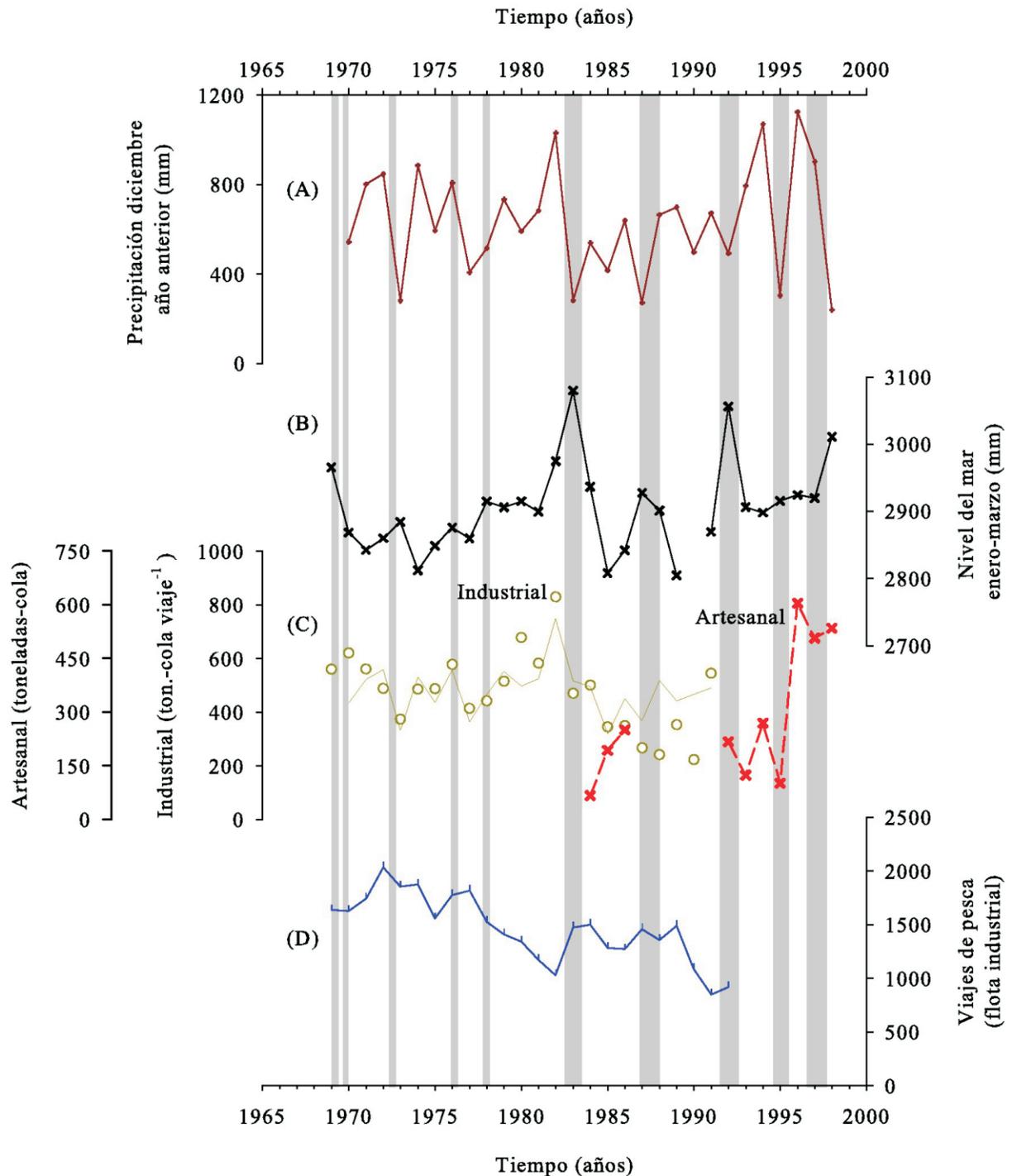
La variabilidad climática descrita anteriormente para el Pacífico colombiano sufre importantes alteraciones cuando se presentan los eventos El Niño Oscilación del Sur (ENOS). Durante El Niño se presentan anomalías negativas de la precipitación en el área de Buenaventura, las cuales son más intensas durante eventos muy fuertes como los ocurridos en 1982-1983 y 1997-1998 (Fig. 2A-B). Si bien la tendencia a la reducción de las capturas del camarón blanco en el área de estudio no parece estar relacionada directamente con la ocurrencia de eventos ENOS (Fig. 3C, Díaz-Ochoa & Quiñones 2008) los mismos sí parecen ejercer efectos importantes en el corto plazo. Por una parte, los eventos El Niño más fuertes del siglo XX (e.g. 1982-1983 y 1997-1998) estuvieron precedidos por períodos de abundancia máxima en las zonas de pesca (Figs. 2C, 3C). Por otro lado, los eventos ENOS tienden a producir alteraciones importantes en el ciclo anual de las capturas del camarón en las áreas de pesca artesanal e industrial cuyos rendimientos máximos suelen presentarse en abril y junio, respectivamente (Fig. 4). Es más, si se definiera un "ciclo anual de producción" del stock del camarón como el tiempo transcurrido entre dos máximos consecutivos de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) (Tabla III), resulta evidente que dichos ciclos tuvieron comportamientos anómalos en años caracterizados por eventos El Niño (e.g. 1971-1972, 1977-1978 y 1981-1983), La Niña y El Niño (1984-1986) o La Niña (1988-1989) (Tabla III).

Para la década de 1990 el sistema de recolección de información de la pesquería del camarón blanco fue modificado al crearse el INPA (Anónimo 1991-1998). Sin embargo, el INPA tuvo dificultades para registrar el esfuerzo de pesca de las flotas pesqueras por lo cual aquí se utiliza una serie de esfuerzo de pesca reconstruida por Díaz-Ochoa (2003). Esta reconstrucción se recopiló consultando directamente las fechas de salida y llegada de barcos registradas en los libros de zarpes de Capitanía del Puerto en Buenaventura.

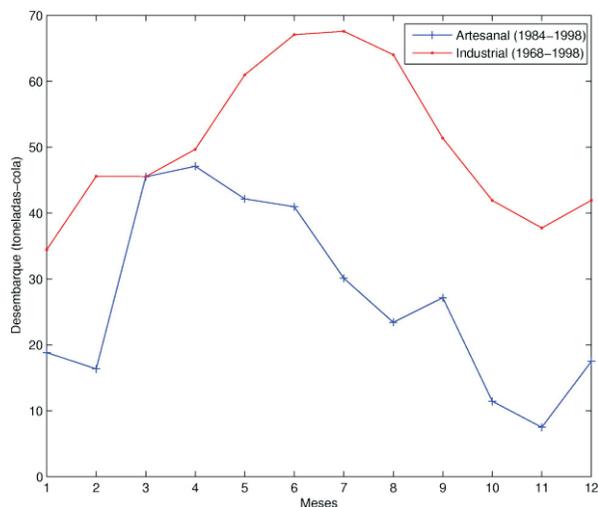
La serie de CPUE de la flota industrial reconstruida (Fig. 5) muestra que durante la década de 1990 los ciclos de producción anual fueron mucho más variables que en el período 1968-1990, siendo frecuentes ciclos largos (>16 meses) como los de 1991-1992, 1993-1994 y 1995-1996, además de un ciclo extremadamente corto en 1994-1995 (tres meses). Estas alteraciones de la duración del ciclo anual de producción posiblemente sean el reflejo de cambios en la distribución espacial debidos a las alteraciones de la temperatura superficial del mar asociada con una mayor actividad del ENOS durante estos años (Fig. 3). Es probable que las alteraciones en la temperatura superficial del mar durante eventos ENOS produzcan importantes modificaciones en la dinámica poblacional del camarón, por ejemplo a través de la alteración de las tasas de crecimiento (e.g. Pineda-Polo 1992). De hecho existe evidencia de que los cambios de temperatura durante eventos ENOS, como el de 1997-2000, pueden alterar significativamente los ciclos reproductivos y la tasa de crecimiento de especies que habitan en el área de Buenaventura como el bivalvo *Donax dentifer* (Riascos 2006).

Entonces, el estudio de la dinámica de los ciclos vitales de especies como el camarón blanco en función de la variabilidad ambiental tiene un importante potencial como herramienta para la ordenación de recursos y ecosistemas. En el caso de los eventos ENOS los efectos del ambiente sobre los recursos son más bien de corta duración y probablemente sin muchas implicaciones de largo plazo. Sin embargo, en recursos de vida corta como *L. occidentalis*, las variaciones de corto plazo en el ambiente pueden tener efectos profundos sobre la abundancia en las áreas de pesca. Es precisamente este tipo de variabilidad la que genera importantes impactos socio-económicos que deben ser considerados para el manejo de estos recursos ante los desafíos planteados por el cambio climático (e.g. Pérez *et al.* 1998).

Finalmente, aquí se ha podido establecer con información histórica que la variabilidad ambiental representada por el nivel medio del



**Figura 3.** En (A) la precipitación durante diciembre del año anterior ( $P_{12(t-1)}$ ); en (B) el nivel medio del mar durante el primer trimestre del año actual ( $NMM_{1-3(t)}$ ); en (C) la CPUE (círculos abiertos), el desembarque artesanal (cruces) y la CPUE predicha (línea continua) para el año actual con el modelo de regresión múltiple:  $CPUE_t = 0.44 \times P_{12(t-1)} + 0.94 \times NMM_{1-3(t)} - 2514$  (valor  $p < 0.01$ ,  $r^2 = 0.47$ ); en (D) viajes con pesca promedio durante el año actual correspondientes a la pesquería de *L. occidentalis* en el área de Buenaventura. Las bandas grises representan eventos El Niño entre 1968 y 1998 (el grosor es proporcional a su duración).



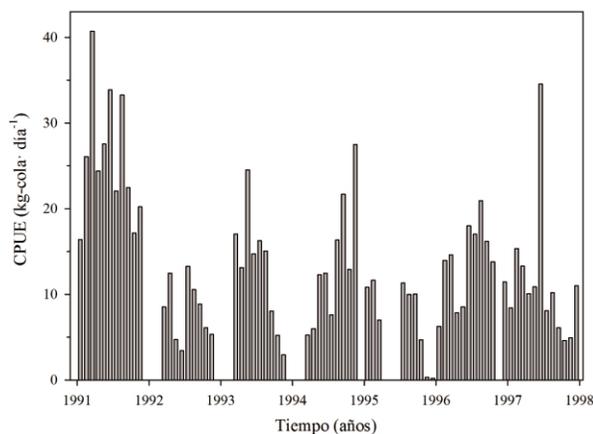
**Figura 4.** Ciclos anuales de las capturas industrial y artesanal de *Litopenaeus occidentalis*, según Díaz-Ochoa (2003).

mar y la precipitación durante el invierno explicaron un porcentaje significativo de la CPUE promedio anual durante la década de 1970 y parte de la de 1980 (~47%, Fig. 3). Sin embargo, dicha relación se debilitó desde mediados de los años 1980 y comienzos de los 1990. En las décadas más recientes el esfuerzo pesquero industrial mostró cierta recuperación luego de una profunda crisis a fines de los años 1970. Este aumento de la presión antrópica sobre el recurso bien pudo haber agravado la reducción en la abundancia de las poblaciones naturales del camarón blanco ocurrida poco después del evento El Niño 1982-1983 (Fig. 3). Coincidentemente, la pesca artesanal experimentó un crecimiento explosivo desde mediados de los años 1980 a lo largo de toda la costa. Por concentrarse la actividad de los pescadores artesanales en áreas más próximas a la costa que los barcos de arrastre ésta afecta a los reclutas del camarón en una fase más temprana de su desarrollo (e.g. ~3 meses antes que la flota industrial, Fig. 4). Esta situación implica un importante impacto antropogénico asociado con sobrepesca por crecimiento y reducción de los rendimientos globales de esta pesquería. Habría que agregar a este panorama los efectos

humanos asociados con el deterioro de áreas de crianza como los manglares ribereños. En particular, el área de Guapi es una de las más productivas para los manglares (Tabla II) y también la que ha sufrido los más importantes deterioros en las últimas décadas con una reducción del 18% (~4 veces mayor que el promedio de la costa, Tabla IV). Teniendo en cuenta que las áreas de crianza se ubican en las cercanías de las áreas fluviales al sur de Buenaventura, aún permanece por establecer la magnitud con que la pérdida de hábitat puede haber afectado el reclutamiento de *L. occidentalis* en el largo plazo.

## Conclusiones

Las investigaciones realizadas hasta la fecha, han proporcionado una valiosa información sobre la degradación y recuperación de las áreas del manglar mediante el uso y manejo de hipocótilos, plántulas y plantas de *Rhizophora mangle* en la recuperación de áreas intervenidas y susceptibles de ser manejadas en el contexto de la silvicultura. Las experiencias realizadas con *Laguncularia racemosa* y



**Figura 5.** CPUE (kg-cola barco<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) del camarón blanco (*Litopenaeus occidentalis*) desembarcado en Buenaventura por la flota industrial en el período 1991-1998. Los datos faltantes corresponden a vedas de la pesquería, según INPA (Anónimo 1991-1998), y datos de esfuerzo de pesca reconstruidos con base en los registros de zarpe de la Capitanía del Puerto de Buenaventura.

*Avicennia germinans* permiten tener bases para emprender nuevas acciones en áreas muy concretas, en las cuales estas especies desempeñan un papel fundamental, fruto de la dinámica sucesional o de las alteraciones antropogénicas o ambientales.

La experiencia que tradicionalmente se tiene de la utilización de *Conocarpus erecta*, permite disponer de una especie bastante resistente a las alteraciones ambientales y de gran aceptación ornamental y silvicultural. Nuevas investigaciones serán indispensables para tener un conocimiento integral del comportamiento de las especies de manglar, incluidas *Mora oleifera* y *Pelliciera rhizophorae*, en su ambiente natural. Este conocimiento y las medidas gubernamentales de protección, garantizarán el correcto manejo sustentable de estos valiosos ecosistemas.

A pesar de la sobrepesca que se observa a través de los bajos volúmenes desembarcados y de las tallas de captura inferiores a la talla media de primera madurez sexual de las hembras, el aprovechamiento de camarones en el Pacífico colombiano mantiene su importancia económica.

Los indicadores de abundancia del camarón blanco en el Pacífico colombiano se encuentran correlacionados con los aportes de agua dulce correspondientes a las precipitaciones y las fluctuaciones en el nivel medio del mar en la zona costera.

Es posible, igualmente, que los alargamientos y acortamientos de los ciclos de producción anual del camarón blanco sean el reflejo de cambios de distribución espacial producidos por las alteraciones de la temperatura superficial del mar durante los eventos ENOS, probablemente debido a los cambios extremos ocurridos en la distribución de la temperatura superficial del mar.

Independientemente de los resultados obtenidos en los análisis de las capturas del camarón blanco (*L. occidentalis*), los resultados obtenidos en la producción de camarones blancos o langostinos (*L. stylirostris* y *L. vannamei*) mediante cultivo, se han visto beneficiados por la presencia del fenómeno de El Niño y el respectivo incremento de la temperatura de las aguas, al disminuirse el tiempo de cultivo normal (100 a 120 días), en por lo menos 20 a 25 días (ACUANAL, com. pers.).

**Tabla IV.** Superficie de las áreas de manglar del Pacífico colombiano, 1969-1996, multitemporal, con base en fotografías aéreas e imágenes del radar Intera (según Zambrano-Escamilla & Rubiano-Rubiano 1996).

<b>A. Superficie departamental (hectáreas) entre 1969 y 1996</b>					
Año	Cauca	Nariño	Valle	Choco	Total
1969	44 661	154 618	42 307	64 852	306 437
1996	36 277	149 736	41 961	64 751	292 724

<b>B. Áreas (hectáreas) y porcentajes de las reducciones y alteraciones antrópicas del bosque de manglar de la costa del Pacífico de Colombia entre 1969 y 1996</b>					
Porcentaje de reducción (%)	Choco	Valle	Cauca	Nariño	Total
<b>1969</b>					
Reducción antrópica	868	618	8172	7358	17016
% área departamental	1.3	1.5	22.5	5.1	5.8
<b>1996</b>					
Reducción antrópica	2460	1144	1396	5321	10321
% área departamental	3.8	2.7	3.8	3.6	3.5

La implementación de un sistema de seguimiento y monitoreo permanente y actualizado, con amplia difusión nacional sobre los resultados obtenidos en los diferentes ecosistemas de manglar y sus recursos asociados, permitirá el manejo sustentable de este valioso patrimonio de la zona costera colombiana.

### Agradecimientos

Se agradece la colaboración de Rodrigo Baos y Nelson Angulo en la recopilación de información de zarpes de la flota camaronera de Buenaventura. Este trabajo fue financiado por el proyecto Fondecyt 3090040 (Chile, JADO). Se agradece a Julien Chernel (UMAR, Huatulco) por la traducción al francés del resumen.

### Referencias

- Alongi, D. 1987. The influence of mangrove-derived tannins on intertidal meiobenthos in tropical estuaries. *Oecologia* 71: 537-540.
- Alongi, D. 1990. Effect of mangrove detritus outwelling on nutrient regeneration and oxygen fluxes in coastal sediments of central Great Barrier Reef lagoon. *Est. Coast. Shelf Sci.* 31: 581-598.
- Álvarez-León, R. 1993. Mangrove ecosystems of Colombia. Pp: 75-113, *In: Lacerda, L.D. (ed.), Conservation and sustainable utilization of mangrove forest in Latin America and Africa regions. ITTO, ISME Project, ISME Tech. Rep.* 92: 1-272.
- Álvarez-León, R. 2000. Los manglares colombianos y su capacidad productiva en términos de materia orgánica, pesquería y acuicultura. *UBJTL-Geotrópica* 5: 41-46.
- Álvarez-León, R. & H.E. Bravo-Pazmiño. 1998. Crustáceos y moluscos de los ecosistemas de manglar del Pacífico colombiano y aprovechados por las comunidades negras. Proyecto Fase II (etapa I), Conservación y manejo para el uso múltiple y el desarrollo de los manglares en Colombia, MMA, ACOFORE, OIMT, Bogotá, D.C., *Inf. Téc.* 29: 1-106.
- Anónimo. 1976. Informe sobre el recurso forestal y las industrias forestales de la zona Pacífico de Colombia. Proyecto INDERENA-ACDI para Desarrollo Forestal Integral de la Costa Pacífico y Reid Collins Associates, Ltd, Bogotá, D.E. y Vancouver, 4 tomos, 784 pp.
- Anónimo. 1991. Diagnóstico exploratorio de los manglares en Colombia. INDERENA, Bogotá D.E., Colombia, 45 pp.
- Anónimo. 1991-1998. Boletines estadísticos pesqueros. División de Estadísticas Pesqueras, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Bogotá, D.C.
- Anónimo. 1994. Directrices para la ordenación de los manglares. Estudio FAO Montes, 117: 1-345.
- Anónimo. 1995. Estudio ecológico, ambiental y socioeconómico del manglar vallecaucano. Sistemas Agroforestales Ltda., Corp. Autóm. Regional del Valle del Cauca, Cali, Valle, informe preliminar, 40 pp.
- Anónimo. 1997. Pronóstico de pleamares y bajamares en la costa Pacífica colombiana, en el período 1997-1998. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D.C.
- Anónimo. 1998a. El medio ambiente en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D.C., 153 pp.
- Anónimo. 1998b. Posibles efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno El Niño en el período 1997 - 1998 en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D.C., 72 pp.
- Anónimo. 2001. Programa integral y multidisciplinario para el estudio sobre el fenómeno de El Niño. Comisión Colombiana del Océano, Comité Técnico Nacional para el Estudio del Fenómeno de "El Niño", Bogotá, D.C., 16 pp.
- Arntz, W. & J. Tarazona. 1989. Effects of El Niño on benthos, fish and fisheries off the South American Pacific coast. Pp: 323-360, *In: Glynn, P.W. (ed.). Global Ecological Consequences of the 1982-83 El Niño-Southern Oscillation*, Elsevier, Amsterdam, 563 p.
- Barber, R., M. Sanderson, S. Lindley, F. Chai, J. Newton, C. Trees, D. Foley & F. Chavez. 1996. Primary productivity and its regulation in the equatorial Pacific during and following the 1991-1992 El Niño. *Deep Sea Research II* 43: 933-969.
- Barreto-Reyes, C., M. Valderrama-Barco & A.J. Ramírez-Aristizábal. 1994. Estados de explotación, rendimiento sostenible, reclutamiento a la pesquería y lineamientos de ordenación de la pesca de camarón de aguas someras *Penaeus occidentalis*, *Xiphopenaeus riveti* y *Trachypenaeus byrdi* en el Pacífico colombiano. *Boletín Científico INPA* 2: 96-109.
- Bouillon, S., A. Borges, E. Catañeda-Moya, K. Diele, T. Dittmar, N. Duke, E. Kristensen, S. Lee, C. Merchand, J. Middelbrug, V. Rivera-Monroy, T. Smith III & R. Twilley. 2008. Mangrove production and carbon sinks: A revision of global budget estimates. *Global Biogeochemical Cycles*, 22. Consultado en la Web.
- Cantera-Kintz, J.R. 1995. Biodiversidad en el ecosistema de manglares en el Pacífico colombiano. Pp: 195-208, *In: Restrepo-Ángel, J.D. & J.R. Cantera-Kintz (eds.). Delta del río San Juan, bahías de Málaga y Buenaventura, Pacífico colombiano. Univ. EAFIT, Univ. del Valle, COLCIENCIAS, Tomo I, Medellín, Antioquia, Colombia, 337 pp.*
- Devis-Morales, A., W. Schneider, R. Montoya-Sánchez & E. Rodríguez-Rubio. 2008. Monsoon-like winds reverse oceanic circulation in the Panama Bight. *Geophysical Research Letters*, 35. Consultado en la Web.
- Díaz-Ochoa, J.A. 2003. Efecto de la precipitación, el caudal de los ríos y los eventos El Niño sobre la abundancia del camarón blanco del Pacífico colombiano (*Litopenaeus occidentalis*). Tesis de

- Magíster en Ciencias, Mención Pesquerías, Universidad de Concepción, Chile, 96 pp.
- Díaz-Ochoa, J.A. & R.A. Quiñones. 2008. Relationship of precipitation, freshwater input, and sea level height with the abundance of the white shrimp (*Litopenaeus occidentalis*; Street 1971) off Buenaventura, eastern tropical Pacific. *Fisheries Research* 92: 148-161.
- Díaz-Ochoa, J. A., C. Velasco & A.J. Ramírez-Aristizabal. 1997. Monitoreo de la pesquería del camarón de aguas someras del Pacífico colombiano en 1997. Informe Final INPA. Buenaventura, Valle, Colombia, s/pp.
- Evans, C., L. Opnai & B. Kare. 1997. Fishery ecology and oceanography of the prawn *Penaeus merguensis* (de Man) in the Gulf of Papua: estimation of maximum sustainable yield and modeling of yield, effort and rainfall. *Mar. Freshwater Res.* 48: 219-228.
- Fielder, P.C. 1994. Seasonal and interannual variability of coastal zone color scanner phytoplankton pigments and winds in the eastern tropical Pacific. *J. Geophys. Res.* 99: 18371-18384.
- Forsbergh, D. 1969. On the climatology, oceanography and fisheries of the Panama Bight. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.* 14: 1-385.
- García, S. & L. Le Reste. 1986. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros. *FAO, Doc. Téc. Pesca*, 203: 1-180.
- García-Herrera, R., H. Díaz, R. García, M. Prieto, D. Barriopredro, R. Moyano & H. Hernández. 2008. A chronology of El Niño events from primary documentary sources in northern Peru. *Journal of Climate* 21: 1948-1962.
- Glantz, M. 1998. Corrientes de cambio: el impacto de "El Niño" sobre el clima y la sociedad. SHOA, Valparaíso, Chile, 141 pp.
- Guevara-Mancera, O.A., H. Sánchez-Páez, G.O. Murcia-Orjuela, H.E. Bravo-Pazmiño, F. Pinto-Nolla & R. Álvarez-León. 1998. Conservación y uso sostenible de los manglares del Pacífico colombiano. Pp: 1-178, *In: Sánchez-Páez, H., O.A. Guevara-Mancera & R. Álvarez-León (eds.). Proy. PD 171/91 Rev. (F) Fase II (Etapa I) Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y el Desarrollo de los Manglares en Colombia, MMA-ACOFOR-OIMT, Santa Fe de Bogotá, D.C., Colombia, 178 pp.*
- Hass, H.L., E.C. Lamon, K. Rose & R. Shaw. 2001. Environmental and biological factors associated with the stage-specific abundance of brown shrimp (*Penaeus aztecus*) in Louisiana: applying a new combination of statistical techniques to long-term monitoring data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58: 2258-2270.
- Herazo-Piñeres, B. 1981. Recursos del Pacífico colombiano y su aprovechamiento. Seminario regional sobre recursos demersales y su medio ambiente en el Pacífico oriental. Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), Ser. Seminarios y Estudios 3: 51-67.
- Klima, E. 1989. Review of Ecuadorian offshore shrimp fisheries and suggestions for management and research. Pp: 221-231, *In: Olsen, S. & L. Arriaga (eds.). A sustainable shrimp mariculture industry for Ecuador. Coastal Resources Center, University of Rhode Island, Narragansett, Estados Unidos.*
- Lee, S. 1999. Tropical mangrove ecology: physical and biotic factors influencing ecosystem structure and function. *Austr. J. Ecol.* 24: 335-366.
- Loneragan, N. & S. Bunn. 1999. River flows and estuarine ecosystems: implications for coastal fisheries from a review and a case study of the Logan River, southeast Queensland. *Austr. J. Ecol.* 24: 431-440.
- Martínez, J.O. & J.H. Carvajal. 1990. Problemas geológicos asociados a la línea de costa de los departamentos del Cauca, Nariño y Valle: geomorfología y riesgos geológicos. INGEOMINAS, PROGOC, Región Pacífico, Bogotá, D.C., Inf. Técnico, 81 pp.
- Martínez, J.O., J. González, O. Pilkey & W. Neal. 1995. Tropical barrier islands of Colombia's Pacific coast. *J. Coastal Res.* 11: 432-453.
- Mendo, J. & J. Tam. 1993. Multiple environmental states affecting penaeid shrimp production in Peru. *NAGA ICLARM Quart.* 16: 44-46.
- Meyer, H. & E. Rodríguez. 1997. Prevención de tsunamis en la costa de manglar, Tumaco, Colombia. Pp: 409-415, *In: Gestión de sistemas oceanográficos del Pacífico oriental. IOC, INF, Bogotá.*
- McPhaden, M. 1999. Génesis and evolution of the 1997-98 El Niño. *Science* 283: 950-954.
- McTigue, T. & R. Zimmerman. 1991. Carnivory vs. herbivory in juvenile *Penaeus setiferus* (Linnaeus) and *Penaeus aztecus* (Ives). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 151: 1-16.
- Mora-Lara, C.O. 1988. Análisis de la pesca de langostino *Penaeus (Litopenaeus) occidentalis* (Streets) efectuada por la flota camaronera de Buenaventura y el trasmallo "electrónico". Trianea, Acta Científica y Técnica INDERENA, 1: 193-207.
- Nagelkerken, I., S. Blaber, S. Bouillon, P. Green, M. Haywood, L. Kirton, J. Meynecke, J. Paulik, H. Penrose, A. Sasekumar & P. Somerfield. 2008. The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. *Aquatic Botany* 89: 155-185.
- Nicholls, N. 1987. The El Niño/Southern Oscillation Phenomenon. *In: Glantz, R.W. & M. Krenz (eds.). The societal impacts associated with the 1982-83 worldwide climate anomalies. UNEP Report*, 105 pp.
- Pérez-Farfante, I. 1969. Western Atlantic shrimps of the genus *Penaeus*. *Fishery Bulletin* 67: 461-590.
- Pérez, C.A., G. Poveda, O.J. Mesa, L.F. Carvajal & A. Ochoa. 1998. Evidencias de cambio climático en Colombia: tendencias y cambios de fase y amplitud de los ciclos anual y semianual. *In: Cadier, E., G. Gómez, R. Galárraga & C. Fernández-Jauregui (eds.). Consecuencias climáticas e hidrológicas del evento El Niño a escala regional y local. INAMHI, ORSTOM, UNESCO. Disponible en: <http://unesco.org.uy/phi/libros/enso/indice.html>*
- Philander, G.S. 1990. El Niño, La Niña and the Southern Oscillation. Academic Press, San Diego, California, 293 pp.

- Pineda-Polo, F. 1992. Biología y dinámica poblacional del camarón de aguas someras *Penaeus occidentalis* Streets, durante el año 1991, en la costa Pacífica colombiana. Pp. 782-796, In: Memorias del VIII Seminario Nacional de Ciencias del Mar, Santa Marta (Mag.).
- Prahl, H. von, J.R. Cantera & J. Contreras. 1990. Manglares y hombres de Pacífico colombiano. Fondo FEN, Colombia, 193 pp.
- Primavera, J. 1998. Mangroves as nurseries: shrimp populations in mangrove and non-mangrove habitats. *Est. Coast. Shelf Sci.* 46: 457-464.
- Quinn, W., V. Neal & S. Antunez. 1987. El Niño occurrence over the past four and half centuries, *J. Geophys. Res.* 92(C13): 14449-14461.
- Ramírez-Aristizábal, A.J. 1994. Evaluación biológica pesquera del camarón blanco de aguas someras (*Penaeus occidentalis* Streets), durante el período enero de 1993 a febrero de 1994. *Boletín Científico INPA* 2: 83-93.
- Restrepo, J.D. & B. Kjerfve. 2000. Water discharge and sediment load from western slopes of Colombian Andes with focus on Río San Juan. *J. Geol.* 108: 17-33.
- Riascos, J.O. 2006. Effects of El Niño-Southern Oscillation on the population dynamics of the tropical bivalve *Donax dentifer* from Málaga bay, Colombian Pacific. *Marine Biology* 148: 1283-1293.
- Rodríguez, E. 1999. Variabilidad de las concentraciones de pigmentos fotosintéticos y temperatura en aguas oceánicas del Pacífico colombiano, y su relación con el chorro de viento del istmo de Panamá, noviembre 96-junio 97. Seminario de Investigación, Programa Doctorado en Oceanografía, Universidad de Concepción, Chile, s/pp.
- Rodríguez, E. & J. Stuardo. 2002. A study of the photosynthetic pigments in the Colombian Pacific using ADEOS-I data. *Proc. Indian Acad. Sci (Earth Planet. Sci.)*, 111(3): 227-236.
- Rodríguez-Rubio, E., W. Schneider & R. Abarca del Río. 2003. On the seasonal circulation within the Panama Bight derived from satellite observations of wind, altimetry and sea surface temperature. *Geophysical Research Letters* 30: 1410.
- Rogers, D., R. Shaw, W. Herke & H. Blanchet. 1993. Recruitment of postlarval and juvenile brown shrimp (*Penaeus aztecus* Ives) from offshore to estuarine waters of the northwestern Gulf of Mexico. *Est. Coast. Shelf Sci.* 36: 377-394.
- Rönnbäck, P., A. Macia, G. Almqvist, L. Schultz & M. Troell. 2002. Do penaeid shrimps have a preference for mangrove habitats? Distribution pattern analysis on Inhaca Island, Mozambique. *Est. Coast. Shelf Sci.* 55: 427-436.
- Sánchez-Páez, H. 1994. Los manglares y su estado en Colombia. Pp: 21-33, In: Suman, D.O. (ed.). 1994. El ecosistema de manglar en América Latina y la cuenca del Caribe: Su manejo y conservación. RSMAS, University of Miami, The Tinker Foundation, Miami, 263 pp.
- Sánchez-Páez, H., R. Álvarez-León, O.A. Guevara-Mancera, A. Zamora-Guzmán, H. Rodríguez-Cruz & H.E. Bravo-Pazmiño. 1997. Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Pacífico de Colombia. In: Sánchez-Páez, H. & R. Álvarez-León (eds.). *Proy. PD 171/91 Rev. (F) Fase 1, Conservación y manejo para el uso múltiple y el desarrollo de los manglares en Colombia*, MMA-OIMT, Santa Fe de Bogotá, D.C., 343 pp.
- Shanks, A. 1995. Mechanisms of cross-shelf dispersal of larval invertebrates and fish. Pp: 323-368, In: McEdward, L.R. (ed.). *Ecology of marine invertebrate larvae*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 464 pp.
- Sharp, G. 1992. Fishery catch records, El Niño/Southern Oscillation, and longer-term climate change as inferred from fish remains in marine sediments. Pp: 379-417, In: Díaz, H. & V. Markgraf (eds.). *El Niño: Historical and paleoclimatic aspects of the southern oscillation*. Cambridge University Press, 476 pp.
- Stoner, A. & R. Zimmerman. 1988. Food pathways associated with penaeid shrimps in a mangrove-fringed estuary. *Fishery Bulletin* 86: 543-551.
- Suman, D.O. (ed.). 1994. *El ecosistema de manglar en América Latina y la cuenca del Caribe: Su manejo y conservación*. RSMAS, University of Miami, The Tinker Foundation, Miami, 263 pp.
- Tchantsev, V. & E. Cabrera. 1998. Algunos aspectos de investigación de la formación del régimen oceanográfico en el Pacífico colombiano. *Boletín del Centro de Control de Contaminación del Pacífico, Tumaco, Colombia*, (7): 7-19.
- Thomas, W. 1979. Anomalous nutrient-chlorophyll interrelationships in the offshore eastern tropical Pacific ocean. *J. Mar. Res.* 37(2): 327-335.
- Trenberth, K.E., J.M. Caron, D.P. Stepaniak & S. Worley. 2002. Evolution of El Niño-Southern Oscillation and global atmospheric surface temperatures. *J. Geophyscal Res.* 107(D8): 4065.
- Twilley, R., M. Pozo, V. García, V. Rivera, R. Zambrano & A. Boderó. 1997. Litter dynamics in riverine mangrove forests in the Guayas River estuary, Ecuador. *Oecologia* 111: 109-122.
- Tyler, A. 1992. A context for recruitment correlations: why marine fisheries biologist should still look for them. *Fisheries Oceanography* 1: 97-107.
- Wilber, D. 1994. The influence of Apalachicola River flows on blue crab *Callinectes sapidus*, in north Florida. *Fishery Bulletin* 92(1): 180-188.
- Zambrano-Escamilla, C. & J. D. Rubiano-Rubiano. 1996. Memoria de los mapas de los bosques de manglar del Pacífico colombiano: 1969, 1996 y multitemporal. Proyecto Fase I, Conservación y manejo para el uso múltiple y el desarrollo de los manglares en Colombia, MINAMBIENTE, OIMT, Bogotá, D.C., *Inf. Téc.* 8: 1-41.

Recibido: 14 de octubre de 2008.

Aceptado: 4 de septiembre de 2009.