



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú - IGP



Programa Presupuestal por Resultados 035: Gestión Sostenible de
Recursos Naturales y Diversidad Biológica

Gestión sostenible de recursos naturales en el ecosistema de manglares de Tumbes: Análisis del territorio y diagnóstico socioeconómico





Programa Presupuestal por Resultados Nro. 035: Gestión sostenible de recursos naturales y diversidad biológica.

Producto «Organizaciones cuentan con información sistematizada sobre conservación y aprovechamiento».

Actividad «Generación, administración y difusión del sistema de monitoreo del estado de los recursos naturales y diversidad biológica».

Equipo de trabajo:

Alejandra Martínez
Daniel Flores
Luis Céspedes
Erick Príncipe

Diseño y diagramación:
Dante Guerra

Lima, diciembre de 2014
Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú Nro. 2015-08741

Editado por:

Instituto Geofísico del Perú
Av. Calle Badajoz 169, Mayorazgo, IV Etapa Ate Vitarte.

Foto carátula: Pescador en el manglar de Tumbes. Crédito: Luis Céspedes.

Impreso en:
Editorial Súper Gráfica E.I.R.L.

Contenido

- 4 Agradecimiento
- 6 Introducción
- 8 Análisis del territorio de la cobertura manglar
Erick Príncipe y Luis Céspedes
- 21 Diagnóstico socioeconómico del área protegida y su zona de amortiguamiento
Luis Céspedes, Daniel Flores y Alejandra Martínez
- 32 Anexos

Agradecimiento

El Instituto Geofísico del Perú agradece el apoyo brindado por numerosas instituciones y personas para el desarrollo de este primer volumen, incluyendo a los ingenieros Alder Feijoo y Roxana Prado quienes apoyaron en el recojo de información socioeconómica.

Al personal de la Jefatura del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SERNANP), quienes brindaron las facilidades logísticas y aportaron su amplio conocimiento de la zona de trabajo: Ing. Martín Marigorda (Jefe del SNLMT), Ing. Rosa García (Especialista SNLMT), Srta. Jane Atoche Atocha (Secretaria del SNLMT), y los guardaparques Sr. Carlos Ricardi y Sr. Edwin Sócola.

A los señores Artemio Medina, Renelmo Chinín, y Marco Aguayo, quienes brindaron su tiempo y confianza para poder realizar el seguimiento de sus actividades diarias para la preparación de las líneas de tiempo.



Foto : Avistamiento de aves en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes.
Crédito: Luis Céspedes.

Introducción

El Programa Presupuestal por Resultados (PPR) es una estrategia de gestión pública que vincula la asignación de recursos a productos y resultados medibles a favor de la población, y se viene implementando progresivamente a través de los programas presupuestales, las acciones de seguimiento del desempeño sobre la base de indicadores, las evaluaciones y los incentivos a la gestión, entre otros instrumentos que determina el Ministerio de Economía y Finanzas a través de la Dirección General de Presupuesto Público, en colaboración con otras entidades del Estado.

El PPR 035 «Gestión sostenible de recursos naturales y diversidad biológica» viene generando productos vinculados con el monitoreo, generación de información y difusión de conocimiento sobre el estado de los recursos naturales y la diversidad biológica en el país. En este contexto, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) tuvo a su cargo la generación de información sobre el ambiente geofísico en el ecosistema manglar del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT), tarea que se inició en enero de 2013 y concluyó en diciembre 2014, y que tiene como objetivo el contar con elementos de juicio para desarrollar una gestión sostenible de los recursos naturales en dicho ecosistema.

En este primer volumen del Segundo Informe Técnico Especial «Gestión Sostenible de Recursos Naturales en el Ecosistema manglares de Tumbes»¹ se incluye tanto el análisis del territorio del ecosistema manglar, como el diagnóstico socioeconómico de las actividades que se desarrollan tanto en el área protegida del SNLMT como en su zona de amortiguamiento. Mientras que el segundo volumen contiene el análisis de vulnerabilidad climática y un análisis sobre las diferentes formas de valoración de los recursos, además de la sección de discusión y lecciones aprendidas.

Para el desarrollo de los temas presentados en este Informe Técnico Especial se contó con el apoyo del proyecto «Impacto de la variabilidad y el cambio climático en el ecosistema manglares de Tumbes, Perú» (<http://www.met.igp.gob.pe/proyectos/manglares/>), que con financiamiento del IDR de Canadá (www.idrc.ca), permitió realizar el análisis de vulnerabilidad de una de las poblaciones más sensibles a cambios en el clima: los extractores artesanales de conchas negras y cangrejos rojos del manglar.

Asimismo, el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Sernanp), la Jefatura del SNLMT, y la Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural (DGEVFPN) del Ministerio del Ambiente (Minam) brindaron continuo apoyo en el desarrollo de este trabajo

¹El Primer Informe Técnico Especial tuvo por título «Identificación de servicios ecosistémicos en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes» (Flores, et al., 2013).





ANÁLISIS DEL TERRITORIO DE LA COBERTURA MANGLAR

Erick Príncipe¹ y Luis Céspedes^{1,2}

Spalding et al. (2011) sostienen que a nivel mundial existe 152 361 km² de cobertura de bosque manglar y en América del Sur, 23 882 km²; y a nivel mundial casi la mitad de la zona de cobertura de la tierra total de los manglares se ha agotado en los últimos 50 años (Curran, 2002). Aunque son varios los factores que han llevado a la destrucción de manglares, las transformaciones más notables de los manglares en el mundo se han producido por haber sido convertidos en espacios urbanos e industriales, en estanques de acuicultura y en terrenos agrícolas (Valiela, et al., 2001; Spalding, et al., 2011; Van, et al., 2012).

Perú no escapa de dicha realidad, donde el principal proceso de transformación que ocurre en los manglares ubicados en la zona costera de Tumbes, ha sido la destrucción de su hábitat natural a consecuencia del desarrollo de la agricultura y acuicultura que se viene realizando desde la década de los años 60 (Mialhe et al., 2013; Inrena, 2007; ONERN, 1992; CDC-UNALM, 1991; Twilley et al., 1999; Céspedes y Príncipe, 2015); también la ocurrencia de eventos extraordinarios como El Niño 1982-83 y El Niño 1997-98 han provocado lluvias intensas, desbordes de los ríos, y cambios en la temperatura del aire que han afectado de gran manera el ecosistema.

Todos estos elementos han ocasionado cambios en el uso del suelo, generando la pérdida de la cobertura vegetal del bosque manglar y la degradación del ecosistema frente a las actividades antrópicas (Páez-Osuna, 2001; Mialhe, et. al, 2013; Inrena, 2007; Céspedes, 2014) y eventos de interacción atmósfera-hidrosfera mencionados. Por ello surge la importancia de analizar el cambio físico del bosque manglar, que además es de gran valía por todos los servicios ecosistémicos que ofrece: acogen diversas especies de aves migratorias y permanentes, son fuente de recursos hidrobiológicos (*Anadara tuberculosa*, *Anadara similis*, *Anadara grandis*, *Chione subrugosa*, *Mytella guyanensis*, *Ucides occidentales*) la cual permite el desarrollo de actividades de extracción realizada por extractores artesanales como principal fuente de trabajo, brinda el espacio para el desarrollo de actividades turísticas y de recreación, es un elemento de protección ante la ocurrencia de tsunamis, entre otros.

¹ Instituto Geofísico del Perú - IGP

² Universidad Nacional Agraria La Molina - UNALM

UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT) se localiza en la provincia y distrito de Zarumilla del departamento de Tumbes (Figura 1). Geográficamente se ubica en la intercuenca de los ríos Tumbes y Zarumilla, entre los paralelos 3°24' y 3°27' de latitud sur y entre los meridianos 80°13' y 80°19' de longitud oeste (sistema de coordenadas WGS 84).

CAMBIO DE USO DE LA TIERRA EN EL SNLMT Y SU ZONA DE AMORTIGUAMIENTO

Van et al. (2012) refieren que los incrementos en la intensidad y frecuencia de tormentas y el incremento en los patrones de precipitación son algunos de los parámetros físicos que generarían potenciales impactos sobre los ecosistemas manglares ante el cambio climático. Por su parte el departamento de Tumbes está expuesto a diferentes eventos climáticos, siendo altamente susceptible a la ocurrencia de eventos El Niño, como los de 1982-83 y 1997-98.

En esta sección se buscó identificar la incidencia de los efectos antrópicos y naturales sobre el área de cobertura del bosque manglar teniendo en cuenta la ocurrencia de los dos eventos El Niño extraordinarios mencionados líneas arriba, basados en que ONERN (1992) y CDC-UNALM (1991) señalan que el efecto negativo de la ocurrencia de un evento El Niño se produce cuando a causa de las fuertes lluvias los cursos de agua continental inundan por varios meses las superficies del bosque manglar. A causa de estos ingresos de agua dulce y sedimentos se colmatan los esteros, ocasionando un aislamiento de la influencia de agua proveniente del mar, lo que provocaría un desequilibrio en el ecosistema manglar.

Cobertura vegetal del SNLMT

El mapeo de la cobertura vegetal del SNLMT se obtuvo a través de técnicas de teledetección (Anexo 1), procesando imágenes satelitales del tipo Landsat TM y OLI, de los años 1985 y 2014 (Figura 2), respectivamente. Dichas imágenes se descargaron y calibraron para realizar una clasificación supervisada mediante el algoritmo de máxima probabilidad (AMP), posteriormente se validaron en campo y se realizó una evaluación visual de los resultados, para finalmente conseguir el mapa de cobertura con un resultado aceptable con presencia de errores puntuales que el algoritmo no puede superar. En las coberturas vegetales de ambos años se identificaron tres clases de mangle (denominados tipo I, II y III), vegetación de bosque seco, vegetación halófila, cuerpos de agua (los esteros), arena y lodo, los cuales se describen en el Cuadro 1.

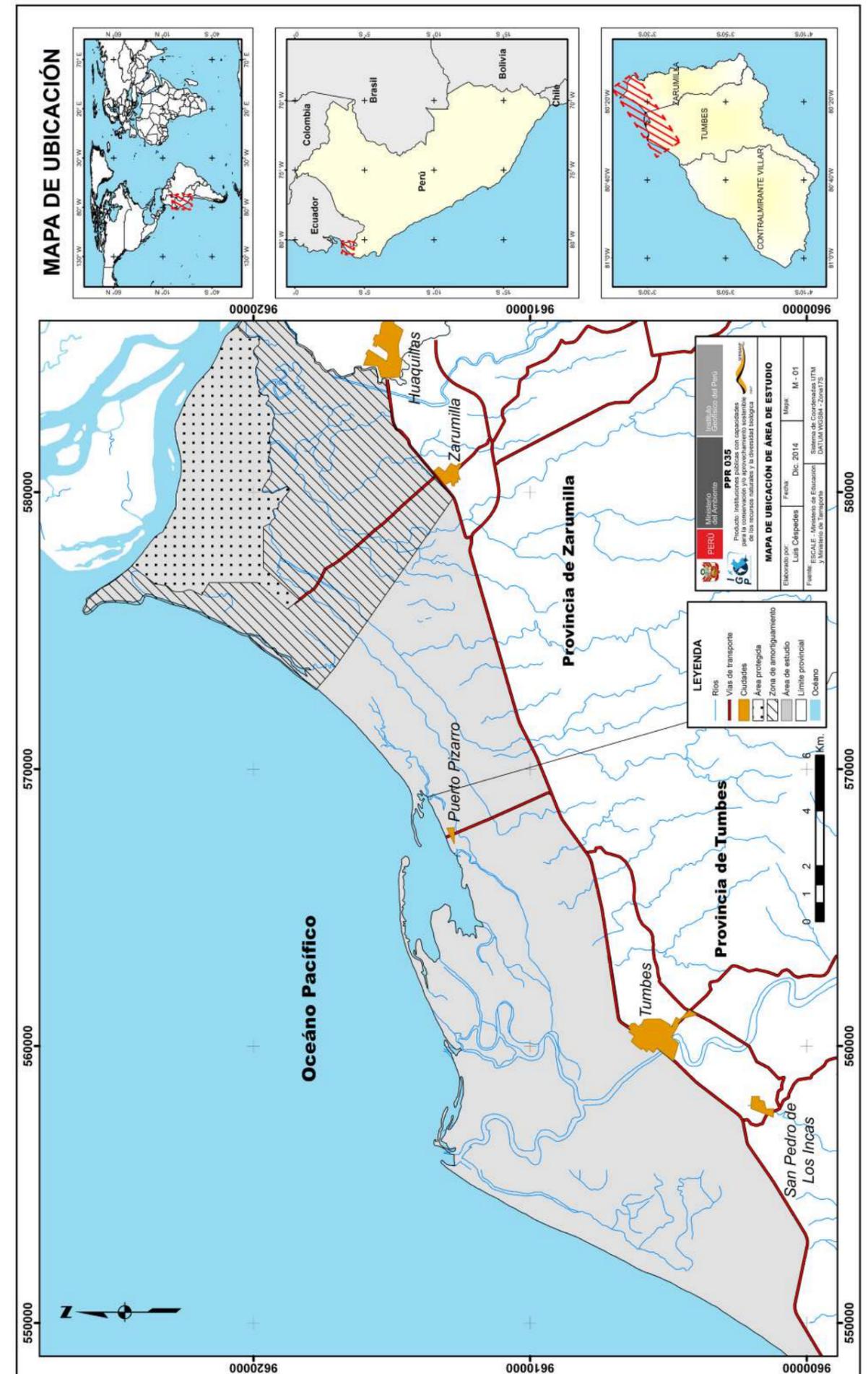


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

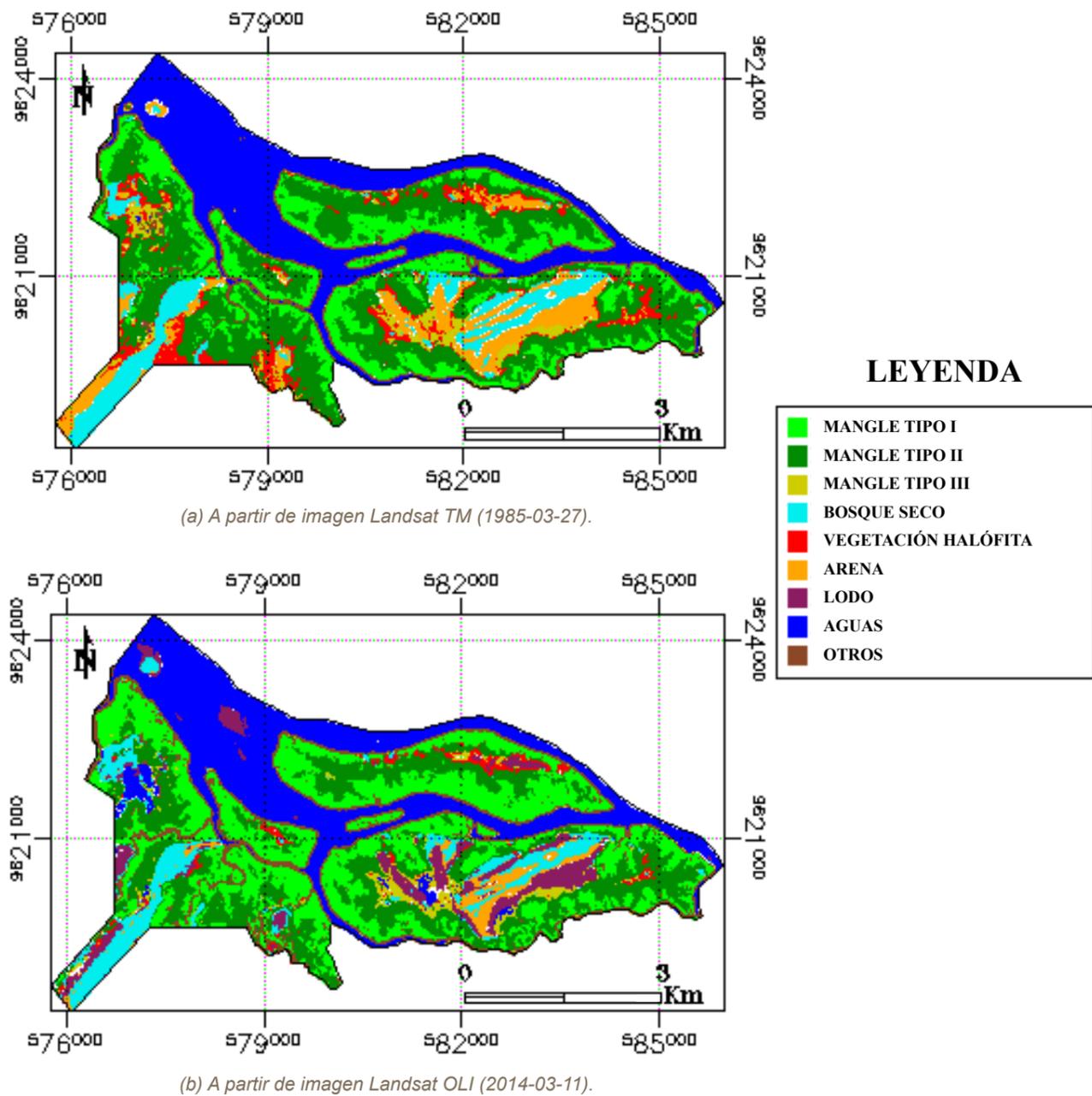


Figura 2. Cobertura vegetal del SNLMT para los años 1985 y 2014.

Cuadro 1. Descripción de la cobertura vegetal del SNLMT

NOMBRE DE LA CLASE	DESCRIPCIÓN
Mangle tipo I	Zonas donde se evidencia la existencia del manglar con mayor vigor y altura. Estos manglares se encuentran en la orilla y contiguos a los esteros. Se observa la predominancia de la especie denominada mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>).
Mangle tipo II	Comprende a los manglares del tipo mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>), pero de menor altura en comparación con los manglares del tipo I.
Mangle tipo III	Clase correspondiente a la especie de mangle salado (<i>Avicenia germinans</i>). Este tipo de manglar se encuentra en zonas donde hay poca inundación de agua salobre y altas concentraciones de sal.
Bosque seco	Clase conformado por matorrales ralos, vegetación de poca vigorosidad o baja densidad vegetal.
Vegetación halófit	Clase conformada por <i>Salicornia fruticosa</i> , <i>Sessuvion portolacastrum</i> y <i>Batis marítima</i> .
Arena	Clase comprendida por el suelo sin ninguna cobertura ya sea vegetal o de agua. Las superficies de esta unidad son suelos con altas concentraciones de sal.
Lodo	Clase comprendida por las arenas de fango que se descubren en marea baja. En estas zonas se evidencia la presencia de raíces de mangle.
Agua	Comprende a los cuerpos de agua salobre que ingresan hacia los esteros.
Otros	Comprende aquellas ramas de mangle rojo (clase mangle tipo I) que se encuentran en las orillas de los esteros. La inclinación de estas ramas hacia los esteros hace posible el ingreso de luz hacia los cuerpos de agua, que se evidencia en las firmas espectrales debido a que hay una influencia de la reflectancia del agua.

Elaboración propia.



Foto: Vista de Chorlo de pico grueso (*Charadrius wilsonia*), Cigüeñuela de cuello negro (*Himantopus mexicanus*) y Flamenco chileno (*Phoenicopterus chilensis*) en el SNLMT.
Crédito: Luis Céspedes.

Los mapas de la Figura 2 tienen un análisis de confiabilidad de representación con el terreno de 98.77% para el año 1985 y del 96.59% para el 2014. En tanto, las áreas estimadas de uso de la tierra del SNLMT se aprecian en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Extensión de la vegetación del SNLMT

CLASE	1985		2014	
	ha	%	ha	%
Mangle tipo I	545.49	18.47	828.45	28.30
Mangle tipo II	886.95	30.03	632.88	21.62
Mangle tipo III	106.20	3.60	78.12	2.67
Bosque seco	209.97	7.11	201.15	6.87
Vegetación halófila	168.57	5.71	45.63	1.56
Arena	189.45	6.41	60.48	2.07
Lodo	0.0	0.0	173.61	5.93
Agua	666.18	22.56	689.85	23.57
Otros	180.72	6.12	217.26	6.42
Total	2953.53	100.00	2927.43	100.00

Elaboración propia.

A partir de la Figura 2 y Cuadro 2 se sostiene que la distribución de los tipos de cobertura en 1985 fueron tres coberturas dominantes: mangle tipo I, mangle tipo II y agua, predominando el mangle tipo II. Para el año 2014, la distribución de cobertura se conserva en los mismos tres tipos de cobertura (mangle tipo I, mangle tipo II y agua); sin embargo, la predominancia de cobertura recae sobre la cubierta de mangle tipo I, el cual expandió su territorio. Cabe resaltar que en el año 2014 se presenta la clase lodo que ocupa el 6% del área total, cuya cobertura no se identificó para el año 1985 (Figura 3).

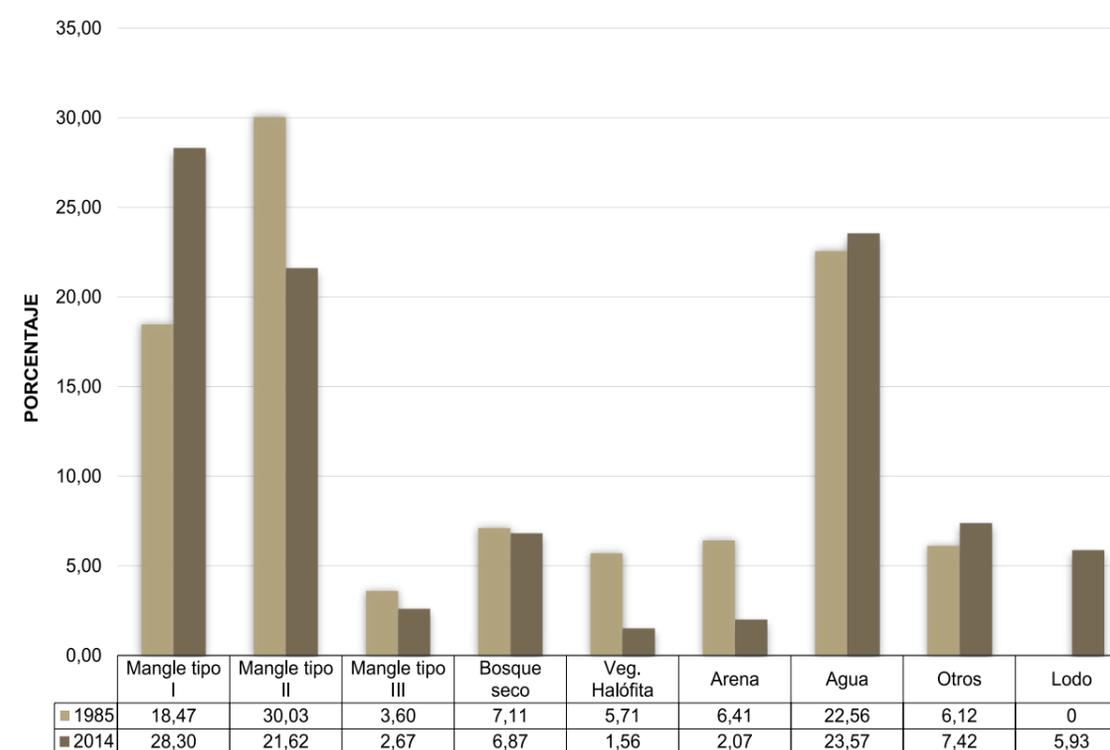


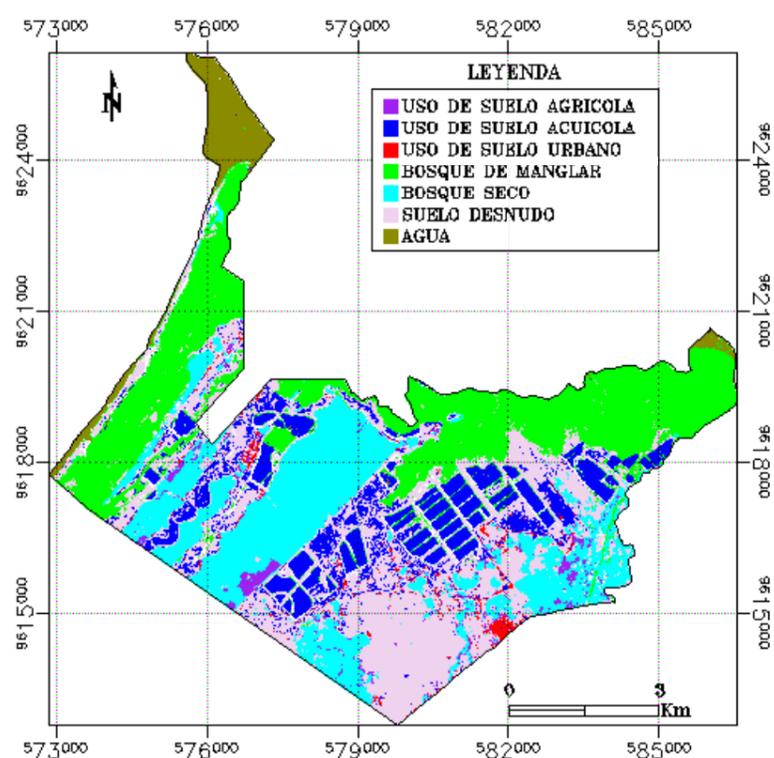
Figura 3. Porcentaje de área de las coberturas de suelo en el SNLMT en los años 1985 y 2014. Elaboración propia.

Cobertura vegetal de la zona de amortiguamiento del SNLMT

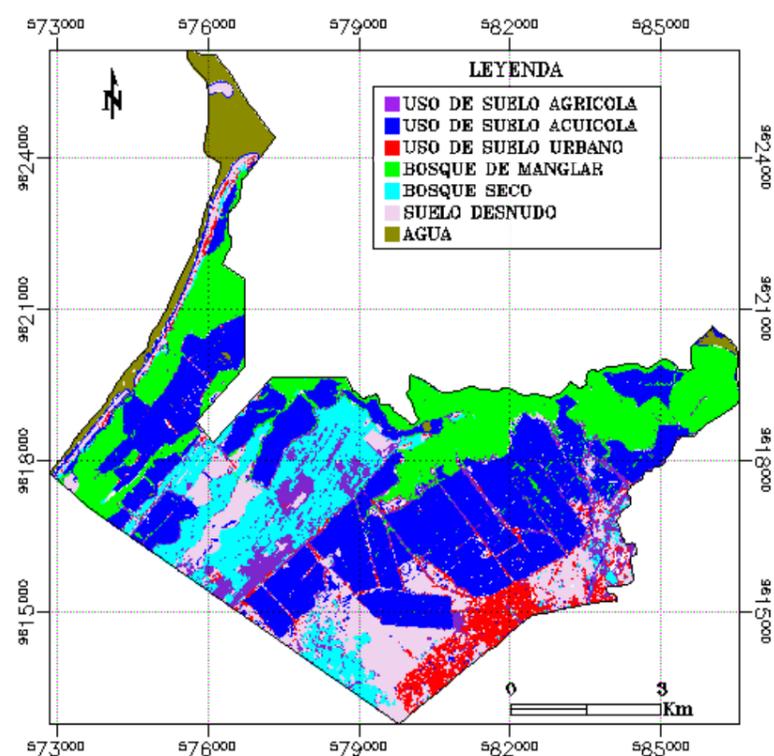
Utilizando las mismas técnicas de teledetección del caso anterior se determinó el uso de la tierra de la ZA del SNLMT para los años 1985 y 2014. Se identificaron los usos de suelo agrícola, acuícola y urbano, bosque manglar, bosque seco, suelo desnudo y agua.



Foto: Vista de flamencos chilenos (Phoenicopterus chilensis) en la isla del SNLMT. Crédito: Luis Céspedes.



(a) Imagen Landsat TM (1985-03-27).



(b) Imagen Landsat OLI (2014-03-11).

Figura 4. Uso de la tierra de la zona de amortiguamiento del SNLMT para los años 1985 y 2014.

Cuadro 3. Descripción del uso de la tierra de la zona de amortiguamiento del SNLMT

NOMBRE DE LA CLASE	DESCRIPCIÓN
Uso de suelo agrícola	Zona conformada predominantemente por cultivos de ciruela y en menor cantidad por limón, maracuyá, arroz, guineo, maíz, entre otros.
Uso de suelo acuícola	Clase conformada por áreas de pozas langostineras que se encuentran en actividad o están inactivas. Las pozas inactivas comprenden suelos secos o húmedos que han tenido periodos de uso.
Uso de suelo urbano	Clase conformada por los espacios donde la población de la ciudad de Zarumilla se encuentra asentada. En la imagen de 1985 se observa escasa zona urbana, sin embargo, en la imagen del 2014 se aprecia una expansión significativa.
Bosque manglar	Son espacios donde se evidencia la existencia de bosque manglar. Comprende la especie predominante de <i>Rhizophora mangle</i> (mangle rojo).
Bosque seco	Conformado por matorrales ralos, vegetación de poca vigorosidad o baja densidad vegetal.
Suelo desnudo	Conformado por suelos que no poseen ningún tipo de cobertura (vegetal o no), o cuando la cubierta vegetal está conformada por áreas de pastizales secos que en su aporte a la firma espectral no es significativa para esta clase. Además, en algunas zonas comprende suelos con altas concentraciones de sales.
Agua	Clase conformada por los cuerpos de agua salobre que ingresan hacia los esteros.

Elaboración propia.

Los mapas de la Figura 4 tienen un análisis de confiabilidad de representación con el terreno de 78% para el año 1985 y del 86% para el 2014. En tanto, las áreas estimadas de uso de la tierra del SNLMT se aprecian en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Extensión del uso de suelo y vegetación de la zona de amortiguamiento del SNLMT

CLASE	1985		2014	
	ha	%	ha	%
Uso agrícola	116.37	1.93	498.45	8.12
Uso acuícola	835.29	13.89	2223.27	36.17
Uso urbano	77.49	1.29	325.08	5.29
Bosque manglar	1719.99	28.60	1247.76	20.30
Bosque seco	1353.15	22.50	739.26	12.03
Suelo desnudo	1645.83	27.37	824.31	13.41
Agua	266.13	4.42	288.54	4.69
Total	6014.25	100.00	6146.82	100.00

Elaboración propia.

Con la información analizada se puede indicar que en la superficie total de la ZA del SNLMT se aprecia un incremento de las áreas de uso agrícola, acuícola y urbano así como una importante reducción de la clase bosque manglar, bosque seco y suelo desnudo. De estos cambios, el más significativo es el de uso acuícola que pasó de 835.29 ha en el año 1985 a 2 223.27 ha para el 2014, seguido de la clase uso de suelo agrícola que pasó de 116.37 ha (1985) a 498.45 ha (2014), y la expansión del uso urbano que pasó de 77.49 ha (1985) a 325.08 ha en el 2014. La representatividad de los porcentajes de cambio de uso de la tierra para la ZA del SNLMT se puede apreciar en la Figura 5.

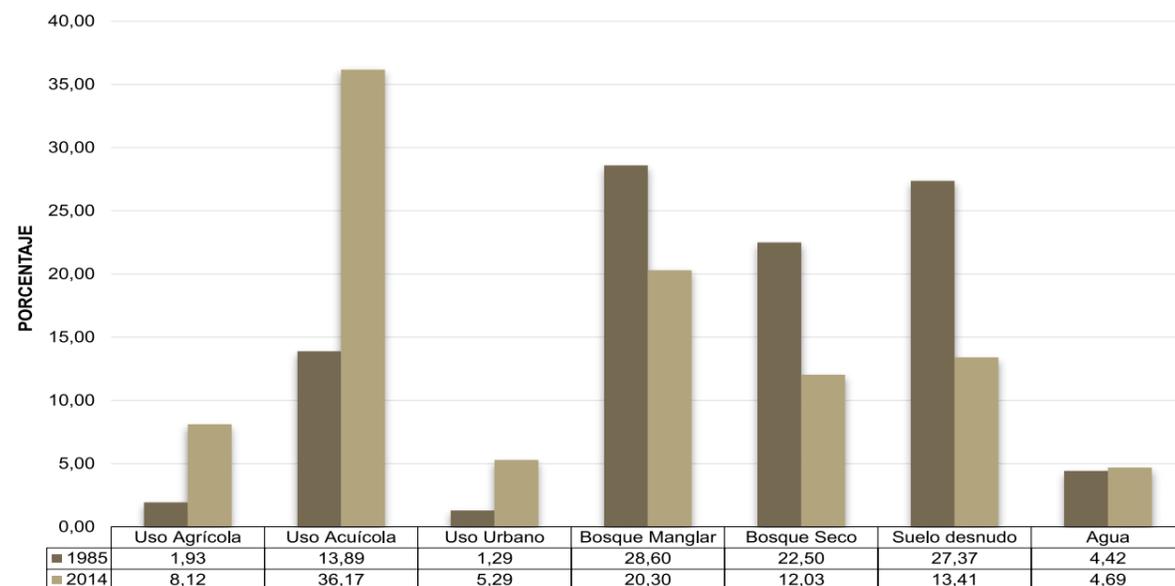


Figura 5. Porcentaje de área de las coberturas de suelo en la ZA del SNLMT en los años 1985 y 2014. Elaboración propia.

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL BOSQUE MANGLAR

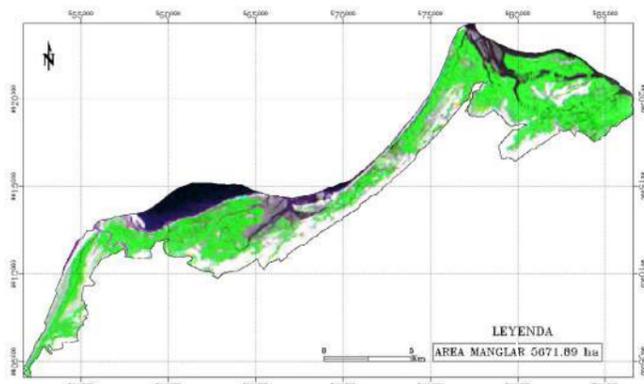
Monitoreo de la extensión del área manglar en la franja costera de Tumbes

En la Figura 6 se muestran las imágenes satelitales del tipo LandSat en falso color de la zona de cobertura del bosque manglar en Tumbes para los años 1977, 1982, 1983, 1984, 1991, 1996, 1998, 2000, 2003, 2008 y 2014, donde se identifica el manglar, matorral, suelo desnudo y cuerpos de agua. Se eligieron dichos años con la finalidad de analizar de forma visual el comportamiento de la cubierta manglar posterior a la ocurrencia de los eventos El Niño 1982-83 y 1997-98.

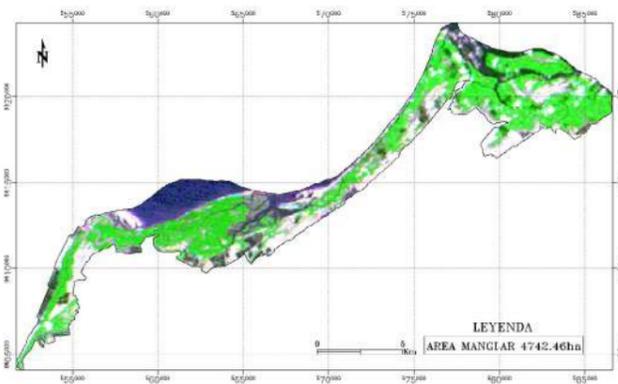
Las combinaciones de bandas aplicadas a las imágenes de la Figura 6 permiten visualizar las diferentes coberturas de suelo de la franja costera de Tumbes: el color verde representa a la cobertura manglar de diferentes especies (se identifica dos especies de manglar a partir de las firmas espectrales analizadas), el color azul oscuro representa la cobertura de agua correspondiente al mar y a las pozas langostineras en imágenes a partir del año 1982.



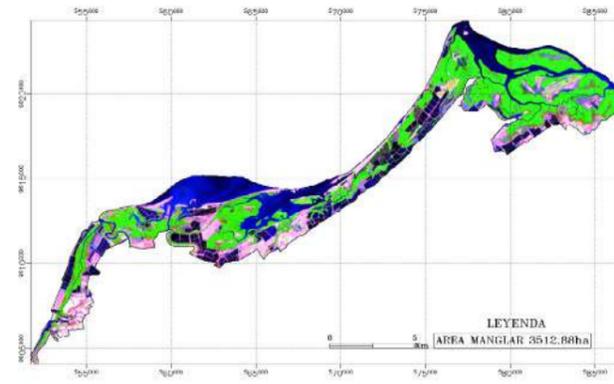
Foto : Neumatóforos de Avicennia germinans. Crédito: Luis Céspedes.



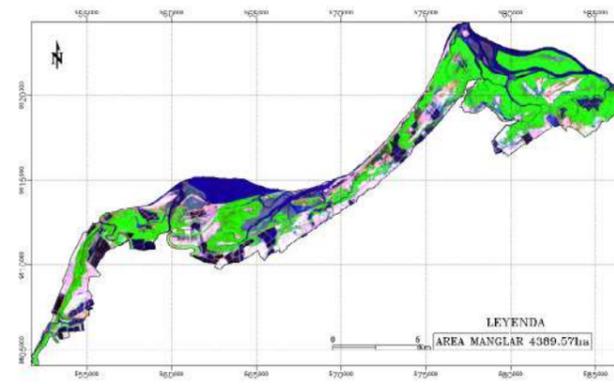
(a) Imagen Landsat MSS2 (1977-05-16), RGB: 564.



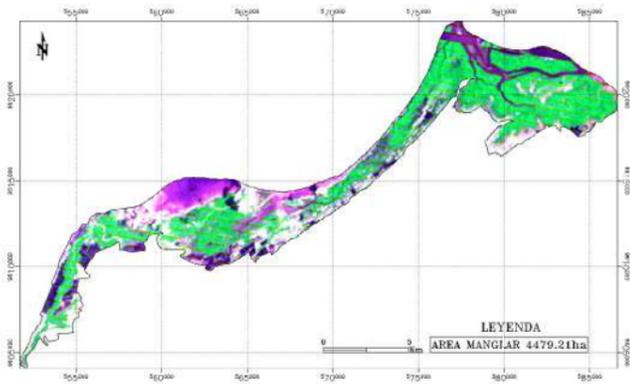
(b) Imagen Landsat MSS2 (1982-01-20), RGB: 564.



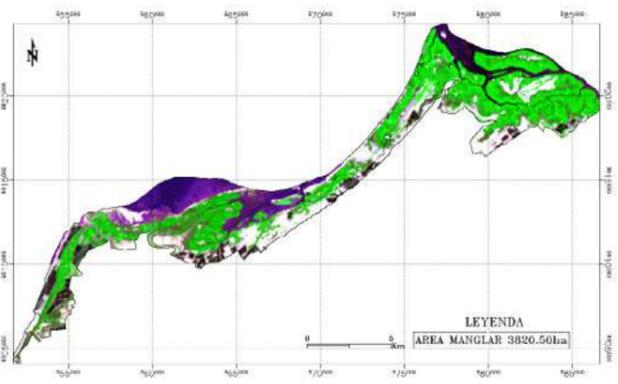
(g) Imagen Landsat TM (1998-06-19), RGB: 742.



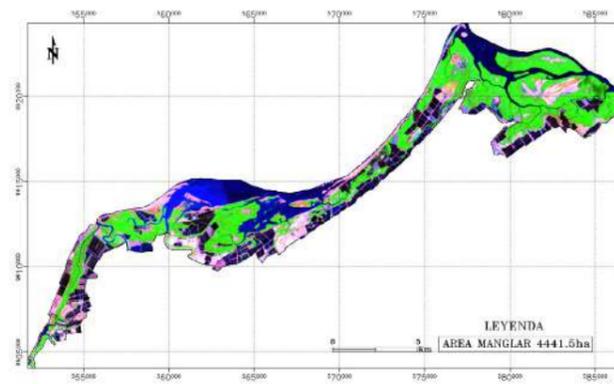
(h) Imagen Landsat ETM+ (2000-11-23), RGB: 742.



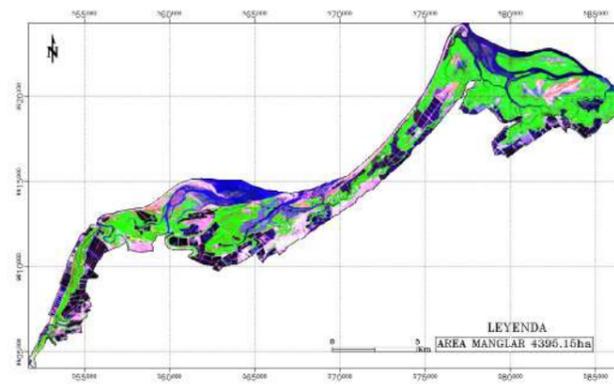
(c) Imagen Landsat MSS3 (1983-02-11), RGB: 564.



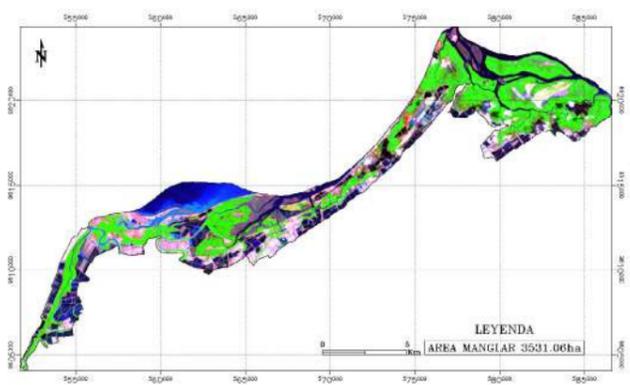
(d) Imagen Landsat MSS4 (1984-01-12), RGB: 231.



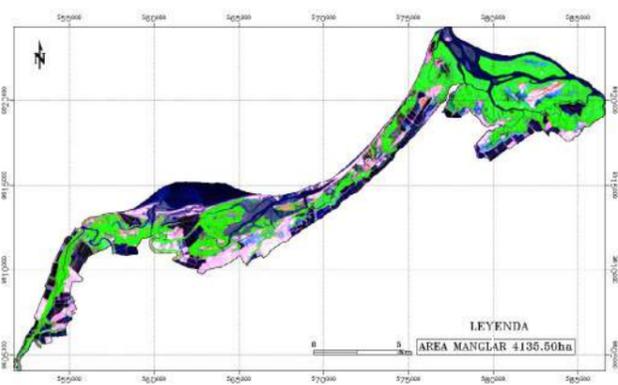
(i) Imagen Landsat ETM+ (2003-05-08), RGB: 742.



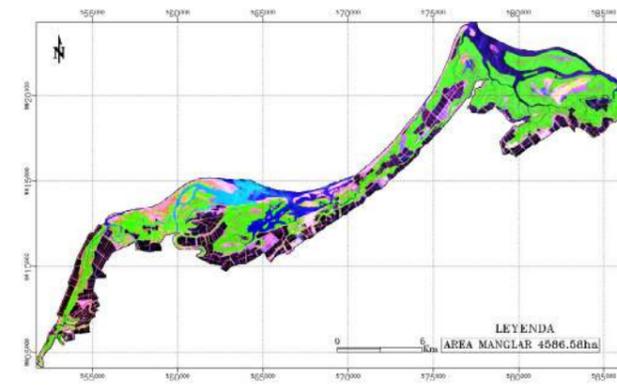
(j) Imagen Landsat ETM+ (2008-11-29), RGB: 742.



(e) Imagen Landsat TM (1991-03-28), RGB: 742.



(f) Imagen Landsat TM (1996-07-31), RGB: 742.



(k) Imagen Landsat OLI (2014-03-11), RGB: 753.

Figura 6. Imágenes a nivel de reflectancia del área manglar de Tumbes 1977-2014.



Foto: Vista del SNLMT.
Crédito: Luis Céspedes.

Área de bosque manglar

Con la finalidad de obtener el área de bosque manglar en Tumbes, de las imágenes presentadas en la Figura 6 se extrajo únicamente la cobertura manglar a partir de la imagen de clases para analizar los cambios ocurridos en cada periodo. Por otra parte, en el Cuadro 5 se reportan las áreas de cobertura manglar en Tumbes, con la finalidad de observar gráficamente (Figura 7) la tendencia de ocupación del área manglar desde el año 1977 hasta el 2014.

Cuadro 5. Áreas de bosque manglar en Tumbes

FECHA DE LA IMAGEN SATELITAL	ÁREA EN HECTÁREAS
16/05/1977	5671.89
20/01/1982	4742.46
11/02/1983	4479.21
12/01/1984	3820.50
28/03/1991	3531.06
31/07/1996	4135.50
19/06/1998	3512.88
23/11/2000	4389.57
08/05/2003	4441.50
29/11/2008	4395.15
11/03/2014	4586.58

Elaboración propia.

La Figura 7 muestra una tendencia decreciente referente al área del bosque manglar desde el año 1977 al 2014, con una disminución del 21.36%. Es importante mencionar que en el periodo comprendido entre los años 1977 al 1984 se identificó un incremento de ocupación del territorio por la actividad acuícola, a través de la construcción de pozas langostineras; también, en dicho periodo se observa una disminución del área de bosque manglar (32.64%) debido a la expansión de la actividad acuícola, y que además podría asociarse a la ocurrencia de El Niño 1982-83, aún cuando no se cuenta con bibliografía que corrobore este último supuesto.

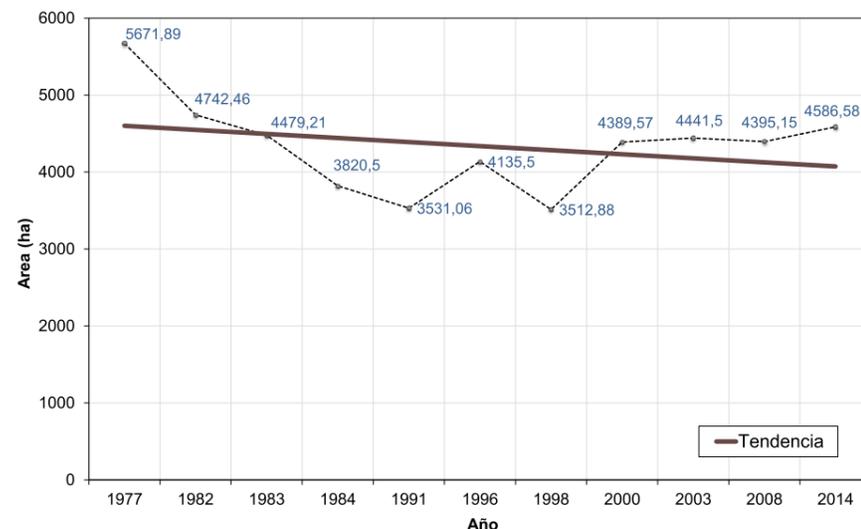


Figura 7. Tendencia de cambio del área de cobertura de bosque manglar en Tumbes para el periodo 1977-2014. Elaboración propia.

Al respecto, el evento El Niño extraordinario de 1982-83 pudo haber ocasionado la pérdida de cobertura de bosque manglar, donde estas áreas perdidas pudieron ser las consecuencia del desborde del río Tumbes; además, el incremento considerable del caudal de los ríos pudo afectar el ecosistema al disminuir la salinidad y aumentar la acumulación de sedimentos en los esteros; y por tanto provocar la pérdida de mangles. Si se analiza la Figura 6, específicamente las imágenes (a), (b), (c) y (d) correspondientes a los años 1977, 1982, 1983 y 1984 respectivamente, se observa la disminución de cobertura manglar. Al comparar estas imágenes con la del año 1991, se aprecia que gran parte de la cobertura manglar no se volvió a recuperar. Entre el año 1982 y 1984 se identificó una disminución de cobertura manglar de 921.96 ha (Cuadro 6).

Sin embargo, después del año 1991 se observa un aumento del bosque manglar en el periodo 1991-1996 de 604.4 ha que representa el 17.12% de cobertura manglar total, para nuevamente disminuir en un 15.06% (622.62 ha) en el año 1998, situación que podría asociarse a las fuertes inundaciones que causó el evento El Niño extraordinario de 1997-98. A partir de 1998, se contempla una tendencia creciente de la cobertura manglar hasta el año 2014.

Análisis de cambios de cobertura manglar

En el Cuadro 6, se muestra la diferencia de áreas para los periodos de 1977-1991, 1991-2000, 2000-2014, 1977-2014, 1982-1984 y 1996-1998; donde el signo negativo indica una disminución y el signo positivo un incremento de área de cobertura manglar.

Cuadro 6. Diferencia de áreas de cobertura de bosque manglar

PERIODO DE CAMBIO	ÁREA
1977-1991	-2140.83ha
1991-2000	+858.51ha
2000-2014	+197.01ha
1977-2014	-1085.31ha
1982-1984	-921.96 ha
1996-1998	-622.62 ha

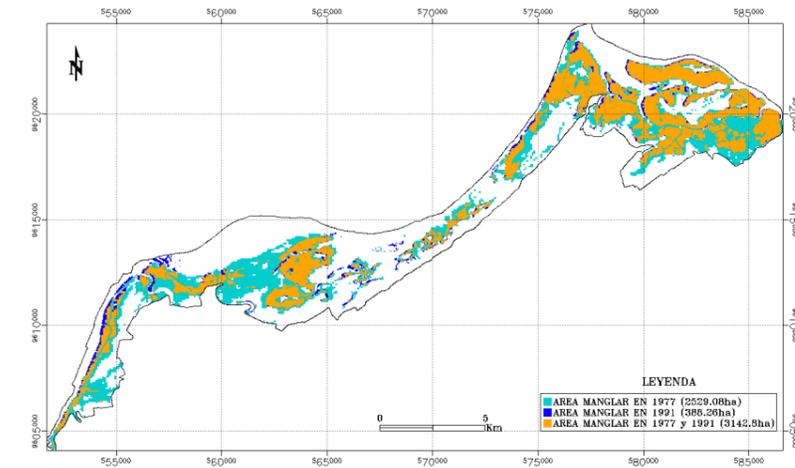
Elaboración propia.

En las imágenes (a), (b), (c), (d), (e), (f) de la Figura 8 se muestra la comparación de cobertura manglar entre dos años, donde el color celeste representa el área del primer año que no coincide con valores de píxeles del segundo año. Del mismo modo el color azul representa el área del segundo año que no coincide con los valores del primer año. Por último, el color anaranjado representa al área manglar donde hay una coincidencia de píxeles para ambos años comparados. La descripción de las imágenes de cambios de cobertura analizadas se observa en el Cuadro 7.

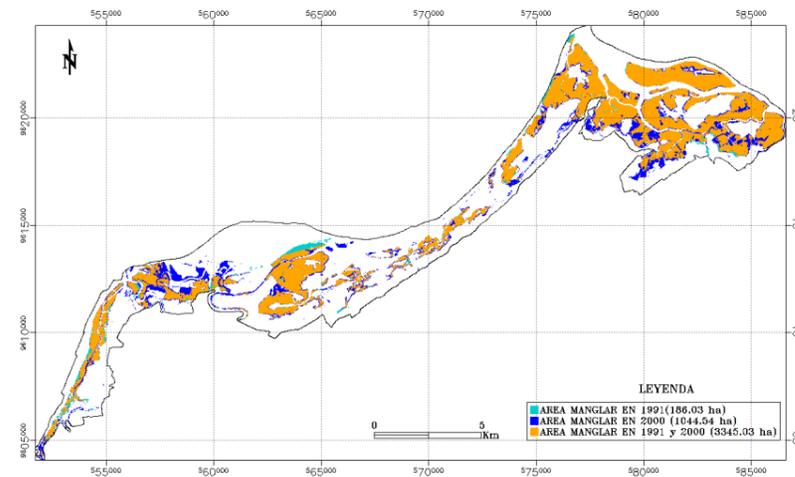
Cuadro 7. Descripción de los periodos de cambio de la cobertura vegetal en Tumbes

NOMBRE DE LA CLASE	DESCRIPCIÓN
1977-1991	Se aprecia una disminución del bosque manglar de 37.74%, correspondiente a -2140.82 ha (área celeste mucho más extensa que la de color azul). Este cambio drástico ocurre a consecuencia de la expansión de las fronteras acuícola y agrícola; además, esta disminución de bosque manglar se asociaría a los efectos de El Niño 1982-1983.
1991-2000	Se aprecia un aumento en el área de bosque manglar de 24.31%, correspondiente a un incremento de la cobertura en +858.51 ha para el año 2000 (área azul es más extensa que la de color celeste), pese a que en el periodo 1996 – 1998 se identifica una disminución del área de cobertura manglar.
2000-2014	En el presente periodo se observa un ligero incremento de cobertura manglar y un cambio notable en la desembocadura del río Tumbes y la zona central.
1982-1984	Entre los años 1982 a 1984 se observa una disminución notable del área manglar probablemente asociada al evento El Niño extraordinario 1982-1983, además de la ganancia de terreno por la actividad acuícola (área celeste es mucho más extensa que la de color azul).
1996-1998	Se observa una disminución de cobertura manglar en 15.06% (-622.62 ha) respecto al año 1996. Este cambio se debería a consecuencia de la actividad acuícola y se podría asociar a los efectos de la ocurrencia de El Niño extraordinario 1997-1998.
1977-2014	Se observa una disminución e incremento de bosque manglar en zonas específicas y cambios significativos en las zonas aledañas a la desembocadura del río Tumbes y algunas zonas del ámbito de la ZA del SNLMT. Tomando en cuenta tanto el aumento como la disminución de áreas de bosque manglar se concluye que como resultado neto existe una pérdida del bosque manglar de 19.13% (-1085.31 ha).

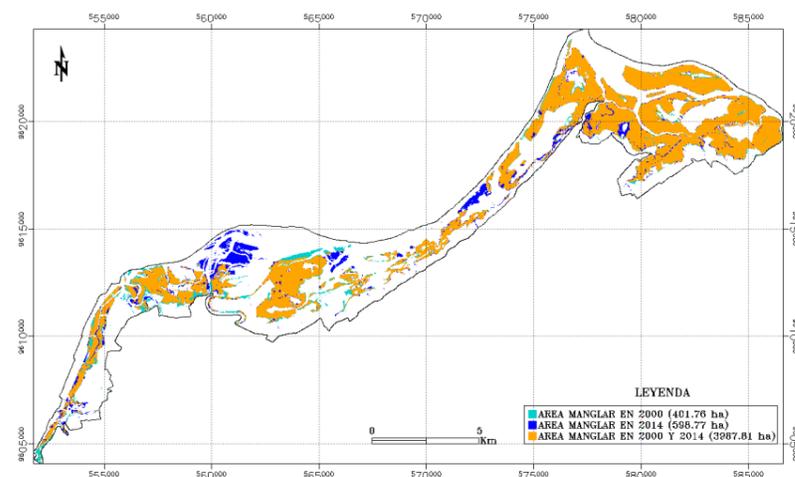
Elaboración propia.



(a) Imagen de cambio del área de bosque manglar en Tumbes para el periodo 1977-1991.



(b) Imagen de cambio del área de bosque manglar en Tumbes para el periodo 1991-2000.



(c) Imagen de cambio del área de bosque manglar en Tumbes para el periodo 2000-2014.

CONCLUSIONES

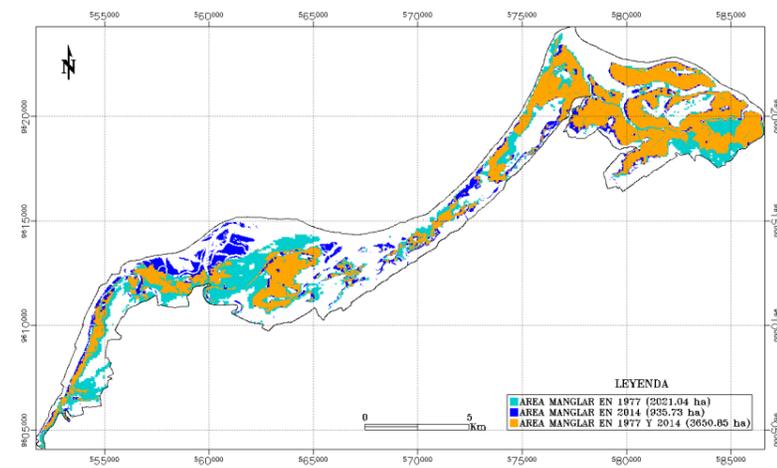
La teledetección es una herramienta de gran utilidad para estimar las variaciones de superficie manglar haciendo posible un análisis cualitativo y cuantitativo de estas. Además, se observó que las imágenes satelitales de la serie LANDSAT son apropiadas para la determinación del uso de la tierra.

En el área protegida del SNLMT, las coberturas vegetales de mangle tipo I (*Rhizophora mangle* de mayor vigor y altura) y tipo II (*Rhizophora mangle* de menor altura) tienen mayor representatividad sobre el resto de coberturas para ambos años (1985 y 2014).

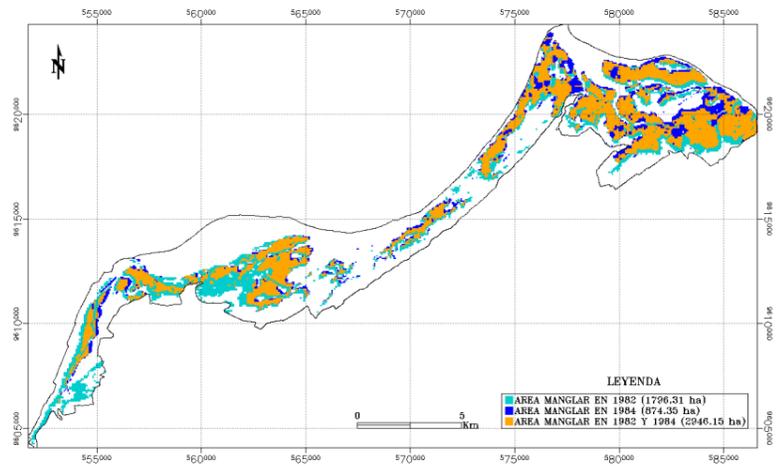
Correspondiente al análisis de uso de la tierra en la zona de amortiguamiento del SNLMT para el periodo 1985-2014, se aprecia un incremento de las áreas agrícola, acuícola y urbana; así como una reducción significativa del bosque manglar. Los cambios más representativos son los producidos por la clase de uso acuícola que pasó de ocupar 835.28 ha (1985) de superficie a 2223.27 ha (2014) y el uso agrícola que pasó de 116.37 ha (1985) a 498.45 ha (2014).

La cobertura de la superficie manglar en la franja costera de Tumbes, para el periodo 1977-2014, presenta una tendencia decreciente con una pérdida de cobertura de 1085.31 ha, evidenciando que el espacio manglar inicial del año de 1977 a la fecha no ha logrado recuperarse. No obstante, para el periodo 1977-1991 se estimó una pérdida de área manglar de 2140.83 ha debido principalmente a la expansión de la frontera acuícola y agrícola, y potencialmente podría asociarse a los efectos de la ocurrencia del evento El Niño 1982-83 ya que se identificaron significativos cambios de uso de la tierra en las zonas inundadas por influencia de los ríos Tumbes y Zarumilla (Figura 8-d). Asimismo, al analizar el periodo 1996-1998, coincidente con el evento El Niño 1997-98 se estimó una pérdida de cobertura manglar de 622.62 ha y en las zonas influenciadas por los ríos Tumbes y Zarumilla se aprecian ligeras pérdidas de cobertura manglar (Figura 8-f).

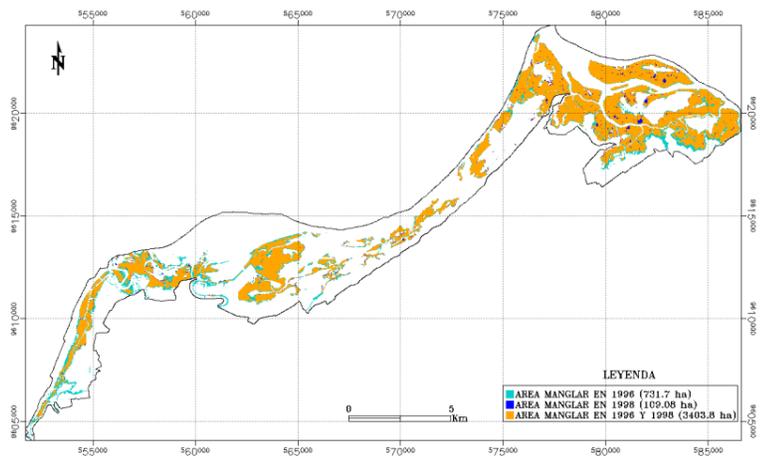
A pesar de la pérdida de área manglar entre 1996 y 1998, a partir del año 1991 hasta el 2014 se observa un aumento significativo de la cobertura del bosque manglar con 1055 ha aproximadamente.



(d) Imagen de cambio del área de bosque manglar en Tumbes para el periodo 1977-2014.



(e) Imagen de cambio del área de bosque manglar en Tumbes para el periodo 1982-1984.



(f) Imagen de cambio del área de bosque manglar en Tumbes para el periodo 1996-1998.

Figura 8. Análisis de cambios de cobertura manglar en Tumbes para diferentes períodos entre 1977-2014.

BIBLIOGRAFÍA²

- Berk, A., Bernstein, L.S., Anderson, G.P., Acharya, P.K., Robertson, D.C., Chetwynd, J.H., and Adler-Golden, S.M., 1998. MODTRAN cloud and multiple scattering upgrades with application to AVIRIS, Remote Sens. Environ., 65:367-375.
- Céspedes, L., 2014. Imágenes satelitales para medir la incidencia de la actividad acuícola de langostinos en el departamento de Tumbes. En Sanchez L., Kruse C., Madrigal S. y Barreno M. (coords.). Aplicaciones de zonificación participativa y ordenamiento territorial en comunidades locales. Trabajos monográficos del diplomado "Ordenamiento territorial para el desarrollo sostenible" ediciones 2012 y 2013-I. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, pp. 56-65.
- Céspedes, L., y Príncipe, E., 2015. Ocupación y uso del territorio en la zona de amortiguamiento del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, Perú. En Proyecto "Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes". Instituto Geofísico del Perú. (En publicación)
- Curran, S., 2002. Migration, social capital and the environment: considering migrant selectivity and network in relation to coastal ecosystems. Popul. Dev., 28, 89–125.
- Cuya, O., 2000. Diseño de criterios para clasificación de los ecosistemas de la zona del manglar de Tumbes mediante interpretación visual de imágenes MSS Landsat y SPOT, Escuela de Post-Grado en Manejo Forestal – UNALM. Lima, Perú.
- CDC – UNALM, 1991. Plan director del Sistema Nacional de Unidades de Conservación (SINUC): una aproximación desde la diversidad biológica. Propuesta del CDC–UNALM. Centro de Datos para la Conservación de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. 153 pág.
- Chander, G., Markham, B., Helder, D., 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. Remote Sensing of Environment 113 893–903.
- García, T. y Francois, J., 2008. Comparación de metodologías para el mapeo de la cobertura y uso de suelo en el suroeste de México, Instituciones geográficas, boletín del instituto de geografía-UNAM, SSN 0188-4611, Núm. 67, 2008, pp. 7-19.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA, 2007. Plan Maestro del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes 2007 - 2011. Perú: Instituto Nacional de Recursos Naturales.
- Lozano, P., Sierra-Correa, P., 2005. Propuesta metodológica para delimitación de bosques de manglar a partir de datos satelitales utilizando SPRING v 4.1, en la reserva de biósfera Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil-INPE. Pág. 4285-4293.
- Markham, B. L., & Barker, J. L., 1986. Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures. Earth Observation Satellite Co., Lanham, MD, Landsat Tech. Note 1.
- Maselli, F., Conese, C., Petkiv, L. and Resti, R., 1992. Inclusion of prior probabilities derived from a nonparametric process into the maximum likelihood classifier. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 58, pp. 201-207.
- Mialhe, F., Gunnell, Y., Mering, C. 2013. The impacts of shrimp farming on land use, employment and migration in Tumbes, northern Peru. Ocean & Coastal Management, 73(0), 1-12. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.12.014>.
- ONERN, 1992. Monitoreo de los cambios en la cobertura y uso de la tierra en el ecosistema manglar de Tumbes.
- Páez-Osuna, F., 2001. The environmental impact of shrimp aquaculture: causes, effects and mitigating alternatives. Environ. Manag. 28 (1), 131e140. Silapathong, C. y Blasco, F., 1992. The application of geographic information systems to mangrove forest management: Khlung, Thailand. Asian Pacific. Rem. Sens. J. 5: 97–104.
- Spalding, M., Kainuma, M., Collins L., 2011. Atlas Mundial de los Manglares. Traducido por Blasco-Takali, F y Blaso, F. ISME: Malasia.
- Twilley, R., Montano, M., Valdivieso, J., y Boderó, A. 1999. The environmental quality of coastal ecosystems in Ecuador: Implications for the development of integrated mangrove and shrimp pond management. Pag. 199-230. En A. Yanez-Arancibia y A. L. Lara-Dominguez (eds.): Ecosistemas de manglar en America Tropical. Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 380pag.
- Valiela, I., Bowen, J. L., y York, J. K. 2001. Mangrove Forests: One of the World's Threatened Major Tropical Environments. BioScience, 51, 807–815. doi: [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0807:MFOOTW\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0807:MFOOTW]2.0.CO;2).
- Van Lavieren, H., Spalding, M., Alongi, D., Kainuma, M., Clüsener-Godt, M., y Adeel, Z., 2012. Securing the Future of Mangroves. A Policy Brief. UNU-INWEH, UNESCO-MAB with ISME, ITTO, FAO, UNEP-WCMC and TNC.

²Incluye las referencias bibliográficas del Anexo 1.



Foto: Extractor de cangrejos del SNMLT.
Crédito: Daniel Flores.

DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO DEL ÁREA PROTEGIDA Y SU ZONA DE AMORTIGUAMIENTO

Luis Céspedes^{1,2}, Daniel Flores¹ y Alejandra Martínez¹

Las actividades económicas que se desarrollan en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT) incluyen la extracción de los recursos hidrobiológicos y prestación de servicios turísticos, mientras que en la zona de amortiguamiento del Santuario se desarrolla tanto la actividad langostinera como la agricultura, y donde además se asientan algunos centros poblados (Flores, et al., 2013). Adicionalmente, el manglar se vería influenciado por las actividades que se desarrollan al otro lado de la frontera en Ecuador como sería el vertimiento de residuos y efluentes; así como por las grandes obras de ingeniería que potencialmente se podrían construir en zonas medias y altas de la cuenca Zarumilla. En la Figura 9 se muestran en forma esquematizada estas actividades.

Los principales actores directos en el manejo y gestión de los recursos del SNLMT son –además de la jefatura del área protegida–, los extractores artesanales legales, que agrupados en seis asociaciones de extractores combinan los tres principales tipos de extracción de recursos hidrobiológicos: extracción de conchas negras (concheros), extracción de cangrejos (cangrejeros) y pesca artesanal (pescadores). Además, los extractores y sus familias realizan algunas actividades complementarias de pequeña escala, como la preparación de comidas típicas para turistas, elaboración de artesanías en base a los residuos de material orgánico que provee el manglar, guía turística en botes a remo, etc.

Por su parte, la zona de amortiguamiento (ZA) del SNLMT cuenta entre sus principales actores directos a grupos de agricultores que aprovechan esta zona adyacente al área natural protegida para cultivar productos tanto de panllevar como industriales; asimismo coexisten empresas langostineras que desarrollan sus actividades aprovechando los servicios que brinda el manglar. A continuación se presenta información sobre las actividades económicas que se desarrolla tanto en la zona de amortiguamiento como en la zona protegida del Santuario.

¹ Instituto Geofísico del Perú - IGP

² Universidad Nacional Agraria La Molina - UNALM

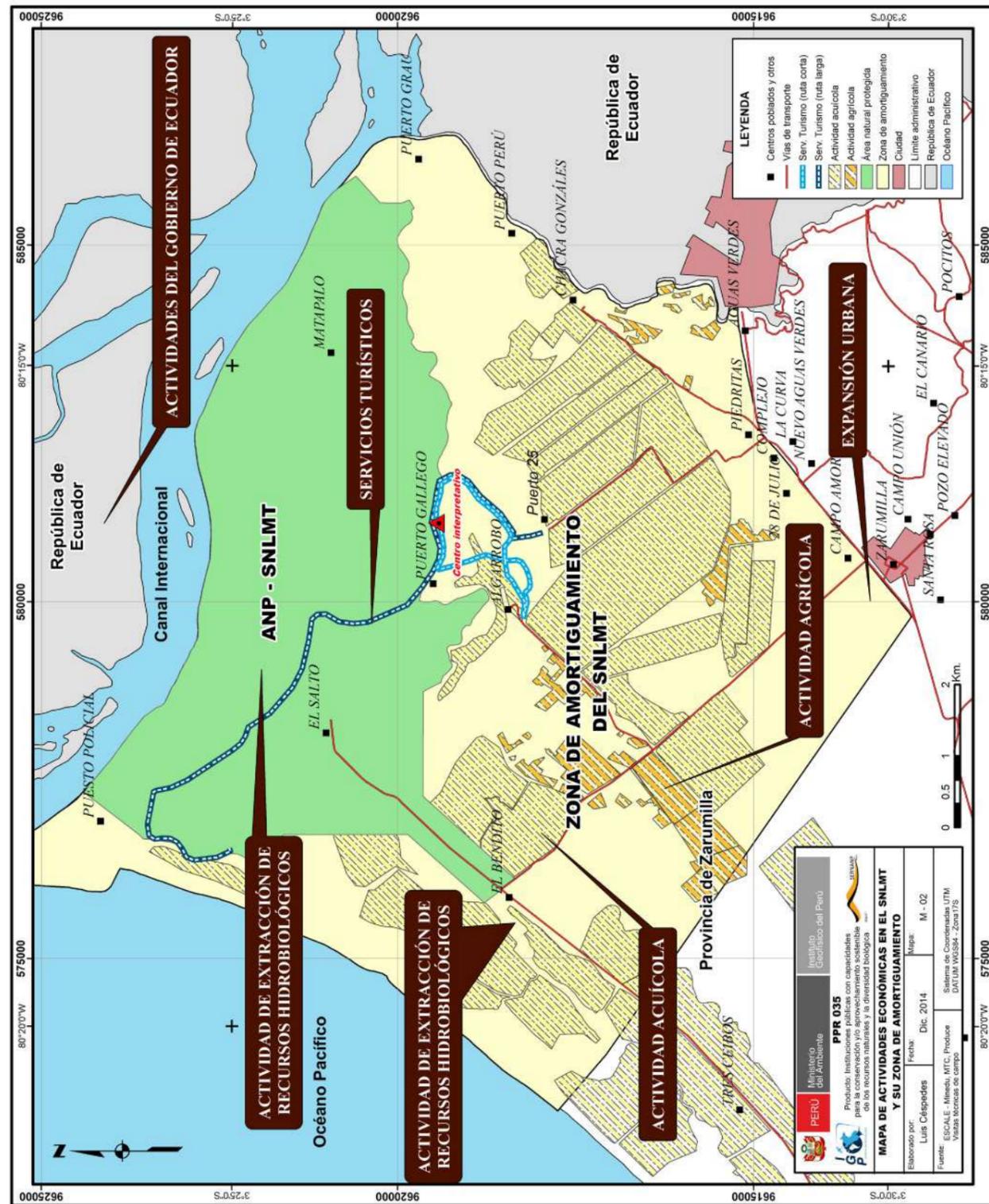


Figura 9. Cambios de cobertura manglar en Tumbes para el periodo 1977-2014.

ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO

Según la Ley N° 26834 y el Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas (DS N° 038-2001-AG), las ZA son espacios adyacentes a las áreas naturales protegidas del Sinanpe que por su naturaleza y ubicación, requieren un tratamiento especial para garantizar la conservación del área protegida. En tanto las actividades que se realizan en la ZA no deben poner en riesgo el cumplimiento de los fines del Área Natural Protegida (Sernanp, 2012).

La Zona de Amortiguamiento del SNLMT fue establecida en el año 2001 con una extensión de 6181 ha; 13 años después de la creación del Santuario como área natural protegida. 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 a espacios cuyos usos de la tierra ya se desarrollaban desde años anteriores a la declaración del SNLMT como ANP en 1988. Por tanto, actualmente la ZA soporta la presión de la industria acuícola, actividad agrícola y la expansión de centros poblados.

Actividad agrícola

En Tumbes la agricultura es el sector de producción de mayor importancia con una superficie agropecuaria de 22 848 ha (INEI, 2012), y donde se encuentra la mayor fuerza laboral. La ZA del SNLMT, no es ajena a esta actividad económica, desde antes de la creación del SNLMT como área natural protegida en 1988 y la declaración de su zona de amortiguamiento en el año 2001, sobre esta zona ya se practicaba la agricultura distribuida en sectores agrícolas (Figura 10). MEDA (2008) refiere que en la ZA del SNLMT, existen dos asociaciones llamadas Asociación Agroforestal Pampa la Soledad y Asociación Agroforestal La Turumilla, y según Clavijo y Neyra (2009) tienen 283.75 ha y 95.55 ha respectivamente.



Figura 10. Cultivo de ciruela en el sector agrícola Pampa La Soledad en la ZA del SNLMT. Crédito: Luis Céspedes.

La expansión de la frontera agrícola aún se viene desarrollando tanto fuera como dentro de la zona de amortiguamiento del SNLMT y el principal proceso de transformación del territorio en la zona límite costera de Tumbes se ha dado tanto por el desarrollo de la agricultura y de la acuicultura (Mialhe et al., 2013; Takahashi, J., 2002).

Una clara evidencia de la expansión de la agricultura comprendida en la costa de las provincias de Tumbes y Zarumilla es la ganancia de suelo a expensas del suelo desnudo (1330 ha), bosque seco (852 ha) y sabana (853 ha), en toda la influencia de la costa de Tumbes para el periodo de 1962-2007 (Mialhe et al., 2013). Sotelo (2009) afirma que sobre la ZA del SNLMT existen 101 predios rurales registrados en la Oficina Zonal de Tumbes-Cofopri. De estos predios rurales el 89% (90 predios) están saneados tanto física como legalmente, el 8% (8 predios) corresponde a predios de los cuales se desconoce su condición jurídica y el 3% (3 predios) comprenden a los poseedores en proceso de formalización. Céspedes y Príncipe (2015) refieren que para el periodo 1985-2014 en la zona de amortiguamiento del SNLMT se aprecia una ganancia de terreno de 381.98 ha por la actividad agrícola a costa de bosque seco, bosque manglar y suelo desnudo.

Por otro lado, esta zona no cuenta con fuentes de agua para riego, motivo por el cual los agricultores siembran cultivos perennes y que no demanden mucha agua, dependiendo de la humedad del ecosistema y de las precipitaciones. Sin embargo, algunos agricultores en el sector Pampa La Soledad, están introduciendo nuevos cultivos sobre la zona de amortiguamiento del SNLMT, como la uva verde y la cebolla (Figura 11). Feijoo (2014) refiere que estos dos cultivos se abastecen con aguas subterráneas, utilizando riego tecnificado a través de pozas.

En la ZA del SNLMT se identifican cinco sectores agrícolas: Pampa La Soledad, La Turumilla, Buena Esperanza, Los Ceibos y Chacra González (Cuadro 8), con cultivos predominantes como la ciruela (Figura 10) y el arroz (Flores et al., 2013; Feijoo, 2014). Asimismo, se identificaron cultivos como la uva y la cebolla, cultivos industriales recientemente introducidos en la ZA.

Cuadro 8. Sectores agrícolas identificados en la zona de amortiguamiento del SNLMT

SECTOR AGRÍCOLA	ÁREA (ha.)	CULTIVO	DISTRITO
Pampa La Soledad	91	Ciruela, uva, cebolla	Zarumilla
La Turumilla	101	Ciruela	Zarumilla
Buena Esperanza	27	Ciruela	Zarumilla
Los Ceibos	32	Arroz	Aguas Verdes
Chacra González	29	Arroz, maíz, mango, ciruela, yuca, cacao, etc	Aguas Verdes

Fuente: Feijoo (2014).

Sector «Pampa La Soledad»

Se formaliza como asociación en 1998 y en la actualidad la conforman 50 socios aproximadamente (Agencia Agraria de Zarumilla, 2010) y se ubica en el distrito y provincia de Zarumilla.

Clavijo y Neyra (2009) refieren que el sector tiene una superficie de 276.10 ha, y el principal cultivo es la ciruela, este se desarrolla y mantiene con la ocurrencia de lluvias y posiblemente del acuífero de la zona. El principal problema en su producción es la escasez de agua, especialmente durante el periodo de fructificación (agosto-diciembre) (MEDA, 2008).

Feijoo (2014) identifica además especies agronómicas en menor proporción como tamarindo, mango, pechiche y algodón. Esta zona no cuenta con una fuente de agua apta para riego continuo o abundante. Es por ello que los agricultores siembran estos cultivos perennes ya que no demandan mucha cantidad de agua. En este sector se riega de 5 a 8 veces al mes desde la siembra, y los cultivos dependen de la humedad del ecosistema

manglar. Además, se identificaron especies agronómicas secas, como maíz, zapallo y zarandaja; dichas especies suelen ser cultivadas a partir del mes de noviembre, debido a que los agricultores aprovechan las aguas de las precipitaciones.



Figura 11. En la imagen superior, cultivo de uvas y en la inferior, cultivos de cebolla. Ambos en el sector agrícola Pampa La Soledad. Crédito: Luis Céspedes y Alder Feijoo.

Sector «La Turumilla»

La Asociación se formó en 1964, tiene una superficie de 96.03 ha (Clavijo y Neyra, 2009) con 36 socios aproximadamente y se ubica en el distrito y provincia de Zarumilla.

Similar que en la Asociación Pampa La Soledad, el principal cultivo es la ciruela seguido del tamarindo. También se lograron identificar otras especies como cocotero, mango, maracuyá y limón. Feijoo (2014) sostiene que en esta zona los agricultores tampoco cuentan con una fuente de agua apta para sus cultivos, motivo por el cual llevan agua para abastecer sus cultivos al momento de realizar la siembra, luego continúan con el riego (5–8 veces al mes) hasta que los cultivos están anclados al suelo.

Se identifican cultivos como yuca, zarandaja, frijol de palo y zapallo en estado seco, que suelen ser sembradas en la época de verano para aprovechar las precipitaciones. Otras especies identificadas incluyen a la papaya, zarandaja, maracuyá y frijol de palo, que vienen siendo abastecidas con agua por un sistema de goteo. Para este sistema el propietario cuenta con un dique o pozo donde acumula el agua que es llevada por una cisterna (Feijoo, 2014). Si bien en este sector la extensión del bosque es menor que el encontrado en el sector de Pampa La Soledad, se identificaron especies forestales como algarrobo, charán negro, hualtaco, ceibo, entre otros. También se apreció que parte del bosque seco viene siendo deforestado para ampliar el sector agrícola.

Sector «Buena Esperanza»

El sector se encuentra en el distrito y provincia de Zarumilla (contiguo al sector agrícola la Turumilla) y cuenta con una superficie de 230.70 ha (MEDA, 2008).

Feijoo (2014) refiere que en este sector el principal cultivo es la ciruela, aunque en menor extensión respecto a los dos primeros sectores mencionados. Este sector cuenta con mayor cobertura de bosque seco y como flora predominante se identifica al ceibo, quiriquinche, charán negro, polo polo, entre otros. La cobertura vegetal de bosque viene siendo deforestado para ampliar el sector agrícola y crear trochas para llegar a sus parcelas.

Sector «Los Ceibos»

Se ubica en el distrito de Aguas Verdes, provincia de Zarumilla y desde hace 15 años aproximadamente se desarrolla la actividad agrícola (Feijoo, 2014).

El cultivo de mayor predominancia es el arroz, donde los propietarios utilizan como fuente de agua las aguas de las lagunas de estabilización de los asentamientos humanos de Campo Amor y 28 de Julio (Feijoo, 2014). Adicionalmente se identificaron otras especies como maíz, noni, sandía y camote, en este sector no hay presencia de bosque seco, debido a que todo fue talado para ampliar el sector agrícola.

Sector «Chacra González»

Se ubica en el distrito de Aguas Verdes, provincia de Zarumilla y se vienen realizando prácticas agrícolas desde hace 30 años aproximadamente.

Feijoo (2014) refiere que sobre este sector se identifican los cultivos de arroz, banano, ciruela, tamarindo, mango, cacao, grosella, plátano dominico, maíz, maracuyá, yuca, camote, zarandaja, frijol de palo y papaya. Dichos cultivos son regados con agua del río hasta los meses de junio o agosto; posteriormente este disminuye su volumen y se une con el agua del ecosistema manglar, por este motivo solo abastecen sus cultivos hasta cierta época del año. El cultivo de arroz suele ser abastecido con agua de la laguna de estabilización de Aguas Verdes, mientras que en otra parte de este sector son regadas con agua del Canal Internacional que se encuentra a pocos metros de las parcelas.

Actividad acuícola

La producción acuícola mundial de especies comestibles ha crecido en los últimos tres decenios (1980-2010), a una tasa media anual de 8,8% (FAO, 2012). En América del Sur, el cultivo de langostino se desarrolló por primera vez en Ecuador en 1969 (Twilley et al., 1999), mientras que en Perú, el cultivo de este crustáceo se inició desde fines de la década de los años 70, bajo el impulso del gobierno peruano, y posteriormente por intervención del sector privado (Inrena, 2007).

En el departamento de Tumbes se desarrolla la actividad acuícola, principalmente con la presencia de langostineras, cuya actividad económica es una de las más influyentes e importantes en Tumbes. Algunos autores señalan que la coyuntura perfecta para el desarrollo de la acuicultura en Tumbes, fue el colapso ocurrido en las pesquerías marinas peruanas en 1972 debido a la sobrepesca de la anchoveta (Thorpe et al., 2000), dando motivos a los empresarios a optar por invertir en otras actividades, incluida la acuicultura.

En la primera década del siglo XXI, la producción de la especie de langostinos muestra un crecimiento positivo (Figura 12) y se mantiene hasta la fecha actual. Produce (2012) refiere que el departamento de Tumbes concentra el mayor volumen de producción, con cerca de 13 163,86 TM (80.37%) de la cosecha de langostinos en comparación con Piura que obtuvo el 3 215,56 TM (19.63%).

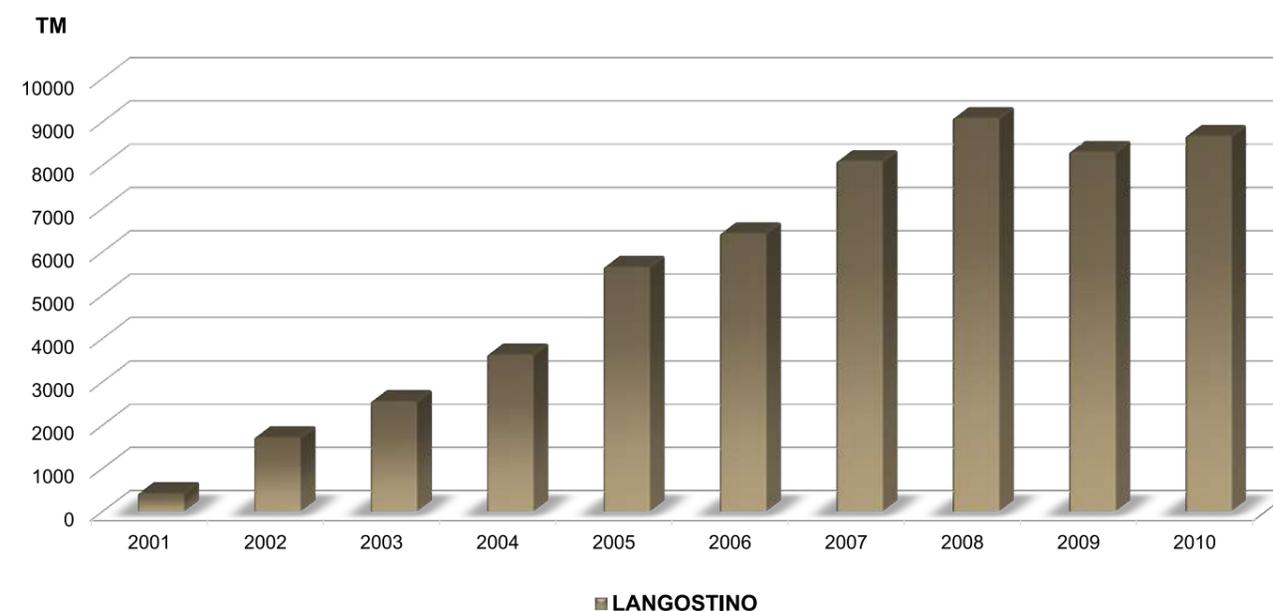


Figura 12 Producción de recursos hidrobiológicos congelados procedentes de la especie langostino, 2001-2010 (TM). Fuente: Empresas Acuícolas en PRODUCE (2010). Elaboración propia.

Valor económico de la actividad langostinera

El BCRP (2013) sostiene que el total de exportación del departamento de Tumbes por principales productos en Valor FOB³ para el mes de mayo del 2013 fue de 13,901 US\$ (100%), del cual dos productos exportados corresponden a la actividad acuícola de langostinos: colas de langostinos congelados (8,438 US\$) y langostinos congelados (2,372 US\$).

³ EL valor FOB (Free on board), o puesto a bordo, utilizada en el comercio internacional hace referencia a que el precio de venta de un determinado artículo incluye el valor de la mercancía y los gastos de transporte y maniobra necesarios hasta ponerla a bordo del barco que ha de transportarla al país de destino, pero excluye el seguro y el flete

Analizando estos valores se infiere que la actividad langostinera representa el 77.8% del valor FOB de exportación total del departamento de Tumbes. Y analizando el valor FOB acumulado para el periodo de enero-mayo, encontramos que esta actividad representa el 61.3% de la exportación total acumulada del departamento de Tumbes, demostrando el alto nivel de importancia económica de esta actividad sobre la región.

Otro factor a considerar es el dinamismo social que se originó en Tumbes por el auge comercial que tuvo la actividad acuícola desde sus inicios. Conforme se ampliaron y habilitaron nuevas áreas para el cultivo de langostinos, se requirió de una gran demanda de mano de obra (larveros, cuidadores de las pozas, técnicos, especialistas, asistentes, etc.). Como respuesta la inmigración de trabajadores de diferentes departamentos del país incrementó la oferta de mano de obra. La población empleada en las langostineras proviene de Piura, Lima, Cusco, La Libertad, Cajamarca y Lambayeque y la mayor proporción de migrantes son del departamento de Piura (departamento contiguo a Tumbes) y en su mayoría provienen de zonas rurales y montañosas. Cabe indicar que a nivel mundial existe una marcada preocupación por los efectos sociales que este tipo de crianza puede acarrear, los cuales varían en magnitud dependiendo del sistema de producción usado, sin embargo en el país este fenómeno ha sido poco estudiado.

Sistema de producción

Para el desarrollo de la actividad de cría de langostinos, ya sea bajo sistemas intensivos o semiintensivos, se construyen amplias extensiones de pozas (Figura 14), algunas de las cuales se encuentran abandonadas y/o inoperativas, este último debido a factores climáticos y/o biológicos. Debido a que esta actividad no se inició de forma planificada, era previsible esperar que a mediano o largo plazo afectaría al ecosistema de su entorno (bosque manglar y bosque seco), y que la actividad influiría en otras actividades espontáneas no planificadas en su conjunto.

La actividad acuícola en Tumbes ha estado expuesta a sucesos que frenaron su desarrollo en el tiempo –ocurrencia del fenómeno de El Niño (1982-1983 y 1997-1998), pandemia del cólera (1991) y la aparición de la mancha blanca (1999)–. Ante la ocurrencia de estos sucesos, la producción de langostinos presenta varios declives en su evolución (Figura 13). Después de la recuperación de la epidemia de la mancha blanca (1999), a partir del año 2000 su desarrollo presenta una tendencia claramente positiva (Céspedes y Príncipe, 2015).

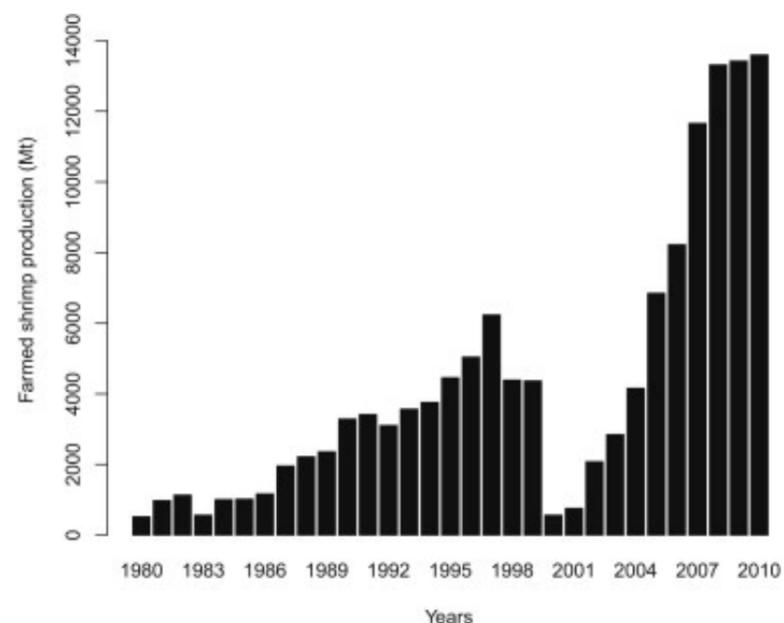


Figura 13 La producción de camarón en Tumbes, entre 1980 y 2010. Fuente: Departamento de Pesca del Perú (n.d.), citado en Mialhe et al. (2013).



Figura 14. Vista de frontera entre una poza langostinera y bosque manglar en la zona de amortiguamiento del SNLMT. Crédito: Luis Céspedes.

Derechos acuícolas

Produce (2014) refiere que Tumbes tiene 84 derechos acuícolas entre autorizaciones y concesiones (79 derechos vigentes y cinco caducados), distribuidos en todo el departamento. 25 de las autorizaciones se desarrollan sobre la ZA del SNLMT (Figura 9), con un sistema de cultivo de 10 y 15 derechos de menor y mayor escala, respectivamente.

Cambio de uso del suelo

Mialhe et al. (2013) refieren que la construcción de las pozas langostineras ganó suelo a expensas de bosque manglar (1000 ha), suelo desnudo (1000 ha), sabana (1.490 ha) y bosque seco (700 ha), en toda la influencia de la costa de Tumbes para el periodo de 1962-2007.

La conversión de tierras forestales a uso acuícola, ha tenido un impacto directo sobre los recursos naturales y sobre el nivel de bienes y servicios ecológicos (Sathirathai y Barbier, 2001). A la fecha, aún se conserva la concepción de utilizar suelos agrícolas (que antes fueron forestales) para convertirlos en pozas langostineras como se ha venido efectuando desde los años 80.

Céspedes y Príncipe (2015) refieren que para el periodo 1985-2014 en la zona de amortiguamiento del SNLMT se aprecia una ganancia de terreno de 1387.98 ha por la actividad acuícola a costa de bosque seco, bosque manglar, suelo agrícola y suelo desnudo.

Influencia de la ocupación del territorio por las langostineras en el departamento de Tumbes

El principal factor ambiental que favorece el desarrollo de la actividad langostinera en el departamento de Tumbes, son los servicios ambientales que otorga el ecosistema manglar:

- Captación del agua de los esteros⁴: Las empresas langostineras aprovechan el agua salobre del manglar para el cultivo del langostino. En la actualidad algunas empresas utilizan de forma adicional aireadores para oxigenar el agua y mejorar su producción.
- Uso del canal de los esteros: Las empresas langostineras drenan las aguas de los efluentes de las pozas a los canales naturales del ecosistema manglar. Algunas empresas han construido e implementado canales artificiales a fin de tener agua de ingreso y canal de salida.

Otro factor es el aspecto geográfico del departamento de Tumbes, al poseer un clima adecuado para el desarrollo de esta actividad acuícola.

⁴ Estero, es un terreno bajo pantanoso, intransitable, que suele llenarse de agua por la lluvia o por la filtración de un río o laguna cercana, y que abunda en plantas acuáticas. (RAE, 1992).

ACTIVIDADES ECONÓMICAS EN LA ZONA PROTEGIDA

Las actividades extractivas en el SNLMT existen desde mucho antes de la creación del área natural protegida en 1988. En la actualidad existen 284 extractores legales⁵ reconocidos por la Jefatura del área, que trabajan en los diferentes tipos de extracción de recursos hidrobiológicos en el Santuario, y de los cuales el 100% son varones, y la mayoría sabe leer y escribir, habiendo cursado estudios primarios, secundarios y algunos casos técnico superior (Flores, et.al, 2013). Todos ellos tienen como principal actividad económica alguno de los tipos de extracción, las cuales formalmente son excluyentes (un conchero no puede ser cangrejero ni pescador, y así sucesivamente); sin embargo, en épocas de veda algunos extractores realizan cualquiera de las tres actividades; por otro lado aproximadamente una cuarta parte del total de extractores declara contar con actividades económicas alternativas (albañil, mototaxista, etc.).

Los extractores son de procedencia tumbesina, piurana o lambayecana, y viven en zonas relativamente cercanas al Santuario (principalmente en el distrito de Zarumilla) en viviendas construidas de madera, adobe y en menor medida de material noble. Además, la mayoría cuenta con los servicios básicos de luz eléctrica y agua, aproximadamente la mitad tiene acceso al servicio de desagüe y la otra mitad a pozo séptico. En el área protegida cuentan con algunas facilidades básicas, que varían de acuerdo a lo que las asociaciones que los agrupan han conseguido a través de los años (espacios donde dejar sus pertenencias, hamacas, etc.).

Aproximadamente la mitad de los extractores viven en concubinato, y cerca de una cuarta parte declaran estar formalmente casados. No es infrecuente que los extractores tengan más de una familia, o cuenten con hijos fuera de la unión conyugal formal. Ellos no cuentan con acceso a la seguridad social como servicios médicos del Estado ni acceso al sistema nacional de pensiones o similar, y el nivel de ahorro declarado por los extractores podría considerarse como muy bajo o nulo. Muchas de las preocupaciones de los extractores se centran en su situación laboral futura: la imposibilidad de «heredar» el puesto de extractor a sus hijos, la imposibilidad de ser reemplazado por otro extractor en caso de enfermedad, etc.

Si bien los extractores conocen las limitaciones que significa el trabajar en una actividad extractiva en un área natural protegida y la importancia del cuidado del ecosistema y sus recursos, no cierran del todo la posibilidad –en algunos casos empujados por sus dirigentes– de ampliar el número de extractores existentes.

Organización

Los extractores se encuentran organizados en seis (6) asociaciones de extractores artesanales, cuyos miembros se encuentran evaluados y registrados por la Dirección del SNLMT, y que se encuentran carnetizados desde el año 2010. La primera asociación en crearse fue ASEPROHI San Pedro en 1994, y a partir de esa fecha surgieron diversas iniciativas y proyectos que impulsaron la conformación de las otras. En el Cuadro 9 se presentan los nombres de las asociaciones, fecha de creación, y tipo y número de extractores que las conforman.

⁵ Número de extractores reconocidos y evaluados por el comité de ética del SERNANP-Tumbes al 5 de abril de 2013, dato obtenido en la carta de respuesta N°002-2013-SERNANP-SNLMT-J/REG.

Cuadro 9. Fecha de creación y número de extractores registrados por asociación al 2013

ASOCIACIONES EVALUADAS POR EL COMITÉ DE ÉTICA DEL SNLMT	AÑO DE CREACIÓN	NÚMERO TOTAL DE EXTRACTORES
ASEPROHI San Pedro	1994	117
ACP El Bendito	2001	29
ASPOPRODECAZ Campo Amor	2003	14
ASEXTRHI Nueva Esperanza	2004	55
ACODESOM EL BENDITO	2006	24
AEXAPROH Los Tumpis	2011	45
Total de extractores		284

Fuente: Flores, et al., 2013.

Los extractores conocen las épocas de veda y el límite de extracción de conchas negras y cangrejos, que son de 4.5 cm de tamaño mínimo y de 96 unidades o 12 sartas, respectivamente. Además la extracción de los recursos se hacen en todo el manglar, es decir no existe ningún tipo de parcelación, zonificación o acuerdo de división de espacios entre las asociaciones, dando por resultado que los extractores compiten todos entre sí.

En general, los extractores conocen sus derechos, deberes y beneficios relacionados a la asociación en la que se encuentren inscritos. Cabe indicar que en las asociaciones se conforman –además de la dirigencia propiamente dicha (presidente, vicepresidente, secretario, etc.)–, grupos técnicos de apoyo, control, entre otros. Entre los beneficios que los extractores señalan que reciben por pertenecer a una asociación se incluye el estar organizado, intercambio de experiencias, recibir capacitaciones o asesorías, recibir apoyo de sus compañeros asociados, y en algunos pocos casos el acceso a créditos.

Los extractores no tienen fechas y/u horarios fijos de ingreso al manglar para la actividad de extracción, éstas varían de acuerdo al tipo de extracción realizada, y pueden realizarse tanto de lunes a viernes, como en una combinación distinta de días, pero, si depende del ciclo de mareas. La mayoría de los extractores considera que los precios que reciben por los recursos extraídos son muy bajos, siendo estos ingresos estimados en un rango de entre 30-80 soles diarios; sin embargo, estos montos son solo referenciales, por la poca disposición de los extractores a hablar sobre sus ingresos reales y otros temas que consideran sensibles.

Cabe indicar que durante el recojo de información primaria se detectó una fuerte injerencia de los dirigentes de las asociaciones para limitar las respuestas de sus asociados, evitando referirse a posibles rivalidades entre grupos y/o asociaciones, cantidades diarias de recursos extraídos, montos reales de ingresos, etc.

Actividad extractiva de concha negra

Población de las especies extraídas

La estructura poblacional de la concha negra (*Anadara tuberculosa*) y concha huequera (*A. similis*) es polimodal con un grupo dominante constituido principalmente por bivalvos entre 39 y 42 mm de longitud valvar y escasa cantidad de juveniles (Malca, 2009b).

La densidad población de la *Anadara tuberculosa* y *A. similis* en 1996 fue 2,4 y 1,4 indiv./m² respectivamente en zonas del SNLMT. En el año 2005 la densidad poblacional promedio de estos moluscos disminuyó (a excepción de la *A. similis*), para el 2009 se registró una disminución drástica de densidad para ambas especies y para el 2010, se apreció una ligera recuperación (Cuadro 10), concluyendo que la población de estos moluscos de 1996 al 2010 ha disminuido significativamente.

Cuadro 10. Población de la concha negra y la concha huequera

AÑO	DENSIDAD POBLACIONAL (indiv./m ²)
1996	2,4 y 1,4 respectivamente
2005	1,36 y 3,20 respectivamente
2007	1,7 y 0,8 respectivamente
2009	0,42 y 0,04 respectivamente
2010	1,1 y 0,2 respectivamente

Fuente: Malca, Poma y Lip (1996); Malca (2005b); Ordinola, et al. (2008); Malca (2009b); MEDA (2010) citado en Flores, Céspedes y Matínez (2013).

Extracción del recurso

El transporte empleado por los extractores para ingresar al SNLMT es en canoas a remo con capacidad para no más de tres personas (extractores tradicionales), y el proceso de extracción de los recursos se efectúa durante los periodos de marea baja, que es cuando la llanura fangosa queda expuesta por seis horas aproximadamente.

Las principales especies extraídas del SNLMT y zona de amortiguamiento son la «concha negra» *Anadara tuberculosa* y la «concha huequera» *Anadara similis* y; en menores cantidades la «concha pata de burro» *Anadara grandis*, «concha lampar» *Atrina maura* y «mejillón» *Mytella guyanensis*.

Las horas de trabajo y esfuerzo empleado para la extracción de estos recursos han variado en el tiempo. Malca (2005b) sostiene que un conchero en 1995 extraía de 200 a 300 individuos, sin realizar mucho esfuerzo (de dos a tres horas por jornada diaria); sin embargo, para el 2005 la extracción se limita a un rango que va de 60 a 100 individuos realizando un esfuerzo que excede inclusive las seis horas por jornada. Este último esfuerzo empleado y cantidad de horas trabajadas se mantiene hasta el año 2013, según la información recabada en los talleres realizados por el PPR 035-IGP y el proyecto Manglares-IGP. En base a lo anterior, la concha negra y concha huequera se encuentran con mayor presión extractiva con periodos de sobreexplotación (Inrena, 2007; Malca, 2009b).

La extracción se realiza de manera manual de acuerdo al flujo de las mareas (durante la media vaciante hasta la media creciente). La concha negra se encuentra entre las raíces del manglar (mangle rojo o colorado) a una profundidad de 1 a 30 cm y en fangos donde predominan fracciones del suelo areno arcillosa (Inrena, 2007; Malca, 2005a). La extracción se realiza con una sola mano y la otra la utiliza el extractor para sostener la jicra (bolsa confeccionada con paño anchovetero) donde se recolecta las conchas.



Foto: Extractor de conchas negras en el SNLMT.
Crédito: Luis Céspedes.

La vestimenta utilizada por los extractores está compuesta por un pantalón grueso, camisa o polo manga larga, guantes, dedos, zapatos de jebe, medias gruesas y un gorro diseñado especialmente para guardar cigarrillos, fósforos, agujas, dedos, documentos y otras cosas que no deben mojarse.

La extracción de conchas negras es una actividad de exclusividad masculina y los lugares de extracción son principalmente en todos los canales y chorros de las islas del Santuario; sin embargo, Malca (2005a) refiere algunos lugares como principales zonas de extracción (Cuadro 11):

Cuadro 11. Zonas de extracción de concha negra en el SNLMT y su ZA

ÁMBITO DEL SNLMT	ÁMBITO DE LA ZA DEL SNLMT
El Siete, Los Guineos, Torderas, Estero La Envidia La Pastora y la Abeja, La Calavera, Huaquillas, Manga El Cartel, Las Tres Marías, El Torres, Faro Nuevo, El Arenal, El Mate, Correa Chica, La Chalaquera, Galancillo, Puerto Los Puentes, El Tejón, Atascoso Chico, Estero Matapalo, Brincadores, Isla Roncal, El Huaco, Las Abejas	Pampa El Lagarto, El Venado, La Tortuga, Estero Gallegos, Estero Camarones, Estero La Chinchana, Estero Matanza, Brujeros.

Fuente: Malca (2005a).

Volúmenes de extracción

Los volúmenes de extracción de conchas negras a nivel regional han ido decreciendo paulatinamente desde inicios de los años 80 sin haberse recuperado desde entonces. En la Figura 15 se presentan los volúmenes de extracción de concha negra (*Anadara tuberculosa*) en la cual se aprecia la disminución de la cantidad anual extraída del recurso y que en los últimos años se mantiene en una tendencia menor a 80 TM, llegando inclusive hasta valores inferiores de 40 TM en extracción.



Figura 15. Captura de concha negra (*Anadara tuberculosa*). Fuente: ProNaturaleza, 2000; MEDA, 2009; INEI, 2009 y 2010. Elaboración propia.

Actividad extractiva de cangrejo

Población de las especies extraídas

La estructura poblacional del cangrejo del manglar (*Ucides occidentalis*) es polimodal con un grupo dominante constituido principalmente por crustáceos de 84 y 56 mm de ancho cefalotorácico (Malca, 2009a). La población de *Ucides occidentalis* ha variado en el tiempo, para los años 1995 y 1996 se tuvo una densidad poblacional de 6,4 y 6,6 indiv./m², en el año 2005 disminuyó notoriamente a casi la mitad entre valores de 2,50 y 3,47 indiv./m², el cual se mantiene para el año 2007 con 2,10 indiv./m² y en el año 2009 se aprecia un incremento a 3,73 indiv./m² (Cuadro 12).

Cuadro 12. Densidad poblacional del cangrejo manglar (*Ucides occidentalis*)

AÑO	DENSIDAD POBLACIONAL (indiv./m ²)
1995-1996	6,40 - 6,66
2005	2,50 - 3,47
2007	2,10
2009	3,73

Fuente: Poma (1995); Malca, Poma y Lip (1996); Malca (2005b); Malca (2009a); Ordinola, et al. (2008) citado en Flores, Céspedes y Matínez (2013).

Extracción del recurso

El cangrejo del manglar es la especie de crustáceo más extraída del SNLMT⁶, y es destinado al consumo humano directo y/o pasado por un proceso de transformación para obtener solo la pulpa.

Al igual que los concheros, el transporte empleado por los extractores de cangrejos para su ingreso al SNLMT es a través de canoas a remo con capacidad para no más de tres personas, y también la extracción de los recursos se realiza durante los periodos de marea baja.

La extracción del cangrejo dentro del Santuario se realiza bajo dos condiciones: a) se extrae únicamente ejemplares del sexo masculino; y b) se permite retirar un máximo de 96 unidades (12 sartas) por día. Se tomaron estas medidas –en coordinación entre las asociaciones de extractores artesanales y Sernanp–, debido a la disminución poblacional del recurso. Entre otras medidas de protección se tiene el cumplimiento de los periodos de veda (dos veces al año) y la talla mínima de extracción es de 65 mm de ancho cefalotorácico, desde el año 2003.

Al 2013 los cangrejeros sostienen que extraen de 80 a 90 individuos por jornada, según los talleres realizados por el PPR 035-IGP y el proyecto Manglares-IGP.

La extracción se realiza desde dos horas de vaciante hasta pasada la media creciente. El cangrejo habita en los altiales, zonas que son bañadas por los agujeros o mareas altas, y se encuentran en sus madrigueras cuyas profundidades varían entre 80 a 120 cm (Malca, 2005a). La extracción se realiza con las manos y la ayuda de dos jicras, una para almacenar después de extraer y otra para acomodar y dejar cerca de la orilla evitando mayores esfuerzos en trasladarse por el borde de los esteros con todo el producto.

⁶En menor cantidad se extraen jaibas (*Callinectes sp.*).



Foto: Extractor de cangrejo en el SNLMT.
Crédito: Daniel Flores.

La vestimenta es similar a la de los concheros, los extractores utilizan ropa gruesa protegiéndose los brazos, las manos con guantes y dedos de tela para evitar sufrir heridas por las raíces de mangle o la acción de las quelas del cangrejo cuando introducen la mano al interior de las madrigueras; finalmente usan un gorro diseñado especialmente para guardar cigarrillos, fósforos, agujas, dedos, documentos y otras cosas que no deben mojarse.

Al igual que la extracción de conchas negras, la extracción de cangrejos es realizada solo por hombres y los lugares de extracción son principalmente en todos los canales y chorros de las islas del Santuario; sin embargo, Malca (2005a) indica algunos lugares como principales zonas de extracción (Cuadro 13).

Cuadro 13 Zonas de extracción de concha negra en el SNLMT y su ZA

ÁMBITO DEL SNLMT	ÁMBITO DE LA ZA DEL SNLMT
El Atascoso Grande, El Zorro, El Siete, Los Guineos, Puerto El Cartel, El Papel, La Abeja, La Calavera, El Torres, Los Dos Hermanos, Caleta La Chinchana, Mangles Altos, El Arenal, El Faro Nuevo, Puerto Los Puentes, El Huaqui, Galancillo, Correa Chica, Las Piedras, Corral de los Coches, La Sábila, La Zarumillera, Las Esterlinas, Estero La Envidia, El Juanito, Isla Roncal El Toro.	La Vaca Atascada, Estero Gallegos, Estero Algarrobo, Estero Camarones, Estero Chinchana, Estero Matanza, Las Tejas

Fuente: Fuente: Malca (2005a).

Volúmenes de extracción

En los últimos años la extracción de cangrejos en los manglares de Tumbes ha sido creciente, ya que hasta antes del año 1994 se situaba por debajo de las 50 toneladas métricas, para el año 2004 se extrajo 114 TM aproximadamente, siendo la cantidad extraída mas alta desde 1979 (Figura 16)

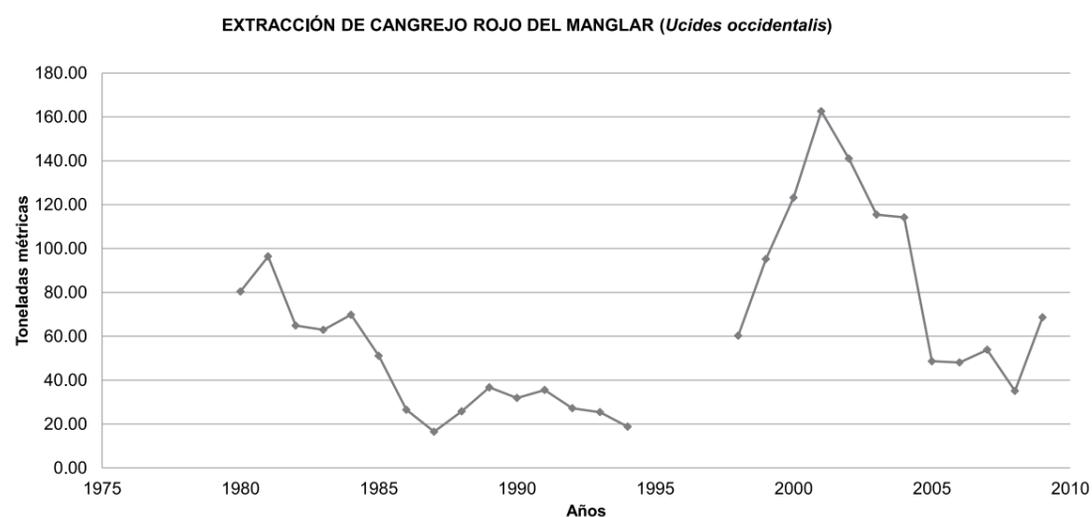


Figura 16. Captura de cangrejo manglar (*Ucides occidentalis*). Fuente: Pro Naturaleza, 2000; Malca, 2005a; MEDA, 2009; INEI, 2009 y 2010. Elaboración propia.

Actividad extractiva de peces

Población de las especies extraídas

Malca (2005b) refiere que los peces en el SNLMT viven con una salinidad del agua de 30 – 40 ppm e ingresan a este ecosistema cuando se producen los grandes aguajes que traen consigo grandes corrientes y hacen difícil su captura, por lo que los extractores esperan la quiebra que es la temporada de mayores volúmenes de pesca.

Los canales de marea de esta área natural protegida sirven de refugio y brinda protección y alimento a las fases larvianas y juveniles de los peces, los cuales al llegar a su adultez emigran hacia mar abierto, mientras que otros llegan a este ecosistema a desovar.

Muchos peces viven en los suelos arenosos y se alimentan en las zonas con sustratos fangosos, mientras que otros son carnívoros y se alimentan de presas pequeñas.

Extracción del recurso

La actividad de la pesca artesanal se realiza en los esteros o canales del SNLMT y zonas de amortiguamiento durante la marea alta y el medio de transporte empleado para ingresar al SNLMT es en canoas a remo.

Existen varias formas de pesca clasificadas por el tipo de arte empleado como: agallero o amallador, atarrayador, pintero o cordelero y relero o de rodeo.

- **Agallero, cortina o amallador:** Utilizan redes de nylon de diferentes tamaños de abertura de malla, oscilando de 2.5 pulgadas para pesca pequeña (cachema, suco, periche, roncadador, etc.) hasta 6 pulgadas para pescado grande (corvina, robalo, tollo, pargo, etc.). Se desplazan por los esteros del SNLMT en canoas a remo con un promedio de 2 personas, la faena de pesca se realiza en horario nocturno.
- **Atarrayador:** Usan atarrayas de 6 kg de peso para captura de pescado menor y captura de camarones, son confeccionadas con hilo multifilamento de nylon N° 6, tienen un tamaño variable de 2.40 a 3.60 m de altura por 5 a 6 m de diámetro con un tamaño de abertura de malla de 0.5 a 2 pulgadas. Las especies capturadas con este arte son: liza, periche, bagre, roncadador, etc.
- **Pintero o cordelero:** Es una actividad tradicional que se realiza en las bocas y esteros profundos aprovechando las altas mareas, utilizando como principal aparejo el cordel y el anzuelo para pesca detallista o selectiva, realizada por un pequeño grupo de pescadores locales. En este sistema se usan cordeles monofilamento de nylon, anzuelos y cebos de acuerdo al tipo de pesca. Así para la pesca menor (pescado sano) se usa cordeles de 0.5 a 0.7 mm de grosor y anzuelos pequeños N° 9, 10 y 11; como cebo usan camarón capturado con atarraya en las pozas o cogollos de esteros o lombrices capturadas en bajamar de los bancos de arena.

Las actividades se realizan en horario diurno, desde la madrugada hasta la tarde, durante 12 horas aproximadamente. El traslado se realiza en canoas a remo, generalmente para 2 personas. Salen aprovechando la fuerza de la marea y del viento durante la creciente.

Para la pesca mayor usan cordeles más gruesos de N° 100 a 250 y anzuelos que varían del N° 1 al 7. Se extraen raya, tollo, bagre-cabeza de piedra, corvina, robalo, etc. Para evitar su descomposición transportan los ejemplares vivos debajo de las canoas atadas con sogas por las branquias, los que son comercializados en el puerto a intermediarios.

- **Relero o pesca de rodeo:** Hacen uso de redes de rodeo con abertura de malla de 1.5 a 2 pulgadas que son sujetadas en la parte superior e inferior con soguillas de 1/4 de pulgada, éstas son colocadas en las orillas de los esteros en baja marea. Luego la malla es sostenida al fondo del estero con raíces



Foto: Pesca por rodeo en el SNLMT.
Crédito: Daniel Flores.

de mangle cortadas y dobladas por la mitad. El tamaño varía de acuerdo al tipo de suelo, es más largo en suelo fangoso y más corto en suelo duro o cascajo. Una vez que la marea alcanza su máximo nivel se procede a levantar la malla sujeta en las ramas del mangle, de esta manera los peces quedan atrapados en el cerco de mallas, las lisas son atrapadas directamente en la canoa pues estas saltan por un lugar predeterminado, mientras que el pescado sano es recogido en canastas llamado bajo.

La pesca en esteros se realiza con canoas de madera de 4 a 6 m de eslora de 500 kg de capacidad aproximadamente. Los principales puntos de desembarque son: Puerto 25 y El Bendito. No obstante, otros puntos de desembarque son: Puerto Perú, Puerto Hualtaco, El Algarrobo, La Envidia.

Los pescadores pintero o cordelero, atarrayador y de cortina realizan su actividad diaria en un promedio de seis horas/día durante seis días a la semana, mientras que el pescador de rodeo realiza su actividad en un promedio de 24 horas diarias durante tres días a la semana. El producto de la pesca se clasifica en pescado sano, pescado grande y liza.

- **Pescado sano:** estas especies son roncador, periche, chaparra, polla, chula, robalitos y corvinillas, etc. que en su totalidad son vendidos en el mercado local de Zarumilla.
- **Pescado grande:** Estas especies son: corvina, róbalo, tolo, raya y Bagre cabeza de piedra. Estas especies se pescan durante 3 a 4 días al mes, llegando a capturar 1 a 2 piezas de 4 a 10 kilos, es comercializada a intermediarios en el mismo puerto de desembarque y el destino final de este producto es el mercado regional y nacional.
- **Lisa:** La mayor cantidad es comercializada en el mismo puerto de desembarque para el proceso de seco salado, luego es comercializada hacia el Ecuador.

Los peces extraídos en las zonas de pesca del SNLMT y en su zona de amortiguamiento son mayormente de la Familia Sciaenidae como bereche (*Larymus pacificus*), cachema (*Cynoscion squamipinnis*), corvina (*Cyllus gilberti*), chula (*Menticirrhus paitensis*), robalo (*Centropomus robalito*), roncador (*Elattarchus archidium*), polla (*Umbrina xanti*), el pez de la familia Pomadasydae: chaparra (*Pomadasydys panamensis*). Entre otras especies: la lisa (*Mugil spp.*), periche (*Diapterus peruvianus*), pargo colorado (*Lutjanus guttatus*), bagre (*Galeichthys peruvianus*), etc. (Malca, 2005a; Inrena, 2007).

Los lugares de pesca son los esteros del SNLMT y las zonas de amortiguamiento, las principales zonas de pesca se menciona en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Zonas de pesca en el SNLMT y su ZA

ÁMBITO DEL SNLMT	ÁMBITO DE LA ZA DEL SNLMT
Canal Internacional; Isla Chalaquera, Estero Matapalo, Las Tres Marías, El Juanito, El Arenal, Boca Capones, Las Torderas, El Zorro, La Culebra, Puerto Los Puentes, Estero Matapalo, Los Chivos, Boca Capones, Estero La Envidia, Zona del Toro, Estero Gallegos, Estero Camarones.	Estero Gallegos, Estero Algarrobo, Estero Camarones, La Tortuga.

Fuente: Fuente: Malca (2005a).

Volúmenes de extracción

Al comparar los volúmenes de pesca de los años 1996 con respecto al año 2005 podemos observar la ostensible disminución de este recurso, según los sistemas de extracción como amallador, cordel, rodeo y atarraya (Inrena, 2007). Así un pescador cordelero mensualmente obtenía 120 kg/mensual en 1996 y en el 2005 disminuyó a 96 kg/mensual. La pesca con amallador disminuyó de 720 kg/mensual (1996) a 240 kg/mensual al 2005, la pesca con rodeo disminuyó de 1200 kg/mensual (1996) a 360 kg/mensual al 2005, y con atarraya también se redujo de 80 kg/mensual (1996) a 48 kg/mensual al 2005 (Malca, 2005b; Inrena, 2007), según el siguiente detalle:

- **Agallero, cortina o amallador:** El volumen de pesca depende del tamaño de las redes agalleras, estas generalmente tienen 100 m de largo y se denominan paños, el número de paños utilizados varía de 3 a 6 palos, la captura promedio es de 30 a 40 Kg. diarios de pesca menor (sano) que es comercializada en el mercado local o recorriendo por las calles.
- **Atarrayador:** Las especies capturadas con este arte alcanzan la cantidad promedio de pesca de 6-7 Kg/día., las que son comercializadas en el mercado local, mientras que la liza se vende en el mismo puerto de desembarque para el procesamiento de pescado seco-salado.
- **Relero o pesca de rodeo:** Las cantidades de captura son variables y dependen de los aguajes. La totalidad de liza que es capturada es comercializada en Puerto 25 a los procesadores de pescado seco salado.

Periodos de veda

En 2003 mediante Ordenanza Regional N° 007-2003/GOBIERNO REGIONAL-CR-P se establecieron dos periodos de veda para el cangrejo del manglar (*Ucides occidentalis*) en el departamento de Tumbes, donde se prohíbe la captura, transporte, procesamiento y comercialización interna y externa de este recurso durante el periodo comprendido desde el 15 de enero hasta el 28 de febrero y desde el 15 de agosto hasta el 30 de setiembre de cada año (Cuadro 15); la primera es llamada "veda reproductiva" y la segunda "veda por muda o ecdisis". Además, en la misma ordenanza regional se establece como talla mínima de extracción: 65 mm de ancho cefalotorácico del recurso.

En 2006 mediante Resolución Ministerial N° 014-2006-PRODUCE se establece un periodo de veda para la concha negra (*Anadara tuberculosa*) y la concha huequera (*Anadara similis*) en Tumbes, donde se prohíbe la extracción, comercialización, transporte y venta de estos recursos desde el 15 de febrero hasta el 31 de marzo de cada año (Cuadro 15). Además, mediante Resolución Ministerial N° 209-2001-PE se establece como talla mínima de captura: 4,5 cm. de longitud valvar de los recursos.

Cuadro 15. Periodo de extracción y veda del cangrejo manglar, concha negra, concha huequera y peces en el SNLMT

Meses	Concha negra (<i>Anadara tuberculosa</i>) y concha huequera (<i>Anadara similis</i>)	Cangrejo (<i>Ucides occidentalis</i>)	Peces
Ene	Periodo de extracción	Periodo de veda (del 15-01 al 28-02)	Actividad de pesca todo el año
Feb			
Mar	Periodo de extracción (del 15-02 al 31-03)	Periodo de extracción	
Abr			
May			
Jun			
Jul			
Ago	Periodo de extracción		
Set	Periodo de veda (del 15-08 al 30-09)	Periodo de extracción	
Oct			
Nov			
Dic	Periodo de extracción	Periodo de extracción	

Elaboración propia.

Los guardaparques de la jefatura del SNLMT - Sernap, patrullan el Santuario durante el periodo de veda, vigilando que la extracción del recurso de la concha negra se realice acorde a las normas vigentes, caso contrario se incauta la especie y se devuelve al manglar (Figura 17).



Figura 17. Vista del control de tallas en el recurso concha negra realizado por los guardaparques de la jefatura del SNLMT - Sernap. Crédito: Roxana Prado.

Actividades diarias de los extractores: Líneas de tiempo

Una parte importante del trabajo desarrollado en el SNLMT consistió en la identificación de las diferentes actividades diarias que realizan los concheros, cangrejeros, pescadores y guardaparques del Santuario a través de acompañamientos vivenciales. Esto 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. Si bien los resultados son referenciales (las actividades pueden variar mucho, por ejemplo entre época de veda y época de recolección), este recojo de información primaria brindó una visión más amplia sobre la actividad de extracción, y sus implicancias en términos de tiempo, ingresos, distancias, etc., los cuales se pueden apreciar en las líneas de tiempo desarrolladas a continuación.

Línea de tiempo de un extractor de concha negra en el SNLMT

08:00
horas.

Mientras el extractor espera a que baje la marea del estero para que pueda ingresar a extraer el recurso, aprovecha el tiempo para desayunar, alimentar a los animales de la asociación y en cocer sus implementos de vestimenta (para la cabeza, manos, brazos, etc.), sobretodo los de sus manos (llamados dedales) ya que están expuestas a mayor desgaste, por el método de extracción de tanteo que realiza al extraer el recurso de concha negra.

10:20
horas.

Luego de navegar por los esteros del santuario alrededor de una hora aproximadamente, el extractor alista su vestuario adaptado al tipo de trabajo realizado (pantalón largo, polo manga larga, guantes cortados, zapatos de jebe, capucha y en cada uno de sus dedos se ponen "dedales" utilizados para no lastimarse cuando ingresan la mano al lodo).

La extracción de la concha negra se realiza de forma artesanal, mediante la técnica denominada "tanteo". Dicha técnica se basa en introducir las manos y brazos en el fango para buscar las conchas negras y posteriormente extraerlas. Los individuos de conchas extraídas se colectan en una "jicra" de malla anchovetera confeccionados por los mismos extractores.

14:50
horas.

El extractor primero lava las conchas en el mismo canal y posteriormente se procede a limpiar el bote y enjuagar la ropa utilizada en la extracción.

El Sr. Chinín refiere que vender las conchas negras directamente al restaurant, le permite obtener un mejor precio de venta, aunque la diferencia sea mínima, es superior al precio que pagan en el centro de acopio Los Tumpis.

06:00
horas.

El Sr. Chinín sale de su vivienda rumbo al SNLMT, con dirección hacia la zona de El Algarrobo, lugar por donde ingresan los extractores carnetizados de la Asociación Los Tumpis.

14:00
horas.

El extractor retorna a la zona de El Algarrobo.



Se transporta de su vivienda con microbús hasta la entrada de Zarumilla y desde allí se traslada en moto hasta llegar a la zona de El Algarrobo, a una cabaña de la Asociación de extractores artesanales denominados "Los Tumpis".

06:35
horas.



El extractor ingresa al canal Paracas para dirigirse a la isla del Santuario de donde extraerá las conchas negras, utilizando como medio de transporte un bote de madera a remo.

09:15
horas.



El extractor asegura su canoa en las raíces del árbol manglar y se adentra en los márgenes de los chorros de la isla para extraer el recurso de la concha negra.

10:45
horas.



La actividad de extracción se realiza en un promedio de tres a cuatro horas aproximadamente; sin embargo, dicha horas depende del nivel de la marea, ya que esta actividad se realiza solo en marea baja.



Las conchas negras extraídas deben ser de tamaño superior a los 4.5 cm de longitud valvar.



El extractor se traslada hasta la ciudad de Tumbes, para vender los recursos extraídos directamente a un restaurant de la localidad.

16:50
horas.

Línea de tiempo de un extractor de cangrejo en el SNLMT

05:30 horas.

El Sr. Marco Aguayo sale de su vivienda rumbo al mercado de Tumbes para comprar sus alimentos, agua, cigarrillos entre otros, antes de dirigirse al SNLMT.



06:45 horas.

Llegando a Puerto 25 (SNLMT), el señor Aguayo, prepara su indumentaria que le permite poder realizar la extracción de cangrejos, específicamente cubrir sus dedos, mano y brazo con telas de algodón, las cuales evitan que se lastimen, además, prepara la balsa con la que saldrá a realizar la extracción de cangrejos.



08:00 horas.

Llegando al sendero interpretativo, el cual es uno de los lugares donde los extractores artesanales encuentran cangrejos, el señor Aguayo empieza a listar todo lo necesario antes de ingresar al manglar, como asegurar las jicras, donde colocara los cangrejos y preparar los retazos de telas, para elaborar sus guantes artesanales.



Además, cubre con un trozo de tela más grande su brazo; el cual, lo ayuda a evitar cortes y raperos durante la extracción de los cangrejos.



08:30 horas.

Después de acabar de vestirse y en algunos casos esperar que la marea acabe de descender, ingresa al manglar a extraer los cangrejos, para lo cual primero localiza los agujeros donde habitan dichos crustáceos; seguido, introducen todo el brazo hasta encontrar al cangrejo para extraerlo.



Durante la extracción ellos van ajustando los dedos y guantes que atan en sus manos.



14:00 horas.

Los extractores de cangrejo se internan en el manglar de 5 a 6 horas aproximadamente, tiempo en el cual tienen que lograr extraer 96 cangrejos machos (cantidad máxima permitida para la extracción de cangrejos). Cuando acaban su jornada cogen las jicras donde están guardados los cangrejos y los lavan en las aguas de los esteros, para retirarles los excesos de barro, luego se dirigen a Puerto 25 para cambiarse y guardar la canoa.



Llegando al mercado de Tumbes, el señor se dirige a comprar sus alimentos, para tenerlo como refrigerio durante su actividad de extracción. Posteriormente, se dirige al SNLMT, específicamente a la entrada por Puerto 25, que es de donde la mayoría de los extractores artesanales de cangrejo parten.

05:50 horas.



El señor parte de Puerto 25 al sendero interpretativo, tiempo aproximado remando para llegar al sendero es de 20 a 25 minutos.

07:30 horas.



Procede a alistar su indumentaria atando a cada dedo y la mano retazos de tela de algodón, con la finalidad que sirvan como una especie de guantes, los cuales impiden que las raíces de los mangles lo dañen.



Finalmente, utiliza un pantalón, chaleco de tela gruesa y botines, los cuales impiden raspen sus brazos y piernas con las raíces de los mangles. Adicional a la vestimenta usan un gorro como se aprecia en la fotografía siguiente, donde suelen llevar cigarrillos y fósforos, los cuales son usados para evitar las picaduras de los mosquitos y zancudos.



Cuando extraen los cangrejos, tienen que asegurarse que sean machos, ya que solo tienen permitido extraer los de ese tipo.



Asimismo, usan dos jicras, las cuales le permite por un lado poder caminar con los cangrejos después de su extracción para seguir con su actividad y cuando esta se hace pesada utilizan la otra jicra para ir guardándolos, con la finalidad de aligerar el peso de la primera jicra.



Después de culminar su jornada en el SNLMT, el señor se dirige a la ciudad de Tumbes donde vende los cangrejos a los restaurantes, mercados, pulperías, entre otros.

14:45 horas.

Línea de tiempo de un extractor de un pescador en el SNLMT

06:00
horas.

El señor Renelmo sale de su vivienda con dirección Santuario para realizar su jornada de pesca diaria. Como su vivienda se localiza en Zarumilla se moviliza a pie y en otras ocasiones en bicicleta.



07:20
horas.

La captura de larvas de langostinos se realiza con atarrayas en un promedio de dos horas aproximadamente.



08:50
horas.

Ingresa al santuario.



Separa las larvas en un balde y otra parte los amarra en un jicra fuera de la balsa.



12:40
horas.

A los pescados pequeños se les corta la cabeza y se les echa en un balde. A los pescados más grandes de les transporta entero. El señor Renelmo sostiene que en el Santuario se pesca cachema, cabrilla, roncador, corvina, robalo, lisa, entre otras especies.



15:00
horas.

El pescador no pesca en un solo lugar durante el día. Usualmente se moviliza por diferentes lugares de los esteros del Santuario, pescando hasta en tres o cuatro lugares diferentes, dependiendo de la cantidad de peces extraídos en cada lugar.



16:30
horas.

Limpieza del bote.



17:15
horas.

La mayoría de los pescadores guardan sus objetos personales de pesca en los alrededores de donde guardan sus botes. Por otra parte comercializan los recursos extraídos en los mercados o en el trayecto mientras salen del santuario rumbo a la ciudad.



La primera actividad que realiza es capturar larvas de langostinos, en los canales artificiales de las langosteras o cogollos de los esteros.

06:30
horas.



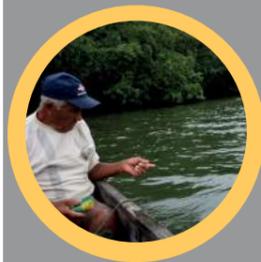
Las larvas son usadas como anzuelos para la pesca a cordel que realiza el Sr. Remelmo. Una vez finalizado se dirige a la zona de El Algarrobo, que es el lugar desde donde ingresa al Santuario.

08:00
horas.



Posteriormente a más de una hora de navegación dentro del Santuario, ancla el bote para iniciar la actividad de pesca.

09:20
horas.



La pesca a cordel es una actividad tradicional que se realiza en las zonas donde los esteros son más profundos aprovechando las altas mareas, utilizando como principales herramientas: el cordel y el anzuelo. Este último con su respectivo cebo (larva de langostino).

11:00
horas.



La actividad de pesca a cordel en general se realiza en marea alta de 6-7 horas diarias. Motivo por el cual el pescador lleva su almuerzo que le prepara su esposa.



Retorno a la zona de El Algarrobo una vez culminada la jornada de pesca.

16:00
horas.



El pescador sostiene que para la pesca a cordel se realiza usualmente en canoas de madera, por ser menos ruidosa (choque del agua con la embarcación) durante la pesca.

CONCLUSIONES

Actividades en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes

El ecosistema manglar de Tumbes es hábitat de diversos recursos de consumo humano como cangrejos, conchas, langostinos y peces, los cuales viven a expensas del plancton, restos vegetales, invertebrados, etc. del propio ecosistema.

El SNLMT alberga un importante potencial de recursos hidrobiológicos cuyo aprovechamiento contribuye social y económicamente al bienestar de las familias de los extractores artesanales. La extracción de los recursos hidrobiológicos se realiza mediante el uso de sistemas artesanales como: extracción manual, pesca con cordel, amallador o atarraya; sin embargo, aún se emplean sistemas como el uso de ganchos para extraer cangrejos, entre otros.

Las actividades extractivas en el SNLMT existen desde mucho antes de la creación del área natural protegida en 1988. En la actualidad existen 284 extractores legales reconocidos por la Jefatura del área y organizados en seis asociaciones de extractores artesanales, que trabajan en los diferentes tipos de extracción de recursos hidrobiológicos (conchas, cangrejos, peces) en el Santuario, y de los cuales el 100% son varones.

El transporte empleado por los extractores (concheros y cangrejeros) para ingresar al SNLMT es en canoas a remo con capacidad para no más de tres personas (extractores tradicionales), y el proceso de extracción de los recursos se efectúa durante los periodos de marea baja, que es cuando la llanura fangosa queda expuesta por seis horas aproximadamente. Los pescadores se transportan en canoas de madera de 4 a 6 m de eslora y en marea alta.

La extracción de la concha negra se realiza de manera manual en marea baja, y el tamaño de la concha debe ser superior a las 4.5 cm. La extracción del cangrejo dentro del Santuario también se realiza de manera manual, en marea baja y bajo dos condiciones: solo se extraen cangrejos machos y como máximo 96 unidades (12 sartas) por día. Por otro lado, la extracción de peces se realiza según el tipo de arte empleado como: agallero o amallador, atarrayador, pintero o cordelero y relero o de rodeo.

La densidad poblacional del cangrejo del manglar entre los años 1995-1996 al 2005 presenta una disminución notoria de 6,4 y 6,6 indiv./m², a 2,1 indiv./m², con una recuperación posterior de 3,73 indiv./m².

La densidad poblacional de la concha negra y la concha huequera entre los años 1996 al 2010, presenta una disminución de 2,4 y 1,4 indiv./m² respectivamente a 1,1 y 0,2 indiv./m² respectivamente. Dicha información demuestra que la población de concha negra y la concha huequera actualmente es el recurso más sobreexplotado en el SNLMT.

En los últimos años los volúmenes de extracción anual de la concha negra (*Anadara tuberculosa*) a nivel regional ha decrecido paulatinamente desde inicios de los años 80, llegando inclusive hasta valores inferiores de 40 TM en extracción. Para el caso de la extracción de cangrejos (*Ucides occidentalis*) en los manglares de Tumbes ha sido creciente, ya que hasta antes del año 1994 se situaba por debajo de las 50 toneladas métricas y para el año 2004 se extrajeron 114 TM aproximadamente, siendo la cantidad extraída más alta desde 1979.

Al comparar los volúmenes de pesca del año 1996 con respecto al año 2005 se observa la ostensible disminución de este recurso, según los sistemas de extracción como amallador, cordel, rodeo y atarraya. Así un pescador cordelero mensualmente obtenía 120 kg/mensual en 1996 y en el 2005 disminuyó a 96 kg/mensual. La pesca con amallador disminuyó de 720 kg/mensual (1996) a 240 kg/mensual al 2005, la pesca con rodeo disminuyó de 1200 kg/mensual (1996) a 360 kg/mensual al 2005, y con atarraya también se redujo de 80 kg/mensual (1996) a 48 kg/mensual al 2005.

Existen periodos de veda donde se prohíbe la captura, transporte, procesamiento y comercialización interna y externa del cangrejo manglar (*Ucides occidentalis*) desde el 15 de enero hasta el 28 de febrero y desde el 15 de agosto hasta el 30 de setiembre de cada año. Para la concha negra (*Anadara tuberculosa*) y la concha huequera (*Anadara similis*) se prohíbe la extracción, comercialización, transporte y venta de estos recursos desde el 15 de febrero hasta el 31 de marzo de cada año por único periodo.

Actividades en la Zona de Amortiguamiento del SNLMT

Las actividades desarrolladas en las áreas de la ZA deben ser homogéneas o similares a las desarrolladas sobre el ANP; sin embargo, las actividades practicadas en la ZA del SNLMT no cumplen necesariamente con lo dispuesto por la Ley N° 26834, y actualmente la ZA soporta la presión de la industria acuícola, actividad agrícola y la expansión de centros poblados.

Los principales cambios de uso de la tierra sobre la ZA están relacionados principalmente con el desarrollo de la agricultura y acuicultura (cría de langostinos). Por otro lado, en los últimos años la expansión territorial de los cascos urbanos está ocupando espacios hacia el límite sureste de la ZA del SNLMT.

En el área de la ZA del SNLMT se identificaron 25 empresas con derechos del tipo autorización, con un sistema de cultivo de 10 y 15 derechos de menor y mayor escala, respectivamente. Para el periodo 1985-2014 en la zona de amortiguamiento del SNLMT se apreció una ganancia de terreno de 1387.98 ha por la actividad acuícola a costa de bosque seco, bosque manglar, suelo agrícola y suelo desnudo.

Los factores que influenciaron el desarrollo de la actividad langostinera fueron primordialmente ambientales (servicios ambientales del ecosistema manglar, aspecto geográfico y disposición de suelos desnudos y agrícolas) y socioeconómicos (inmigración de la población ante la gran demanda de mano de obra).

La industria langostinera estuvo expuesta a la ocurrencia de eventos como el fenómeno de El Niño (1983-1984 y 1997-1998), aparición de la séptima pandemia de cólera (1991) y la epidemia causada por un brote de síndrome de la mancha blanca (WSS) en 1999, ocasionando –en la empresa privada– pérdidas de capital, infraestructura, puestos de empleo, entre otros, afectando el desarrollo y crecimiento de dicha industria.

Otra actividad que se desarrolla en la ZA del SNLMT es la agricultura. En la ZA se identificaron cinco sectores agrícolas con cultivos de productos tradicionales como la ciruela, tamarindo, maíz, arroz, etc., y de otros cultivos introducidos como la uva y la cebolla. Desde fines de la década de los años 60, la expansión de la agricultura se desarrolló a expensas de suelo desnudo, bosque manglar, bosque seco y sabana; no obstante, aún se desconoce el impacto que puede tener la práctica de la agricultura en la ZA por el cambio de uso de tierra, uso de fertilizantes, etc., y su potencial incidencia en el ecosistema manglar.

Para el periodo 1985-2014 se identifica el cambio de uso del suelo con ganancia de terrenos para los suelos de uso acuícola (+1387.98 ha), uso agrícola (+381.98) y uso urbano (+247.59 ha). Además, se estima la disminución de espacios con cobertura vegetal como bosque manglar (-429.21 ha) y bosque seco (-445.59 ha).

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Agraria de Zarumilla, 2010. Padrón de Usuarios Pampa la Soledad.
- BCRP, 2013. Síntesis Económica de Tumbes Mayo 2013. Sucursal Piura, Departamento de Estudios Económicos. Pág. 12.
- Clavijo, A., y Neyra, P., 2009. Diagnóstico situacional del uso de la tierra en los sectores los Tumpis, Pampa la Soledad, la Turumilla y Buena Esperanza inmersos en la zona de amortiguamiento del santuario nacional los manglares de tumbes. Tumbes-Perú.
- Céspedes, L., y Príncipe, E., 2015. Ocupación y uso del territorio en la zona de amortiguamiento del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes, Perú. En Proyecto “Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes”. Instituto Geofísico del Perú. (En publicación)
- FAO. 2012. El estado mundial de la pesca y la acuicultura, 2012. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO (Ed.). Roma, Italia: FAO. Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s00.htm>> [Accesado el 09 de mayo de 2013].
- Feijoo, E., 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 para optar el título profesional de: Ingeniero forestal y del medio ambiente. Universidad Nacional de Tumbes.
- Flores, D., Céspedes, L., y Martínez, A., 2013. Identificación de servicios ecosistémicos en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes. Informe Técnico. Perú: Instituto Geofísico del Perú, 84 pág.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática- INEI, 2009. Compendio estadístico departamental 2008 - 2009. Tumbes – Perú: INEI.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática- INEI, 2010. Compendio estadístico departamental 2009 - 2010. Tumbes – Perú: INEI.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI., 2012. Resultados definitivos: IV Censo Nacional Agropecuario – 2012. Tumbes – Perú.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales - Inrena, 2007. Plan Maestro del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes 2007 - 2011. Perú: Inrena.
- Malca C., 2005a. Ordenamiento de la actividad extractiva de los recursos hidrobiológicos del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes. I Informe, Proyecto “Gestión Participativa de Áreas Naturales Protegidas” – GPAN. Perú: INRENA.
- Malca C., 2005b. Ordenamiento de la actividad extractiva de los recursos hidrobiológicos del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes. II Informe, Proyecto “Gestión Participativa de Áreas Naturales Protegidas” – GPAN. Perú: INRENA.
- Malca C., 2009a. Consultoría para diseño de estrategia de manejo in situ (saca controlada) de cangrejo del manglar (*Ucides occidentalis*). Informe final para Mennonite Economic Development Associates Subsidiary PERU – MEDA, Nov 2009. Perú.
- Malca, C., 2009b. Consultoría para diseño de estrategia de manejo in situ (saca controlada) de conchas negras (*Anadara tuberculosa*). Informe final para Mennonite Economic Development Associates Subsidiary PERU – MEDA, Oct – Nov 2009. Perú.
- Malca, C., Poma, C. y Lip, G., 1996. Estimación poblacional de moluscos y crustáceos de importancia económica en el ecosistema manglar de Tumbes, Proyecto Manglares – Pro Naturaleza, Tumbes – Perú.
- Mennonite Economic Development Associates Subsidiary PERU - 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.
- Mennonite Economic Development Associates Subsidiary PERU - MEDA, 2010. Diagnóstico de los Impactos sobre la Calidad del Agua del SNLMT y su ZA. Informe final 2010. Perú: MEDA.
- Mialhe, F., Gunnell, Y., Mering, C. 2013. The impacts of shrimp farming on land use, employment and migration in Tumbes, northern Peru. *Ocean & Coastal Management*, 73(0), 1-12. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.12.014>.
- Ministerio de la Producción - Produce, 2010. Anuario Estadístico 2010. Oficina General de Tecnología de la Información y Estadística. Disponible en: <http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/1/jer/ANUARIO_ESTADISTICO/anuario-estadistico-2010.pdf>; [Accesado el 18 de octubre de 2013].
- Ministerio de la Producción - Produce. 2012. Anuario Estadístico 2011. Oficina General de Tecnología de la Información y Estadística. Perú: Ministerio de la Producción. Disponible en: <<http://www.produce.gob.pe/images/stories/Repositorio/estadistica/anuario/anuario-estadistico-2011.pdf>> [Accesado el 05 de diciembre de 2013].
- Ministerio de la Producción - Produce, 2014. Derechos en Acuicultura. [online]. Disponible en: <<http://www.produce.gob.pe/index.php/servicios-en-linea/derechos-en-acuicultura>>; [Accesado el 15 de julio de 2014].
- Ordinola, E, Montero, P., Alemán, S. y Llanos, J., 2008. Prospección del recurso concha negra (*Anadara tuberculosa*) en los manglares de Tumbes, 13 - 24 Febrero 2007. Inf. Tec. Interno. Instituto del Mar del Perú - Imarpe.
- Poma, C. 1995. Dinámica poblacional y nivel de explotación del cangrejo de los manglares Ucides occidentales. Julio 1994 – Abril 1995. Tumbes, Perú.
- Pronaturaleza, 2000. Aportes para un manejo sostenible de los manglares de Tumbes. Perú.
- Sathirathai, S. y Barbier, E., 2001. Valuing mangrove conservation in southern Thailand. *Contemp. Econ. Pol.* 19, 109e122.
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas - Sernanp, 2012. Compendio de Legislación sobre Áreas Naturales Protegidas. Perú: Sernanp, PDRS-GIZ, SPDA.
- Sotelo, F., 2009. Diagnóstico situacional sobre la tenencia y ocupación de las tierras que conforman la zona de amortiguamiento del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes. Estudio Jurídico Sotelo y Asociados.
- Takahashi, J., 2002. Manglares del Perú, Revisión Histórica 1942-2002. Estudio realizado por AB SUSTENTA SAC para el Proyecto Proyecto Fortalecimiento del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas-FANPE: Inrena - GTZ. Disponible en: <<http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca/bitstream/123456789/3462/3/BVCI0003371.pdf>> [Accesado el 10 de julio de 2013].
- Thorpe, A., Ibarra, A., Reid, C., 2000. The new economic model and marine fisheries development in Latin America. *World Dev.* 28 (9), 1689-1702.
- Twilley, R., Montano, M., Valdivieso, J., y Boderó, A., 1999. The environmental quality of coastal ecosystems in Ecuador: Implications for the development of integrated mangrove and shrimp pond management. Pag. 199-230. En A. Yanez-Arancibia y A. L. Lara-Dominguez (eds.): Ecosistemas de manglar en America Tropical. Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 380pag.



Foto: Plántula de Rhizophora mangle (mangle rojo).
Crédito: Daniel Flores.

ANEXO 1 PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES

A1. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES SATELITALES DE LA SERIE LANDSAT

Se adquirieron once imágenes satelitales de los sensores MSS, TM, ETM+ y OLI a bordo de los satélites Landsat: 2, 3, 4; Landsat 5; Landsat 7 y Landsat 8, con características de Path 11 y Row 62. Las fechas de las imágenes adquiridas corresponden al periodo de los años: 1977-2014.

Las imágenes Landsat obtenidas de United States Geological Survey - USGS (<http://glovis.usgs.gov/>) registran información en el espectro electromagnético del visible, infrarrojo cercano, infrarrojo medio e infrarrojo térmico. La resolución espacial de estas imágenes es de 30 metros para las bandas multispectrales y de 15 metros para la banda pancromática del Landsat 7 y 8, cuyas características se aprecian en el Cuadro A1.

Cuadro A1. Características de las imágenes analizadas

Id	Sensor	Satélite	Fecha de adquisición	Nivel de procesamiento
1	MSS	Landsat 1	1997/05/16	Nivel 0 (sin procesamiento)
2	MSS	Landsat 2	1982/01/20	Nivel 0 (sin procesamiento)
3	MSS	Landsat 3	1983/02/11	Nivel 0 (sin procesamiento)
4	MSS	Landsat 4	1984/01/12	Georeferenciado
5	TM	Landsat 5	1991/03/28	Georeferenciado
6	TM	Landsat 5	1996/07/31	Georeferenciado
7	TM	Landsat 5	1998/06/19	Georeferenciado
8	TM	Landsat 7	2000/11/23	Georeferenciado
9	ETM+	Landsat 7	2003/05/08	Georeferenciado
10	ETM+	Landsat 7	2008/11/29	Georeferenciado
11	OLI	Landsat 8	2014/03/11	Georeferenciado

Elaboración propia.

A2. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES

Las imágenes satelitales deben ser calibradas radiométricamente para corregir distorsiones relacionadas con la iluminación, la composición y la estructura de la atmósfera. Esto con el fin de poder comparar distintas imágenes para diferentes fechas de adquisición. Uno de los procedimientos más comunes de corrección, consiste en convertir los números digitales (ND) de cada pixel a valores de radiancia espectral.

El proceso de conversión de números digitales a valores de radiancia espectral requiere de la información de la ganancia (Gain) y del sesgo (Bias) del sensor para cada banda. Estas constantes forman parte de un conjunto de información técnica que acompaña a cada imagen llamada archivo de metadatos⁷. El valor del Gain representa la pendiente de la recta de calibración que se muestra en la Figura A1.

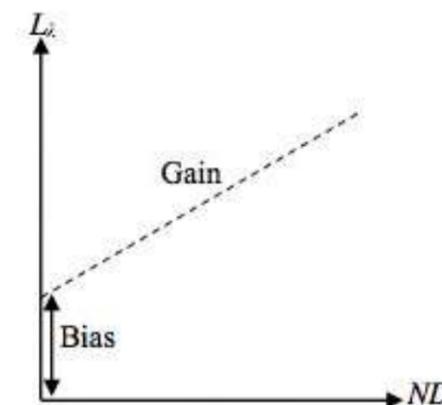


Figura A1. Gráfica de radiancia (L_{λ}) vs nivel digital (ND).

El valor de radiancia espectral para cada pixel se calculó mediante la ecuación (1), propuesta por Markham y Barquer (1986) cuya unidad es $w/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$.

$$L_{\mu} = Gain(ND) + Bias \quad \dots\dots\dots(1)$$

Donde la variable Gain está dado por la ecuación (2)

$$Gain = \frac{L_{max\lambda} - L_{min\lambda}}{Q_{cal_{max}} - L_{Q_{min}}} \quad \dots\dots\dots(2)$$

Mientras que la variable Bias está dado por la ecuación (3).

$$Bias = L_{min\lambda} - \left(\frac{L_{max\lambda} - L_{min\lambda}}{Q_{cal_{max}} - L_{Q_{min}}} \right) Q_{cal_{min}} \quad \dots\dots\dots(3)$$

Finalmente al reemplazar la ecuación (2) y (3) en (1); además factorizando se tiene la ecuación de la radiancia espectral.

$$L_{\lambda} = \left(\frac{L_{max\lambda} - L_{min\lambda}}{Q_{cal_{max}} - L_{Q_{min}}} \right) (ND - Q_{cal_{min}}) + L_{min\lambda} \quad \dots\dots\dots(4)$$

A3. CONVERSIÓN A REFLECTANCIA DE LAS IMÁGENES DE LA SERIE LANDSAT

Los valores de la radiancia espectral de las imágenes MSS, TM, ETM+ y OLI pueden ser convertidas en reflectancia planetaria usando la siguiente fórmula (Chander, 2009).

$$\rho_p = \frac{\pi x L d^2}{E_{SUN\lambda} x \cos \theta} \quad \dots\dots\dots(5)$$

⁷Contiene los coeficientes de calibración radiométrica de la imagen.

Donde:

- ρ_p : Reflectancia planetaria.
- L : Radiancia espectral en la apertura del sensor.

$E_{SUN\lambda}$: Irradiancia exoatmosférica solar promedio de cada banda

- θ : Ángulo cenital solar.
- d : Distancia Tierra-Sol.

El parámetro 'd' de la ecuación (5) puede ser calculada por la ecuación (6)

$$d = (1 - 0.01672x\cos(\text{Radian}(0.9856x(d_n - 4))))^2 \dots\dots\dots(6)$$

A4. CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA EN EL ESPECTRO VISIBLE USANDO EL MÓDULO FLAASH

Los números digitales de los pixeles en una imagen contienen los efectos de la interacción de la radiación con la atmósfera. Por tanto, si se desea obtener información sobre la superficie terrestre, es necesario realizar la corrección atmosférica de los datos imagen. La radiancia registrada por el sensor puede ser parametrizada de acuerdo a la siguiente expresión (Berk et al., 1998).

$$L_{sensor} = \frac{A\rho}{1-S\langle\rho\rangle} + \frac{B\langle\rho\rangle}{1-S\langle\rho\rangle} + L_{atm} \dots\dots\dots(7)$$

Donde:

- L_{sensor} : Radiancia registrada por el sensor.
- ρ : Reflectancia de la superficie en un pixel.
- $\langle\rho\rangle$: Reflectancia promedio del pixel de las regiones vecinas.
- S : Albedo esférico de la atmosfera.
- L_{atm} : Radiancia que corresponde a la dispersión de la atmosfera superior.
- A y B : Coeficientes independientes de la superficie y que varían con las condiciones atmosféricas.

Los valores A, B, S y L_{atm} son determinados por el código MODTRAN 4 a partir del ángulo azimutal y la elevación del Sol, del ángulo de visión del satélite, de la elevación promedio del área de estudio, del modelo atmosférico, del aerosol elegido, y de la altura de visibilidad. Una vez determinados estos valores por el código MODTRAN 4 y considerando que $\rho = \langle\rho\rangle$ en la ecuación (7) y el valor de la reflectancia promedio (ρ) se puede estimar en función de la radiancia promedio de la imagen, (L) (Berk et al., 1998).

$$\langle L \rangle = \frac{(A+B)\langle\rho\rangle}{1-S\langle\rho\rangle} \dots\dots\dots(8)$$

La radiancia promedio de la imagen (L) se determina a partir de la función de distribución de dispersión del punto. Una vez determinada la reflectancia promedio (ρ) en la ecuación (7), su valor se reemplaza en la ecuación (8) para determinar la reflectancia ρ de cada pixel.

A5. COMPOSICIONES DE COLOR

Desplegando una banda del sensor por cada uno de los tres colores primarios de la luz: rojo, verde y azul (RGB, por sus siglas en ingles), y combinando su información espectral en los tres cañones del monitor, es posible obtener una gran variedad de combinaciones que permiten extraer mayor información de la imagen (Lozano et al., 2005).

Debido a los buenos resultados a escala regional, en combinación con la información detallada del suelo, como entrada de referencia los métodos visuales de interpretación, se utilizan ampliamente para mapear los ecosistemas complejos (Silapathong y Blasco, 1992). Para las combinaciones de bandas de los sensores MSS2 y MSS3 es RGB: 564, MSS4 es RGB: 231, TM y ETM+ es RGB: 742; OLI es RGB: 753 puesto que este arreglo permite resaltar la vegetación de mangle del resto de coberturas.

A6. CLASIFICACIÓN SUPERVISADA

La clasificación multiespectral es un proceso de identificación y extracción de información de las firmas espectrales (asignando pixeles a diferentes categorías o clases basado en firmas espectrales similares u homogéneas). Las diferentes clases pueden ser agua, suelo agricultura, desierto, montañas, etc. Además, es una fase fundamental en el análisis de imágenes y su objetivo es categorizar los pixeles de la imagen en varias clases para la obtención de mapas temáticos de las distintas coberturas existentes sobre el área de estudio.

La clasificación supervisada se realiza usando el algoritmo de máxima probabilidad, ya que es considerado uno de los procedimientos más acertados y eficientes, siempre y cuando los datos sigan una distribución normal (Maselli et al., 1992).

La clasificación supervisada fue validada con datos obtenidos en las salidas de campo, además de realizarse la matriz de confusión para cada imagen con fines de calcular la exactitud de la clasificación, el análisis de separabilidad, cálculo de índice de fiabilidad y la fase de validación de las clases informacionales.

Análisis de separabilidad de firmas espectrales

Teniendo los campos de entrenamiento, se crearon las firmas espectrales y se realizó el análisis de separabilidad que permite evaluar el grado en el cual las categorías pueden ser distinguidas espectralmente. Para este efecto se utilizó el método de divergencia transformada. Los valores que se obtienen a través del cálculo de separabilidad fluctúan entre 0 y 2, donde el valor de 2 representa la separabilidad máxima entre los pares de clases. Para la interpretación de los valores de separabilidad, se usaron valores mostrados en el Cuadro A2.

Cuadro A2. Definición cualitativa propuesta para la interpretación de los valores de separabilidad, divergencia transformada

VALORES DT	GRADO DE SEPARABILIDAD
0-1	Separabilidad muy pobre
1-1.9	Separabilidad pobre
1.9-2	Buena separabilidad

Fuente: Garcia et al. (2008).





© Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz 169, Urb. Mayorazgo IV Etapa, Ate, Lima, Perú
Central Telefónica: (511) 317 2300
<http://www.igp.gob.pe>
 <http://www.facebook.com/igp.peru>
 http://twitter.com/igp_peru