



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú - IGP



Proyecto

Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes, Perú

IDRC #106714-001 (CCW)

Informe Técnico Final

Diciembre 2011 - Abril 2015

Por:

Ken Takahashi
Alejandra G. Martínez

30 de abril del 2015



Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz 169, Mayorazgo IV Etapa, Ate-Vitarte, Lima
Perú, Sudamérica

Funcionarios del Instituto Geofísico del Perú

Ronald Woodman	Presidencia Ejecutiva
César Morales	Secretaría General
José Macharé	Dirección Científica
Ken Takahashi	Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera
Alejandra Martínez	Subdirección de Geofísica y Sociedad
Mario Flores	Oficina de Administración

Tabla de contenidos

1. RESUMEN DEL PROYECTO	5
2. PERSONAL DEL PROYECTO	7
2.1 EQUIPO DE INVESTIGACIÓN.....	7
2.2 TESIS/ASISTENTES DE INVESTIGACIÓN.....	8
2.3 ADMINISTRACIÓN DE PROYECTO	9
2.4 APOYO LOGÍSTICO.....	9
3. PROBLEMÁTICA	11
4. OBJETIVOS	17
4.1 OBJETIVO PRINCIPAL.....	17
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
5. METODOLOGÍAS.....	18
5.1 METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS EMPLEADAS PARA EL ANÁLISIS CLIMÁTICO.....	18
5.1.1 <i>Análisis Exploratorio de Datos</i>	18
5.1.2 <i>Técnicas estadísticas multivariadas</i>	18
5.1.3 <i>Modelos numéricos de simulación</i>	18
5.2 METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS EMPLEADAS PARA EL ANÁLISIS BIOLÓGICO/ECOLÓGICO	19
5.2.1 <i>Modelos de simulación</i>	19
5.2.2 <i>Análisis botánico de cobertura vegetal</i>	20
5.2.3 <i>Teledetección</i>	20
5.2.4 <i>Análisis dendrocronológico</i>	21
5.2.5 <i>Toma de muestras biológicas y análisis de estructura poblacional</i>	21
5.2.6 <i>Marcaje y recaptura de bivalvos</i>	22
5.2.7 <i>Evaluación físico-química de la columna de agua y de la columna de sedimento</i>	22
5.3 METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS EMPLEADAS PARA EL ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO	23
5.3.1 <i>Talleres de diagnóstico rápido participativo (DRP)</i>	24
5.3.2 <i>Talleres de capacitación y talleres de recojo de información con extractores y guardaparques vinculados al CVCA</i>	24
5.3.3 <i>Mapa de amenazas</i>	25
5.3.4 <i>Calendarios estacionales</i>	26
5.3.5 <i>Cronología histórica</i>	26
5.3.6 <i>Mapeo de actores</i>	26
5.3.7 <i>Relojes de rutina diaria y acompañamientos vivenciales</i>	27
6. ESTRATEGIAS.....	28
6.1 TRABAJO MULTIDISCIPLINARIO E INTERINSTITUCIONAL	28
6.2 TRABAJOS DE TESIS COMO BASE DE LOS ESTUDIOS.....	29
6.3 ARTÍCULOS CIENTÍFICOS	30
6.4 APROVECHAMIENTO DEL CONOCIMIENTO LOCAL.....	31
7. ACTIVIDADES DEL PROYECTO.	32
8. RESULTADOS.....	38
8.1 ESQUEMA CONCEPTUAL DEL PROYECTO.....	38
8.2 CLIMA, HIDROLOGÍA, TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.....	39
8.3 BIOGEOQUÍMICA.....	42
8.4 BOSQUES.....	46



8.5 ECOLOGÍA Y BIOLOGÍA	51
8.5.1 Cangrejo de manglar	51
8.5.2 Concha negra	52
8.5.3 Comunidades y biodiversidad bentónicas	54
8.5.4 Comunidades de diatomeas	55
8.4 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	56
8.4.1 Agricultura y su impacto en la ZA del SNLMT	56
8.4.2 Actividad acuícola en Tumbes	57
8.4.3 Ocupación y uso urbano del territorio en la ZA del SNLMT	59
8.4.4 Actividad turísticas en el SNLMT	60
8.4.5 Extracción y comercialización de concha negra	61
8.5 IDENTIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL SNLMT	65
8.6 VALORACIÓN ECONÓMICA	67
8.7 CAMBIO CLIMÁTICO	70
8.8 MEDIDAS DE ADAPTACIÓN	74
8.8.1 Medidas espontáneas	75
8.8.2 Medidas preventivas	76
9. PRODUCTOS Y LOGROS DEL PROYECTO	81
9.1 LIBRO DE RESULTADOS DEL PROYECTO	81
9.2 LOGROS EN POLÍTICAS	82
9.3 LOGROS EN CAPACIDAD Y CONOCIMIENTO CIENTÍFICO	83
9.3.1 Trabajos de tesis	83
9.3.2 Artículos científicos	85
9.3.2 Informes técnicos	86
9.3.3 Otras publicaciones	86
9.4 FACILITACIÓN DE ESTUDIOS Y CAPTACIÓN DE RECURSOS	87
9.5 DIFUSIÓN	87
9.6 BASE DE DATOS Y BIBLIOTECA DIGITAL	88
10. LECCIONES APRENDIDAS	89

1. Resumen del proyecto

El ecosistema de manglares de Tumbes, en la costa norte del Perú, está ubicado en la frontera entre las cálidas aguas del Pacífico ecuatorial y las aguas frías de la Corriente de Humboldt. Debido a esto, es fuertemente afectado por la variabilidad climática asociada al Fenómeno El Niño. Este ecosistema es muy importante para la región de Tumbes, debido a que es fuente de alimentos y trabajo y a los servicios ambientales que provee. Además de los fenómenos naturales, también existen presiones por las actividades humanas, como la contaminación y deforestación por actividades acuícolas. Más alarmantemente, la sobre-explotación de uno de sus recursos más valiosos, la concha negra (*Anadara tuberculosa*), ha producido una reducción en las capturas de 80% sobre los últimos 14 años. La gestión sostenible del ecosistema requiere información científica básica con la que actualmente no se cuenta, mientras que lidiar con los futuros efectos de cambio climático requerirá una aún mayor profundidad en el conocimiento de este ecosistema y sus controles ambientales.

El proyecto “Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes, Perú” intentó llenar este vacío. Se inició en diciembre del año 2011 con una duración inicial de 36 meses. Tuvo por objetivo principal el fortalecer la capacidad de adaptación a la variabilidad y cambio climático en el ecosistema de manglares de Tumbes. Por la naturaleza del proyecto, fue llevado a cabo por un equipo multi-disciplinario e inter-institucional de más de treinta investigadores en las ciencias físicas, biológicas y sociales, junto con más de veinte estudiantes y asistentes de investigación, en coordinación constante con los actores y gestores. El esfuerzo de coordinación permanente permitió focalizar los temas de investigación en la problemática de mayor preocupación, dentro de lo enmarcado por el proyecto. Estos temas se plantearon de manera que pudieran conectarse entre sí en forma sinérgica, sin dejar de lado el rigor científico requerido. Los estudiantes contribuyeron importantemente en la investigación a través del desarrollo de sus tesis universitarias, lo cual a su vez fue el principal mecanismo de fortalecimiento de capacidades.

Los resultados son diversos, pero se confirma el gran dinamismo del ecosistema de manglares de Tumbes en su relación con la variabilidad climáticas asociada a El Niño, particularmente a través de las fuertes crecidas de los ríos que cambian la biogeoquímica del manglar y afectan al ecosistema, además de aportar grandes cantidades de sedimentos que, si bien son necesarios para mantener el sustrato, colmatan sus canales y afectan los patrones de inundación de marea que irrigan el bosque. Se han logrado avances importantes en el entendimiento de la relación entre el ambiente y el ecosistema, aunque bastantes preguntas quedan abiertas. Sin embargo, en

primera aproximación, el cambio climático traería efectos similares a los de El Niño, por lo que la experiencia ganada con este fenómeno sirve para vislumbrar lo que el futuro podría traer. Además del clima, se han analizado el efecto de las principales actividades humanas (extracción de recursos, agricultura, turismo, urbanización, acuicultura) en el ecosistema y se ha evaluado también los servicios que este ofrece al hombre. El análisis de la dinámica social e institucional asociada a la extracción de recursos permitió la propuesta de medidas de adaptación, de tipo espontánea y preventiva.

Este proyecto debe considerarse como un punto de partida en el estudio integral del ecosistema manglar, dentro de un marco multidisciplinario y de alto nivel científico, que facilite su gestión y la toma de decisión de parte de los actores.

2. Personal del proyecto

2.1 Equipo de investigación

Instituto Geofísico del Perú (IGP):

- Ken Takahashi (PI) - Clima, hidrodinámica
- Alejandra G. Martínez (co-PI) – Aspectos Socioeconómicos
- Kobi Mosquera (co-PI) – Oceanografía
- Jhan Carlo Espinoza – Hidrología y clima
- Sergio Morera – Hidrología y sedimentos

Instituto del Mar del Perú (IMARPE):

- Dimitri Gutiérrez (co-PI) – Biogeoquímica (IMARPE/UPCH)
- Ernesto Fernández – Escleroclimatología
- Pedro Llanos – Ex-jefe Laboratorio de Tumbes
- Percy Montero – Calidad ambiental
- Elmer Ordinola – Invertebrados
- Federico Velazco – Geología marina
- Manuel Vera – Pelágicos

Ministerio del Ambiente (MINAM):

- Fernando León (co-PI) – Valoración económica
- Roger Loyola – Valoración económica

Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP):

- Edgar Vicuña (co-PI) – Ex-jefe SNLMT
- Martín Marigorda – Jefe SNLMT
- Eduardo Ríos – Ex-jefe SNLMT

Universidad Científica del Sur (UCS):

- Carlos Zavalaga – Aves fragata

Universidad de Piura (UDEP):

- Rodolfo Rodríguez – Dendrocronología

Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM):

- Carlos A. Arnillas (co-PI) – Geografía, teledetección
- Pedro Vásquez – Ecología
- Eduardo Chávarri – Hidrología
- Ever Menacho – Meteorología
- Ricardo Apacla – Ing. Agrícola

Universidad Nacional del Callao (UNC):

- Rolando Alva – Física, hidrodinámica

Universidad Nacional de Piura (UNP):

- J. Manuel Charcape – Biología

Universidad Nacional de Tumbes (UNT):

- Luis Bermejo – Ing. Forestal y Medio Ambiente
- Oscar Mendoza – Pesquería
- César Poma – Pesquería, Cangrejo de manglar

Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM):

- Juan Tarazona (co-PI) – Biología, ecología
- Bram Willems (co-PI) – Sensoramiento remoto

Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH):

- Gabriela Sobarzo (co-PI) – Concha negra
- Pedro Tapia – Productividad marina

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Alemania:

- Camila Florez – Gobernanza

Laboratoire d'Etude en Géophysique et Oceanographie Spatiale (LEGOS), Francia:

- Boris Dewitte – Oceanografía, El Niño

Leibniz Center for Tropical Marine Ecology, Alemania:

- Gustavo Castellanos – Peces de manglar

Technische Universität Dresden (TUD), Alemania:

- Uta Berger – Ecología manglar, dendrocronología

2.2 Tesistas/Asistentes de investigación

- Orlando Advíncula (UNMSM)
- Jonathan Aparco (IGP)
- José Azabache (UNT)
- Rossana Cabanillas (UNMSM)
- Rodrigo Castro (UPCH)
- Luis Céspedes (UNALM/IGP)
- Jeancarlo Fajardo (UNC/IGP)
- Alder Feijoo (UNT)
- Daniel Flores (UNALM/IGP)
- Uzbekia Gonzales (UNT)

- Carlos Gutiérrez (UNMSM)
- Karel Idrogo (UNP)
- Karen León (UNALM)
- Ángela Mendoza (IGP)
- Claudia Parra (UNALM)
- Alexander Pérez (UPCH)
- Roxana Prado (UNT)
- Erick Príncipe (UNMSM)
- Janet Quincho (UNALM)
- Yakelyn Ramos (UNALM/IGP)
- Junior Vitor (UNMSM)
- Hugo Yucra (UPCH)

2.3 Administración de proyecto

IGP:

- Félix Chávez - Administrador
- Peter Verástegui - Asistente Administrativo
- Susana Huaccachi - Asistente Administrativo

2.4 Apoyo logístico

SERNANP:

- Rosa García – Especialista SNLMT
- Ysidoro Aguirre - Guardaparques
- Carlos Ricardi - Guardaparques
- Martin Silva - Guardaparques
- Edwin Sócola - Guardaparques

Marina de Guerra (Base Naval “El Salto”):

- Capitán de Fragata Juan de la Veda Villanos

Asociaciones de extractores artesanales de SNLMT:

- ASEPROHI-San Pedro (Presidente: Marco Aguayo; expresidente: Miguel Silva)
- AEXAPROH-Los Tumpis (Presidente: Wilfredo Rujel; expresidente: Jimmy Peralta)
- ASEXTRHI-Nueva Esperanza (Presidente: Juan Cerro; expresidente: Adolfo López)
- ACP El Bendito
- ASPOPRODECAZ
- ACODESOM El Bendito

3. Problemática

Los manglares son ecosistemas de zonas tropicales que toman su nombre del mangle, un árbol adaptado fisiológica y anatómicamente a las aguas salinas y que puede crecer en regiones donde el aporte de agua dulce de ríos se mezcla con el agua marina y que, debido a la acción de las mareas, son inundados y desaguados alternadamente por las mareas lo cual es crítico para la dinámica del ecosistema. El ecosistema manglar de la costa norte del Perú constituye el límite sur de este ecosistema en el Pacífico oriental. La mayor parte de este se ubica en la región de Tumbes (200,000 habitantes, 466,920 ha), y si bien el área de este ecosistema es pequeña (4,801 ha), representa una importante fuente directa de ingresos económicos para la región debido a sus recursos hidrobiológicos, particularmente la concha negra (*Anadara tuberculosa*) y el cangrejo del manglar (*Ucides occidentalis*) que son muy apreciados en la gastronomía nacional, y por el atractivo turístico de la zona. Además brinda servicios ambientales, como control de inundaciones, retención de nutrientes y sedimentos (Gonzales, 2004), restauración de la calidad del agua necesaria para la actividad langostinera (FUNDECOR, 2008), entre otros. En total, se ha estimado que su valor es de cerca a 4 millones de dólares americanos por año (INRENA, 2007) y que es el sustento de aproximadamente 10% de la población económicamente activa de la región (AB Sustenta, 2002).



Figura 3.1. Vista del estero Camarones, por donde desembocan las crecidas del río Zarumilla, en la zona de amortiguamiento del SNLMT

A partir de la década de 1980, la expansión de la actividad langostinera hacia los manglares se convierte en una fuerte amenaza (INRENA, 2007). En 1988 se crea el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT), área natural protegida que contiene cerca de 2,972 ha del ecosistema, cuyo objetivo es "la protección del Bosque de Manglar, único ecosistema representativo del Norte Peruano, así como la gran cantidad y diversidad de invertebrados acuáticos de importancia económica", así como para "incentivar la recreación y aumentar las corrientes turísticas en los lugares aledaños, mediante su uso en el turismo de vista e incentivar la recreación y el turismo" (Decreto Supremo 018-88-AG). Además, el Santuario es un hábitat de aves acuáticas que en 1997 fue declarado como un sitio RAMSAR de importancia internacional. Sin embargo, en la actualidad el ecosistema continua experimentando presiones asociadas a la sobreexplotación de sus recursos, contaminación del agua y, por ende, de todo el ecosistema, además de fenómenos naturales, como los eventos El Niño (INRENA, 2007).

La presión humana sobre el ecosistema tiene múltiples orígenes. El más evidente es la actividad langostinera, la cual deforesta el manglar para la creación de pozas y el uso de la madera, además de contaminar el agua con sus desagües y modificar los flujos de agua con la creación de canales. También se ha detectado contaminación con metales pesados en los recursos hidrobiológicos de consumo directo, que podría tener un impacto sobre la salud de la población (Echevarría, 2003; ARPSON Perú, 2010), y la contaminación con residuos sólidos de parte de la población (INRENA, 2007). En cuanto a los recursos hidrobiológicos, los extractores mismos estiman que las especies más vulnerables son la concha negra y el cangrejo manglero y que estas no soportarían el nivel actual de explotación (Malca, 2005). La captura de concha negra muestra una fuerte tendencia negativa: la captura del 2010 fue cerca a 80% menor que la de 1996 (Fig. 3.2). Esta situación está generando una gran preocupación entre las diferentes asociaciones de extractores: concheros, cangrejeros y pescadores, cuya principal actividad económica depende directamente del manglar. Actividades económicas complementarias a la extracción, como la preparación de comidas típicas para turistas, rol predominantemente de mujeres, también son afectadas. Además, existe incertidumbre sobre el futuro de los jóvenes debido al límite máximo en el número de extractores en las asociaciones formales.

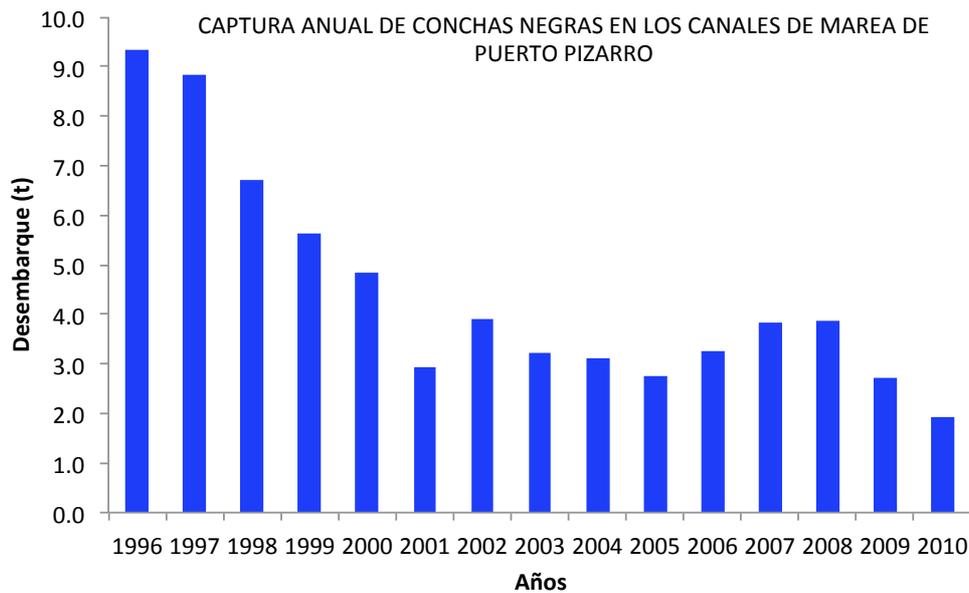
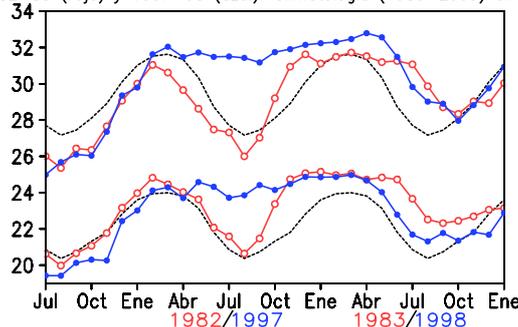


Figura 3.2. Capturas anuales de concha negra (*Anadara tuberculosa*) en el manglar de Puerto Pizarro, Tumbes (Fuente: IMARPE Tumbes)

Las amenazas naturales están asociadas al clima. La región de Tumbes se ubica inmediatamente al norte de la transición entre las aguas cálidas ecuatoriales y la corriente fría de Humboldt al sur. Climáticamente, esta región es muy dinámica en la escala interanual debido a la influencia del fenómeno El Niño, que además del aumento de la temperatura y del nivel del mar costero, puede producir lluvias mucho mayores que lo normal (Fig. 3.3). En particular, durante los eventos El Niño extraordinarios 1982-83 y 1997-98, el río Tumbes presentó un caudal medio anual de cerca al 500 y 300% de lo normal, respectivamente.

a) Temperatura max y min (°C) en Pto. Pizarro durante El Niño 1982-83 (rojo) y 1997-98 (azul). Climatología (1980-2009) en negro.



b) Precipitación mensual (mm) en Pto. Pizarro durante El Niño 1982-83 (rojo) y 1997-98 (azul). Climatología (1980-2009) en negro.

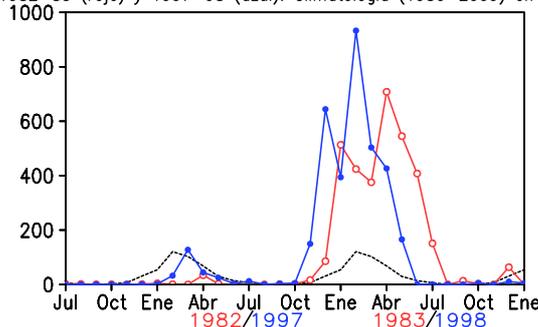


Figura 3.2. a) Temperatura máxima y mínima (°C) y b) precipitación (mm) mensual en Puerto Pizarro durante los eventos El Niño de 1982-83 (rojo) y 1997-98 (azul). El promedio climatológico se muestra en negro.

Esto a su vez se asocia a transporte anómalo de sedimentos que produce la colmatación de esteros (Huerta et al., 1999; INRENA, 2007), y que durante El Niño 1997-98 aparentemente resultó en la reducción de hábitat y de las poblaciones de cangrejo manglero y concha negra (Malca, 2005), y la muerte de mangles por el bloqueo de la inundación por las mareas. Otro impacto de los caudales fluviales anómalos se relaciona con la reducción en salinidad debido al aporte de agua fresca, lo cual se cree que habría producido la muerte de un número significativo de conchas negras en el SNLMT durante los eventos El Niño, particularmente durante el evento de 1982-83.

Con el calentamiento global, hay un conjunto de cambios ambientales asociados. Entre estos están el calentamiento general del planeta, el aumento de nivel del mar global, el derretimiento general del hielo marino y continental, entre otros (IPCC, 2013). Si bien los ecosistemas de manglares son por naturaleza resilientes ante variaciones ambientales, se estima a grandes rasgos que el cambio climático global, principalmente a través del aumento del nivel del mar (Gilman et al., 2008), podría producir una pérdida de área de entre 10 y 15% a nivel global hacia el año 2100 (Alongi, 2008). En la Tabla 3.1 se resumen varios de los impactos que el cambio climático podría tener en los manglares en general.

Además, los ecosistemas de manglares son unos de los más ricos en carbono en los trópicos, particularmente gracias al almacenamiento subterráneo, por lo cual la deforestación a nivel global de estos es responsable de aproximadamente 10% de las emisiones de gases invernadero por deforestación (Donato et al., 2011). Por esto, la conservación de los manglares puede jugar un rol importante en la mitigación del cambio climático.

Las condiciones climáticas particulares de la región de Tumbes, especialmente la fuerte influencia de El Niño, son importantes para determinar los posibles impactos futuros en los manglares de Tumbes. Por ejemplo, si bien el calentamiento del mar en la costa durante El Niño genera un aumento en la lluvia (Woodman, 1999; Takahashi, 2004), el efecto es el contrario si el calentamiento ocurre solo en el Pacífico ecuatorial central (Lavado y Espinoza, 2014), así que el efecto neto del calentamiento global podría depender de un sutil balance del calentamiento en las dos regiones. Similarmente, el aumento en el nivel de mar puede inundar las zonas de manglar, pero un aumento de aporte fluvial de sedimentos podría tener el efecto contrario. Por otro lado, el efecto más importante del cambio climático podría darse a través de su interacción con El Niño, ya sea por la superposición de sus efectos o por el potencial aumento en la frecuencia o magnitud de este. En particular, un aumento en la frecuencia de eventos como los de 1982-83 y 1997-98 podría tener consecuencias drásticas sobre la supervivencia del ecosistema, pero con el estado del conocimiento actual no hay confiabilidad en las estimaciones de los escenarios (Takahashi et al., 2011).

Tabla 3.1. Impactos predichos de varios aspectos del cambio climático en ecosistemas manglares con énfasis en aquellos en los que hay concordancia entre estudios (Alongi, 2008).

Peligro	Respuesta prevista	Factores extenuantes
Aumento del nivel del mar (NM)	Retroceso hacia el continente	La extensión del área de impacto dependerá en gran medida de la pendiente de la zona intermareal; modulado por la topografía y tasas de acumulación; tasa de aumento del NM y su efecto en el restablecimiento de plantas; cambio en composición de especies puede favorecer a las de crecimiento más rápido.
	Erosión del margen	Depende de la posición en estuario o costa abierta
	Productividad secundaria puede aumentar por mayor disponibilidad de nutrientes por erosión	Depende de la tasa de erosión; cambio de diversidad de especies a mayor tasa de ingreso de nutrientes.
Aumento en el CO ₂ atmosférico	Ningún o poco aumento en productividad primaria y respiración	Depende de disponibilidad de nutrientes y respuestas específicas por especies.
	Mayor eficiencia en uso de agua	Cambio en concentración de vapor de agua y su patrón
	Adelanto en periodo de floración	Los polinizadores pueden estar desincronizados con las plantas
Aumento en la temperatura del agua y aire	Menor supervivencia en áreas de aumento de aridez	Depende de cambios localizados en temperatura
	Expansión del rango latitudinal	Solo las especies más tolerantes a la temperatura
	Aumento en producción primaria neta y bruta	Patrones de crecimiento variarán y dependerán del régimen térmico
	Aumento en déficit de presión de vapor	Depende del cambio en el vapor de agua atmosférico
	Aumento en producción secundaria (especialmente microbios) y cambios en dominancia de especies	Depende de la composición local de especies y disponibilidad de nuevos reclutas
	Cambios en patrones fenológicos de reproducción y crecimiento	
	Aumento en biodiversidad	
Cambio en patrones, frecuencia e intensidad de precipitación / tormentas	Cambios en la composición de especies de mangle y crecimiento debido a cambios en contenido de agua en el suelo, salinidad.	Depende de la composición de especies inicial
	Aumento en producción primaria debido a aumento en la razón precipitación/evaporación	Depende de la composición de especies inicial
	Cambios en biodiversidad en fauna	Especies eurihalinas no afectadas, pero pérdida de especies estenohalinas
	Aumento en vacíos (gaps) y reclutamiento en vacíos (gap)	Depende del cambio en el nivel de intensidad, frecuencia, etc. de tormentas y ubicación relativo al campo de vientos.

El presente proyecto se enfoca en los manglares de Tumbes en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT) y en la zona de Puerto Pizarro, bajo la influencia de las cuencas binacionales (Perú-Ecuador) de los ríos Zarumilla y Tumbes, respectivamente (Fig. 3.3). En particular, se intenta ayudar a responder grandes interrogantes como: ¿cuál es el estado actual y la dinámica del ecosistema de manglares de Tumbes?, ¿cuáles han sido los impactos de la variabilidad climática (particularmente el fenómeno El Niño) sobre este?, ¿cuáles son las vulnerabilidades socioeconómicas de los extractores y sus familias ante cambios en la variabilidad y el cambio climático?, ¿cuáles han sido las respuestas de los actores claves como pobladores y autoridades ante eventos como el fenómeno El Niño?, ¿cuáles serían los impactos futuros del cambio climático en dichos ecosistemas?. y finalmente, ante posibles escenarios de cambio climático ¿qué medidas podrían, en forma flexible y funcional, permitir a la población vulnerable, instituciones locales y autoridades responsables el adaptarse a los cambios futuros?



Figura 3.3. Ubicación de las zonas de estudio (Imagen: Google Earth)

4. Objetivos

Los objetivos generales y específicos del proyecto muestran la originalidad e innovación de la experiencia, que es la única en su tipo hasta la fecha en el país. Se espera además que esta experiencia pueda ser replicada en otras zonas protegidas del país, sobre todo en las ubicadas en zonas de costa, que carecen de estudios de línea base, tanto en los aspectos físicos como en los socioeconómicos y culturales.

4.1 *Objetivo principal*

Fortalecer la capacidad de adaptación a la variabilidad y cambio climático en el ecosistema de manglares de Tumbes.

4.2 *Objetivos específicos*

1. Fortalecer y profundizar los estudios sobre los procesos físicos vinculados a la variabilidad y cambio climático en el ecosistema de los manglares de Tumbes.
2. Analizar los impactos que los procesos físicos vinculados a la variabilidad y cambio climático generan sobre el ecosistema de los manglares de Tumbes y la población.
3. Analizar la vulnerabilidad socioeconómica de la población (hombres, mujeres y jóvenes) vinculada al ecosistema, y valorar en términos económicos los servicios ambientales brindados por el ecosistema de los manglares de Tumbes.
4. Fortalecer capacidades locales de investigación en temas de adaptación al cambio climático, y difundir los resultados del proyecto a la población, instituciones locales, autoridades y medios científicos.
5. Desarrollar un plan integrado de estrategias de adaptación, incluyendo a los actores clave involucrados (población, instituciones locales y autoridades) que permita incorporar el tema de adaptación al cambio climático en los instrumentos de gestión local, regional y nacional.

5. Metodologías

5.1 Metodologías y herramientas empleadas para el análisis climático

5.1.1 Análisis Exploratorio de Datos

Este conjunto de técnicas estadísticas fue utilizado en las investigaciones vinculadas al clima para conseguir un entendimiento básico de los datos y de las relaciones existentes entre las variables analizadas.

Ellos permitieron organizar y preparar los datos, detectar fallos en el diseño y recolección de los mismos, tratamiento, evaluación de datos ausentes, identificación de casos atípicos (outliers) y otros (Salvador y Gargallo, 2003). La mayoría de las técnicas de AED son de carácter gráfico (histogramas, diagramas de barras y diagramas de líneas) con algunas técnicas cuantitativas. Uno de los métodos más utilizados fue el del Vector Regional (MVR), orientado a la crítica de datos y la homogenización.

5.1.2 Técnicas estadísticas multivariadas

Entre las variadas técnicas utilizadas, destaca el método de los Componentes Principales, que se puede definir como una técnica estadística multivariada que permite reducir un número de variables posiblemente relacionadas, en un número menor de variables independientes llamadas Componentes Principales (CPs) empleando el método de Funciones Ortogonales Empíricas (EOFs). Esta metodología se hizo conocida en el análisis de información atmosférica gracias a la publicación de Lorenz (1956) y, es posiblemente, la técnica estadística multivariada más usada en las ciencias atmosféricas (Wilks, 2006).

Para el proyecto, estas técnicas se utilizaron - por ejemplo- para el análisis de precipitación diaria en la zona, considerando eventos extraordinarios como El Niño 1982-28 y 1997-98, y tomando en cuenta tanto días lluviosos como secos.

5.1.3 Modelos numéricos de simulación

Dos de los principales componentes del sistema climático, la atmósfera y el océano, son fundamentalmente fluidos cuyo comportamiento en primera aproximación se puede describir mediante las leyes físicas de la dinámica de

fluidos. Sin embargo, por su complejidad estas leyes o ecuaciones requieren técnicas computacionales para su solución, típicamente representando el espacio y tiempo en forma discretizada. Por los fuertes requerimientos computacionales, existen límites al nivel de detalle (resolución) que se puede lograr. Además, se debe hacer aproximaciones, conocidas como “parametrizaciones”, para representar procesos de pequeña escala, como la turbulencia o las tormentas, que no pueden ser representadas explícitamente. Debido a los límites en la resolución y al uso de parametrizaciones, los modelos tienen errores que deben ser identificados mediante la validación (comparación de las simulaciones con datos observacionales) y, si no pueden ser corregidos, deben ser considerados explícitamente. Dos instancias donde se utiliza este enfoque en el proyecto es en el modelado hidrodinámico del manglar (sección 8.2) y en los escenarios de cambio climático usando los modelos globales CMIP5 (sección 8.6).

5.2 Metodologías y herramientas empleadas para el análisis biológico/ecológico

Para el análisis biológico/ecológico se utilizó un amplio rango de metodologías, debido a la diversidad de tipos de estudios desarrollados. A continuación se describen muy brevemente dichas metodologías agrupadas por bloques de interés: De la a) a la d) las metodologías utilizadas para el análisis de bosques; la e) y f) fueron utilizadas para el análisis de poblaciones, y la g) para el análisis biogeoquímico de sedimentos.

5.2.1 Modelos de simulación

Una de las formas de entender la dinámica de la vegetación es a través de la elaboración de modelos que expliquen su interrelación con otros factores y su interacción interna. A nivel mundial se han realizado varios esfuerzos por comprender la dinámica de la vegetación de los manglares. Algunos de los modelos de simulación de bosques de manglar son FORMAN (Chen y Twilley, 1997), MANGRO (Doyle et al., 1998) y KiWi (Berger y Hildebrandt, 2000) los cuales fueron desarrollados por la Universidad de Luisiana, USGS-National Wetlands Research Center, Lafayette y la Universidad Técnica de Dresden respectivamente. Para el Proyecto se utilizaron análisis estadísticos multivariados y exploratorios (Parra, 2014), que dieron como resultado una identificación de las comunidades vegetales del manglar, tal como se aprecia en la Tabla 1.

5.2.2 Análisis botánico de cobertura vegetal

Con el fin de conocer la composición florística del SNLMT se realizó el análisis botánico de la cobertura vegetal, a través del análisis de 205 líneas de muestreo distribuidas en 17 distintas zonas en tres islas del Santuario. En cada zona, ubicada de forma aleatoria, se dispusieron líneas de muestreo distribuidas de forma paralela a la orilla de las islas iniciando en la zona de bosque seco (más alta) hasta llegar al bosque de mangle rojo y colorado (*Rhizophora mangle* y *Rhizophora harrisonii*) (más baja).

En base a la información colectada se construyeron curvas de rango abundancia para cada línea de evaluación para visualizar los cambios en la composición de especies a lo largo de las mismas. Con los mismos fines, también se analizaron las líneas con el índice de diversidad de Shannon-Wiener y el análisis SHE que permite visualizar cambios marcados en la composición relativa de especies.

Esta información fue complementada con la determinación de las categorías diamétricas y altimétricas de especies arbóreas (mangles) en el SNLMT. Para ello se midió el diámetro de tronco a la altura del pecho (DAP) y la altura total de 1917 individuos de mangle, en parcelas establecidas según un muestreo preferencial. Estos análisis permitieron demostrar que la diversidad de especies disminuye en dirección centro-orilla y que la abundancia de especies con adaptaciones fisiológicas especiales para ambientes inundados y mayor salinidad incrementa en la misma dirección.

5.2.3 Teledetección

La teledetección por satélite es una herramienta importante que permite visualizar, medir, y por lo tanto, entender mejor la tendencia de los ecosistemas, como el de manglar. El uso de la teledetección para el Proyecto tuvo como objetivo analizar la cobertura vegetal, e identificar los cambios bruscos en dicha cobertura. Se trabajó con imágenes Landsat, las que fueron sometidas a un procesamiento a nivel de radiancia y reflectancia con la finalidad de que los parámetros físicos estimados por dato de imágenes satélites fueran fiables. El análisis a partir de las imágenes procesadas consistió en: realizar la clasificación supervisada mediante el uso del algoritmo de máxima probabilidad y estimar el índice físico denominado, índice de vegetación ajustado al suelo (SAVI, por sus siglas en inglés) que sirve para el análisis de la vigorosidad de la vegetación.

5.2.4 Análisis dendrocronológico

En el marco del Proyecto se realizó el primer estudio dendroclimático en Perú utilizando especies arbóreas de un ecosistema manglar. Específicamente, se evaluó el potencial de *Rhizophora mangle* (mangle rojo) del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes. Para ello se evaluaron siete (07) árboles de mangle rojo en buen estado fitosanitario ubicados en la Zona de Amortiguamiento del SNLMT, información que posteriormente fue correlacionada con datos de precipitación. Los resultados finales confirmaron que la especie mangle rojo se ve influenciada por los aportes de agua dulce al manglar, causando variaciones en su formación.



Figura 5.1 Preparación de las superficies y análisis en laboratorio de dendrocronología

5.2.5 Toma de muestras biológicas y análisis de estructura poblacional

Se realizaron muestreos mensuales para poder analizar las variaciones mensuales de la estructura poblacional de *U. occidentalis* en cuatro estaciones fijas, dos en el SNLMT y dos en Puerto Pizarro. Para el caso de los macrobentos, los muestreos se realizaron en los canales permanentes a lo largo del estuario de los ríos Zarumilla y Tumbes, con doce estaciones fijas que

se encontraron repartidas según el gradiente de salinidad de cada estuario, y que fueron evaluados durante la estación (abril) y seca (setiembre).

5.2.6 Marcaje y recaptura de bivalvos

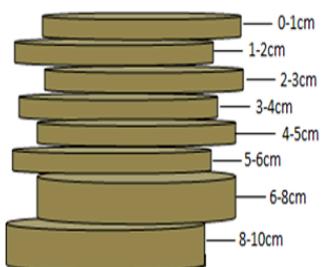
Para realizar los estudios de escleroclimatología con la finalidad de ver líneas de microcrecimiento en la concha negra *Anadara tuberculosa* y su estudio descriptivo poblacional en los manglares de Tumbes, se utilizó la metodología de marcaje y recaptura de 160 ejemplares dentro de la zona reservada en dos áreas de diferente salinidad con un éxito de recaptura de 9%.

5.2.7 Evaluación físico-química de la columna de agua y de la columna de sedimento

Para la evaluación biogeoquímica de sedimentos submareales en el SNLMT, se diseñó un muestreo enfocado en la variación estacional del régimen hídrico durante época seca (Septiembre) y época húmeda (Abril), en el cual se evaluaron las características físico-químicas del agua suprayacente a los sedimentos (salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, pH, potencial Redox), la distribución espacio-temporal de la composición textural de los sedimentos (contenido de arenas, limo y arcillas), la distribución espacio-temporal de la cantidad y calidad de la materia orgánica sedimentaria (materia orgánica total, fitopigmentos totales, carbohidratos y proteínas totales e hidrolizables) y la caracterización geoquímica de los sedimentos superficiales mediante la medición del potencial de óxido-reducción y el pH. Para ello se recolectaron muestras en dos periodos de tiempo (2 días del 2012 y dos días del 2013), y a lo largo de dieciséis estaciones distribuidas a lo largo y ancho del estuario.

Muestreo y Análisis

En 5 estaciones → muestro biológico, geoquímico intensivo.



Saca - testigos manual (10cm²)

En 11 estaciones → muestreo geoquímico y biológico (0-1cm), Redox (0-2cm)

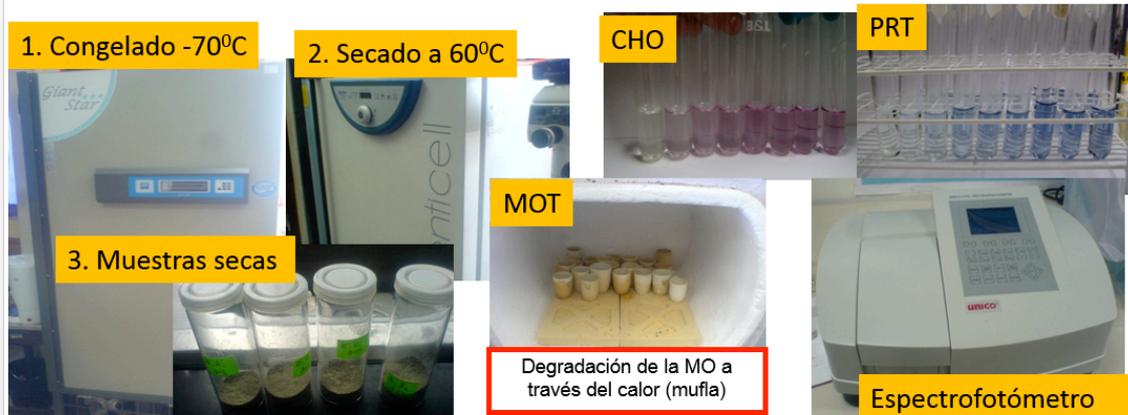


Figura 5.2: Secuencia de toma de datos y análisis físico-química de la columna de agua y columna de sedimento

5.3 Metodologías y herramientas empleadas para el análisis socioeconómico

Para la investigación de los aspectos sociales, económicos y culturales del proyecto se utilizaron diversas metodologías y herramientas. Muchas de ellas estuvieron orientadas a alimentar el análisis CVCA (Climate Vulnerability and Capacity Analysis) que se utilizó con el fin de comprender las implicancias del cambio climático para la vida de las población vinculada a la zona de estudio (concheros, cangrejeros y pescadores del SNLMT), permitiendo combinar los conocimientos locales y científicos sobre el clima, mediante la adaptación basada en comunidades (CBA). Los principales objetivos del uso del CVCA en el proyecto fueron (Dazé, Ambrose y Erhart, 2010):

Analizar la vulnerabilidad al cambio climático y la capacidad adaptativa a nivel comunitario: el CVCA comprende una metodología de recopilación, organización y análisis de información acerca de la vulnerabilidad y capacidad adaptativa de las comunidades.

Analizar la vulnerabilidad al cambio climático y la capacidad adaptativa a nivel comunitario: al no contar con información sobre los impactos del cambio

climático a nivel local, ni datos sobre pronósticos del tiempo y el clima, la metodología de recopilación y análisis sirve para generar conocimiento local sobre los asuntos climáticos y estrategias de adaptación apropiadas.

La población de estudio fue la población total de extractores de productos hidrobiológicos del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes y la muestra con la que se trabajó fueron los extractores de las asociaciones ASEPROHI – San Pedro, AEXAPROH –Los Tumpis y ASEXTRHI –Nueva Esperanza, por ser las asociaciones más numerosas y representativas de la zona. Adicionalmente se trabajó con el grupo de guardaparques del SNLMT, puesto que se determinó que ellos – al trabajar en el día a día en estrecha relación con los extractores -, podían complementar la información requerida. Para fines de este estudio el análisis se realizó a nivel hogar/individual y gobierno local.

Tanto las herramientas que se utilizaron para alimentar el CVCA como otras herramientas complementarias se presentan a continuación:

5.3.1 Talleres de diagnóstico rápido participativo (DRP)

Estos talleres permitieron recabar información sobre la organización familiar y social de extractores y guardaparques. En estos talleres se incluyeron la presentación del proyecto, el llenado de encuestas, trabajo dinámico de mapas, etc. El llenado de las encuestas fue anónimo, para permitir que los participantes respondieran con libertad y sin presiones.

La información recogida incluyó datos sobre el encuestado (edad, estado civil, grado de instrucción procedencia, etc.), su situación socioeconómica (tipo de vivienda que habita, acceso a servicios básicos, ingresos, cantidad de familias a cargo, cantidad de hijos a cargo, etc.), su relación con el manglar (conocimiento de conservación que tienen los extractores y guardaparques con respecto a los recursos extraídos, conocimiento de fechas de vedas y cuotas o límites de extracción de los recursos, etc.), y su relación con el ambiente (conocimiento de zonas de riqueza biológica, problemas ambientales, identificación de otros actores, etc.).

5.3.2 Talleres de capacitación y talleres de recojo de información con extractores y guardaparques vinculados al CVCA

Se organizaron pequeños talleres de capacitación con miembros líderes de las asociaciones ASEPROHI -San Pedro y AEXAPROH -Los Tumpis y con los guardaparques del Santuario. En estos talleres se capacitó a los participantes

tanto sobre el proyecto como en las preguntas orientadoras para el recojo de información. Las preguntas orientadoras abarcaron información sobre medios de vida, riesgos de desastre, desarrollo de capacidades, y vulnerabilidades.

Por su parte, los talleres de recojo de información, donde la participación de los líderes capacitados fue crítica, permitieron recoger información sobre los peligros a los que los extractores están expuestos, así como sus vulnerabilidades. En el reporte técnico “Análisis de capacidad y vulnerabilidad climática de las asociaciones de extractores de concha negra y cangrejo rojo del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes” (Ver listado de productos), se detallan los resultados. En la Figura 1 pueden apreciarse algunas vistas de los talleres de recojo de capacitación, como de los talleres de recojo de información.



Figura 5.3 Vistas de los talleres capacitación y recojo de información

5.3.3 Mapa de amenazas

Esta herramienta tuvo entre sus objetivos conocer la percepción de los extractores respecto a los peligros a los que están expuestos, identificar los principales recursos de subsistencia en el SNLMT y quiénes tienen el control sobre ellos; identificar áreas y recursos vulnerables a amenazas climáticas, y finalmente analizar los cambios en las amenazas existentes.

Dada la complejidad geográfica del Santuario, y dado el nivel de detalle requerido, se prepararon mapas base de trabajo, donde los extractores pudieron identificar los lugares de referencia y límites geográficos. Finalmente se identificaron los principales recursos y amenazas, los cuales fueron ubicados en el mapa.

5.3.4 Calendarios estacionales

La preparación de calendarios estacionales buscó la identificación de periodos de estrés, amenazas, enfermedades, hambre, deudas, vulnerabilidad, etc. para así entender las estrategias de subsistencia y de afrontamiento; analizar los cambios en las actividades estacionales, y finalmente evaluar el uso de la información sobre el clima en la planificación.

Para su preparación se dibujaron matrices de doble entrada en la que se colocaron los meses del año así como las actividades realizadas, estas debían comprender feriados, festividades, estaciones de reproducción de recursos, de mortandad, periodos de escasez de alimentos, épocas de migración, frecuencia de las amenazas/desastres; en ellas se señalaron la frecuencia de eventos y se discutió en forma grupal cada una de las anotaciones en la matriz.

5.3.5 Cronología histórica

Esta herramienta tuvo por objetivo identificar las amenazas pasadas y los cambios en su naturaleza, intensidad y comportamiento; así como evaluar el alcance del análisis de riesgos, la planificación e inversión en el futuro.

Para el desarrollo de esta herramienta se graficó una línea de tiempo, donde los extractores empezaron a identificar y ubicar temporalmente los eventos pasados según su memoria histórica. Estos eventos debían comprender amenazas de gran escala y sus efectos, cambios en el uso de la tierra, cambios en la tenencia de la tierra, cambios en la seguridad alimentaria y la nutrición, cambios en la administración y organización así como principales acontecimientos políticos. La cronología preparada se remontó a la década de los años 50 del siglo pasado.

5.3.6 Mapeo de actores

Esta herramienta buscó entender qué instituciones son más importantes para la población, analizando su participación en los procesos locales de planificación, así como evaluar el acceso a los servicios y la disponibilidad de redes de seguridad social.

Para ello, se identificaron las instituciones que trabajan con la población objetivo y en el área de estudio, se seleccionaron por su influencia y funciones, y se ubicaron en un diagrama de Venn de acuerdo a sus funciones e influencias (directas o indirectas).

5.3.7 Relojes de rutina diaria y acompañamientos vivenciales

Esta herramienta permitió la identificación de las diferentes actividades diarias que realizan los concheros, cangrejeros, pescadores y guardaparques del Santuario. La herramienta también permitió identificar tanto las semejanzas como las diferencias entre las diferentes labores, y conocer detalles sobre cantidad de horas y esfuerzo realizados para la extracción o guardianía.

Para el desarrollo de los relojes de rutina diaria, no solo se realizó el ejercicio de construcción de relojes de actividades con los extractores: Personal del proyecto realizó acompañamientos vivenciales de 24 horas a cada tipo de actor. Esto permitió además documentar fotográficamente las actividades.

Si bien los resultados son referenciales (los relojes pueden variar mucho, por ejemplo entre época de veda y época de recolección), esta herramienta brindó una visión más amplia sobre la actividad de extracción, y sus implicancias en términos de tiempo, ingresos, distancias, etc.

6. Estrategias

6.1 Trabajo multidisciplinario e interinstitucional

El proyecto tuvo como estrategia base un trabajo multidisciplinario e interinstitucional. Al finalizar el proyecto habían participado en forma directa diecinueve (19) instituciones, entre las que se cuentan universidades estatales y privadas del país (en algunos casos incluyendo sus centros de investigación), instituciones nacionales y sus respectivas oficinas regionales, proyectos especiales y una universidad extranjera (ver abajo). Cada institución aportó – a través de los investigadores y técnicos –, su experiencia y conocimiento en campos que abarcaron temas como la percepción remota, biología de invertebrados, modelado numérico, etc. Por otra parte, los oficiales y subalternos de la Comandancia de la Primera Zona Naval de la Marina de Guerra del Perú, y los guardaparques e ingenieros del SNLMT brindaron facilidades logísticas sin las cuales el desarrollo de varios de los trabajos de investigación no hubieran sido posible. Para facilitar la colaboración en el marco de este proyecto, el IGP firmó convenios marco con IMARPE y SERNANP.

Las instituciones participantes como socias estratégicas del proyecto fueron:

- **Instituciones Nacionales:** Instituto del Mar del Perú (Imarpe), Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Sernanp), Marina de Guerra del Perú,
- **Oficinas Regionales de Instituciones Nacionales:** Instituto del Mar del Perú Tumbes (Imarpe-Tumbes), Jefatura del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT-SERNANP), Estación El Salto - Comandancia de la Primera Zona Naval de la Marina de Guerra del Perú
- **Universidades Nacionales:** Universidad Nacional de Tumbes, Universidad Nacional de Piura (UdeP), Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), Universidad Nacional del Callao (UNC), Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)
- **Centros de investigación de Universidades Nacionales:** Laboratorio de Teledetección de la Facultad de Ciencias Físicas (LABTEL-UNMSM), Centro de Datos para la Conservación (CDC-UNALM)
- **Universidades Particulares:** Universidad de Piura, Universidad Cayetano Heredia
- **Universidades Extranjeras:** Technische Universität Dresden (Alemania), Albert-Ludwigs-Universität Freiburg (Alemania)
- **Proyectos Especiales:** Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes
- **Centros de investigación extranjeros:** LEGOS (Francia), Leibniz Center for Tropical Marine Ecology (Alemania)

A esto debe sumarse las dificultades asociadas a un trabajo multidisciplinario; uno de los más conocidos es la comunicación entre los especialistas provenientes de diferentes disciplinas, ya que no comparten vocabularios, objetivos, técnicas, y formas de ver el mundo en general. La solución más sencilla es dividir el proyecto en grupos de trabajo según las disciplinas y permitir que especialistas ejecuten sus actividades, para al final intentar integrar los resultados. Sin embargo, esto fácilmente puede resultar en una colección de resultados inconexos. El otro extremo es que el investigador principal (PI) asuma un rol fuerte e intente dirigir lo más posible los esfuerzos hacia el fin común, pero esto puede llevar a la frustración a los investigadores, ya que la libertad es muy apreciada en la ciencia.

En el presente proyecto se tomó una combinación de ambas estrategias. Se convocó un grupo de investigadores de diferentes disciplinas que por sí solos podrían dirigir las investigaciones en su tema. Luego, a través de talleres con ellos y con actores de la zona de manglares se establecieron qué temas eran importantes y, a la vez, posibles de investigar dadas las capacidades del grupo. Además, se buscó que estos temas pudieran conectarse entre sí, de manera que la integración pudiera darse con facilidad hacia el final. El esquema conceptual resultante (ver sección 8.1) fue tanto una guía como un resultado del proyecto. De todas formas, el rol del PI es clave para hacer el seguimiento y asegurar que los esfuerzos y recursos no se desviaran de los objetivos.

La coordinación continua entre los investigadores se logró a través de reuniones y talleres continuos, que permitieron intercambiar datos e información, identificar problemas comunes, y coordinar salidas de campo conjuntas que enriquecieron el trabajo. Finalmente, la participación de algunos actores clave a lo largo de todo el proyecto, como la Jefatura del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, los investigadores senior de las diferentes instituciones involucradas, y los asesores de tesis de los estudiantes fueron un componente clave en el desarrollo del proyecto.

6.2 Trabajos de tesis como base de los estudios

Una estrategia muy importante fue el desarrollo de estudios puntuales a través de tesis de pregrado y postgrado. Si bien el proyecto se inició con algunas preguntas básicas que se esperaban pudieran ser contestadas a través del desarrollo de tesis, los temas de muchas de las tesis finalmente desarrolladas fueron surgiendo a lo largo del proyecto, conforme se conocía en mayor profundidad la zona de trabajo y conforme aparecían nuevos socios estratégicos que plantearon interrogantes adicionales.

Si bien cada tesista tenía asignado como asesor a un investigador senior del proyecto -que lo apoyó y orientó a lo largo de toda la investigación-, cada

estudiante debía contar además con un asesor en su universidad, lo que constituyó un reto constante, dada la falta de docentes con conocimiento en temas relativamente nuevos que pudieran fungir de asesor principal de los estudiantes. El sistema de tesis, por otro lado, fue una estrategia crítica en la generación de capacidades de investigación sobre temas vinculados – en muy diferentes facetas-, a la variabilidad y el cambio climático y el ecosistema manglar, que no se hubiera podido lograr de haber usado estrategias alternas – por ejemplo a través de la contratación de consultores. Además del apoyo del asesor a cargo, a cada tesis se le brindó un subsidio mensual, así como los costos de la investigación: pasajes y viáticos para las comisiones de servicio, recojo de muestras, análisis de laboratorio, etc.; cada tesis podía tener una duración de doce (12) meses, con posibilidades de extensión de tres (3) meses adicionales.

Cabe indicar que a diferencia de muchos proyectos piloto vinculados a cambio climático que inician su trabajo con el desarrollo de los aspectos socioeconómicos de la zona de estudio, dejando para el final del proyecto -o dejando de lado totalmente- el análisis de los aspectos físicos (incluyendo líneas base, estudios sobre clima, desarrollo de escenarios, etc.), el proyecto de Manglares-IGP inició sus trabajos de investigación con los estudios vinculados a las ciencias “duras”: climatología, sedimentología, biología, etc. Solo al iniciar el segundo año, y cuando ya se contaba con información biofísica básica que pudiera servir como ancla y guía, se iniciaron los trabajos en los aspectos socioeconómicos.

Hacia el fin del proyecto se apoyó que los tesis presentaran sus resultados de investigación en reuniones nacionales, tales como el CONCIMAR o el III Encuentro de Investigadores Ambientales organizado por el Ministerio del Ambiente. Esta participación consolidó en los jóvenes el buen ánimo, espíritu de superación y confianza en sus capacidades.

6.3 Artículos científicos

Las publicaciones en revistas científicas arbitradas de nivel internacional es una estrategia eficiente para validar y mejorar el trabajo desarrollado mediante la revisión por científicos expertos. Este tipo de publicaciones es considerado un requisito mínimo para que un trabajo sea considerado “científico”, pero no garantiza que sea correcto. Otra función importante de estas publicaciones es que ponen los trabajos a disposición de la comunidad científica internacional

Lamentablemente, existe poca práctica en las universidades peruanas de publicar a nivel internacional, particularmente fuera de Lima. Esto se da tanto en los profesores como en los estudiantes y las investigaciones normalmente no se publican más allá de las tesis. En este proyecto se intenta promover la publicación científica creando un ambiente donde dichas publicaciones son consideradas factibles y facilitando la interacción de los estudiantes y sus

asesores con investigadores, principalmente de Lima y el extranjero, con más experiencia en esto. Sin embargo, este proceso toma tiempo y normalmente excede los plazos de los proyectos en que se enmarcan.

6.4 Aprovechamiento del conocimiento local

Se aprovechó el conocimiento local de extractores y guardaparques para mejorar y validar la información necesaria para varias de las investigaciones en desarrollo. Una herramienta socioeconómica como es la preparación de mapas temáticos tuvo como uno de sus principales objetivos ampliar el conocimiento sobre las características del territorio, así como identificar zonas críticas de interés para los estudios que se realizarían en la zona. Por ejemplo, se trabajaron mapas de ubicación de la mayor productividad biológica (conchales o cangrejales), zonas de mayor acumulación de sedimentos, profundidad de esteros en épocas de marea de quiebra, navegabilidad en marea seca, etc.

Si bien la metodología estándar utilizada para la realización de mapas temáticos indica que la población debe realizarlos en su totalidad, dada la complejidad de la zona de estudio se siguieron los siguientes pasos: (i) El equipo técnico prepare mapas base; (ii) Durante los talleres se trabajó con extractores y guardaparques en mejorar los mapas, identificando detalles puntuales. Finalmente estos mapas fueron insumos para varios de los trabajos de investigación (tesis) que se desarrollaron durante el Proyecto. En la secuencias de figuras siguiente (Figuras 6.1 y 8.5) se aprecia esta secuencia de trabajo.



Figura 6.1. a) Taller de recojo de información. Preparación de mapa temático sobre chorros y esteros colmatados, b) Mapa temático final sobre chorros y esteros colmatados.

7. Actividades del Proyecto.

Se presenta un resumen de todas las actividades realizadas dentro del marco del proyecto y también un cuadro detallado de los trabajos de campo por cada componente. Además se adjunta los cuadros detallados cronológicamente de las actividades desarrolladas durante la ejecución del proyecto.

Tabla 7.1: Número de actividades por año

Descripción de actividades	2012	2013	2014	2015
Salidas de Campo	15	41	18	0
Reunión de Trabajo	4	0	6	0
Organización y participación en talleres y cursos a nivel nacional	10	6	6	1
Participación internacional en conferencias, talleres, reuniones	1	5	10	1
Sustentaciones de tesis	0	0	7	1

Tabla 7.2: Número de salidas de campo por año y componente

Salidas de campo por componente	2012	2013	2014	2015
Staff Proyecto	4	0	0	0
Clima, Hidrología, Transporte de sedimentos	2	6	7	0
Ecología y Biología	5	19	4	0
Biogeoquímica	2	1	1	0
Bosques y Suelos	2	4	1	0
Aspectos Socioeconómicos	0	11	6	0
Total	15	41	19	0

Tabla 7.3: Actividades durante el año 2012

#	Inicio	Fin	Descripción de la actividad	Participantes
1	28/01/2012	30/01/2012	Visita de campo a la zona de estudio del proyecto	Staff Proyecto
2	29/02/2012	4/03/2012	Taller de Apertura del Proyecto - Tumbes	Staff Proyecto
3	3/03/2012	3/03/2012	Salidas de Campo, reconocimiento de Zona	Staff Proyecto
4	4/03/2012	4/03/2012	Visita SNLMT	Staff Proyecto
5	14/06/2012	14/06/2012	Reunión de Trabajo en las instalaciones del IGP	Staff Proyecto
6	19/07/2012	19/07/2012	Reunión de Trabajo con SERNANP	Staff Proyecto
7	20/07/2012	20/07/2012	Visita estación el Salto	Staff Proyecto
8	21/07/2012	22/07/2012	Reunión de trabajo con el Staff de Piura del Proyecto	Staff Proyecto
9	17/08/2012	21/09/2012	Instalación de los sensores CTD	Clima, Hidrol., Sedimentos
10	17/08/2012	17/08/2012	I Taller Participativo para el levantamiento de Información Socioeconómica	Staff Proyecto
11	17/08/2012	17/08/2012	I Campaña Piloto / Grupo Bosques y Suelos	Bosques
12	6/09/2012	9/09/2012	I Campaña de Biogeoquímica	Biogeoquímica
13	8/09/2012	8/09/2012	I Campaña del Grupo de Ecología y Biología (Macrobentos)	Ecol. & Biología
14	17/09/2012	17/09/2012	Participación de Tesistas en el Taller de SNLMT (Grupo - Socioeconómico)	Socioecon.
15	26/09/2012	3/10/2012	Campaña Piloto del grupo Ecología y Biología (Setiembre - Octubre)	Ecol. & Biología
16	20/10/2012	20/10/2012	I Encuentro Regional : El cambio climático y la Responsabilidad Social	Socioecon.
17	7/11/2012	7/11/2012	Dictado de Curso de "Publicaciones Científicas"	Director Proy.
18	9/11/2012	14/11/2012	I Campaña del Grupo Biología y Ecología	Ecol. & Biología
19	14/11/2012	21/11/2012	II Campaña Piloto del Grupo de Bosques y Suelos	Bosques
20	19/11/2012	21/11/2012	Monitoreo de Actividades del Grupo Socio Económico (20 al 22 de noviembre)	Socioecon.
21	20/11/2012	26/11/2012	"II Campaña del grupo de Biogeoquímica"	Biogeoquímica
22	22/11/2012	22/11/2012	Participación en el : "Proyecto Ambiental Manglares de Puerto Pizarro"	Socioecon.
23	24/11/2012	24/11/2012	II Campaña del Grupo de Ecología y Biología (Macrobentos)	Ecol. & Biología
24	24/11/2012	24/11/2012	Calculo de las corrientes de Marea en el SNLTM	Clima, Hidrol., Sedimentos
25	1/12/2012	9/12/2012	Participación del personal SNLMT en el 3er Congreso de Guardaparques	SNLMT - SERNANP
26	3/12/2012	3/12/2012	Conferencia "AGU Fall " Meeting	Director Proy.
27	3/12/2012	3/12/2012	Coordinación de Instalación del Cluster – Proyecto Spirales (IGP-IRD).)	Soporte del IGP
28	7/12/2012	12/12/2012	II Campaña del Grupo Biología y Ecología	Ecol. & Biología
29	10/12/2012	10/12/2012	Dictado de Curso de Funciones Ortogonales Empíricas	Colaboradores Internacional
30	13/12/2012	13/12/2012	Dictado de taller sobre uso y administración de Cluster a cargo del Proyecto Spirales.	Colaboradores Internacional

Tabla 7.4: Actividades durante el año 2013

#	Inicio	Fin	Descripción de la actividad	Participantes
1	11/01/2013	17/01/2013	III Campaña del Grupo Biología y Ecología	Ecol. & Biología
2	16/01/2013	20/01/2013	Campaña de flujos sedimentarios desde los Andes centrales occidentales hacia el océano Pacífico Peruano	Clima, Hidrol., Sedimentos
3	27/01/2013	2/02/2013	Taller de avances Preliminares del Proyecto	Staff Proyecto
4	6/02/2013	8/02/2013	Participación en el ENSO Diversity Workshop Boulder, CO	Director Proy.
5	15/02/2013	20/02/2013	Recolección de datos de los CTD ubicados en el estero de Zarumilla y la base EL SALTO, y también medidas de batimetría	Clima, Hidrol., Sedimentos
6	1/03/2013	7/03/2013	Identificación y determinación de servicios ambientales	Socioecon.
7	3/03/2013	6/03/2013	Visita técnica de reconocimiento del Manglar San Pedro de Vice	Socioecon.
8	11/03/2013	16/03/2013	IV Campaña del Grupo Biología y Ecología	Ecol. & Biología
9	24/03/2013	28/03/2013	Recolección de datos de los CTD ubicados en el estero de Zarumilla y la base EL SALTO, y también medidas de batimetría	Clima, Hidrol., Sedimentos
10	31/03/2013	9/04/2013	Evaluación de la calidad ecológica y cambios en la estructura comunitaria del macrobentos submareal del ecosistema de manglar de los estuarios del río Tumbes y Zarumilla	Ecol. & Biología
11	2/04/2013	9/04/2013	IV Campaña del estudio de sedimentos y meiofauna en el ecosistema los manglares de Tumbes	Biogeoquímica
12	8/04/2014	9/04/2013	Estudio de Microcrecimiento de Anadara Tuberculosa en los Manglares de Tumbes.	Ecol. & Biología
13	8/04/2014	12/04/2013	Curso de seguridad turística organizado por MINCETUR	SERNANP
14	10/04/2013	16/04/2013	V Campaña del Grupo Biología y Ecología	Ecol. & Biología
15	13/04/2013	30/04/2014	Estructura y distribución espacial de las comunidades vegetales del SNLMT	Bosques
16	23/04/2013	24/04/2013	Campaña dendrocronología en cinco especies de árboles de mangle en el SNLMT	Bosques
17	23/04/2013	4/05/2014	Estructura de las especies de Mangle en el SNLMT	Bosques
18	10/05/2013	16/05/2013	VI Campaña del Grupo Biología y Ecología	Ecol. & Biología
19	28/05/2013	28/05/2013	Campaña piloto para el estudio de " Identificación de los impactos de la actividad agrícola para los periodos 1992-2012, distrito de Aguas verdes y Zarumilla.	Socioecon.
20	6/06/2013	6/06/2013	Campaña piloto para el estudio de " Determinación de la capacidad de carga turística en el Santuario Nacional los Manglares de Tumbes y Villa Puerto Pizarro.	Socioecon.
21	13/06/2013	20/06/2013	VII Campaña del Grupo Biología y Ecología	Ecol. & Biología
22	21/06/2013	26/06/2013	Recolección de datos de los CTD ubicados en el estero de Zarumilla y la base EL SALTO, y también medidas de batimetría	Clima, Hidrol., Sedimentos
23	24/06/2013	27/06/2013	Participación en curso "Introducción al Manejo de Grandes Bases de Datos Climáticos"	Clima, Hidrol., Sedimentos
24	12/07/2013	18/07/2013	VIII Campaña del Grupo Biología y Ecología	Ecol. & Biología
25	17/07/2013	25/07/2013	"Influencia de los cambios espaciales y temporales de la salinidad en los ritmos de micro crecimiento de las conchas de Anadara tuberculosa"	Ecol. & Biología
26	22/07/2013	27/07/2013	Salida de campo para el estudio "Identificación de los impactos de la actividad agrícola para los periodos 1982 – 2012"	Socioecon.
27	24/07/2013	25/07/2013	Crecimiento y mortalidad de concha negra Anadara tuberculosa (Arcoïda: Arcidae), asociados a los parámetros físicos en los manglares de Zarumilla, Tumbes, Perú	Ecol. & Biología

Tabla 7.4: Continuación

#	Inicio	Fin	Descripción de la actividad	Participantes
28	31/07/2013	4/08/2013	Determinación de la capacidad de carga turística en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes y Puerto Pizarro".	Socioecon.
29	8/08/2013	14/08/2013	XI Campaña del Grupo Biología y Ecología	Ecol. & Biología
30	3/08/2013	17/08/2013	Participation en curso CREAR-ED-SPA (Center for Research and Education of the Amazonian Rainforest)	Clima, Hidrol., Sedimentos
31	7/09/2013	13/09/2013	X Campaña del Grupo Biología y Ecología	Ecol. & Biología
32	10/09/2013	16/09/2013	Evaluación de la calidad ecológica y cambios en la estructura comunitaria del macrobentos submareal del ecosistema de manglar de los estuarios del río Tumbes y Zarumilla	Ecol. & Biología
33	14/09/2013	15/09/2013	Crecimiento y mortalidad de concha negra <i>Anadara tuberculosa</i> (Arcoïda: Arcidae), asociados a los parámetros físicos en los manglares de Zarumilla, Tumbes, Perú	Ecol. & Biología
34	20/09/2013	22/10/2013	"Estructura de las especies de mangle en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes".	Ecol. & Biología
35	22/09/2013	22/09/2013	Recolección de datos de los CTD ubicados en el estero de Zarumilla y la base EL SALTO, y también medidas de batimetría	Clima, Hidrol., Sedimentos
36	28/09/2013	1/10/2013	"Identificación de los impactos de la actividad agrícola para los periodos 1982 – 2012"	Socioecon.
37	1/10/2013	7/10/2013	Participar en el "Information on Synthesis Workshop Adapatation on Coastal and Estuaries System".	Socioecon.
38	1/10/2013	31/10/2013	"Determinación de la capacidad de carga turística en el SNLMT y Villa Puerto Pizarro.	Socioecon.
39	5/10/2013	11/10/2013	XI Campaña del Grupo Biología y Ecología	Ecol. & Biología
40	7/10/2013	10/10/2013	Campaña dendrocronología en cinco especies de árboles de mangle en el SNLMT	Bosques
41	16/10/2013	18/10/2013	Participación en el Tercer Congreso de Oceanografía Física, Meteorología y Clima del Pacífico Sur Oriental	Clima, Hidrol., Sedimentos
42	17/10/2013	17/10/2013	Simposio Peruano de Física	Bosques
43	22/10/2013	27/10/2013	Salida de campo para el estudio de "Determinación de la cadena productiva de <i>Anadara tuberculosa</i> en el SNLMT".	Socioecon.
44	27/10/2013	31/10/2013	Taller de Avances preliminares del IGP	Staff Proyecto
45	5/11/2013	11/11/2013	XII Campaña del Grupo Biología y Ecología	Ecol. & Biología
46	13/11/2013	30/11/2013	Campaña piloto para el estudio de "Determinación de la capacidad de carga turística en el SNLMT y Villa Puerto Pizarro."	Socioecon.
47	26/11/2013	2/12/2013	Crecimiento y mortalidad de concha negra <i>Anadara tuberculosa</i> (Arcoïda: Arcidae), asociados a los parámetros físicos en los manglares de Zarumilla, Tumbes, Perú	Ecol. & Biología
48	27/11/2013	29/11/2013	"Estudio experimental del transporte de sedimentos en suspensión y fondo y comparación con modelos teóricos en los ríos Puyango-Tumbes y Zarumilla"	Clima, Hidrol., Sedimentos
49	1/12/2013	31/12/2013	Campaña " Determinación de la capacidad de carga turística en el Santuario Nacional los Manglares de Tumbes y Villa Puerto Pizarro.	Socioecon.
50	6/12/2013	6/12/2013	Participación en el "Homenaje por el día del Guardaparque Peruano"	Staff Proyecto
51	8/12/2013	14/12/2013	Charla sobre El Niño en el "AGU Fall Meeting 2013"	Director Proy.
52	13/12/2013	17/12/2013	XIII Campaña del Grupo Biología y Ecología	Ecol. & Biología

Tabla 7.5: Actividades durante el año 2014

#	Inicio	Fin	Descripción de la actividad	Participantes
1	11/01/2014	16/01/2014	XIV Campaña del Grupo Biología y Ecología	Ecol. & Biología
2	12/01/2014	16/01/2014	Reunión de trabajo para el estudio "Impactos de la actividad agrícola para el periodo 1982 – 2012".	Socioecon.
3	10/01/2014	31/01/2014	Campaña "Determinación de la capacidad de carga turística en el SNLMT y Pto.Pizarro."	Socioecon.
4	17/01/2014	19/01/2014	Trabajos de campo en la ciudad de Tumbes (recoger y tomar datos del Sensor CTD) como parte del estudio Modelado hidrodinámico de los manglares de Tumbes	Clima, Hidrol., Sedimentos
5	22/01/2014	5/02/2014	"Estructura de las especies de mangle en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes".	Bosques
6	25/01/2014	29/01/2014	Visita técnica a la Universidad de Concepción (UDEC) – Chile	Socioecon.
7	2/02/2014	6/02/2014	Reunión de trabajo para el estudio "Cadena productiva de <i>Anadara tuberculosa</i> (Sowerby, 1833) en la región Tumbes, 2013".	Socioecon.
8	8/02/2014	11/02/2014	Crecimiento y mortalidad de concha negra <i>Anadara tuberculosa</i> (Arcoida: Arcidae), asociados a los parámetros físicos en los manglares de Zarumilla, Tumbes, Perú	Ecol. & Biología
9	16/02/2014	20/02/2014	Reunión de trabajo para el estudio de Capacidad de carga turística del SNLMT y Puerto Pizarro.	Socioecon.
10	21/02/2014	26/02/2014	Salida de campo para el estudio de "Determinación de la cadena productiva de <i>Anadara tuberculosa</i> en el SNLMT"	Socioecon.
11	23/02/2014	27/02/2014	Reunión de trabajo para el estudio "Impactos de la actividad agrícola para el periodo 1982 – 2012".	Socioecon.
12	22/02/2014	8/03/2014	Participación en la conferencia "2014 Ocean Sciences Meeting"	Director del Proyecto
13	7/03/2014	12/03/2014	XV Campaña del Grupo Biología y Ecología	Ecol. & Biología
14	19/03/2014	22/03/2014	Reunión del proyecto Manglares	Manglares IGP
15	11/04/2014	20/04/2014	"Estudio experimental del transporte de sedimentos en suspensión y fondo"	Clima, Hidrol., Sedimentos
16	4/05/2014	10/05/2014	Colecta de datos del Sensor CTD como parte del estudio Modelado hidrodinámico de los manglares de Tumbes	Clima, Hidrol., Sedimentos
17	13/05/2014	13/05/2014	Sustentación de Tesista (C. Parra) "Efecto de la altitud del terreno sobre la estructura y distribución espacial de las comunidades vegetales del SNLMT"	Bosques
18	29/05/2014	2/06/2014	Trabajo de campo "Efecto de las plumas de sedimentación en la productividad primaria del mar de Tumbes, Perú."	Ecol. & Biología
19	22/06/2014	28/06/2014	Participación en el IV Congreso de Ciencias del Mar del Perú (CONCIMAR)	Manglares IGP
20	2/07/2014	2/07/2014	II Reunión de Trabajo del 2014 del proyecto	Manglares IGP
21	17/07/2014	18/07/2014	Participación en el "I Encuentro Binacional de Estudiantes"	Socioecon.
22	4/08/2014	6/08/2014	"Estudio experimental del transporte de sedimentos en suspensión y fondo"	Clima, Hidrol., Sedimentos
23	29/07/2014	7/08/2014	Taller y Capacitaciones para los Extractores aplicando herramientas de CVCA para identificar medidas de adaptación ante efectos de cambio climático en el SNLMT,	Socioecon.
24	12/08/2014	15/08/2014	Participación en el III Encuentro de Investigadores Ambientales	Manglares IGP
25	16/08/2014	17/08/2014	Colecta de datos del Sensor CTD como parte del estudio Modelado hidrodinámico de los manglares de Tumbes	Clima, Hidrol., Sedimentos
26	27/08/2014	29/08/2014	Participación del XXVI Congreso Latinoamericano de Hidráulica	Clima, Hidrol., Sedimentos

Tabla 7.5: Continuación

#	Inicio	Fin	Descripción de la actividad	Participantes
27	27/08/2014	29/08/2014	Investigador del IGP expuso en XXVI Congreso Latinoamericano de Hidráulica en Chile	Clima, Hidrol., Sedimentos
28	30/08/2014	31/08/2014	Colecta de datos del Sensor CTD como parte del estudio Modelado hidrodinámico de los manglares de Tumbes	Clima, Hidrol., Sedimentos
29	12/09/2014		Tesista del Proyecto Manglares obtiene título de Ingeniera Meteorológica (Y. Ramos)	Clima, Hidrol., Sedimentos
30	22/09/2014	26/09/2014	Salida de campo para el estudio de "Determinación de la cadena productiva de Anadara tuberculosa en el SNLMT".	Socioecon.
31	8/10/2014	11/10/2014	Uso de la Herramienta CVCA para la formulación de estrategias de adaptación en el ecosistema del manglar en el SNLMT	Socioecon.
32	12/10/2014	14/10/2014	World Conference On Marine Biodiversity 2014 - China	Biología
33	15/10/2014	17/10/2014	Extracción de testigos largos en el ecosistema de manglares de Tumbes	Biogeoquímica
34	4/11/2014	6/11/2014	Workshop sobre las «PRECURSORES Y LAS INESTABILIDADES EN LOS FENÓMENOS DEL TRANSPORTE SÓLIDOS»	Clima, Hidrol., Sedimentos
35	6/11/2014	6/11/2014	Tesista (Alder Feijoo) del Proyecto Manglares obtuvo el grado de Ingeniero Forestal y del Medio Ambiente en la Universidad Nacional de Tumbes	Socioecon.
36	12/11/2014	14/11/2014	Participación en III Conferencia Internacional ENSO	Clima, Hidrol., Sedimentos
37	14/11/2014	14/11/2014	Director del Proyecto Manglares ilustra diversidad del fenómeno ENOS en Conferencia Internacional (Ecuador)	Clima, Hidrol., Sedimentos
38	14/11/2014	14/11/2014	IGP expone avances en reformulación del sistema observacional del Pacífico Tropical (Ecuador)	Clima, Hidrol., Sedimentos
39	14/11/2014	14/11/2014	Proyecto Manglares presentó resultados preliminares en conferencia internacional sobre El Niño (Ecuador)	Socioecon.
40	19/11/2014	25/11/2014	Salida de campo para el estudio de "Determinación de la cadena productiva de Anadara tuberculosa en el SNLMT".	Socioecon.
41	26/11/2014	26/11/2014	Tesista del Proyecto Manglares obtiene título de Ingeniera Agrícola (K. León)	Clima, Hidrol., Sedimentos
42	3/12/2014	3/12/2014	Tesista del Proyecto Manglares (A. Pérez) entre los ganadores del Premio Ambiental 2014	Biogeoquímica
43	4/12/2014	4/12/2014	Presentan Proyecto Manglares del IGP en "Voces por el Clima"	Socioecon.
44	6/12/2014	7/12/2014	Colecta de datos del Sensor CTD como parte del estudio Modelado hidrodinámico de los manglares de Tumbes	Clima, Hidrol., Sedimentos

Tabla 7.6: Actividades durante el año 2015

#	Inicio	Fin	Descripción de la actividad	Participantes
1	04/02/2015	06/02/2015	ENSO Extremes and Diversity: Dynamics, Teleconnection, and Impacts", organizado por el Climate Change Research Centre - Sydney Australia	Clima, Hidrol., Sedimentos
2	16/02/2015	16/02/2015	Participación en Taller del proyecto "Estudio de la vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes", IGP-PNUD	Clima, Hidrol., Sedimentos

8. Resultados

8.1 Esquema conceptual del proyecto

Durante el desarrollo del proyecto, uno de los desafíos fue el coordinar los estudios multidisciplinarios de manera que contribuyan en forma integrada a los objetivos del proyecto. Para este fin, en talleres con los actores del manglar y reuniones entre los investigadores del proyecto se fue afinando el esquema conceptual de proyecto que relaciona los aspectos físicos, biológicos/ecológicos, socioeconómicos y de gestión o manejo (Fig. 8.1). Esto permitió identificar los vacíos del conocimiento que podrían, al menos parcialmente, ser llenados por el presente proyecto.

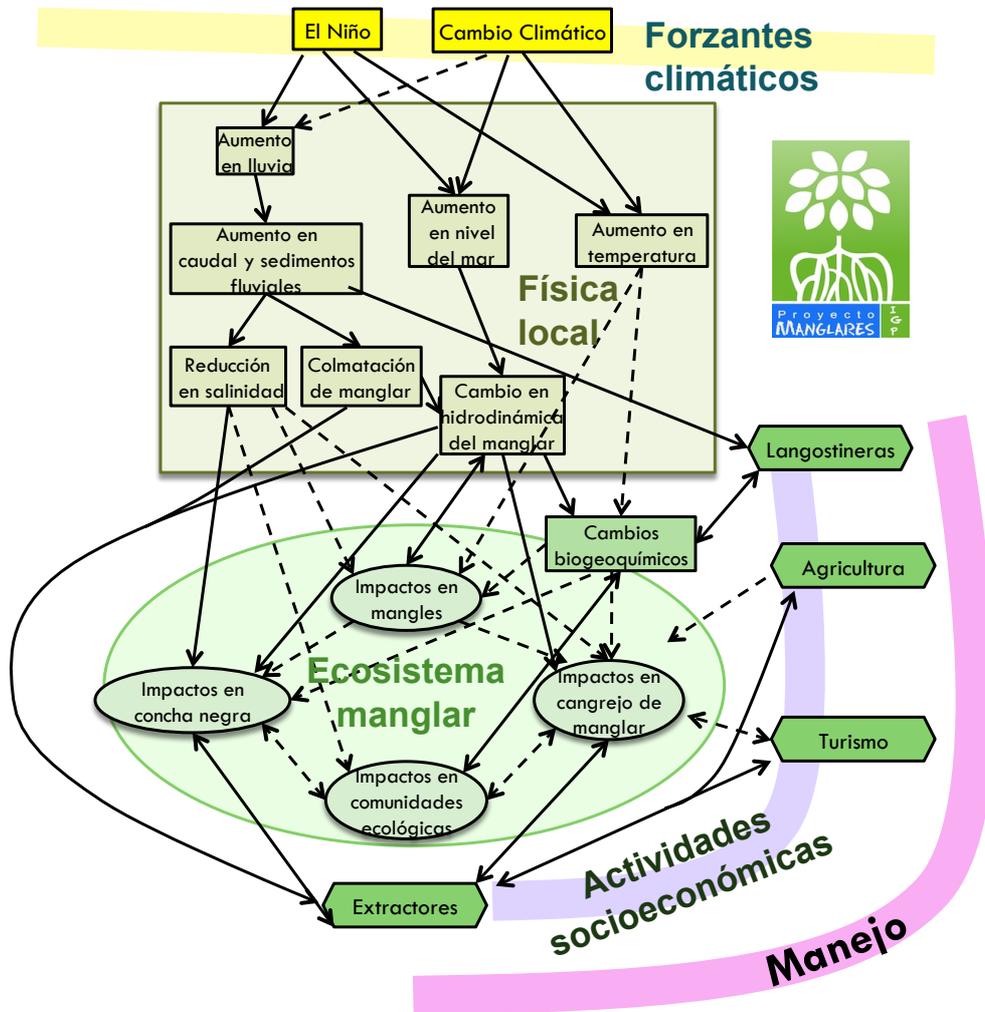


Figura 8.1. Esquema conceptual del Proyecto Manglares

8.2 Clima, Hidrología, Transporte de sedimentos

Las cuencas de los ríos Zarumilla y Tumbes en la región de Tumbes se caracterizan por tener una temporada lluviosa entre diciembre y marzo. Sin embargo, las variaciones interanuales de las precipitaciones y los caudales asociadas al Fenómeno El Niño pueden ser bastante mayores a las típicas estacionales. En particular, los periodos 1982-1983, 1997-1998, y 1926-1926 correspondieron a eventos El Niño con lluvias extraordinariamente intensas (Fig. 8.2a) asociadas a temperaturas muy altas en la costa durante la temporada húmeda que tropicaliza el clima (Fig. 8.2b).

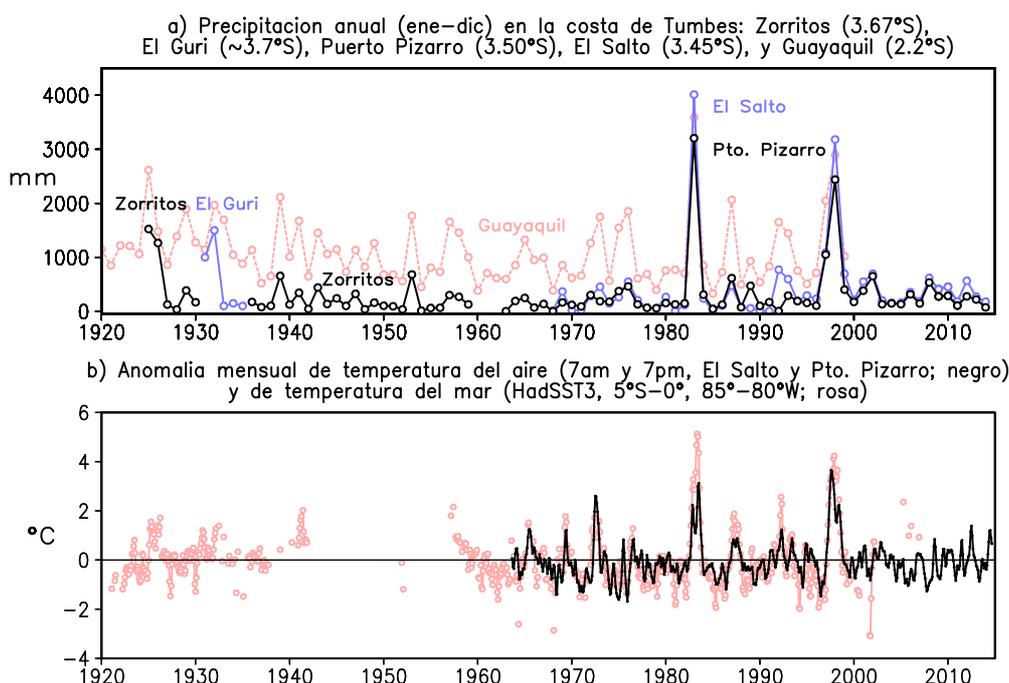


Figura 8.2. a) Precipitación anual (mm) en los manglares de Puerto Pizarro y SNLMT (El Salto), complementada con los datos de Zorritos y El Guri. Como referencia se muestran los datos de Guayaquil en Ecuador. b) Anomalia de temperatura del aire en los manglares de Tumbes (negro), así como de la temperatura superficial del mar tomada por barcos (rosa; fuente: HadSST3).

Los eventos El Niño extraordinarios, por su misma rareza, no son bien entendidos. En este proyecto, se ha contrastado datos observacionales y simulaciones numéricas y se ha propuesto que los eventos 1982-1983 y 1997-1998 conforman una clase aparte de eventos El Niño asociada a procesos de retroalimentación amplificados por las lluvias en el Pacífico oriental (Takahashi y Dewitte, 2015¹). Sin embargo, trabajo en marcha muestra que los modelos globales usados para el pronóstico estacional, así como para las estimaciones de cambio climático, representan deficientemente estos procesos y subestiman dichos eventos. Por otro lado, el estudio de El Niño en 1925-1926 sugiere que este evento estuvo asociado a procesos físicos muy distintos a los dos

¹ Takahashi K., and Dewitte B., 2015: Strong and moderate nonlinear El Niño regimes. Aceptado en

mayores, asociado a un calentamiento muy local frente a la costa peruana y condiciones frías en el Pacífico central (Takahashi et al, en preparación²). Este evento fue el que hizo a El Niño reconocido por la comunidad científica internacional, pero según los criterios modernos quizás hubiera calificado como un evento “La Niña”, por lo que es evidente que se debe tomar con cuidado la información que proviene del extranjero para la toma de decisiones sobre este fenómeno y priorizar la información local, particularmente la proporcionada por el Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) del Perú.

Durante los eventos El Niño más extremos el nivel del mar puede aumentar entre 30 y 40 cm por algunos meses (Wyrki, 1985³). Un ejemplo de esto se observó durante el proyecto entre abril y mayo del 2014, en que una onda Kelvin cálida ecuatorial incrementó el nivel en hasta 30 cm por unos días, aunque afortunadamente esta onda no coincidió con mareas extremas: si la onda hubiera llegado a comienzos de febrero del 2014, la marea alta hubiera alcanzado los 173 cm (Fig. 8.3; Fajardo et al, 2014⁴). Además se debe considerar que estas ondas también elevan las mareas bajas de la misma manera, lo cual afecta las actividades de los extractores artesanales en el manglar, que requieren el retiro de la marea para su labor.

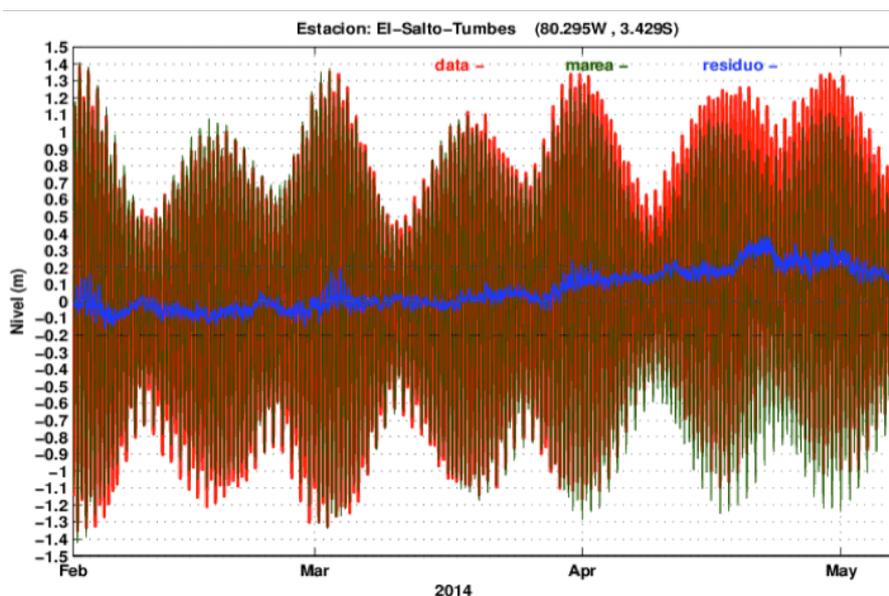


Figura 8.3. Niveles del agua (m) medidos entre febrero y mayo 2014 en la base El Salto en el SNLMT (rojo), la componente debida a la marea astronómica (verde) y el residuo asociado a la onda Kelvin ecuatorial (azul). (Fajardo et al, 2014)

² Takahashi K., Martínez A. G., Mosquera-Vásquez K., 2015: The very strong 1925-26 El Niño in the far-eastern Pacific. En preparación para *Journal of Climate*

³ Wyrki K, 1985: Sea level fluctuations in the Pacific during the 1982-83 El Niño, *Geophys. Res. Lett.*, 12 (3), 125-128

⁴ Fajardo J., Takahashi K., Mosquera K., 2014: Los impactos de la marea y la onda Kelvin en los manglares de Tumbes, Boletín Técnico El Niño (IGP) 1 (9), 9-10, http://www.met.igp.gob.pe/publicaciones/Avances_PPR_El_Niño_IGP_201409.pdf

Si bien el ecosistema manglar está bien adaptado a las condiciones cálidas asociadas al Fenómeno El Niño, una de las mayores preocupaciones en relación a este fenómeno está asociada al transporte de sedimentos y la colmatación de los esteros del manglar. Según los testimonios de guardaparques y extractores en el SNLMT, los eventos de 1982-1983 y 1997-1998 habrían colmatado de tal manera el estero Zarumilla que ya no es siempre navegable, además de que el bloqueo de la onda de marea habría reducido el área irrigada y producido la muerte de parte del manglar.

Las lluvias y crecidas durante El Niño no son continuas sino ocurren en episodios intensos (Takahashi 2004; León, 2014⁵), lo cual promueve mayor erosión y transporte de sedimentos. Usando datos históricos, así como un muestreo intensivo de concentración de sedimentos fluviales durante el proyecto que incluye mediciones pioneras de sedimentos de fondo (Quincho, 2014⁶), se ha estimado que los caudales durante los eventos El Niño extraordinarios generan entre 10 y 30 veces más transporte de sedimentos que en años normales (Fig. 8.4, Morera et al., en preparación⁷). Esto es importante también para la implementación de obras de irrigación en la región, ya que estos eventos El Niño pueden acortar sustancialmente la vida útil de reservorios.

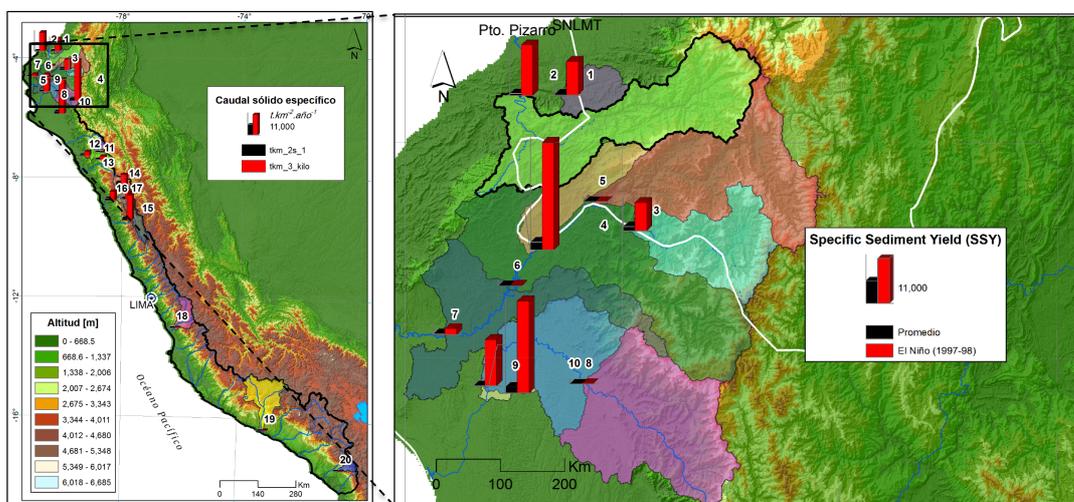


Figura 8.4. Flujos fluviales específicos de sedimentos en condiciones normales (negro) y durante El Niño 1997-98 (rojo). Las cuencas 1 y 2 corresponden a Zarumilla (Palmales) y Tumbes (El Tigre), respectivamente (Morera et al., en desarrollo)

⁵ **Takahashi, K.**, 2004: The atmospheric circulation associated with extreme rainfall events in Piura, Peru, during the 1997-98 and 2002 El Niño events. *Annales Geophysicae* 22, 3917-3926.

León, K., 2014: Análisis espacio-temporal de las precipitaciones y caudales durante los eventos El Niño (1982-83 y 1997-98) en la costa norte peruana. Tesis Ing.Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina.

⁶ **Quincho, J.**, 2015: Estudio experimental del transporte de sedimentos en suspensión y fondo, y comparación con modelos teóricos en los ríos Puyango, Tumbes y Zarumilla, Tesis Ing. Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina

⁷ **Morera, S.B.**; Crave, A.; Guyot, J.L.; & Condom, T., 2015: Critical erosion rates and sediment yield in mountain catchments during catastrophic events El Niño: from the west central Andes to the Pacific Ocean (Perú). En preparación para *Earth and Planetary Science Letters*.

Para investigar los posibles efectos de la colmatación y el aumento del nivel del mar, se ha implementado un modelo hidrodinámico del SNLMT (Fajardo, 2015⁸), para lo cual se ha levantado la primera carta batimétrica de este manglar (Fig. 8.5). Si bien está pendiente completar la topografía para simular la inundación por la marea, resultados preliminares indican que el bloqueo hipotético del estero Santa Rosa en el lado ecuatoriano produciría una reducción de 20-30% de la amplitud de la marea en la parte interior del SNLMT.

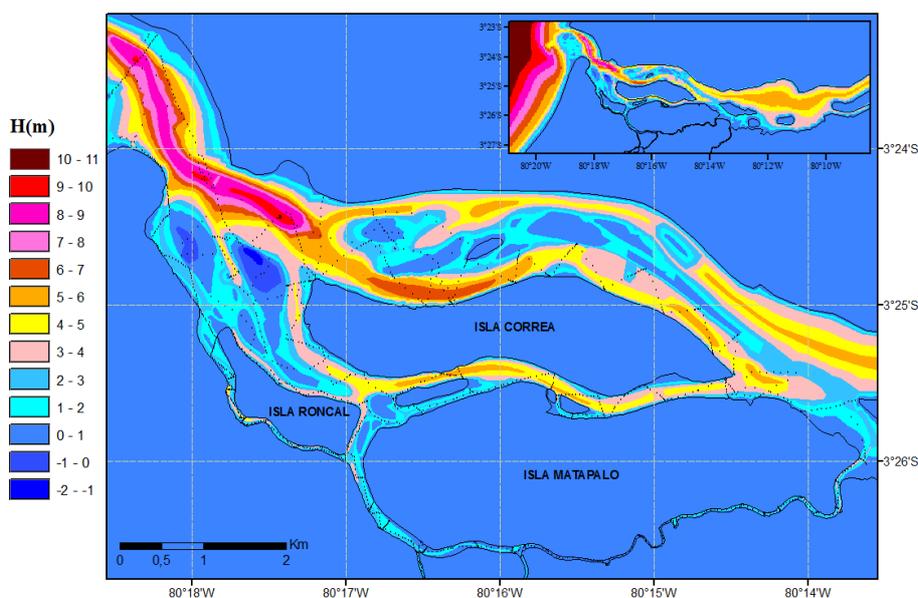


Figura 8.5. Batimetría del SNLMT (m) con respecto al nivel medio del mar (Fajardo, 2015).

8.3 Biogeoquímica

El estuario asociado al Santuario Nacional de los Manglares de Tumbes es un sistema altamente dinámico, capaz de responder rápidamente a los cambios temporales del régimen hídrico al que se encuentra sometido (Fig. 8.6; Pérez, 2013⁹ y referencias citadas). Estos cambios gatillan respuestas geoquímicas condicionadas por la geomorfología, las características texturales, la cantidad de material orgánico sedimentario, las características fisicoquímicas del agua suprayacente a los sedimentos y la temperatura ambiental. La mayor insolación durante la época lluviosa produjo mayores temperaturas del agua de fondo que en la seca (Fig. 8.7a,b). Durante el desarrollo de la época seca, el ingreso de agua dulce a través de los canales principales y secundarios del estuario decrece significativamente. Este decremento del flujo de agua dulce

⁸ **Fajardo, J.**, 2015: Modelado numérico del campo de velocidades y niveles de marea en el Santuario Nacional de Los Manglares de Tumbes, Tesis de Licenciatura en Física, Universidad Nacional del Callao (en revisión).

⁹ **Pérez, A.**, 2013: Influencia del régimen hídrico y de las condiciones geoquímicas sobre la comunidad y el flujo energético del meiobentos metazoario de los sedimentos intermareales y submareales de los Manglares de Tumbes. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar, Universidad Peruana Cayetano Heredia.

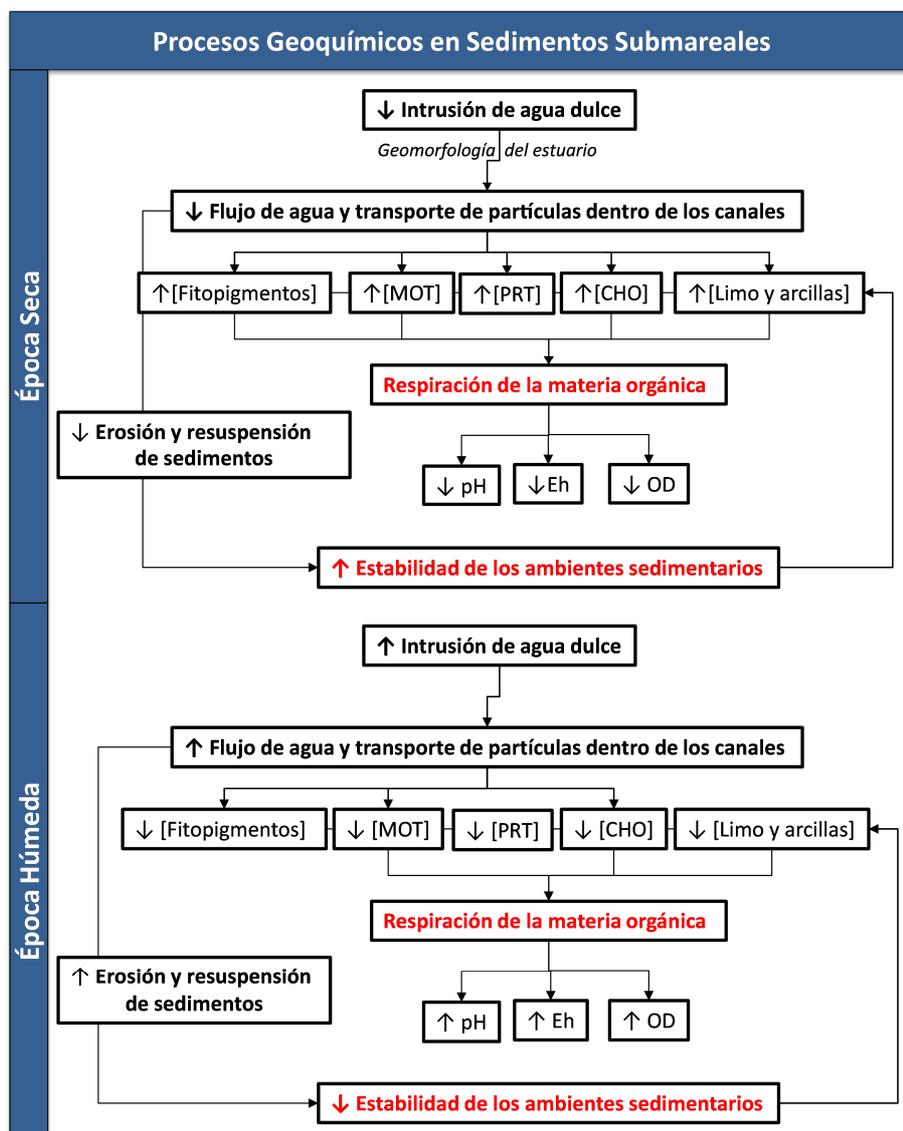


Figura 8.6. Diagrama conceptual que resume la dinámica geoquímica a nivel submareal dentro del estuario asociado al SNLMT durante el desarrollo de la época seca y la época húmeda. (Pérez, 2013)

implica mayor salinidad (Fig. 8.7c,d) y trae consigo una disminución significativa del transporte de materiales hacia fuera del estuario, lo que genera una alta tasa de acumulación de materia orgánica principalmente de origen autóctono. Este efecto ve amplificado sobre todo en los canales secundarios, canales de menor cauce y geomorfología más cerrada, dificultándose en ellos la movilización y/o exportación hacia fuera del sistema. La alta retención de materiales, en su mayoría de origen vegetal, conlleva al agotamiento del oxígeno disuelto (Fig. 8.7e,f), agotamiento directamente asociado a los procesos de respiración de la materia orgánica. El desarrollo de estos procesos, también se traduce en la disminución de los niveles de pH en sedimentos superficiales y en el agua suprayacente (Fig. 8.7g,h), así como al

establecimiento de condiciones reductoras. Por otro lado la alta acumulación de materia orgánica ante el débil transporte de material en suspensión favorece la alta producción bacteriana, creando una suerte de ambiente sedimentario de alta calidad que favorece el desarrollo de comunidades bentónicas intersticiales. Durante el desarrollo de la época húmeda, el ingreso de agua dulce a través de los canales principales y secundarios crece significativamente, lo cual también produce un aumento del transporte de materiales hacia fuera del estuario, que a su vez se traduce en la disminución de los niveles de pH durante la respiración de la materia orgánica transportada a través del estuario. La mayor erosión, resuspensión y transporte de materiales se refleja en el decremento de los inventarios acumulados en los sedimentos de los canales del estuario, traduciéndose en una disminución de las tasas de respiración, valores más altos de pH y establecimiento de condiciones menos reductoras que en la época seca. Sin embargo, en algunas zonas de los canales secundarios, al ser focos de alta acumulación e intensa respiración de materia orgánica sedimentaria, mantienen condiciones altamente reductoras y de bajo pH. Además, el aumento del caudal del río y el consecuente aumento del transporte de materiales, inestabilizan los ambientes sedimentarios dificultando la colonización de comunidades bentónicas. La estacionalidad hídrica dentro del estuario es esencial para la estabilidad del subsistema bentónico del estuario. Si bien es cierto que durante la época seca el estuario sufre menos perturbación física y mayor acumulación de material autóctono, la época húmeda trae consigo una suerte de detoxificación natural de las condiciones altamente reductoras del sistema.

La composición granulométrica dentro del estuario no mostró cambios estacionales significativos, aunque el contenido de arenas fue mayor durante la época húmeda y en los canales principales del estuario, mientras que en el canal Zarumilla y canales secundarios el contenido era menor. Esta zonación obedeció a la dinámica hídrica estacional y mareal dentro estuario, en donde zonas más expuestas a un constante flujo y reflujo de agua son erosionadas constantemente. Además, durante la época seca, el contenido de limo y arcillas fue mayor al registrado durante la época húmeda, donde zonas poco influenciadas por la dinámica de erosión mareal, como las del canal Zarumilla y canales secundarios, tendieron a preservar material particulado más fino. Por otro lado, el contenido de materia orgánica total fue mayor durante la época seca en comparación a lo registrado durante la época húmeda, con mayores concentraciones en la zona del canal Zarumilla, en donde la baja resuspensión y/o erosión del material fino facilita su acumulación.

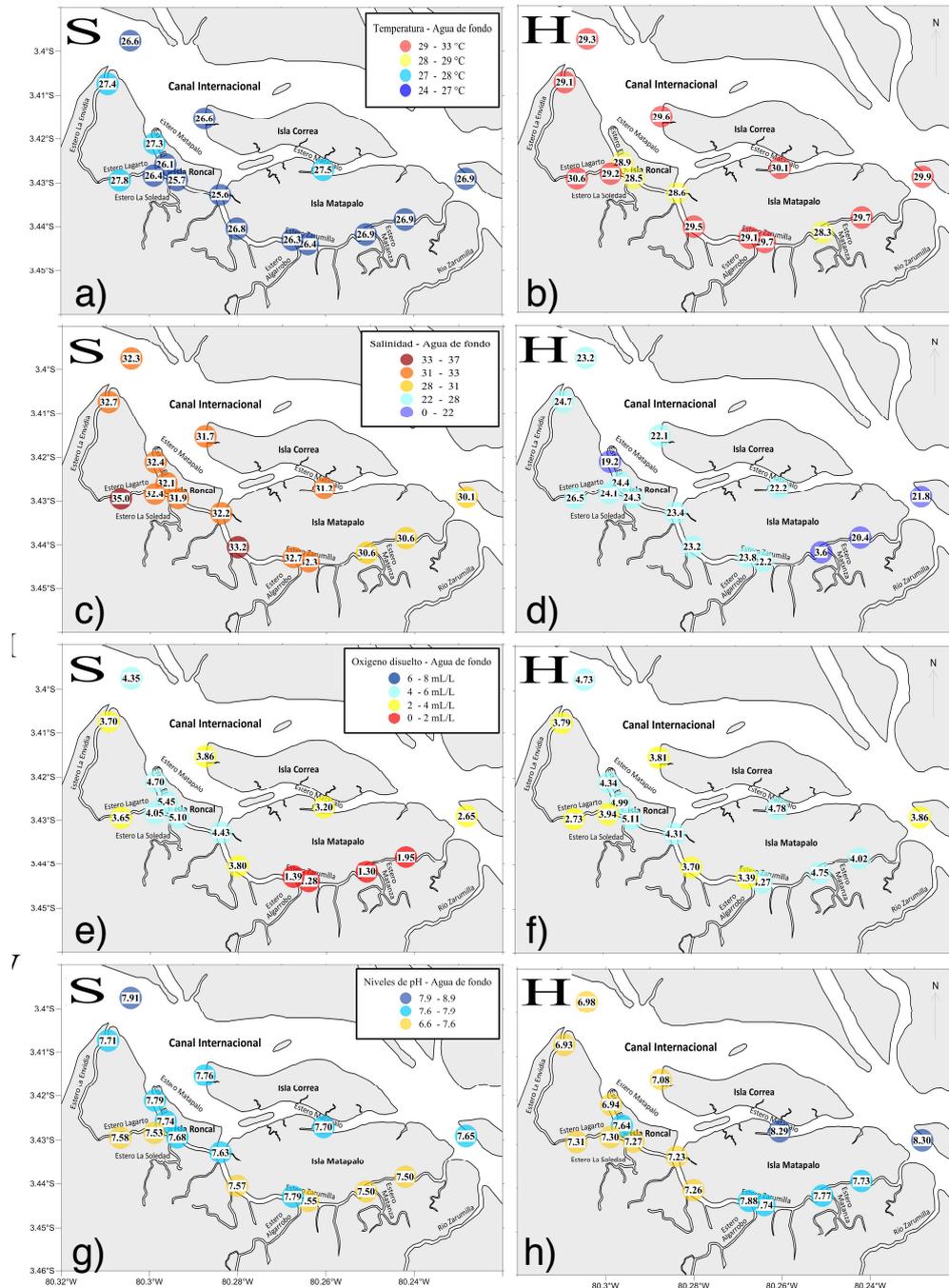


Figura 8.7. a,b) Temperatura, c,d) salinidad, e,f) oxígeno disuelto, f,h) pH del agua en el fondo en los esteros del SNLMT en época seca (a,c,e,g) y época lluviosa (b,d,f,h). (Pérez, 2013)

8.4 Bosques

Todas las plantas tienen características específicas en cuanto al rango de tolerancia a diferentes factores abióticos como salinidad, humedad, temperatura, etc. En el ecosistema manglar se espera un gradiente de salinidad asociado a la altitud del terreno y su efecto en la frecuencia de inundación por la marea. En el estudio de Parra (2014¹⁰), la composición florística del SNLMT se evaluó por el análisis botánico de la cobertura vegetal de 205 líneas de muestreo distribuidas aleatoriamente en 17 distintas zonas en las islas Matapalo, Correa y Roncal, entre la zona de bosque seco (más alta) hasta llegar al bosque de mangle rojo y colorado (*Rhizophora mangle* y *Rhizophora harrisonii*) (más baja). Se utilizó el Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMDS) para identificar comunidades vegetales (Tabla 8.1) y se encontró una buena relación con la altitud (Fig. 8.8). Se debe resaltar que las variaciones de altitud del suelo asociadas son muy pequeñas, de menos de un metro, ya que estas son suficientes controlar el ingreso de la marea (Fig. 8.8). Estos resultados son de gran importancia, ya que son un elemento clave para estimar los posibles efectos del cambio en el régimen de mareas por el aumento del nivel del mar o la colmatación de los esteros sobre la distribución de las comunidades vegetales del manglar.

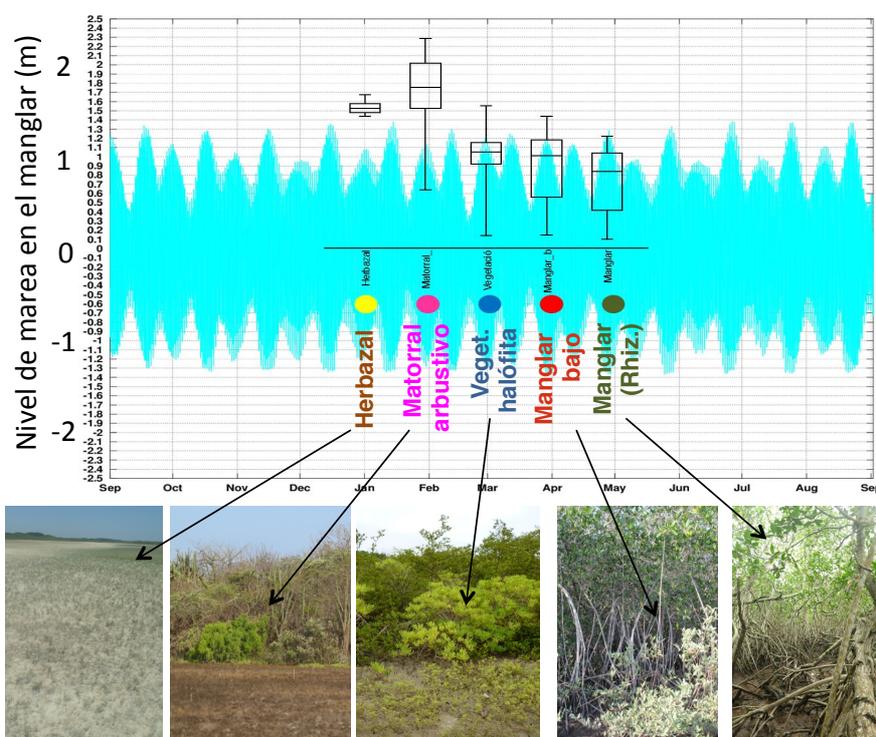


Figura 8.8. Distribución altitudinal de comunidades vegetales manglar en relación a las variaciones del nivel de marea en el SNLMT (adaptado de Parra, 2014).

¹⁰ Parra, C., 2014: Efecto de la altitud del terreno sobre la estructura y distribución espacial de las comunidades vegetales del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT). Tesis Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina.

Tabla 8.1. Comunidades del ecosistema de manglar y frecuencia de inundación promedio (Parra, 2014).

Comunidad vegetal	Descripción (frecuencia de inundación)	Especies	Cobertura vegetal (%)
Herbazal	Especies de porte herbáceo (0 días)	<i>Cressa nudicaulis</i>	1,21
		<i>Sporobolus pyramidatus</i>	0,49
Matorral arbustivo	Especies arbustivas y arbóreas de Bosque Seco Ecuatorial, también se encuentra <i>Conocarpus erectus</i> (0 días)	<i>Eragrostis sp.</i>	11,23
		<i>Bursera graveolens</i>	11,15
		<i>Lycium americanum</i>	9,96
		<i>Caesalpinia paipai</i>	9,18
		<i>Distichlis spicata</i>	6,10
		<i>Maytenus octogona</i>	6,08
		<i>Beautempsia avicenniifolia</i>	5,44
		<i>Salicornia fruticosa</i>	4,81
		<i>Cordia lutea</i>	4,67
		<i>Sporobolus pyramidatus</i>	4,61
		<i>Prosopis pallida</i>	3,20
		<i>Avicennia germinans</i>	3,16
		<i>Pithecelobium excelsum</i>	2,99
		<i>Ximenia americana</i>	2,59
		<i>Conocarpus erectus</i>	2,43
		<i>Sesuvium portulacastrum</i>	2,35
		<i>Coccoloba ruiziana</i>	2,31
		<i>Cereus diffusus</i>	2,10
		<i>Mimosa acantholoba</i>	1,98
		<i>Ipomoea carnea</i>	1,91
<i>Cressa nudicaulis</i>	0,48		
<i>Armatocereus cartwrightianus</i>	0,47		
<i>Batis maritima</i>	0,43		
<i>Opuntia macbridei</i>	0,23		
<i>Hylocereus monocanthus</i>	0,15		
Vegetación halófila	Especies propias de saladares, muy tolerantes a suelos salinos. Presencia de especies de mangle <i>Avicennia germinans</i> y <i>Laguncularia racemosa</i> . No predominancia de <i>Avicennia germinans</i> . (20.97 días)	<i>Batis maritima</i>	41,37
		<i>Avicennia germinans</i>	26,33
		<i>Sesuvium portulacastrum</i>	10,25
		<i>Rhizophora spp.</i>	6,92
		<i>Salicornia fruticosa</i>	2,25
		<i>Maytenus octogona</i>	1,97
		<i>Distichlis spicata</i>	0,19
		<i>Cordia lutea</i>	0,16
Manglar bajo	Transición de zona de vegetación halófila hacia la zona de manglar <i>Rhizophora spp.</i> Presencia de especies de saladares incluidas <i>Avicennia germinans</i> y <i>Laguncularia racemosa</i> . Predominancia de <i>Avicennia germinans</i> . (39.56 días)	<i>Avicennia germinans</i>	63,76
		<i>Salicornia fruticosa</i>	13,40
		<i>Rhizophora spp.</i>	11,39
		<i>Laguncularia racemosa</i>	5,76
		<i>Batis maritima</i>	4,65
		<i>Distichlis spicata</i>	1,06
Manglar	Predominancia de <i>Rhizophora spp.</i> (57.33 días)	<i>Rhizophora spp.</i>	82,40
		<i>Batis maritima</i>	4,15
		<i>Avicennia germinans</i>	3,33
		<i>Salicornia fruticosa</i>	0,16

Por otro lado, se hizo la caracterización física de los árboles en el SNLMT (Idrogo, 2015¹¹), para lo cual se determinaron las categorías diamétricas y altimétricas en las especies de mangle presentes (*Rhizophora harrisonii* “mangle colorado”, *Rhizophora mangle* “mangle rojo”, *Avicennia germinans* “mangle negro”, *Laguncularia racemosa* “mangle blanco” y *Conocarpus erectus* “mangle piña”) mediante la medición del diámetro de tronco a la altura del pecho (DAP, en cm) y la altura total (H, en m) de 1917 individuos de mangle con $DAP \geq 2.5$ cm, en parcelas establecidas según un muestreo preferencial. Los individuos de mangle de cada especie fueron clasificados en tres categorías diamétricas y de altura (Tablas 8.2 y 8.3, respectivamente). La categoría diamétrica de latizales, de árboles jóvenes, fue la predominante para *R. mangle*, *A. germinans* y *L. Racemosa*, mientras que para *R. harrisonii* predominan los fustales o árboles maduros.

Tabla 8.2. Número y porcentaje de individuos por categorías diamétricas (cm) para las especies de mangle en el SNLMT (Idrogo, 2015)

Categorías		Brinzales ($2.5 \leq DAP < 5$ cm)		Latizales ($5 \leq DAP < 10$ cm)		Fustales ($DAP > 10$ cm)	
Especies	Nº total	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<i>Rhizophora harrisonii</i>	462	1	0,22	91	19,7	370	80,9
<i>Rhizophora mangle</i>	982	46	4,68	560	53,03	376	38,29
<i>Avicennia germinans</i>	394	69	17,51	244	61,93	81	20,56
<i>Laguncularia germinans</i>	53	19	35,85	34	64,15	0	0
<i>Conocarpus erectus</i>	26	12	46,15	9	34,62	5	19,23

Tabla 8.3. Número y porcentaje de individuos por categorías de altura (m) para las especies de mangle en el SNLMT (Idrogo, 2015)

Categorías (estratos)		Inferior ($DAP < 1/3 H_{max}$)		Medio ($1/3 < DAP < 2/3 H_{max}$)		Superior ($DAP > 2/3 H_{max}$)	
Especies	H_{max} (m)	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<i>Rhizophora harrisonii</i>	24	55	11,9	248	53,68	159	34,42
<i>Rhizophora mangle</i>	15	162	16,5	699	71,18	121	12,32
<i>Avicennia germinans</i>	14	109	27,66	225	57,11	60	15,23
<i>Laguncularia racemosa</i>	7	5	9,43	31	58,49	17	32,08
<i>Conocarpus erectus</i>	5	0	0	8	30,77	18	69,23

¹¹ **Idrogo, K.**, 2015: Estructura de las especies de mangle en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes. Tesis Biología. Universidad Nacional de Piura. Perú. En preparación.

Cabe notar que sólo en 2 de las 53 parcelas evaluadas se encontraron plántulas de *Rhizophora* y *Avicennia*, y sólo en las orillas de los esteros principales que bordean las islas fueron vistos muy pocos propágulos. Esto sugiere un efecto de la variación estacional e inter-anual de la precipitación y los caudales de los ríos que afectan la distribución y supervivencia de las plántulas, no sólo por la influencia sobre la salinidad, sino también porque aumenta la carga de sedimentos depositados que puede sepultar las plántulas (Hoyos *et al.*, 2012). También puede ocurrir que durante la dispersión y establecimiento de los propágulos, estos sean depredados o dañados por cangrejos, peces o insectos. Además se observaron varios brinzales de *Avicennia*, *Laguncularia* y *Conocarpus* con muchas de sus hojas perforadas afectadas por plagas de insectos, en su mayoría en individuos de *Avicennia*.

Para el mapeo satelital de los tipos de cobertura vegetal, se seleccionó una imagen satelital TM-Landsat 5 con la menor cantidad de nubes (07 de septiembre de 1998). Esta imagen fue sometida a un procesamiento a nivel de radiancia y reflectancia que consistió en realizar la clasificación supervisada mediante el uso del algoritmo de máxima probabilidad y estimar el “índice de vegetación ajustado al suelo” (SAVI, por sus siglas en inglés) y finalmente definir las clases con la visita a campo (validación). La Fig. 8.9 muestra el mapa de clasificación, del cual se estima que el mayor porcentaje del área corresponde a mangle achaparrado (29%), seguido por el cuerpo de agua (22%), y mangle alto (19%). La cobertura vegetal total representa el 67% frente al 11% de suelo desnudo (arena) y el 22% del cuerpo de agua.

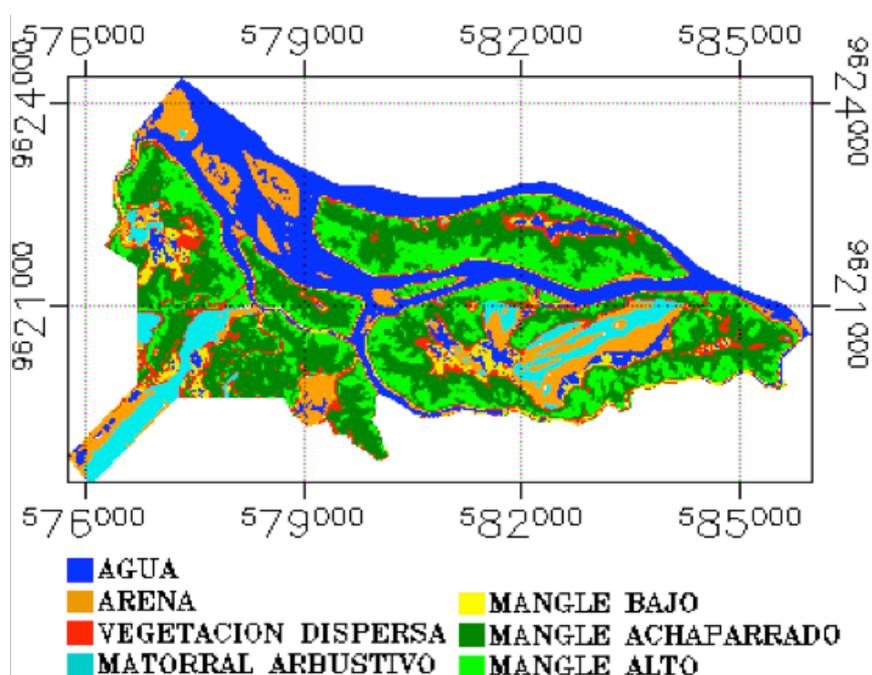


Figura 8.9: Clasificación mediante el uso del algoritmo de máxima probabilidad de la imagen TM (septiembre-1998). (Príncipe, 2015¹²)

¹² Príncipe, E., 2015: Validación de indicadores satelitales para el estudio de los manglares de Tumbes, Tesis Maestría en Geofísica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos (en revisión)

Otro estudio que se ha llevado a cabo es el análisis dendrocronológico de los anillos de crecimiento de especies de mangle, particularmente el mangle rojo (Gonzales, 2015¹³), que no habían sido estudiados anteriormente en Perú. Este estudio permite determinar la influencia del ambiente sobre el crecimiento de esta especie. Los resultados mostraron que el mangle rojo sí tiene potencial para dendrocronología en el Perú. La tasa de crecimiento de anillos de la muestra analizada de la zona de amortiguamiento del SNLMT (2.1 mm/año) encaja en el grupo de crecimiento intermedio identificado en una zona salina en el norte de Brasil (Fig. 8.10; Menezes et al., 2003¹⁴). El índice de anillado de esta muestra de mangle correlaciona con la precipitación de marzo y el caudal del río Zarumilla en los meses de marzo y abril ($r= 0.76$; Fig. 8.11).

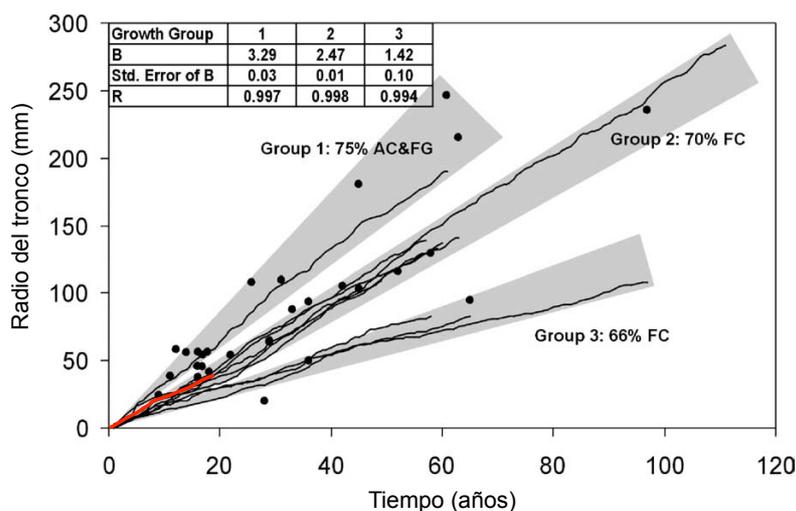


Figura 8.10: Crecimiento cumulativo de anillos (mm) de *Rhizophora mangle* en el norte de Brasil (negro; Menezes et al., 2003) y la ZA del SNLMT (rojo; Gonzales, 2015).

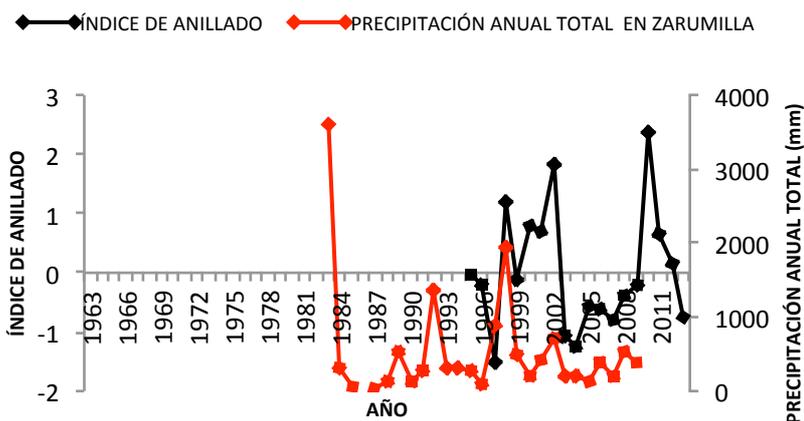


Figura 8.11 Índice de anillado (negro) de una muestra de mangle rojo de la zona de amortiguamiento del SNLMT y precipitación anual en Zarumilla. (Gonzales, 2015)

¹³ **Gonzales, U.**, 2015: Influencia de tres factores ambientales sobre los anillos de crecimiento de *Rhizophora mangle* L. 1753 “mangle rojo” Rhizophoraceae en el Ecosistema de Manglares de Tumbes. Tesis Biología, Universidad Nacional de Piura. En preparación.

¹⁴ Menezes M, Berger U, Worbes M, 2003: Annual growth rings and long-term growth patterns of mangrove trees from the Bragança peninsula, North Brazil, *Wetlands Ecology and Management* 11, 233-242.

8.5 Ecología y Biología

Los estudios se han centrado en los dos principales recursos hidrobiológicos, la concha negra y el cangrejo de manglar, y en comunidades ecológicas en el agua y sedimento. Además, otros proyectos de investigación, sobre peces y aves fragatas, se han asociado y contribuido a los objetivos del proyecto.

8.5.1 Cangrejo de manglar

El principal objetivo del estudio fue el caracterizar la estructura y dinámica poblacional del cangrejo de manglar (*Ucides occidentalis*) en el SNLMT y el manglar de Puerto Pizarro (Vitor, 2015¹⁵). Esta información es clave para el manejo y conservación de este recurso, por ejemplo para la planificación de los periodos de veda y establecimiento de cuotas.

El biotopo ocupado por esta especie es conocido como “altial”, que se encuentra en la zona intermareal superior y se caracterizan por extensiones de 50 a 100 m de longitud, inclusive a 250 m, y por tener una pendiente que solo permite que el biotopo sea bañada por las mareas altas de sicigia o “aguajes”, por lo que el suelo suele ser compacto y con una flora constituida principalmente por bosques de *Rhizophora mangle*.



Figura 8.12 Biotopo del cangrejo del manglar *U. occidentalis* conocido también como “altial” (J. Vitor)

El cangrejo del manglar construye sus madrigueras individuales debajo de los árboles y troncos de los mangles en forma de galerías complicadas. Por lo general las madrigueras en su primera sección son verticales (20 – 30 cm), y luego se sesgan para alcanzar profundidades que pueden llegar hasta más de 2 m (Solano, 2008). Entonces, este cangrejo contribuye a la oxigenación de los sedimentos, así como a la remoción de cantidades importantes de hojas frescas caídas del mangle (Tazán y Wolf, 2000), reciclando estas hojas y el nitrógeno liberado, minimizando la acción de este nutriente en la eutrofización de los sustratos.

¹⁵ Vitor, J., 2015: Impacto de la variabilidad ambiental sobre la estructura y dinámica poblacional de *Ucides Occidentalis* (Ortmann 1987) en los Manglares del río Tumbes y Zarumilla. Tesis Maestría Biología, Universidad Nacional Mayor de San Marcos

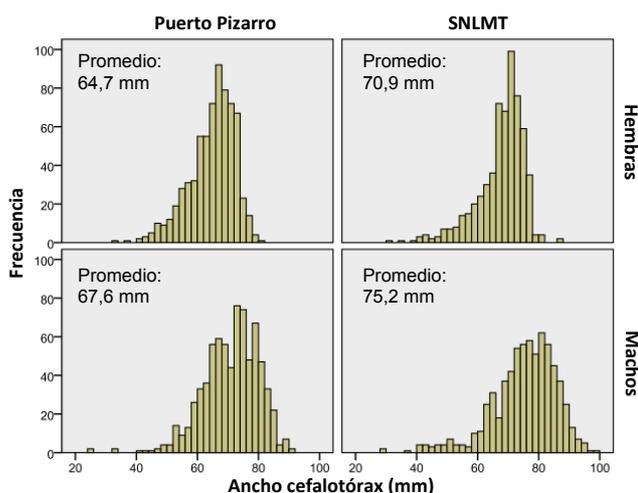


Figura 8.12 Distribución de tallas del *U. occidentalis* según sexo (arriba: hembras, abajo: machos) y región del manglar (izquierda: Puerto Pizarro, derecha: SNLMT) (Vitor, 2015)

El muestreo mensual de *U. occidentalis* en el SNLMT y dos en Puerto Pizarro, de marzo del 2013 a marzo del 2014 mostró claramente una diferencia de las tallas encontradas en las dos regiones (Fig. 8.12), con mayores tallas en el SNLMT.

En cuanto a la densidad, se encontró $1,01 \text{ m}^{-2}$ (machos: $1,15 \text{ m}^{-2}$) en el SNLMT y $1,16 \text{ m}^{-2}$ (machos: $1,26 \text{ m}^{-2}$) en los manglares de Puerto Pizarro.

En general se encontró una disminución en la densidad poblacional de este cangrejo. En 1996, Poma halló una densidad de $6,4 \text{ m}^{-2}$, y después de 10 años, Malca (2005) halló una densidad media de $3,47 \text{ m}^{-2}$. Podemos observar entonces una tendencia a la disminución en casi el 50% en la densidad desde 1996. Asimismo, las tallas halladas (Fig. 8.12) parecen ser menores que las que Malca (2005) encontró en los manglares del SNLMT de 78,25 mm, 74,61 mm, y 68,04 mm en las zonas de la Isla Matapalo, Isla Correa y estero La Envidia–Isla Roncal, respectivamente. Además, la proporción sexual encontrada fue de 1:1, casi la mitad que lo hallado por Poma (1996) de 1,9:1 a favor de los machos.

8.5.2 Concha negra

La identificación de la influencia de las variaciones ambientales sobre la concha negra (*Anadara tuberculosa*) es un importante objetivo, más no fácil de evaluar empíricamente debido a las múltiples presiones a que se encuentra sujeta y los pocos datos disponibles. En particular se cree que la presencia de aguas de baja salinidad afecta negativamente a la concha negra.

Uno de los estudios que se está completando es el del crecimiento y mortalidad de la concha negra (Vera, 2015¹⁶), para lo cual se ha recolectado información de crecimiento y mortalidad natural de concha negra en el SNLMT en cinco campañas por medio de la técnica de marcaje-recaptura, con la cual está evaluando las variaciones de las condiciones poblacionales debido a las diferencias en los parámetros físicos por zonas y épocas climáticas utilizando

¹⁶ Vera, M., 2015: Crecimiento y mortalidad de concha negra *Anadara tuberculosa* (Arcoida: Arcidae), asociados a los parámetros físicos en los manglares de Zarumilla, Tumbes, Perú. Tesis de Magister en Ciencia y Tecnología Marinas, Universidad Europea Miguel de Cervantes

datos de longitud valvar, peso y mortandad por zona, y datos de salinidad y temperatura del agua, y oxígeno disuelto, pH, potencial redox y textura en sedimento. Los resultados preliminares indican que en las dos zonas evaluadas, la especie presenta similitud en sus tallas, con longitudes valvares de 24 a 63 mm (Tabla 8.4), sin presentar diferencias significativas entre época seca y lluviosa, a pesar de las diferencias registradas en salinidad (mayores en La Envidia y en época seca), temperatura (mayores en Las Agujillas y en época lluviosa), pH (mayores en época lluviosa) y OD (mayor en La Envidia y en época seca).

Tabla 8.4. Tallas de concha negra medidas en el SNLMT

Zona	Año	Mes	Época	n	Longitud valvar (mm)			
					Promedio	Mínimo	Máximo	DS
La Envidia	2013	Julio	Seca	62	40,4	26	55	6,9
		Septiembre		52	42,5	31	63	6,1
		Diciembre	67	40,1	27	50	5,6	
	2014	Febrero	Lluviosa	63	40,5	26	52	5,9
Las Agujillas	2013	Julio	Seca	84	37,9	24	50	5,1
		Septiembre		64	39,4	26	51	5,4
		Diciembre	100	39,2	25	54	5,0	
	2014	Febrero	Lluviosa	93	39,0	26	47	4,5

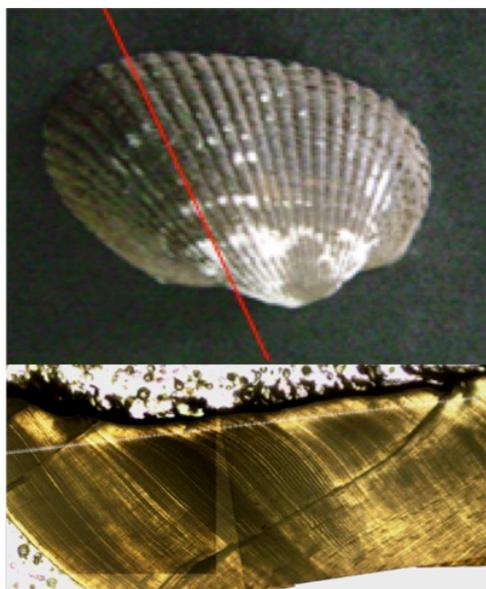


Figura 8.12 Líneas de microcrecimiento en una concha de *Anadara tuberculosa* (Castro, 2015)

Un enfoque novedoso es el análisis escleroclimatológico, es decir de los anillos de microcrecimiento de este molusco (Castro, 2015¹⁷). Para esto se sembraron y marcaron 160 ejemplares en el SNLMT en dos áreas de diferente salinidad, con un éxito de recaptura de 9%. Tras comparar los datos biométricos y físicoquímicos, se encontraron individuos de mayor tamaño en la zona más salina, sugiriendo una mayor tasa de crecimiento o estadio de madurez más avanzado. Se encontró un crecimiento promedio de 2 mm en tres meses pero con variaciones temporales que podrían estar asociados al ciclo de marea.

¹⁷ **Castro, R.**, 2015: Influencia de los cambios espaciales y temporales de salinidad en los ritmos de microcrecimiento de las conchas de *Anadara tuberculosa*. Tesis Maestría Ciencias del Mar, Universidad Peruana Cayetano Heredia, en preparación.

8.5.3 Comunidades y biodiversidad bentónicas

El macrobentos que habita dentro del sedimento, o “infauna”, tiene una función ecológica de remoción y oxigenación del sedimento, promoviendo el reciclaje de nutrientes con la interacción de otros microorganismos, además de su importancia en la alimentación de invertebrados, peces, aves y mamíferos. Estudios previos indican que la salinidad y el sedimento son los factores principales que rigen las variaciones espacio-temporales de la comunidad del macrobentos de manglar, aunque factores biológicos como la competencia y la depredación pueden ser también importantes. En el marco del proyecto se evaluó el estado actual de la comunidad macrobentónica en la zona intermareal y submareal del SNLMT y Puerto Pizarro (Cabanillas, 2015; Gutiérrez, 2015¹⁸). Este estudio mostró que las comunidades macrobentónicas intermareales y submareales son diferentes en Puerto Pizarro y el SNLMT, dando indicios de un mejor estado de conservación en el Santuario, con un mayor número de especies y diversidad.

Además el grupo polychaeta, que hasta el momento no ha sido muy estudiado en nuestro país, demuestra ser el más representativo del bentos en los hábitat estudiados de los manglares de Tumbes, llegando a ser parte vital de la comunidad, como el caso de los capitelidos, que en este estudio alcanzan un gran tamaño y ayudan a los ingenieros ecosistémicos en la remoción y oxigenación de los sedimentos.

En total se han realizado 72 nuevos registros de especies bentónicas, 30 exclusivos del biotopo conchal, 25 exclusivos de los canales permanentes y 3 del biotopo cangrejal, con los restantes ocupando dos o los 3 hábitat mencionados (Fig. 8.13). Trabajos anteriores de la macrofauna dejaron de lado el grupo Annelida, el cual ha mostrado ser el más diverso en el ecosistema de manglares de Tumbes, sumando 162 especies, seguido del grupo Mollusca con 82 especies y Arthropoda con 59 especies, de un total de 319 especies de la comunidad bentónica que habita los manglares del Perú halladas en el proyecto.

¹⁸ **Cabanillas, R.**, 2015: Cambio temporal de la estructura comunitaria del macrobentos en la zona intermareal de los manglares de los estuarios de Zarumilla y Tumbes, Tesis Maestría Biología, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en preparación.

Gutiérrez, C., 2015: Evaluación de la calidad ecológica del ecosistema de manglar en los estuarios del río Tumbes y Manglar en los estuarios del río Tumbes y Zarumilla, Tesis Maestría Biología, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en preparación.

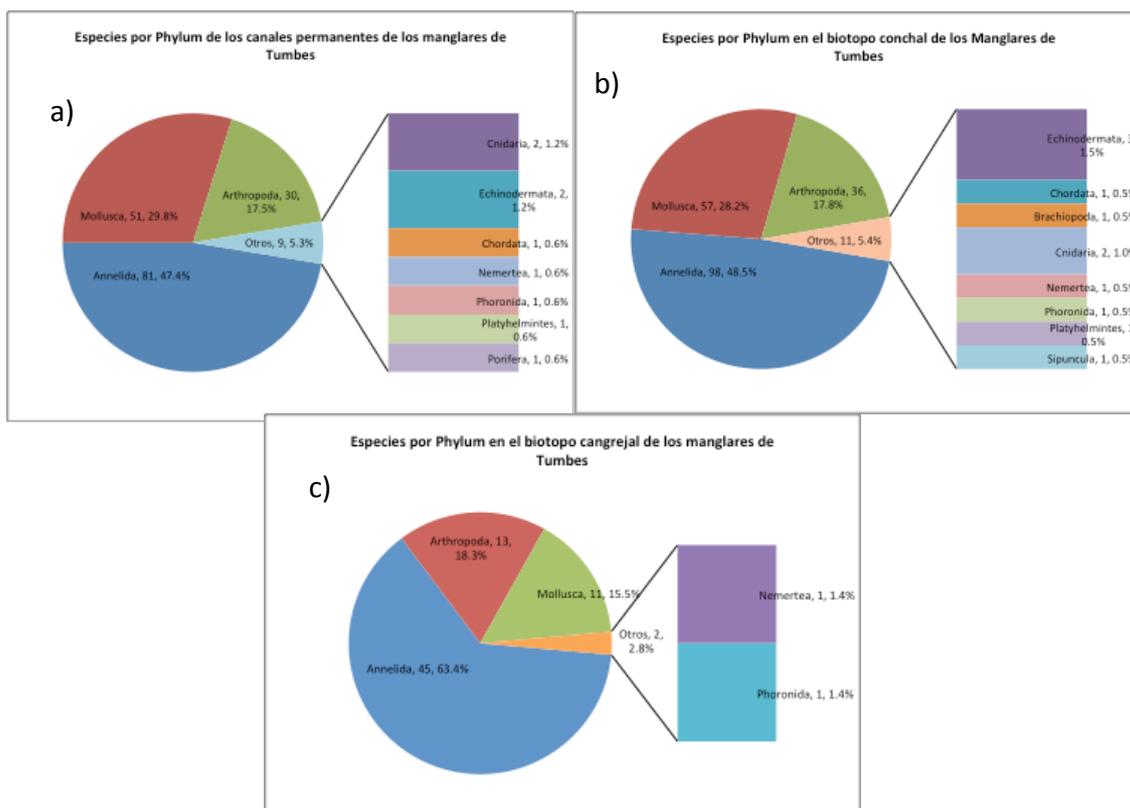


Figura 8.13 Especies por phylum en a) los canales permanentes, b) conchales, y c) cangrejales (Gutiérrez, 2015)

8.5.4 Comunidades de diatomeas

La estructura comunitaria de diatomeas fue estudiada en el período seco y el lluvioso con la finalidad de evaluar la influencia de variables ambientales a 0.5 m de la columna de agua y sedimentos superficial, así como también comparar las especies de diatomeas y su disolución relativa en 15 estaciones en el SNLMT (Yucra, 2015¹⁹). Se encontraron 168 diatomeas diferentes, de las cuales 114 se identificaron a nivel de especie, 52 hasta género y 2 no se lograron identificar. Se encontró una mayor densidad de diatomeas en período seco y una mejor preservación en sedimento, esto asociado a condiciones salinas y mayor disponibilidad de nutrientes. Especies abundantes como *Amphora coffaeiformis*, *Leptocylindrus minimus*, *Navicula constricta* y *Navicula* sp.1 mostraron correlación con la salinidad. El ACP en agua superficial mostró la separación de las diatomeas según la salinidad.

¹⁹ **Yucra, H.**, 2015: Estructura Comunitaria de Diatomeas en Periodo Seco y Lluvioso en los Manglares de Tumbes, 2012-2013. Tesis Maestría Ciencias del Mar, Universidad Peruana Cayetano Heredia, en preparación.

8.4 Aspectos Socioeconómicos

8.4.1 Agricultura y su impacto en la ZA del SNLMT

La actividad agrícola en Zona de Amortiguamiento del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes tiene como principales cultivos a la ciruela y al tamarindo. Los impactos de esta actividad en el SNLMT y el bosque seco han sido poco estudiados, y no se conoce en profundidad la forma en que esta actividad afecta al bosque seco. En el proyecto se hizo un primer diagnóstico de la relación entre la agricultura y el manglar (Feijoo, 2014²⁰).

En la ZA existe agricultores y ganaderos quienes compiten entre ellos por el uso de los terrenos aptos, ocasionando una destrucción sistemática del bosque seco, donde grupos de agricultores organizados han ingresado al área y están estableciendo sus parcelas agrícolas para lo cual talan los árboles y queman el terreno (Carrillo²¹, 2009); además, MEDA²² (2008), reconoció dos asociaciones: la Asociación Agroforestal Pampa la Soledad y la Asociación Agroforestal La Turumilla.

Como parte del proyecto se identificaron cinco sectores agrícolas (Feijoo, 2014): Pampa La Soledad, La Turumilla y Buena Esperanza en el distrito de Zarumilla; y Los Ceibos y Chacra Gonzáles en el distrito de Aguas Verdes. Las extensiones de cada sector agrícola fue calculado en 91 ha, 101 ha, 27 ha, 32 ha y 29 ha respectivamente. Los principales cultivos identificados fueron ciruela, tamarindo, maíz, banano, mango, yuca, entre otros. Sin embargo también se encontraron cultivos de introducción reciente como cebolla y uva, y cultivos de gran demanda de agua como el arroz. En la Fig. 8.14 se aprecia la ubicación de cada uno de los sectores mencionados.

En los cinco sectores se encontró que el agua para riego es escaso, y para las especies secas (maíz, zapallo, zarandaja, etc.) los agricultores esperan el mes de noviembre cuando pueden aprovechar el agua de las lluvias. Para el caso de los cultivos de mayor demanda de agua, se utilizan diversos métodos, como el uso de agua subterránea y con un sistema de riego tecnificado (uva y cebolla); agua de dique o pozo que es abastecido por una cisterna y que maximiza su uso a través del riego por goteo; a su vez es recolectado con una cisterna (cultivos de panllevar); uso del agua de las lagunas de estabilización de los asentamientos humanos cercanos (arroz); uso del agua del río o del Canal Internacional (arroz).

²⁰ Feijoo, A., 2014: Identificación de Impactos de la actividad agrícola para el período 1985 – 2014, en la Zona de Amortiguamiento del SNLMT, distritos de Aguas Verdes y Zarumilla. Tesis Ing. Forestal y Medio Ambiente, Universidad Nacional de Tumbes.

²¹ Carrillo, P., 2009. Línea Base del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes.

²² MEDA, 2008. Diagnóstico participativo del bosque seco de llanura de la zona de amortiguamiento del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, sectores Pampa La Soledad y La Turumilla, provincia de Zarumilla, Tumbes – Perú.

Usando imágenes satelitales LandSat para los años 1985 y 2014 se identificó una ampliación del uso de suelo agrícola de 127%: de 116.37 ha en 1985 a 264.24 ha en 2014. Además de la disminución de la cobertura vegetal de bosque seco, el desarrollo de la agricultura está ocasionando el alejamiento de la fauna, presencia de residuos sólidos, compactación del suelo, deterioro de la belleza paisajística y disminución de materia orgánica.

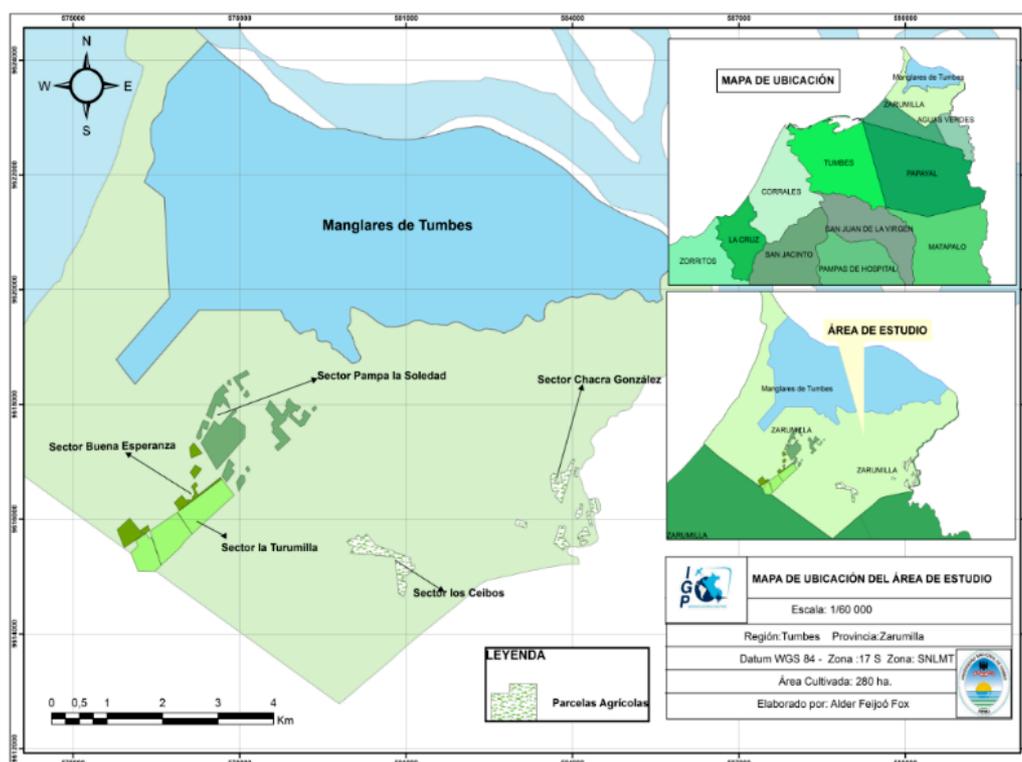


Figura 8.14 Mapa de ubicación de las parcelas agrícolas dentro de la ZA del SNLMT

8.4.2 Actividad acuícola en Tumbes

La acuicultura, principalmente las langostineras, es una de las actividades económicas más influyentes e importantes en Tumbes. En el proyecto se estudió la dinámica territorial de las langostineras y su relación con los manglares (Céspedes, 2015²³).

Asentadas desde fines de los años 70 cerca a los límites costeros con Ecuador y a la zona de los manglares, estas langostineras concentran el mayor volumen de producción, con 13 163,86 TM (80.37%) de la cosecha de langostinos a nivel nacional (Produce, 2012²⁴). Esta actividad se beneficia de la captación del

²³ **Céspedes, L.**, 2015: Dinámica territorial de la actividad acuícola en la parte baja de la cuenca del Río Tumbes, Perú. Caso: Langostineras. Tesis Maestría Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, Universidad Nacional Agraria La Molina.

²⁴ Ministerio de la Producción - Produce. 2012. Anuario Estadístico 2011. Oficina General de Tecnología de la Información y Estadística. Perú: Ministerio de la Producción.

agua de los esteros para el cultivo, el uso del canal de los esteros como drenes de los efluentes, el clima adecuado de Tumbes, y el bajo costo de mano de obra (incluyendo inmigrantes). Sin embargo, se estableció sin planificación, evidenciando un mal acondicionamiento y uso inadecuado del territorio. Además, el desarrollo de las actividades langostineras fueron frenadas por eventos como la ocurrencia del Fenómeno de El Niño (1982-1983 y 1997-1998), la pandemia del cólera (1991) y la aparición de la mancha blanca (1999). Sin embargo, a partir del año 2000 su desarrollo presenta una tendencia claramente positiva.

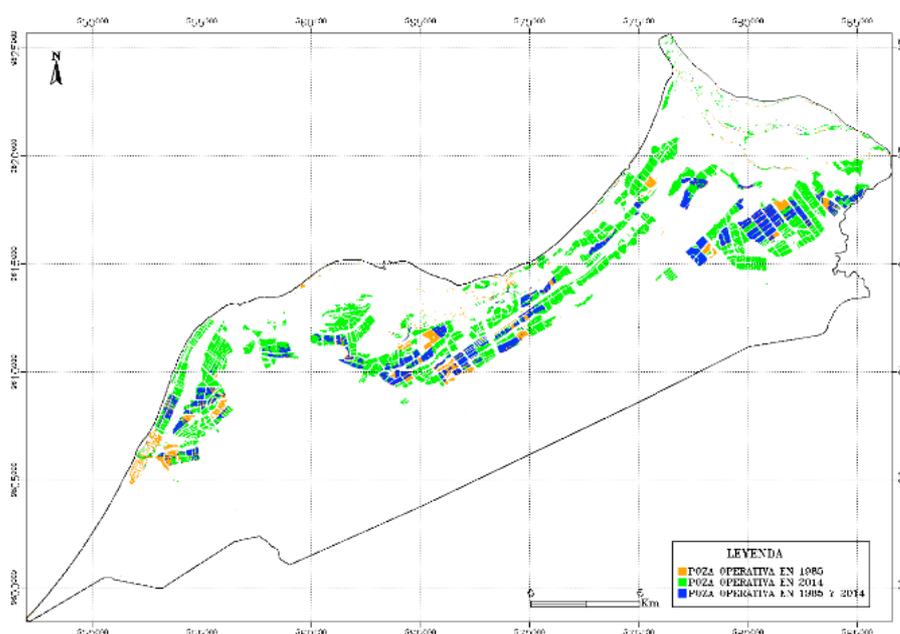


Figura 8.15 Imagen de las pozas langostineras para el periodo 1985-2014. Naranja corresponde a las pozas del año 1985, verde a las de 2014 y azul a espacios ocupados en ambos años. (Céspedes, 2015)

La región Tumbes tiene 80 derechos acuícolas (Produce, 2014²⁵). Sobre la ZA del SNLMT se tienen identificadas 25 autorizaciones (10 autorizaciones a menor escala y 15 a mayor escala). Actualmente gran parte de los derechos para el desarrollo acuícola por langostineras se encuentra en la provincia de Tumbes, seguidos de la provincia de Zarumilla y por último Contralmirante Villar. El análisis de imágenes satelitales muestra que el espacio ocupado para el desarrollo de la actividad langostinera pasó de 1 392.66 ha en 1985 a 3 829.32 ha en el 2014 (Fig. 8.15), es decir un crecimiento en 170% en un periodo de 29 años en las provincias de Tumbes y Zarumilla. Sin embargo, también se aprecian espacios que se usaban en 1985 (478 ha aproximadamente) pero ya no en el 2014.

²⁵ Ministerio de la Producción - Produce, 2014. *Derechos en Acuicultura*.

Un aspecto muy cuestionado a las empresas langostineras es el vertimiento de sus aguas sin tratamiento a los esteros del manglar, ya que puede dañar la flora y la fauna (Páez-Osuna²⁶, 2001). Se estima que esto ha generado la reducción de especies de fauna propias de los manglares de Tumbes (Inrena, 2007).

8.4.3 Ocupación y uso urbano del territorio en la ZA del SNLMT

En el área que abarca la zona de amortiguamiento (ZA) del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT) se identifica el aprovechamiento del territorio para actividades económicas como la acuicultura y agricultura, tal como se han explicado líneas arriba, sin embargo el cambio de uso para asentamiento poblacional es también un fenómeno que se ha venido desarrollando en los últimos años.

La zona de amortiguamiento del SNLMT fue establecida en el año 2001 con una extensión de 6181 ha (13 años después que se crea el SNLMT como ANP). Esta área tiene la función de garantizar la conservación del ANP y las actividades que se realizan en la ZA no deben poner en riesgo el cumplimiento de conservación que se tiene para el área natural protegida; no obstante, esta área circunscribió espacios con usos del suelo anteriores a la declaración del SNLMT como ANP en 1988. Por tanto, actualmente la ZA soporta la presión de la industria acuícola, actividad agrícola, ya explicados en secciones anteriores, y la expansión de centros poblados.

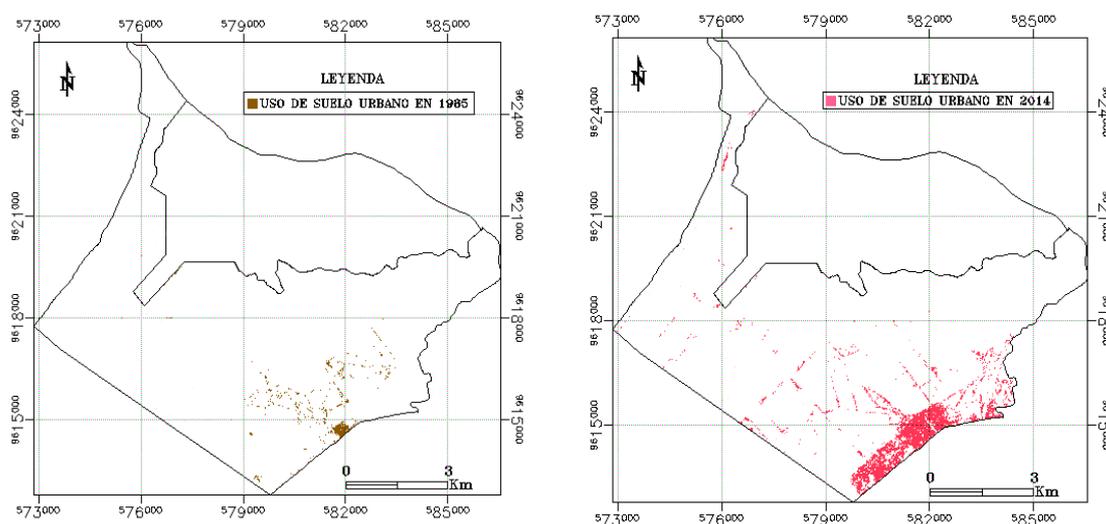


Figura 8.16 Uso de suelo urbano en 1985 (izquierda) y 2014 (derecha). Vista de la expansión de los cascos urbanos de los distritos de Zarumilla y Aguas Verdes, asentados en parte de la ZA del SNLMT.

²⁶ Páez-Osuna, F., 2001. The environmental impact of shrimp aquaculture: causes, effects and mitigating alternatives. *Environ. Manag.* 28 (1), 131e140.

A partir del análisis satelital, los núcleos urbanos de los distritos de Zarumilla y Aguas Verdes han ampliado sus espacios entre los años 1985 y 2014, asentándose en los cascos urbanos y ocupando espacios de los límites de la zona de amortiguamiento del SNLMT (Fig. 8.16). La ganancia de espacio urbano es de 247.59 ha a costa de suelo desnudo, suelo de uso agrícola y bosque seco.

8.4.4 Actividad turísticas en el SNLMT

El turismo en el SNLMT y en su zona de amortiguamiento se desarrolla desde hace catorce años, como actividad complementaria a las actividades económicas tradicionales de la población local. El proyecto hizo un primer diagnóstico de la situación de esta actividad en el SNLMT (Prado, 2015²⁷).

En el año 2001 se construyó en la zona de amortiguamiento, frente al área protegida, un sendero interpretativo elevado dentro del manglar de 60 metros de largo con estructura de madera, sobre el nivel de las mareas, para permitir al visitante experimentar la estadia plena dentro del ecosistema, favorecer las explicaciones, la toma de fotografías y eventualmente realizar demostraciones de extracción de recursos. Ese mismo año se iniciaron las operaciones de prestación de servicios ecoturísticos acondicionando las canoas de trabajo de los extractores. Eventualmente, empezaron a utilizar botes con motor fuera de borda (Inrena²⁸, 2007).

La actividad turística tradicional en torno al SNLMT, consiste en visitar algunas partes de la zona de amortiguamiento (recorrido del estero Algarrobo y canal artificial Paracas), siguiendo por el estero Zarumilla que se encuentra en la zona de protección. Durante los primeros años de desarrollo de la actividad turística todos los embarques se realizaban desde el puesto de control El Algarrobo (Inrena, 2007). Actualmente los embarques se siguen desarrollando desde el sector El Algarrobo (a cargo de la asociación Los Tumpis) y en el sector de Puerto 25.

En los últimos años ha existido una mayor tendencia a aplicar los principios del turismo sostenible, dando énfasis a la participación local y a la conservación de los recursos naturales (Inrena, 2007). Esto ha conllevado a mejorar la calidad de vida de algunas familias de extractores de recursos hidrobiológicos, generando disminuir la presión extractiva en el SNLMT.

Existen seis asociaciones de extractores de recursos hidrobiológicos, de las cuales solo tres se dedican a la actividad turística al interior del ANP. Estas

²⁷ Prado, M. R., 2014: Capacidad de carga turística de los circuitos turísticos del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes y del circuito turístico de Puerto Pizarro, Tumbes 2013 – 2014, Tesis Ing. Forestal y de Medio Ambiente, Universidad Nacional de Tumbes

²⁸ Inrena, 2007. Plan Maestro del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes 2007 – 2011. Perú: Inrena.

asociaciones han tenido una serie de capacitaciones y asesorías por parte de Sernanp y la ONG Pro Naturaleza, sobre temas como atención al turista, primeros auxilios y salvataje, técnicas de guiado, técnicas en serigrafía y gastronomía. Dado que no existe mucha afluencia de turistas, las asociaciones ven la actividad turística como complementaria y consideran que la actividad extractiva es su principal fuente de ingresos económicos. Rodríguez (2008), refiere que el proyecto “Ecoturismo vivencial como una actividad económica sostenible en el SNLMT”, financiado por el fondo de pequeños proyectos de la Embajada de Finlandia, construyó un hospedaje y cuatro talleres de artesanía en Puerto 25. Actualmente las asociaciones de extractores artesanales que brindan el servicio de turismo en Puerto 25 son las encargadas del funcionamiento de esta infraestructura donde brindan servicio básico de alimentación y alojamiento para los turistas. En los talleres de artesanía se realizan charlas, se observa restos arqueológicos, muestras representativas de recursos hidrobiológicos y venta de estos. Las instalaciones construidas para el servicio de alimentación y alojamiento no se utilizan mucho, y son notorias las faltas de estos servicios. Respecto a la cantidad de visitantes, entre 2005 y 2013, los visitantes son 90.15% nacionales y 9.85% extranjeros.

Tal como se menciona líneas arriba, la actividad turística en el SNLMT se viene dando como actividad complementaria a la extracción de recursos hidrobiológicos, y gracias a impulsos de ONG, Sernanp, GORE, etc., en la forma de donaciones, capacitaciones, etc., pero llevados a cabo en forma no coordinada y sin planificación a mediano y largo plazo.

8.4.5 Extracción y comercialización de concha negra

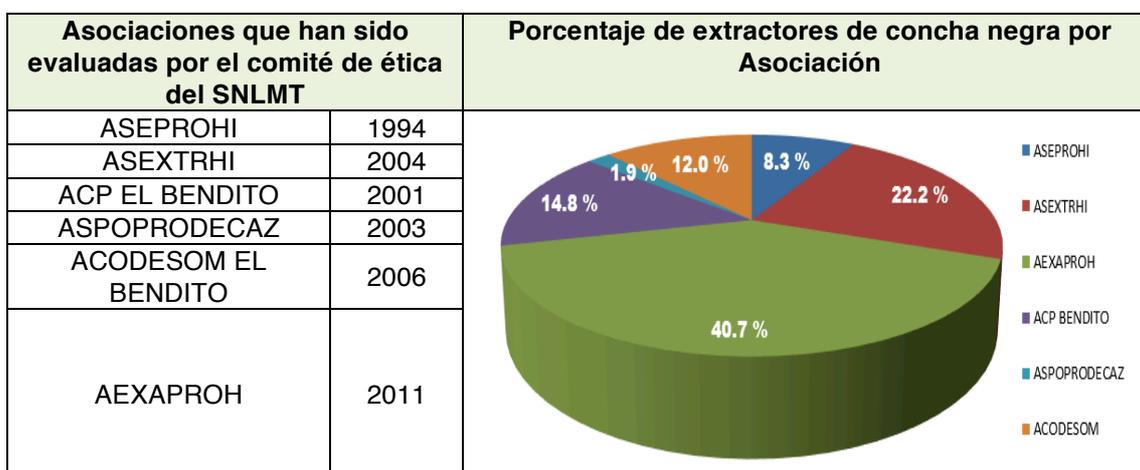
En el periodo de 1996 a 2007, la población de *Anadara tuberculosa* se redujo en un 73,2 % en los manglares de Tumbes (Ordinola et al.²⁹ 2007), y Vivar³⁰ (1996) sostiene que en Puerto Pizarro la sobreexplotación de este recurso ha traído como consecuencia una disminución en la población y un declive en los volúmenes de extracciones mensuales, estimándose que un panorama similar vendría ocurriendo en el SNLMT. Esto se debe probablemente a la sobreexplotación asociada al aumento de extractores artesanales, la gran demanda y bajo precio, etc., por lo que es urgente la necesidad de generar medidas de manejo y control sobre la explotación de los recursos pesqueros en el SNLMT.

²⁹ Ordinola, E., P. Montero, S. Alemán y J. Llanos. 2007. Prospección del recurso concha negra (*Anadara tuberculosa*) en los manglares de Tumbes. 13 - 24 Febrero 2007. Informe interno. Sede Regional de Tumbes. Unidad de investigaciones en invertebrados marino. Imarpe- Tumbes.

³⁰ Vivar, L. 1996. *Dinámica poblacional y tasa de explotación de Anadara tuberculosa (Sowerby, 1833) “Concha negra” en los manglares de Puerto Pizarro, Tumbes - Perú. Noviembre 1995 – Agosto 1996.* Tesis maestría en ciencias. Mención en evaluación y administración de recursos pesqueros. Univ. Nac. Trujillo - Perú.

En 1988 mediante Decreto Supremo N° 018-88-AG se crea el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (Inrena³¹ 2007) y por la categoría de clasificación como santuario, los extractores artesanales se organizaron y formalizaron para continuar desarrollando las actividades de extracción de recursos hidrobiológicos que venían realizando desde mucho antes de la creación del SNLMT. En 1994 se inscribe en registros públicos la primera asociación de extractores artesanales llamada ASEPROHI. A partir de entonces se formaron cinco (5) asociaciones más (Tabla 8.5), las cuales desarrollan la actividad ancestral de extracción hasta la fecha actual. Según la jefatura del SNLMT, existen aproximadamente 200 extractores oficializados a través de su pertenencia a las asociaciones reconocidas, sin embargo existe un grupo no oficializado que desarrolla ilegalmente la actividad.

Tabla 8.5: Creación de asociaciones de extractores artesanales de recursos hidrobiológicos del SNLMT (datos: SUNARP; Azabache, 2015³²).



La extracción de *Anadara tuberculosa* (concha negra) se realiza de forma artesanal, los extractores de concha negra realizan su faena de trabajo durante la marea baja, requiriendo para esto el uso de una indumentaria especializada adaptada por ellos (Fig. 8.17). Los extractores de concha negra en el SNLMT utilizan la canoa a remos como único medio de transporte dentro del SNLMT. La faena se realiza mediante un método que se denomina tanteo, el cual consiste en introducir las manos en el fango cerca a las raíces de mangle (Fig. 8.18A) para luego extraer e introducir los bivalvos capturados en una bolsa con forma de canastilla, al que llamaron jicra (Fig. 8.18B); a todo este

³¹ Instituto Nacional de Recursos Naturales. 2007. Plan Maestro del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes 2007 - 2011. Lima, Perú.

³² **Azabache, J. M.**, 2015: Cadena productiva de *Anadara tuberculosa* (Sowerby 1833) extraída en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, 2013. Tesis Ing. Pesquera, Universidad Nacional de Tumbes (en preparación)

procedimiento se le denomina concheo (Poma 1981 citado por Imarpe 2011³³), y se efectúa durante el día en un lapso de 5 a 6 horas durante la marea baja o bajamar.



Figura 8.17 A) Extractor de concha negra con su respectiva indumentaria. B) Guante utilizado por extractor de concha negra, a cada dedo va amarrado una tela conocida como dedal.



Figura 8.18. A) Método de extracción de conchas. B) Jicra: utensilio para acopio de conchas.

La comercialización de las conchas negras extraídas del SNLMT se ha venido dando de forma informal y sin control alguno, llegando incluso a ser

³³ Instituto del Mar del Perú. 2011. Informe de concha negra. *Boletín informativo*.

comercializada por debajo de las tallas mínimas de captura. Pro Naturaleza (1996, citado por Plan Maestro 2007) determinó que solo un tercio de la población extraída tiene la medida reglamentaria para la extracción (45 mm) por lo que el riesgo de extracción de especímenes que estén por debajo del límite de la edad reproductiva es muy alto; agregando a esto la extracción en periodos de veda (del 15 de febrero hasta el 31 de marzo).

En ocasiones el extractor comercializa de forma directa el recurso en las afueras de las asociaciones, al culminar su faena de trabajo. Esta primera venta, de moluscos frescos recién extraídos, es espontánea. En otras ocasiones entregan los moluscos a restaurantes; o los venden al centro de acopio, mercado local o acopiadores informales, que no poseen autorización y que en algunos casos son personas de nacionalidad ecuatoriana. El recurso no recibe ningún tipo de procesamiento en la región, solo es comercializado con valor agregado, en forma de platos típicos.

El centro de acopio Los Tumpis es el único centro de acopio en la región de Tumbes. Aproximadamente un 20% de comerciantes de *Anadara tuberculosa* cuentan con un establecimiento; mientras que el otro 80 % de los comerciantes realizan dicha actividad a la intemperie (Figura 3). En ambos casos se utiliza una batea donde es depositado el recurso. Se ha observado que muchas veces el producto se vende mezclado con especímenes de *Anadara similis* (concha huequera). Otros productos comercializados incluyen el cangrejo de manglar (*Ucides occidentalis*), concha pata de burro (*Anadara grandis*), concha rayada (*Chione subrugosa*) y mejillón (*Mitella guyanensis*).

Finalmente la concha negra acopiada es vendida en el Mercado Modelo de Tumbes, donde solo un 10% de los comerciantes utilizan un establecimiento fijo, mientras que un 90 % comercializan el recurso a la intemperie. Los principales consumidores finales son las amas de casa, restaurantes, o acopiadores secundarios, y el transporte de conchas puede realizarse en jicras, mochilas o bolsas de polietileno. La distribución al mercado nacional se hace por medio de sacos y en altas cantidades.

Adicionalmente, tal como es indicado por Cabanilla³⁴ (2010) una gran parte de las conchas negras comercializadas en Tumbes son provenientes de Ecuador, esto debido probablemente a que a los acopiadores les resulta mucho más factible comercializar las conchas en Perú, ya que aquí su demanda y su valor económico son mayores mayor. En la Fig. 8.19 se muestra un esquema de la cadena de comercialización del producto

³⁴ Cabanilla, C. 2010. Comercialización de la concha prieta (*Anadara tuberculosa* y *A. similis*) en los principales puertos de la costa ecuatoriana. Boletín 20 (8). 50-64 p.

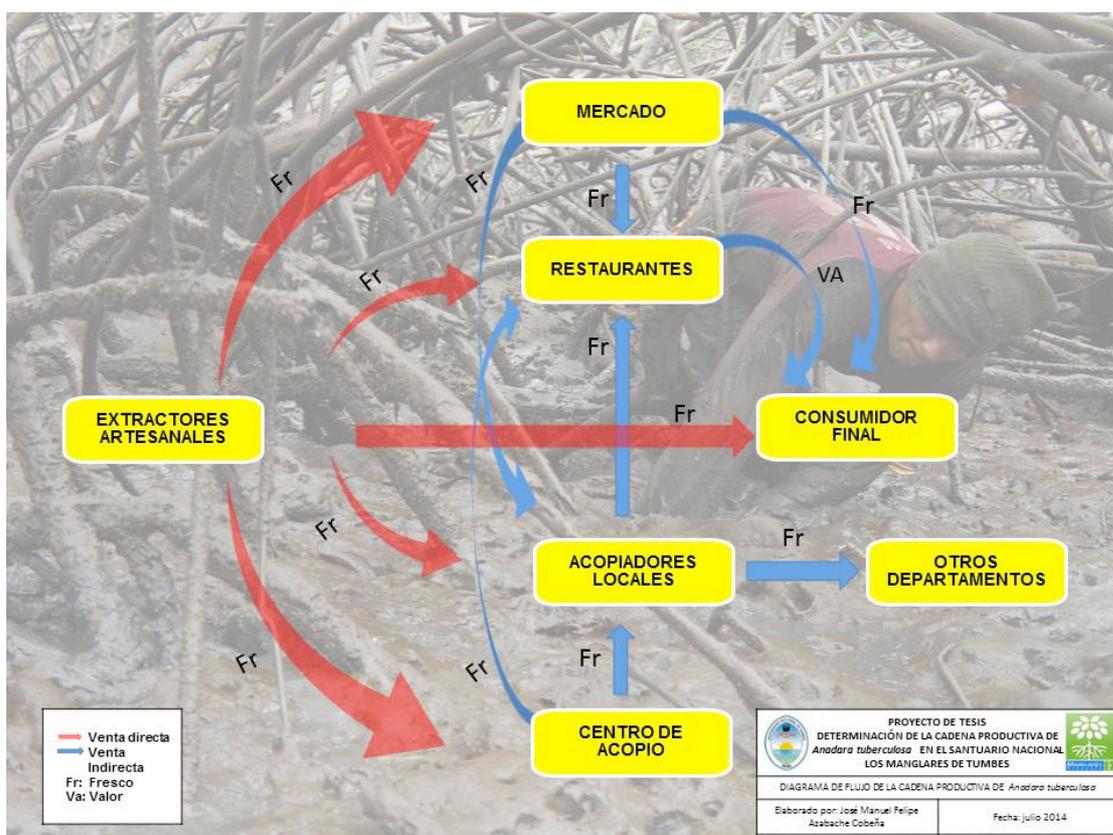


Figura 8.19 Cadena productiva de *Anadara tuberculosa* (Azabache, 2015)

8.5 Identificación de los servicios ecosistémicos del SNLMT

El marco conceptual del Millennium Ecosystem Assessment (MEA), focaliza al bienestar social como eje central de la evaluación, sin dejar de reconocer que el ecosistema cuenta con un valor intrínseco³⁵, donde las personas toman decisiones en función a los servicios que brinda. Además, se reconoce que las acciones tomadas por el hombre influyen en el ecosistema, pero no siempre estas se reflejan en el bienestar de las personas. La finalidad del MEA es sintetizar información proveniente de la literatura científica y las comparaciones relevantes entre sus modelos y datos. Incorpora conocimientos obtenidos del sector privado, profesionales, comunidades locales, poblaciones indígenas, etc., buscando dar valor agregado a la información ya existente, reuniéndola, evaluándola, interpretándola y comunicándola. Finalmente, el MEA y UK-NEA recomienda realizar la valoración económica como una alternativa para mejorar

³⁵ Es el valor en sí mismo, independiente de la utilidad que genere.

la toma de decisiones en las medidas de conservación de los ecosistemas. Además, se considera que la valoración no debería ser tomada como la única herramienta de decisión, sino debe contemplarse criterios que permitan a los tomadores de decisión tener otras consideraciones morales, que no compitan con el análisis económico y permita mejorar el contexto de uso de los recursos naturales y de los ecosistemas (Vásquez, Cerda y Orrego³⁶, 2007).

La identificación de los principales servicios ecosistémicos en el SNLMT³⁷ se validó a través de encuestas tomadas a investigadores, especialistas y funcionarios públicos que actualmente desarrollan investigaciones, proyectos o tienen relación directa con el ecosistema manglar de Tumbes. Como resultado se obtuvo la elección de siete SE, los que se ordenaron según la percepción que se tiene de cada uno de ellos por parte de la población, empezando con los servicios de provisión, seguido por cultura, regulación y soporte.

Servicios de Provisión:

Los servicios de provisión son los más reconocidos y aprovechados por la población, debido a que generan actividades económicas e ingresos por las mismas. Los identificados en el SNLMT son los recursos de: conchas, cangrejos, peces y langostinos. Donde los tres primeros, son la base de la economía de los extractores artesanales del SNLMT y finalmente el recurso de langostinos, que apoyado de la inversión privada empezó a crecer en forma de industria acuícola, a través de la construcción de pozas asentadas, en los bordes del bosque manglar (ZA del SNLMT) con la finalidad de favorecerse del ciclo de mareas (regímenes hidrológicos) para llenar de agua sus pozas de cultivo. Este último recurso cuenta con su mercado ya establecido y posee precio internacional en el mercado.

Por otro lado, están los recursos de origen biológico, los bienes derivados del mangle. En el SNLMT no está permitido usar los mangles con fines productivos, de vivienda, como combustible, u otros. Esto debido a que es una ANP con la categoría de santuario y como tal no se puede hacer uso de sus recursos y por dicha razón no cuenta con mercado y precio local. En otras partes del mundo como Asia, Centro América, entre otros, sí usan a los mangles para la construcción de viviendas, como leña, usos medicinales, etc. (Spalding, Kaimuma y Collins³⁸, 2010).

³⁶ Vásquez, F., Cerda, A., Orrego, S., 2007. Valoración económica del ambiente. Argentina: Pearson.

³⁷ Flores, D., Céspedes, L., Martínez, A., 2014: Identificación de servicios ecosistémicos en el SNLMT, Informe Técnico Especial, IGP

³⁸ Spalding, M., Kaimuma, M. y L. Collins. 2010. Atlas mundial de los manglares. Traducido al Español por F. Blasco-Takali y F. Blasco, 2011. Malasia: Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT) y Sociedad Internacional para Ecosistemas de Manglares (IMSE)

Servicios de Cultura:

El SNLMT brinda actividades recreativas, las que han podido ser aprovechadas por algunas asociaciones de extractores artesanales, debido al conocimiento que tienen del manglar y sus recursos, ofreciendo recorridos turísticos y turismo vivencial, además del avistamiento de aves (artículo de turismo). También el ecosistema manglar permite realizar actividades educativas, realizadas por colegios, universidad, centros de investigación, entre otros. Las actividades recreativas dentro del manglar cuentan con mercado y precio, aunque es un mercado todavía en desarrollo.

Servicios de Regulación:

Son los servicios de influencia indirecta para las personas y pueden pasar desapercibidos por algunos. Se identificó en el manglar los siguientes bienes finales: la captura y retención de carbono, y protección costera, provenientes de los servicios de soporte y regulación. Estos bienes no fueron identificados en las investigaciones realizadas por el proyecto, aunque si mencionados por Spalding, Kaimuma y Collins (2010), quienes destacan la capacidad de no solo capturar, sino también de retención de carbono que realiza el ecosistema, y el papel importante que tienen los manglares en la atenuación de oleajes, gracias a su sistema complejo de raíces, las cuales ayudan a fijar y consolidar los sedimentos reduciendo así la acción de factores de erosión y constituye una zona de amortiguamiento importante cuando se producen tempestades y/o marejadas. Estos servicios (bienes) no cuentan con un mercado definido y precio.

8.6 Valoración económica

Existen muchas metodologías para la valoración económica. Para el caso del ecosistema manglar del SNLMT, se consideró al recurso concha negra como el recurso crítico a analizar (Flores, 2015³⁹). Así, las preguntas de fondo a evaluar fueron: ¿Cuál es el valor del recurso? Y ¿Qué pasaría si el recurso desaparece (por ejemplo por la ocurrencia de un evento El Niño extraordinario)?

La captura de concha negra ha mostrado una disminución (Fig. 8.20; Pro Naturaleza⁴⁰, 2000; MEDA⁴¹, 2009; INEI⁴², 2009 y 2010). Según Ordinola et al.⁴³ (2007), la baja salinidad a causa de las fuertes lluvias ocasionadas por el

³⁹ Flores, D., 2015: Estudio de valoración económica del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes: El impacto del Cambio climático. Maestría Recursos Naturales y Ambiente, Universidad Nacional Agraria La Molina.

⁴⁰ Pronaturaleza, 2000. Aportes para un manejo sostenible de los manglares de Tumbes. Perú.

⁴¹ Mennonite Economic Development Associates Subsidiary PERU, 2009. Línea base del contrato de administración del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes 2009. Tumbes – Perú: MEDA

⁴² Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2009. Compendio estadístico departamental 2008 - 2009. Tumbes – Perú: INEI

⁴³ Ordinola, E., montero, P., alemán, S. Y llanos, J., 2007. Prospección del recurso Concha Negra (Anadara Tuberculosa) en los manglares de Tumbes. Tumbes - Perú.

Niño extraordinario 1997-98 acabó con la población de conchas negras en el estero Cherrez del manglar de Puerto Pizarro y también según los testimonios recogidos de los extractores artesanales encuestados en 2013 por el proyecto, durante el fenómeno El Niño se les dificultó la extracción a causa de la colmatación de los esteros y la escasez del recurso.

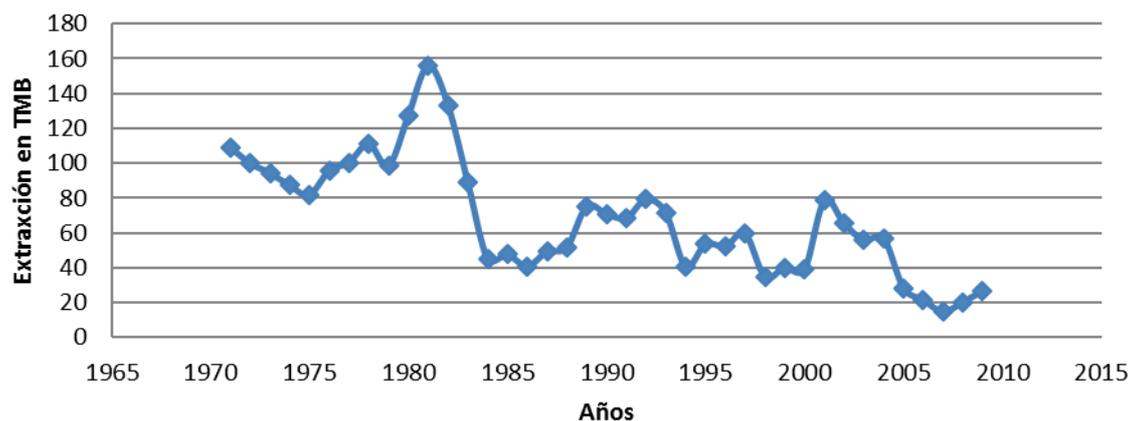


Figura 8.20: Captura de concha negra (*Anadara tuberculosa*). (Flores, 2015; datos: Pro Naturaleza, 2000; MEDA, 2009; INEI, 2009 y 2010).

Para estimar los impactos y la temperatura óptima de extracción de concha negra ante cambios en precipitación, temperatura atmosférica, entre otras, se planteó la aplicación del modelo Ricardiano como en la CEPAL^{44, 45} (2010a, 2010b), y Loyola y Orihuela⁴⁶ (2009), quienes partieron de un modelo de producción que les permitió conocer los impactos que tiene la temperatura y precipitaciones sobre las cosechas (metodología aplicada al sector agrario) e identificar la temperatura óptima para cada tipo de cultivo.

Se eligieron las variables ambientales que indican la presencia de El Niño (temperatura superficial del mar, temperatura del aire y precipitación), y se analizaron los impactos ocurridos ante la ocurrencia del fenómeno de El Niño (débil, moderado, fuerte y extremo), con la finalidad de analizar los valores óptimos de las variables identificadas. Finalmente el método de estimación empleado fue el de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), y se consideró que el efecto del cambio climático se daría a través de la presencia del fenómeno El Niño y su efecto sobre la extracción de la concha negra en el SNLMT.

⁴⁴ Comisión Económica PARA América Latina y El Caribe, 2010a. Costa Rica efectos del cambio climático sobre la agricultura. México: CEPAL.

⁴⁵ Comisión Económica para América Latina y El Caribe, 2010b. Belice efectos del cambio climático sobre la agricultura. México: CEPAL.

⁴⁶ **Loyola, R.** Y Orihuela, C., 2009. El costo económico del cambio climático en la agricultura peruana: el caso de la región Piura y Lambayeque. CIES [Online] Disponible en: <http://www.cies.org.pe/es/investigaciones/medio-ambiente-recursos-naturales-y-energia/el-costo-economico-del-cambio-climatico> [Accesado el 5 de diciembre de 2013].

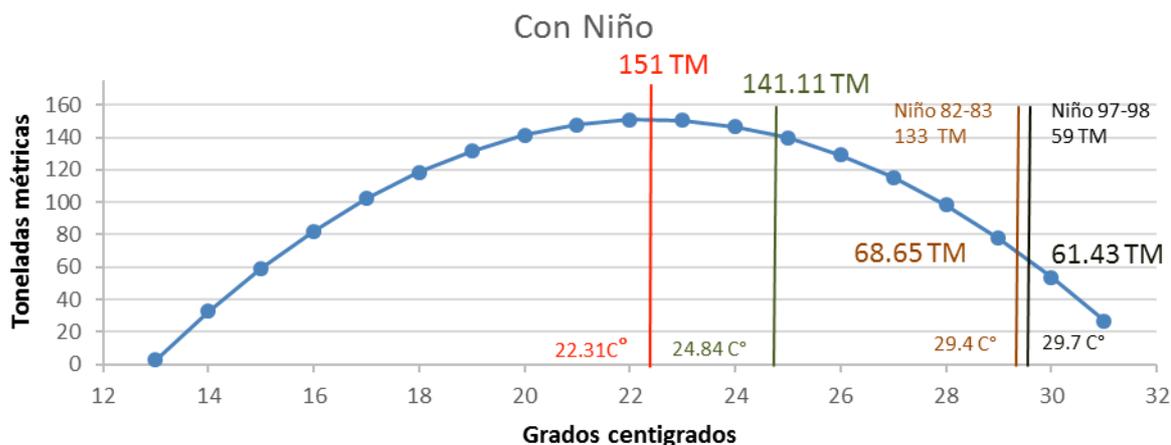


Figura 8.21: Extracción de conchas negras vs temperatura.

Se hicieron corridas de tres modelos distintos de función de producción para la extracción de conchas negras. En la Fig. 8.21 se aprecia la relación temperatura y extracción de conchas, cuya función resultó cóncava como se esperaba, lo cual denota el umbral para la temperatura máxima en 22.32 C°, obtenido de la primera derivada de la función de extracción⁴⁷, pudiendo llegar a obtener una extracción máxima de 151TM de concha negra. Cabe recordar que cuando ocurrió El Niño 82-83 y del 97-98, las temperaturas llegaron a 29.4 y 29.7 C° respectivamente, posicionándose en la parte decreciente de la curva, y según los registros solo se extrajo para El Niño 82-83 133 TM de concha negra cantidad superior al óptimo según la temperatura que hubo en dicho periodo y en El Niño 97-98, 59 TM, cantidad inferior al óptimo de ese periodo. Además, la temperatura promedio desde 1971 al 2009 fue de 24.84 C°, lo que en la curva de la función de extracción de concha negra representó 141.11TM, que si se analiza desde esta función sería la cantidad promedio máxima que se podría extraer.

Cualquier cambio en la población de conchas negras y en general de los otros recursos hidrobiológicos, así como en la composición biofísica del manglar a causa de la variabilidad climática (Fenómenos El Niño) y cambio climático (aumento de temperatura), los afectados directos serán las familias de los 284 extractores artesanales del SNLMT, quienes dependen económicamente del mismo y los afectados indirectos, serían todas las personas tanto de Tumbes, Perú y extranjeros, ya que se perdería un tipo de ecosistema único en el país y los recursos que este provee.

⁴⁷Condición de obtención del punto óptimo de la función, a través de la primera derivada $\frac{\partial TM_B}{\partial T_{MAX}} = 0$

8.7 Cambio climático

La principal herramienta para la estimación del posible escenario futuro de cambio climático son los modelos climáticos globales. Sin embargo, estos modelos tienen fuertes deficiencias, particularmente en la costa de Perú, por lo que los resultados se deben tomar con cuidado y, de preferencia, interpretados por especialistas. Por lo mismo, la aplicación de herramientas como los modelos regionales u otras para obtener escenarios de alta resolución son inútiles si no se conocen y corrigen las incertidumbres o errores en los datos de entrada que provienen de los modelos globales. Con esto en mente, a continuación se describen algunas posibles manifestaciones del cambio climático en los manglares de Tumbes, que se resumen en la Fig. 8.22.



Figura 8.22 Impactos principales del Fenómeno El Niño y del cambio climático futuro sobre los manglares de Tumbes

La proyección para la segunda mitad del siglo XXI, bajo el escenario intermedio RCP4.5, usando los modelos climáticos CMIP5 indica un cambio en la temperatura del mar en la región de Tumbes, que se podría esperar sería similar en el manglar, de 1.6°C en promedio, con el 90% de los 28 modelos indicando entre 0.8 y 2.6°C (es decir, con una dispersión del orden de 50%),

(Ramos, 2014⁴⁸). Esto no difiere mucho del estimado para la temperatura superficial global, que se estima que para el escenario RCP4.5 el rango probable (al 90%) del calentamiento sería entre 1.1 y 2.6°C para fines del siglo XXI, con un promedio de 1.8°C (IPCC, 2013⁴⁹). Por otro lado, para el escenario más pesimista (RCP8.5) el rango sería de 2.6 a 4.8°C, con promedio de 3.7°C (IPCC 2013), aproximadamente el doble que para el escenario RCP4.5.

Los manglares de Tumbes se encuentran en el límite entre las condiciones cálidas adecuadas para este ecosistema y las demasiadas frías asociados al sistema de la corriente de Humboldt. Con el calentamiento futuro, se podría esperar un aumento hacia el sur en la zona con temperaturas adecuadas, similar a lo que se ha observado ya en la costa este de Norte América (Cavanaugh et al., 2014⁵⁰). Sin embargo, el efecto de un aumento de temperatura promedio del orden 5°C, en el caso extremo, en los manglares de Tumbes podrían tener efectos diversos en los procesos biogeoquímicos (por ej. en el metabolismo del meiobentos, la tasa de respiración aeróbica de la materia orgánica, la re-acumulación de sulfuro de hidrogeno en el sedimento, la liberación de CO₂, la remineralización bacteriana y consumo del oxígeno; ver Pérez, 2014⁵¹) que afectarían el funcionamiento del ecosistema. Este tema requiere mayores estudios.

Es bien sabido que prácticamente todos los modelos climáticos sobreestiman fuertemente la precipitación en la costa de Perú. Aprovechando que existe una relación no lineal observada entre la temperatura superficial del mar y la lluvia en la costa norte del Perú, se modeló dicha relación con solo dos parámetros para reproducir y corregir empíricamente la lluvia de los modelos y sus posibles cambios futuros (Fig. 8.23, Ramos, 2014). El resultado, para el escenario RCP4.5 para la segunda mitad del siglo XXI, indica aumento entre 0 y 60% sobre los valores actuales considerando los nueve modelos que mejor mostraban la relación no lineal observada (Ramos, 2014). Asumiendo proporcionalidad con la temperatura, según lo discutido arriba, con el escenario RCP8.5 esto podría ser el doble de esto. Además, la frecuencia de los eventos de lluvia extremos asociados a El Niño más extremos podría quizás duplicarse en el futuro con respecto al presente bajo el escenario RPC8.5 (Cai et al., 2014⁵²).

⁴⁸ Ramos, Y., 2014: Estimación del efecto del cambio climático en la precipitación en la costa norte del Perú usando simulaciones de modelos climáticos globales. Tesis de Ing. Meteoróloga, Universidad Nacional Agraria La Molina.

⁴⁹ IPCC, 2013: Summary for Policymakers. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker et al. (eds.)]. Cambridge University Press.

⁵⁰ Cavanaugh, K. C., Kellner, J. R., Forde, A. J., Gruner, D. S., Parker, J. D., Rodriguez, W., and Feller, I. C., 2013: Poleward expansion of mangroves is a threshold response to decreased frequency of extreme cold events, *PNAS*, 723–727, doi: 10.1073/pnas.1315800111

⁵¹ Pérez, A., 2013: Influencia del régimen hídrico y de las condiciones geoquímicas sobre la comunidad y el flujo energético del meiobentos metazoario de los sedimentos intermareales y submareales de los Manglares de Tumbes. Tesis de Maestría en Ciencias del Mar, Universidad Peruana Cayetano Heredia.

⁵² Cai W, Borlace S, Lengaigne M, Rensch Pv, Collins M, Vecchi G, Timmermann A, Santoso A, McPhaden MJ, Wu L, England M, Wang G, Guilyardi E, Jin FF, 2014: Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming, *Nature Climate Change*, doi:10.1038/nclimate2100

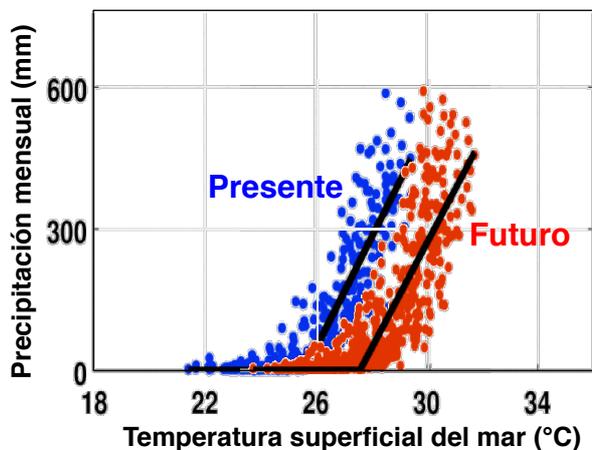


Figura 8.23 Datos de lluvia mensual (mm) vs temperatura superficial del mar (°C) sin corregir del modelo climático ACCESS 1.0 para el presente (azul) y el escenario futuro (rojo). Las líneas negras muestran el modelo empírico no lineal. (adaptado de Ramos, 2014)

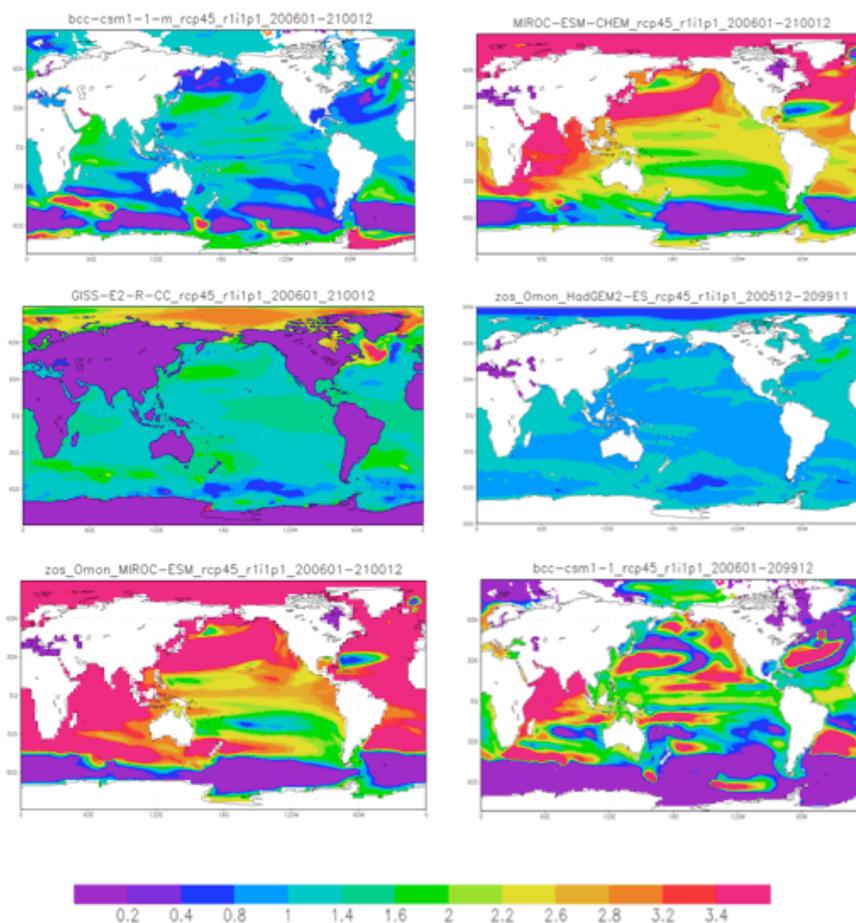


Figura 8.24 Fracción del cambio local en nivel del mar relativo al promedio global en modelos de cambio climático CMIP5 sobre el siglo XXI en el escenario RCP4.5.

Un aspecto robusto del cambio climático de gran relevancia a los manglares es el aumento del nivel del mar. Según el IPCC (2013), bajo el escenario extremo RCP8.5, este incremento podría alcanzar los 38 cm y 82 cm hacia mediados y final del siglo XXI, respectivamente. Esto es comparable con las variaciones en las mareas altas entre las sicigias (“aguaje”) y cuadraturas (“quiebra”) en el manglar, que es del orden de 1 m (Fig. 8.8). Sin embargo, existen efectos locales que modifican sustancialmente el cambio de nivel del mar con respecto al global, particularmente asociados a los cambios en los patrones del viento, por lo que frente a la costa de Tumbes, entre los modelos considerados, se encuentra que el aumento sería entre igual al triple del promedio global (Fig. 8.24; Takahashi et al., 2014⁵³).

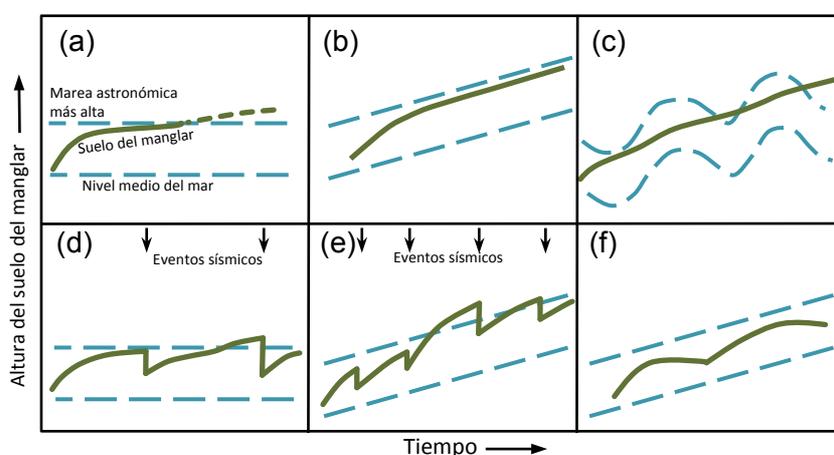


Fig. 8.25. Patrones de desarrollo del suelo de los manglares en relación a cambios en nivel del mar y el rango de la marea (adaptado de Alongi, 2008).

Sobre las escalas de tiempo en que evolucionan las líneas costeras, los manglares han demostrado persistencia bajo cambios de nivel del mar (NM), siguiendo típicamente alguno de los patrones ilustrados en la Fig. 8.25 (Alongi, 2008⁵⁴). Esta capacidad de los manglares de construir nuevo sustrato que lo mantenga sobre el nivel del mar dependerá de la disponibilidad de sedimentos. Dado que el escenario climático futuro indica que probablemente las lluvias intensas serían más intensas, se podría esperar que el transporte fluvial de sedimentos también aumentará, por lo que esto no sería una restricción. Sin embargo, si se construyeran represas en las cuencas de Zarumilla o Tumbes, parte sustancial de este sedimento sería retenido por ellas y los manglares correspondientes podrían ver limitada esta capacidad (ej. Wong et al., 2013⁵⁵).

⁵³ Takahashi K, Mosquera K, Aparco J, Fajardo J, Montes I, 2014: Evaluación del posible impacto de la variabilidad y cambio climático en el nivel del mar en la costa de Lima. *Informe Técnico IGP*.

⁵⁴ Alongi, D. M., 2008: Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 76, 1-13.

⁵⁵ Wong, P.P., I.J. Losada, J.-P. Gattuso, J. Hinkel, A. Khattabi, K.L. McInnes, Y. Saito, and A. Sallenger, 2014: Coastal systems and low-lying areas. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, pp. 361-409.

Además, se debe tomar en cuenta que el desplazamiento del manglar hacia el continente estaría limitado por pozas langostineras, zonas urbanas y agrícolas, lo cual podría llevar al estrujamiento y contracción del manglar (Nicholls et al., 2007⁵⁶).

El incremento del caudal de los ríos y la reducción de salinidad asociada probablemente afectaría negativamente a la concha negra a través de eventos de mortandad. Por otro lado, estaría asociado a una mayor exportación de nutrientes hacia fuera del sistema, y un aumento de las condiciones salobres en la columna de agua y sedimento, que se estima produciría una disminución de la producción primaria en la columna de agua aguas arriba y al establecimiento de condiciones mesotróficas a largo plazo (Pérez, 2014). De ser el caso, se dificultaría la colonización de especies bentónicas debido a la destrucción de biotopos sedimentarios, además del bajo contenido alimenticio de los sedimentos que acabaría por reducir la producción secundaria de los recursos acuáticos del sistema (Pérez, 2014).

En el caso de que los eventos El Niño extremos aumenten en frecuencia, el gran transporte de sedimentos asociado llevaría a una mayor colmatación de los esteros, lo cual produciría cambios en los patrones de inundación y posiblemente dejando parte del área de los manglares sin irrigación, además de afectar la navegabilidad de la zona. Los impactos de los cambios en el transporte de sedimentos son, en general, complejos y potencialmente tanto beneficiosos como perjudiciales.

8.8 Medidas de adaptación

Las medidas de adaptación al cambio climático para la población de extractores del SNLMT se han propuesto basadas en los resultados de la aplicación de la Herramienta CVCA (Mendoza et al. 2015⁵⁷). Esta herramienta tiene un enfoque de adaptación basada en comunidades (CbA por sus siglas en inglés) y consta de una serie de herramientas participativas aplicadas a la población objetivo (ej. Fig. 8.26) y una herramienta de análisis de la información sistematizada con las herramientas participativas y de entrevistas a especialistas locales. Se aplicaron estas herramientas para el estudio y además se utilizaron los resultados de estas como insumo para generar medidas de adaptación. Cabe resaltar que la mayoría de la información obtenida han sido oralidades que se extrajeron de los talleres de capacitación y

⁵⁶ Nicholls, R.J., P.P. Wong, V.R. Burkett, J.O. Codignotto, J.E. Hay, R.F. McLean, S. Ragoonaden, and C.D. Woodroffe, 2007: Coastal systems and low-lying areas. In: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, pp. 315-356.

⁵⁷ **Mendoza A., Flores D., Céspedes L., Martínez A.**, 2015: Análisis de capacidad y vulnerabilidad climática de las asociaciones de extractores de concha negra y cangrejo rojo del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes. Informe Técnico - Proyecto Manglares IGP.

las mesas directivas con el fin de fomentar la participación de los asociados.

- Apoyo a los trabajos de conservación sobre el ecosistema manglares en el SNLMT, mediante las labores de guardaparques voluntarios.
- Promover la formación de una asociación de extractores para enfrentar las dificultades que provocan las amenazas, ya sean climáticas o no climáticas.
- Repoblar espacios del Santuario donde los recursos de importancia económica estén amenazados.

Estrategia 2: Estrategias de reducción de riesgos para disminuir el impacto de las amenazas, especialmente sobre los individuos y hogares vulnerables

- Diversificar actividades y fuentes de ingresos económicos que apoyen a los extractores a hacer frente a la ocurrencia de Fenómeno del Niño y desbordes del río.
- Reestructurar las actividades de extracción (ej.: horario de entrada, espacio recorrido) en el SNLMT.

Estrategia 3: Desarrollo de capacidades de la sociedad civil y las instituciones públicas locales para que puedan prestar mayor apoyo a las comunidades, hogares e individuos en sus esfuerzos de adaptación.

- Mejorar la capacidad de ahorro de los extractores con fines de contrarrestar los efectos de las temporadas difíciles.
- Identificar lugares menos afectados ante la ocurrencia de eventos críticos (ej.: Fenómeno del Niño, marea roja, lluvias, desbordes del río) en los que se pueda realizar la actividad de extracción.

Estrategia 4: Realizar incidencia política y movilización social para abordar las causas subyacentes de la vulnerabilidad, tales como la mala gobernabilidad, la falta de control sobre los recursos o el acceso limitado a servicios básicos.

- Promover la participación de los presidentes de las asociaciones de extractores del Santuario en el proceso de toma de decisiones políticas a nivel local para generar y aplicar estrategias de subsistencia en los momentos oportunos (ej. ocurrencia de Fenómeno del Niño).

8.8.2 Medidas preventivas

a) A nivel individual o de hogar

Estrategia 1: Promoción de estrategias de medios de vida resilientes al clima en combinación con la diversificación de los ingresos y el fortalecimiento de la capacidad para la planificación y una mejor gestión de riesgos.

- Diversificar las actividades económicas realizadas por los extractores artesanales del SNLMT mediante la práctica de actividades como turismo,

agricultura, construcción civil, etc. con el fin de fomentar la conservación de recursos hidrobiológicos económicamente importantes.

- Mejorar los servicios de prestación de servicios en el SNLMT a cargo de los extractores artesanales y fomentar el mismo a nivel nacional e internacional, de tal manera que los extractores tengan una fuente de ingresos sin depender de los recursos hidrobiológicos del Santuario.
- Promover la creación de una única asociación que agrupe a todos los extractores del SNLMT, propiciando la especialización por tipos de extracción, con el fin fortalecer la representatividad de los extractores artesanales en la gestión del Santuario.

Estrategia 2: Estrategias de reducción de riesgos para disminuir el impacto de las amenazas, especialmente sobre los individuos y hogares vulnerables.

- Promover el uso de la información de parte de las asociaciones, de la información sobre riesgos actuales sistematizados en este estudio, de los conocimientos tradicionales, así como la información generada por las instituciones técnicas, con el fin de facilitar las acciones de prevención del riesgo, tales como planificación de actividades económicas ante Fenómeno del Niño, fortalecimiento de infraestructura, entre otras.
- Promover la capacitación, sensibilización y fortalecimiento de los extractores artesanales acerca del protocolo de la Redssat-IGP de tsunamis, con el fin de responder de forma planificada ante la ocurrencia de tsunami o llegada de ondas de tsunamis acontecidos en otros lugares.
- Implementar los planes de contingencia de la municipalidad distritales de Zarumilla, Aguas Verdes y Tumbes, además la Estrategia Regional Integrada de Cambio Climático, Diversidad Biológica y Lucha Contra la Desertificación y Sequía ante la ocurrencia de eventos extremos que tengan repercusión en el sistema natural del SNLMT, con el fin que los extractores tengan una respuesta planificada ante la ocurrencia ante los riesgos acaecidos.

Estrategia 3: Desarrollo de capacidades de la sociedad civil y las instituciones públicas locales para que puedan prestar mayor apoyo a las comunidades, hogares e individuos en sus esfuerzos de adaptación.

- Promover la capacitación en la generación de fondos de salvaguarda económicos, mediante ahorro en instituciones de micro finanzas, con el fin de contrarrestar los efectos de la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos o Fenómenos del Niño.
- Promover redes de ahorro en instituciones de micro finanzas, con fines de inversión en capital, infraestructura, además crecimiento económico y fortalecimiento de la asociación reflejado en cada uno de los extractores que la componen, de esta manera afrontar las situaciones que los hacen vulnerables.
- Promover la especialización del conocimiento técnico y tradicional en cada tipo de extracción (Conchas negras, cangrejos rojo y peces), con el fin de conformar grupos exclusivos a cada tipo de extracción.

- Fomentar la generación de capacidades técnicas en trabajos alternativos a la extracción de recursos hidrobiológicos, tales como artesanías, gastronomía, gasfitería, entre otros, con el fin de propiciar la independencia de los extractores artesanales del ecosistema manglares, así como conservar de los recursos hidrobiológicos económicamente importantes.
- Promover la generación de capacidades sobre liderazgo y dirección de organizaciones para los extractores de cada asociación, con el fin de fortalecer la institucionalidad de cada asociación
- Generar capacidades en los extractores artesanales sobre planificación, de tal manera que tengan una respuesta planificada ante los riesgos de eventos meteorológicos extremos, tsunamis o Fenómeno del Niño, así como fortalecer a la asociación.
- Fomentar en las asociaciones la generación de valor agregado de productos hidrobiológicos económicamente importantes, como por ejemplo envasado de pulpa de cangrejo, con el fin de contribuir al desarrollo de las asociaciones.

Estrategia 4: Realizar incidencia política y movilización social para abordar las causas subyacentes de la vulnerabilidad, tales como escasa gobernabilidad, la falta de control sobre los recursos o el acceso limitado a servicios básicos.

- Promover el empoderamiento de la asociación por parte de los extractores, mediante la participación activa de los extractores, con el fin de fortalecer la institucionalidad de la asociación.
- Integrar la participación de mujeres (esposas e hijas en edad de trabajar) en los trabajos de diversificación de ingresos económicos, practicados en periodos de veda y situaciones de crisis, así como en las capacitaciones diversas y redes de ahorro, con el fin de propiciar una respuesta resiliente de las familias de los extractores ante situaciones de crisis.
- Fortalecer los canales de comunicación entre los dirigentes de las asociaciones y las autoridades locales como municipalidades distritales de Zarumilla, Aguas Verdes y Tumbes, para propiciar el fortalecimiento de la asociación.
- Reforzar la confianza y el diálogo entre dirigentes de cada asociación, las autoridades locales y ONG; así como la confianza y el diálogo entre los extractores de cada asociación y sus dirigentes, con el fin de reforzar la institucionalidad de la asociación.

b) A nivel de gobierno local

Estrategia 1: Promoción de estrategias de medios de vida resilientes al clima en combinación con la diversificación de los ingresos y el fortalecimiento de la capacidad para la planificación y una mejor gestión de riesgos.

- Fortalecer los canales de flujo de información entre las instituciones generadoras de información local, acerca de recursos hidrobiológicos,

condiciones físicas y climáticas que se relacionan con el ecosistema manglares, y las instituciones tomadores de decisiones, con el fin de llegar a una óptima gestión de la adaptación al cambio climático.

- Promover la inclusión de los temas de las investigaciones realizadas acerca de cambio climáticas relacionadas el ecosistema manglares y el SNLMT, tales como las del Proyecto TACC, IGP, IMARPE y SENAMHI, en las políticas regionales y municipales a nivel de provincias y distritos (Zarumilla, Tumbes y Aguas Verdes) con fines de llegar a una adaptación planificada.
- Promover la generación de planes que favorezcan la gestión de riesgos y propicien el desarrollo sostenible de los medios de vida de los extractores del Santuario en función a los riesgos identificados de los eventos meteorológicos extremos, atendiendo a las poblaciones más vulnerables.
- Fortalecer del monitoreo climático por parte de las instituciones competentes en el ámbito del ecosistema manglares, con la finalidad de ser insumo de la planificación en gestión de riesgos y de las políticas de cambio climático.
- Generar un sistema de planificación anual para los meses veda que se ajuste a los periodos de ocurrencia de los ciclos biológicos de conchas negras y cangrejos rojos, que podrían variar año a año, con el fin de llegar a una conservación óptima del recurso.
- Mejorar los canales de comunicación entre los autoridades y los extractores locales, con el fin que la ejecución de políticas sobre conservación y desarrollo se de forma participativa y empoderando a las asociaciones en la implementación y fortaleciendo su institucionalidad.
- Mejorar el acceso de las asociaciones de extractores a las investigaciones realizadas por instituciones generadoras de información y documentos de política y gestión llevadas a cabo por las autoridades locales, con la finalidad de propiciar la capacidad adaptativa de la población de extractores del Santuario.

Estrategia 2: Estrategias de reducción de riesgos para disminuir el impacto de las amenazas, especialmente sobre los individuos y hogares vulnerables

- Incluir análisis de riesgos en la planificación regionales de ordenamiento territorial, con el fin de atenuar las consecuencias que tiene la ocurrencia de eventos extremos en la población de extractores.
- Promover la investigación científica de las consecuencias de las amenazas climáticas y no climáticas actuales en el Santuario con fines de planificación de gestión de riesgos, orientada a gestionar consecuencias como sedimentación de ríos y esteros, disminución de poblaciones de recursos hidrobiológicos económicamente importantes.
- Promover la elaboración mapas de vulnerabilidad física en el SNLMT, para la inclusión en los planes de gestión de riesgos.
- Promover la generación de escenarios climáticos a futuro para el Santuario con fines de planificación en gestión de riesgo y desarrollo de la población a largo plazo.

- Promover la implementación de las iniciativas, investigaciones y planes en gestión de riesgo realizada por instituciones como Proyecto DIPECHO, Proyecto TACC, INDECI, DIREPRO, municipalidades distritales de Zarumilla, Aguas verdes y Tumbes en el ámbito del Santuario, con fines de propiciar la capacidad adaptativa del ecosistema y los extractores artesanales.
- Incluir los resultados del análisis de riesgos a nivel territorial, investigaciones sobre impactos de las amenazas, mapa de vulnerabilidad, escenario climáticos, en la las políticas de desarrollo, con el fin de contribuir a la capacidad adaptativa.

Estrategia 3: Desarrollo de capacidades de la sociedad civil y las instituciones públicas locales para que puedan prestar mayor apoyo a las comunidades, hogares e individuos en sus esfuerzos de adaptación.

- Promover la gestión sostenible de las poblaciones de los recursos concha negras entre otras, al ser los más vulnerables en el ecosistema manglares, con el fin de conservar las poblaciones de este recurso.
- Favorecer mecanismos de acceso a mercado de alta calidad para el comercio de recursos hidrobiológicos por parte de los extractores artesanales, mediante la generación de valor agregado y la unificación de las asociaciones, con el fin de fortalecer las asociaciones los medios de vida de la población de extractores artesanales del SNLMT.
- Atender las limitantes para una buena institucionalidad de las autoridades u organizaciones locales, con el fin de facilitar la ayuda internacional, tales como cooperaciones u ONG en el ámbito de conservación y desarrollo que conlleven a la implementación de la adaptación planificada.
- Fomentar la generación participativa y transdisciplinaria de los planes y políticas que favorezcan la adaptación planificada, por parte de las instituciones vinculadas al Santuario, tales como las asociaciones de extractores, SERNANP, Marian de Guerra, Comité de gestión, DIREPRO; municipalidades distritales de Aguas Verdes, Zarumilla y Tumbes, empresas de turismo, PNP e IMARPE.

Estrategia 4: Realizar incidencia política y movilización social para abordar las causas subyacentes de la vulnerabilidad, tales como la mala gobernabilidad, la falta de control sobre los recursos o el acceso limitado a servicios básicos.

- Incluir en el proceso de planificación, elaboración de políticas y toma de decisiones a los grupos vulnerables de la región Tumbes, tales como las asociaciones de extractores del Santuario, con el fin de promover su empoderamiento con sus capacidad adaptativa.
- Atender a las malas prácticas de las autoridades, tales como corrupción, falta de ejecución de las políticas de conservación, informalidad institucional, etc., que afectan de manera constante a la gestión del área de conservación, promoviendo de esta manera el aumento de la resiliencia del Santuario

9. Productos y logros del proyecto

9.1 Libro de resultados del proyecto

El libro con los resultados del presente proyecto y otros asociados, cuyo título sería “El Niño, el Cambio Climático y los Manglares de Tumbes”, contendrá capítulos sobre los diferentes temas del proyecto (Tabla 9.1), dando una base científica así como los avances en el conocimiento.

Tabla 9.1: Estructura prevista del libro “El Niño, el Cambio Climático y los Manglares de Tumbes”

Sección	Capítulo
Resumen ejecutivo	
PARTE INTRODUCTORIA	A Introducción
	B Agradecimientos
	C Contenido
	D Terminología
	E Acrónimos
CONTEXTO GENERAL	1.1 Importancia de los manglares en el mundo
	1.2 Cambio climático y manglares
FÍSICA DEL MANGLAR EN EL PERÚ	2.1 El clima en Tumbes
	2.2 El fenómeno El Niño
	2.3 Hidrología y transporte de sedimentos fluviales en el norte del Perú
	2.4 Mareas y nivel del mar en el ecosistema manglar
	2.5 Escenarios de cambio climático en la costa norte peruana
BOSQUES	3.1 Estructura y composición de especies de los bosques de manglar de Tumbes, su relación con factores físicos y su comparación con otros sistemas de manglares en el mundo.
	3.2 Eficiencia de técnicas procesamiento de imágenes satelitales como método para la clasificación y sub clasificación de los ecosistemas manglares en imágenes del satélite Landsat aplicadas al manglar de Tumbes.
	3.3 Variación del anillado de crecimiento de “mangle rojo” como consecuencia de la variabilidad climática regional y su relación con los cambios en la cobertura vegetal del manglar de Tumbes
BIOGEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS Y COMUNIDADES ECOLÓGICAS (BENTÓNICAS)	4.1 Biogeoquímica de Sedimentos Submareales e Intermareales
	4.2 Ecología de las comunidades ecológicas [bentónicas]
	4.3 Contribuciones a la biodiversidad [Diversidad de las comunidades bentónicas del SNLMT]
RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS	5.1 Concha negra
	5.2 EL cangrejo del manglar <i>Ucides occidentalis</i> en el ecosistema de manglar de Tumbes
	5.3 Peces
AVES FRAGATA	6.1 Aves fragatas de Tumbes: Mucho más que piratas del mar
	6.2 Aspectos biológicos de las aves fragata en el SNLMT

ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN EL SNLMT	7.1 Extracción de recursos hidrobiológicos en el SNLMT
	7.2 Agricultura
	7.3 Turismo
	7.4 Incidencia de la actividad acuícola en el departamento de Tumbes a través del análisis de imágenes satelitales
INSTITUCIONALIDAD	8.1 Gobernanza adaptativa de los manglares de Tumbes
	8.2 Servicios ecosistémicos y valoración económica
	8.3 Ocupación del territorio en la zona de amortiguamiento del SNLMT
	8.4 Medidas de adaptación ante el cambio climático
PARTE FINAL	Preguntas abiertas/recomendaciones

9.2 Logros en políticas

Los resultados científicos del proyecto vienen teniendo un importante rol en la gestión del Santuario, dado que éstos vienen siendo incorporados en el Plan Maestro del ANP, en cada uno de sus componentes, tal como se aprecia en la Tabla 9.2.

Tabla 9.2: Componentes del Plan Maestro del SNLMT (en elaboración), objetivos y aportes científicos potenciales del proyecto

Componente	Objetivos	Aportes científicos potenciales del proyecto
Ambiental	Mantener la cobertura del bosque de mangle maduro y continuar con el proceso de recuperación de las hectáreas de manglares degradadas en el ámbito del SN Los Manglares de Tumbes	<ul style="list-style-type: none"> Estudios sobre composición del manglar y del bosque seco de la ZA Estudios sobre dendrocronología Estudios sobre poblaciones Estudios sobre sedimentos Estudios sobre variabilidad y cambio climático, etc.
	Mantener la cobertura de los Bosques Secos en el ámbito del SN Los Manglares de Tumbes	
	Mantener la presencia y densidad de las conchas negras y cangrejo rojo del SNLMT.	
Económico	Mantener el aprovechamiento de recursos hidrobiológicos sin comprometer su capacidad de reproducción y su población	<ul style="list-style-type: none"> Estudios sobre agricultura, turismo, actividad langostinera, centros poblados, y extracción de recursos hidrobiológicos del manglar, etc.
	Promover la actividad turística en el SNLMT	
Sociocultural	Promover la participación de los diferentes actores en el Comité de Gestión.	<ul style="list-style-type: none"> Estudios sobre vulnerabilidad y adaptación Estudios sobre valoración económica Identificación y documentación de prácticas culturales de extracción de recursos hidrobiológicos

La información generada además llena un vacío identificado por SERNANP⁵⁸ sobre la falta de información técnico científica en sus las diferentes áreas naturales protegidas del país. Así el Plan Rector de la institución indica la necesidad de fomentar la formación de capacidades para la gestión de datos de información, identificando y documentando las buenas prácticas de gestión de información y facilitando que se compartan. Esto es particularmente grave para las áreas naturales protegidas de costa, dado que la mayoría de estudios en ANP se concentra en unas pocas de Amazonía, en un círculo vicioso de estudios con financiamiento nacional o internacional que vuelven a intervenir en las mismas áreas debido a que ya existe información previa (Comunicación personal, profesionales de SERNANP).

9.3 Logros en capacidad y conocimiento científico

Sin duda uno de los logros más importantes del proyecto ha sido la generación de capacidades. Los tesis de pregrado y postgrado, además de lograr la obtención de sus respectivos títulos profesionales han sido sumergidos en el uso metodologías, herramientas y estrategias de investigación, lo que sin duda ha cambiado su forma de ver el tema de investigación de algo abstracto y lejano, en algo cercano y para lo cual están preparados. Varios de ellos ya empezaron a mostrar logros individuales más allá de solo sus tesis, pues se han embarcado en estudios más avanzados de maestría y doctorado dentro y fuera del país, o están avanzando en sus carreras profesionales a través de trabajos vinculados a las temáticas que desarrollaron.

9.3.1 Trabajos de tesis

Como se observa en la Tabla 6.1, aproximadamente la mitad de los trabajos de tesis ya han sido concluidos, con 36% sustentados a la fecha. Por otro lado, las razones para que 55% aún estén en preparación son diversas. En algunos casos, se debe a que a la carga laboral de los tesis (ej. investigadores de IMARPE Tumbes y del IGP), mientras que en el caso de la maestría de biología de la UNMSM se les exige a los estudiantes el publicar artículos científicos para poder sustentar. Se espera que todas las tesis estén al menos en revisión en el año 2015.

Tabla 6.1 Resumen del estado de las tesis

Estado	Número	Porcentaje
Sustentadas	8	36%
En revisión	2	9%
En preparación	12	55%
Total	22	100%

⁵⁸ Plan Director SERNANP, 2009

Tabla 6.2 Listado de temas de tesis y su estado

Nombre	Universidad - Grado	Título	Estado
Jeancarlo Fajardo	U.N. Callao – Lic. Física	Modelado numérico del campo de velocidades y niveles de marea en el Santuario Nacional de Los Manglares de Tumbes	En revisión (sustentación en mayo 2015)
Sergio Morera	UNALM – Doct. Rec. Hídricos	Magnitud, frecuencia y factores que controlan los flujos sedimentarios desde los Andes Centrales Occidentales hacia el océano Pacífico peruano	Sustentada (abril 2014)
Yakelyn Ramos	UNALM - Ing. Meteorológica	Estimación del efecto del cambio climático en la precipitación en la costa norte del Perú usando simulaciones de según los modelos climáticos globales	Sustentada (setiembre 2014)
Karen León	UNALM – Ing. Agrícola	Análisis espacio-temporal de las precipitaciones y caudales durante los eventos El Niño (1982-83 y 1997-98) en la costa norte peruana	Sustentada (noviembre 2014)
Janet Quincho	UNALM – Ing. Agrícola	Estudio experimental del transporte de sedimentos en suspensión y fondo, y comparación con modelos teóricos en los ríos Puyango, Tumbes y Zarumilla	Sustentada (abril 2015)
Alexander Pérez	UPCH – Mg. Ciencias del Mar	Influencia del régimen hídrico y de las condiciones geoquímicas sobre la comunidad y el flujo energético del meiobentos metazoario de los sedimentos intermareales y submareales de los Manglares de Tumbes	Sustentada (marzo 2014)
Rodrigo Castro	UPCH – Mg. Ciencias del Mar	Influencia de los cambios espaciales y temporales de salinidad en los ritmos de microcrecimiento de las conchas de <i>Anadara Tuberculosa</i>	En preparación
Junior Vitor	UNMSM – Mg. Biología	Impacto de la variabilidad ambiental sobre la estructura y dinámica poblacional de <i>Ucides Occidentalis</i> (Ortmann 1987) en los Manglares del río Tumbes y Zarumilla	En preparación
Rossana Cabanillas	UNMSM – Mg. Biología	Cambio temporal de la estructura comunitaria del macrobentos en la zona intermareal de los manglares de los estuarios de Zarumilla y Tumbes	En preparación
Carlos Gutierrez	UNMSM – Mg. Biología	Evaluación de la calidad ecológica del ecosistema de manglar en los estuarios del río Tumbes y Manglar en los estuarios del río Tumbes y Zarumilla	En preparación
Uzbekia Gonzales	UDEP - Biología	Influencia de tres factores ambientales sobre los anillos de crecimiento de <i>Rhizophora mangle</i> L. 1753 “mangle rojo” <i>Rhizophoraceae</i> en el Ecosistema de Manglares de Tumbes.	En preparación
Karel Idrogo	UDEP - Biología	Fisonomía de la vegetación de mangle en el Sistema de Manglares de Tumbes.	En preparación
Claudia Parra	UNALM – Biología	Efecto de la altitud del terreno sobre la estructura y distribución espacial de las comunidades vegetales del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes	Sustentada (mayo 2014)
Erick Principe	UNMSM - Maestría Geofísica	Validación de indicadores satelitales para el estudio de los manglares de Tumbes.	En preparación
Alder Feijoo	UNT- Ing. Forestal y de Medio Ambiente	Identificación de Impactos de la actividad agrícola para el período 1985 – 2014, en la Zona de Amortiguamiento del SNLMT, distritos de Aguas Verdes y Zarumilla	Sustentada (noviembre 2014)
Jose M. Azabache	UNT – Ing. Pesquera	Cadena productiva de <i>Anadara tuberculosa</i> (Sowerby 1833) extraída en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, 2013.	En preparación
Roxana Prado	UNT- Ing. Forestal y de Medio	Capacidad de carga turística de los circuitos turísticos del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes y del circuito turístico de Puerto Pizarro, Tumbes 2013 - 2014	Sustentada (diciembre 2014)

	Ambiente		
Luis Céspedes	UNALM – Mg. Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas	Dinámica territorial de la actividad acuícola en la parte baja de la cuenca del Río Tumbes, Perú. Caso: Langostineras	En preparación
Daniel Flores	UNALM – Mg. RRNN y Ambiente	Estudio de valoración económica del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes: El impacto del Cambio climático	En preparación
Hugo Yuccra	UPCH – Mg. Ciencias del Mar	Estructura comunitaria de diatomeas en una gradiente de salinidad en los períodos seco (2012) y lluvioso (2013), Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, Perú	En revisión (sustentación en julio 2015)
Percy Montero	Universidad Europea Miguel de Cervantes – Mg. Ciencia y Tecnología Marinas	Efectos de las plumas de sedimentación en la productividad primaria del mar de Tumbes, 2012 - 2013	En preparación
Manuel Vera	Universidad Europea Miguel de Cervantes – Mg. Ciencia y Tecnología Marinas	Crecimiento y mortalidad de concha negra <i>Anadara tuberculosa</i> (Arcoida: Arcidae), asociados a los parámetros físicos en los manglares de Zarumilla, Tumbes, Perú	En preparación

9.3.2 Artículos científicos

Los siguientes artículos están ya en preparación o revisión:

- **Morera, S.B.**; Crave, A.; Guyot, J.L.; & Condom, T., 2015: Critical erosion rates and sediment yield in mountain catchments during catastrophic events El Niño: from the west central Andes to the Pacific Ocean (Perú). En preparación para *Earth and Planetary Science Letters*.
- **Pérez, A., Gutiérrez, D.**, 2015: Hydrological Regime Effects on Geochemical Conditions in the Estuarine System of Peruvian Mangroves, En preparación
- **Takahashi K., and Dewitte B.**, 2015: Strong and moderate nonlinear El Niño regimes. Aceptado en *Climate Dynamics*.
- **Takahashi K., Martínez A. G., Mosquera-Vásquez K.**, 2015: The very strong 1925-26 El Niño in the far-eastern Pacific. En preparación para *Journal of Climate*

Se espera que más artículos serán sometidos a medida que las tesis sean sustentadas.

9.3.2 Informes técnicos

En el marco del presente proyecto, así como en otros asociados (PpR 035 Bosques, PNUD/TACC) se cuentan con los siguientes informes técnicos:

- **Flores, D., Céspedes, L., Martínez, A.**, 2014: Identificación de servicios ecosistémicos en el SNLMT, Informe Técnico Especial, IGP
- **Flores, D., Céspedes, L., Príncipe, E., Martínez, A.**, 2015: Estimación de la función de producción de la extracción de concha negra (en preparación)
- **Mendoza, A., Flores, D., Céspedes, L., Martínez, A.**, 2015: Análisis de capacidad y vulnerabilidad climática de las asociaciones de extractores de concha negra y cangrejo rojo del SNLMT. (en preparación)
- **Quincho, J.**, 2015: Monitoreo y cuantificación del transporte de sedimentos en suspensión y fondo en los ríos Puyango-Tumbes y Zarumilla
- **Takahashi K, Mosquera K, Aparco J, Fajardo J, Montes I**, 2014: Evaluación del posible impacto de la variabilidad y cambio climático en el nivel del mar en la costa de Lima. *Informe Técnico IGP*.
- **IGP**, 2015: Línea Base de la Región Tumbes y Análisis de la vulnerabilidad actual y futura ante la variabilidad y el cambio climático de la región Tumbes, en cuanto a los sectores: Agrícola, acuícola, infraestructura y vida humana, y turismo. *Estudio de Vulnerabilidad Presente y Futura ante el CC en la Región Tumbes (PNUD/TACC)*
- **IGP**, 2015: Análisis de la vulnerabilidad actual ante la variabilidad y el cambio climático de la región Tumbes. *Estudio de Vulnerabilidad Presente y Futura ante el CC en la Región Tumbes (PNUD/TACC)* (previsto 2015)
- **IGP**, 2015: Análisis de la vulnerabilidad futura ante el cambio climático de la región Tumbes. *Estudio de Vulnerabilidad Presente y Futura ante el CC en la Región Tumbes (PNUD/TACC)* (previsto 2015)

9.3.3 Otras publicaciones

- **Fajardo, J. , Mosquera, K. y K. Takahashi** , 2014: Los impactos de la marea y la onda Kelvin en los manglares de Tumbes. *Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, Instituto Geofísico del Perú, 1, 9, 9-10.
- **Morera, S.**, 2014: Erosión y transporte de sedimentos durante eventos El Niño a lo largo de los Andes occidentales. *Boletín Técnico "Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño"*, Instituto Geofísico del Perú, Julio, 1, 7, 4-7.

9.4 Facilitación de estudios y captación de recursos

El proyecto además ha logrado la facilitación de estudios y captación de recursos para continuar o iniciar trabajos en Tumbes, tanto con recursos financieros nacionales como internacionales. Específicamente:

- Programa Presupuestal por Resultados 0035 “Gestión sostenible de recursos naturales y diversidad biológica” liderado por el Ministerio del Ambiente: La actual Subdirección de Geofísica y Sociedad recibió financiamiento para la ejecución de un estudio de servicios ecosistémicos de los manglares de Tumbes. Este programa ha permitido ahondar en el trabajo de la parte socioeconómica del Proyecto Manglares IGP, y a partir del año 2015 permitirá que trabajos similares se realicen en otras ANP de costa, específicamente el Coto de Caza El Angolo.
- Proyecto “Enfoque Territorial al Cambio Climático” (PNUD-TACC, enero-agosto 2015; <http://www.tacc.org.pe/>): Solicitó al IGP (Subdirecciones de Geofísica y Sociedad, y de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera) encargarse del “*Estudio de Vulnerabilidad Presente y Futura ante el CC en la Región Tumbes*”, aprovechando los resultados y experiencia del Proyecto Manglares IGP. Este estudio amplía la zona de trabajo del proyecto al todo el departamento de Tumbes, con énfasis en los sectores agrícola, acuícola, infraestructura y vida humana, y turismo.
- El Proyecto Manglares IGP buscó la asociación con el Proyecto Fragata (<http://avesfragatasperu.com/>) del Dr. Carlos Zavalaga, lo cual permitió complementar el enfoque del presente proyecto con información sobre las aves fragatas.
- El proyecto Manglares IGP apoyó para que Camila Florez, politóloga que estudiaba una maestría en gobernanza ambiental en la universidad de Freiburg en Alemania, desarrolle su tesis sobre gobernanza en el SNLMT, complementando los estudios socio-económicos del proyecto.
- El proyecto Manglares IGP apoyó a Gustavo Castellanos, entonces estudiante de doctorado en la Universidad de Bremen y el centro de ecología marina tropical ZMT en Bremen, Alemania, para incluir al SNLMT en el ámbito de su proyecto de doctorado, el cual se enfocaba en los peces en los manglares. Esto permitió incluir este recurso hidrobiológico en el proyecto.

9.5 Difusión

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron varias actividades de difusión, incluyendo:

- Página web del proyecto (<https://sites.google.com/site/manglaresigp/>) en la cual se reportaban las actividades del proyecto y algunos resultados.

- Facebook (<https://www.facebook.com/proyectomanglares>), reportando novedades e información de interés.
- Brochure describiendo en forma resumida el proyecto (http://www.met.igp.gob.pe/proyectos/manglares/diptico_manglares.pdf)
- Notas de prensa del IGP sobre actividades relacionadas con el proyecto (http://www.met.igp.gob.pe/proyectos/manglares/notas_prensa.pdf)
- Conferencias: Entre estas destaca el III Encuentro de Investigación Ambiental (2014) en Piura, organizado por el Ministerio del Ambiente, en el que una sesión completa estuvo dedicada al Proyecto Manglares IGP (<https://www.youtube.com/watch?v=GA40hIvfAs0>). Similarmente, en el IV Congreso de Ciencias del Mar (CONCIMAR, 2014) en Lima se hicieron 17 presentaciones sobre el proyecto.
- Actualmente, se están preparando dos videos sobre el desarrollo del proyecto, con énfasis en la extracción.

9.6 Base de datos y biblioteca digital

El repositorio definitivo de la información generada por el proyecto se alojará en la web del IGP (<http://www.igp.gob.pe>). El portal del proyecto se encuentra en:

<http://www.met.igp.gob.pe/proyectos/manglares>

A través de esta página se puede acceder a todas las publicaciones (considerando los derechos de copyright), datos y material de difusión generadas por el proyecto. El inventario de los datos del proyecto disponibles se mantendrá actualizado en:

http://www.met.igp.gob.pe/proyectos/manglares/Inventario_Data_Manglares.xlsx

10. Lecciones aprendidas

Este proyecto cumplió con el objetivo general de “Fortalecer la capacidad de adaptación a la variabilidad y cambio climático en el ecosistema de manglares de Tumbes”, proporcionando una base científica sobre la relación entre el clima y el ecosistema de manglares, con énfasis en los recursos hidrobiológicos y su relación con la población. Además, será una referencia sobre los posibles efectos del cambio climático futuro en este ecosistema, así como sobre las posibles propuestas de medidas de adaptación, que puede servir a la población de Tumbes y autoridades de la región para la toma de decisiones, la gestión del ecosistema y la implementación de políticas.

Aún con este avance, los estudios científicos enfocados en los procesos climáticos y el ecosistema son necesariamente incompletos. El vacío de conocimiento aún existe, y de hecho se han abierto nuevas interrogantes, con las que – sin embargo-, se podrá orientar de mejor manera donde es importante profundizar en los próximos estudios.

Fortalecimiento de capacidades locales

Se lograron fortalecer las capacidades locales para la investigación involucrando a estudiantes de tesis de la Universidad Nacional de Tumbes y la Universidad Nacional de Piura en la ejecución de los estudios. Esto permitió que los investigadores en Lima pudieran colaborar con los estudiantes y sus asesores. También fue valioso trabajar con estudiantes de Lima, ya que el trabajo multidisciplinario los expuso a otros puntos de vista y formas de trabajar.

Una lección que nos dejó este proyecto fue la necesidad de trabajar las tesis no solamente con los estudiantes, pero también con los asesores de tesis de cada uno de ellos. Muchos de los temas y sus metodologías de análisis eran poco conocidos o desconocidos en absoluto por los asesores de las universidades, por lo que lograr su apoyo para el asesoramiento de un tema que no conocían fue –en muchos casos-, un desafío en sí mismo.

Una lección aprendida adicional fue la de identificar desde las primeras etapas de las investigaciones, los requisitos específicos que cada una de las facultades exige a sus alumnos para la exitosa sustentación de la tesis. En varias de las universidades, las exigencias y trabas son tantas que han sido un obstáculo para la sustentación de varios de los trabajos ya culminados.

Incorporación de especialistas

El desarrollo del proyecto tuvo la ventaja de incorporar los aportes de personas directamente relacionadas con el manglar. Si bien el grupo de investigadores

que lideraron los diferentes estudios son especialistas en sus temas, ninguno era experto en manglares, lo cual es justamente una de las grandes falencias en nuestro país. Esta interacción fue crucial para identificar los problemas importantes y en algunos casos reorientar los estudios, y una vez más, el contar con un proyecto “abierto” que permitiera la incorporación de temas e investigadores a lo largo de los tres años de duración de las investigaciones fue decisivo para el buen término de los trabajos.

Trabajo interinstitucional

Este punto de lecciones aprendidas tuvo dos caras. Por un lado, el trabajo con el SERNANP en general y con el ANP Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes en particular fue sumamente satisfactorio, a pesar de que era la primera vez que se trabajaba en forma coordinada. El contar con objetivos comunes (generación de información técnico científica para su uso en la gestión), aún a pesar de tener tan diferentes objetivos puntuales de trabajo, fue un enorme punto a favor.

La inexistencia de celos profesionales – justamente por la diferente naturaleza de nuestras instituciones -, permitió un trabajo fluido, donde la cooperación y resolución de problemas en forma conjunta brindó durante los tres años del proyecto un ambiente de confianza y apoyo. Esto a pesar de que durante ese periodo de tiempo se sucedieron cambios en la jefatura del SNLMT tres diferentes jefes, que sin embargo tuvieron la misma visión de trabajo.

Sin embargo, no siempre es sencilla la colaboración con otras instituciones nacionales, aún cuando los investigadores mismos están abiertos a hacerlo, ya sea por razones de procedimientos o quizás por posibles celos entre las instituciones. En este caso es mejor buscar formalizar la colaboración mediante convenios, especificando lo mejor posible los roles y responsabilidades. Esto, por otro lado, no es inmediato y es necesario encontrar la forma de conseguir apoyo y voluntad de las autoridades de las instituciones.

Trabajo con personal técnico

Si bien durante todo el desarrollo del proyecto se buscó la excelencia en términos de capacidades profesionales, con la identificación de profesionales de amplio bagaje científico que pudieran sumar su experiencia al proyecto, la riqueza del trabajo con personal técnico, específicamente los guardaparques del SNLMT, fue una lección aprendida en el camino.

Los guardaparques y su amplia experiencia en campo fue valiosísima para el proyecto, que ellos brindaron sin egoísmo. Además cumplieron un rol adicional de protectores con los tesisistas del proyecto que trabajaron en campo: guiándolos y cuidándolos por los intrincados senderos del manglar. Su apoyo y dedicación más allá del deber siempre será una deuda que tenemos con ellos.