



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Geofísico del Perú - IGP



# ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD

PRESENTE Y FUTURA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN TUMBES

Informe Técnico Especial

Asociado en la implementación / Responsables

Asistencia técnica y financiera

Cofinanciamiento



Trabajando para todos los peruanos







PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto  
Geofísico del Perú - IGP



# ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD

PRESENTE Y FUTURA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN TUMBES

Informe Técnico Especial



**Estudio de la vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes  
Informe Técnico Especial**

Elsa Galarza Contreras  
**Ministra del Ambiente**

Hernando Tavera  
**Presidente Ejecutivo**

Edmundo Norabuena  
**Director Científico**

**Editores:**

Luis Céspedes  
Alejandra Martínez

**Diseño y diagramación**

Dante Guerra Echeandía

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú Nro. 2017-11141  
ISBN: 978-612-46859-8-9

**Editado por :**

Instituto Geofísico del Perú  
Calle Badajoz 169, Urb. Mayorazgo, IV Etapa, Ate Vitarte, Lima, Perú  
Central telefónica: (+ 51 1) 3172300

<http://portal.igp.gob.pe/>  
**Tiraje:** 1992 ejemplares

Primera edición, septiembre 2017

**Impreso por:**

INVERSIONES IAKOB S.A.C.  
Telf. (051-1) 2963911  
Dirección: Av. Iquitos 1481 – La Victoria

Este documento ha sido elaborado en el marco del proyecto TACC: Hacia un desarrollo bajo en carbono y resiliente al cambio climático en las regiones de Piura y Tumbes.

## Equipo Técnico

### **Responsable**

*Alejandra Martínez Grimaldo*

### **Coordinador**

*Luis Céspedes Reyes*

### **Equipo de investigación**

*Luis Céspedes Reyes*

*Karen León Altuna*

*Ángela Mendoza Alto*

*Romel Príncipe Aguirre*

*María Prado Mendoza*

*Daniel Flores Caballero*

*César Gaspar Siancas*

### **Expertos en Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera**

*Sergio Morera Julca*

*Kobi Mosquera Vásquez*

*Ken Takahashi Guevara*

### **Apoyo en recopilación y sistematización de información**

*Javier Alvarez Delgado*

### **Apoyo administrativo**

*Almendra Rojas Carhuaz*

### **Diseño & Diagramación**

*Dante Guerra Echeandía*

# Presentación

El Instituto Geofísico del Perú a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), con el apoyo del GORE Tumbes, y en el marco del proyecto “Hacia un desarrollo bajo en carbono y resiliente al cambio climático en las regiones Piura y Tumbes” - Proyecto TACC ejecutó el estudio “Vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes” durante el año 2015.

Dicho estudio estuvo constituido por tres partes o productos: a) Línea base de la región Tumbes, b) Análisis de la vulnerabilidad actual ante la variabilidad y el cambio climático de la región Tumbes y c) Análisis de la vulnerabilidad futura ante la variabilidad y el cambio climático en la región Tumbes, así como un informe complementario sobre el diseño y la creación de un modelo de base de datos geográficos de la región. En el desarrollo de los tres productos se consideró el análisis de los sectores agrícola, acuícola, turismo, infraestructura y vida humana, los cuales son de mayor importancia en la región.

El presente reporte técnico especial presenta en forma esquemática la terminología, marcos de referencia, lógica de análisis y un resumen de cada uno de los productos. El desarrollo completo del estudio (aspectos socioeconómicos, aspectos biofísicos, gráficos, cuadros, figuras, datos SIG, etc.) se incorpora en su integridad en un CD que se incluye en este volumen.

Esperamos estar aportando a que Tumbes cuente con información consolidada y confiable que pueda servir como insumo para los instrumentos de gestión en la toma de decisiones tanto de las instituciones públicas como privadas para afrontar eventos climáticos adversos a los que recurrentemente Tumbes está expuesta, así como para su uso en investigaciones sobre la realidad de la región.

Invitamos al lector a revisar tanto este informe técnico especial, así como a revisar y utilizar la información contenida en el cd adjunto.

***Dr. Hernando Tavera***  
***Presidente Ejecutivo***  
***Instituto Geofísico del Perú***

# *Agradecimientos*

La ejecución del presente estudio fue posible gracias al apoyo de los profesionales de instituciones públicas y privadas que generosamente brindaron su tiempo e información: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas y sus jefaturas localizadas en Tumbes, Ministerio de Agricultura y Riego, Ministerio de la Producción, Dirección Regional de Comercio Exterior y Turismo Tumbes, Dirección Regional de Agricultura de Tumbes, Dirección Regional de Acuicultura de Tumbes, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Instituto Nacional de Defensa Civil, Universidad Nacional de Tumbes, Municipalidad Provincial de Tumbes, Municipalidad Distrital de Pampas de Hospital, Municipalidad Distrital San Juan de la Virgen, Municipalidad Distrital San Jacinto, Municipalidad Distrital Corrales, Municipalidad Distrital La Cruz, Municipalidad Distrital Canoas de Punta Sal, Municipalidad Distrital Zorritos, Municipalidad Distrital Casitas, Municipalidad Distrital Zarumilla, Municipalidad Distrital Aguas Verdes, Municipalidad Distrital Matapalo, Municipalidad Distrital Papayal.

Finalmente, agradecemos al Gobierno Regional de Tumbes (GORE Tumbes) y al Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) por la confianza otorgada al encargarnos la ejecución del presente estudio.

***El Equipo Técnico***

# Contenido

<b>Equipo Técnico</b> Página 06	<b>Vulnerabilidad actual</b> Página 38
<b>Presentación</b> Página 07	<b>Eventos asociados a la variabilidad climática, variabilidad interanual y El Niño</b> Página 38
<b>Agradecimientos</b> Página 08	<b>Tendencias climáticas</b> Página 40
<b>Contenido</b> Página 09	<b>Caracterización socioeconómica</b> Página 42
<b>Acónimos</b> Página 10	<b>Análisis de vulnerabilidad</b> Página 43
<b>Terminología</b> Página 12	<b>Vulnerabilidad futura</b> Página 46
<b>Limitaciones</b> Página 18	<b>Escenarios climáticos futuros</b> Página 46
<b>Marco de referencia</b> Página 18	<b>Vulnerabilidad</b> Página 48
<b>Zona de estudio</b> Página 21	<b>Contenido del CD</b> Página 50
<b>Lógica de análisis del estudio</b> Página 23	<b>Parte 1 Diagnóstico biofísico y socioeconómico de Tumbes</b> Página 50
<b>Lógica de análisis de la base geofísica y socioeconómica</b> Página 23	<b>Parte 2 Vulnerabilidad actual ante la variabilidad climática de la región Tumbes</b> Página 60
<b>Lógica de análisis de vulnerabilidad actual</b> Página 25	<b>Parte 3 Vulnerabilidad futura ante la variabilidad climática de la región Tumbes</b> Página 66
<b>Lógica de análisis de la vulnerabilidad futura</b> Página 26	<b>Parte 4 Diseño y creación de un modelo de base de datos geográficos de la región Tumbes</b> Página 70
<b>Diagnóstico biofísico y socioeconómico</b> Página 27	<b>Bibliografía</b> Página 73
<b>Diagnóstico biofísico</b> Página 27	<b>Anexos</b> Página 95
<b>Diagnóstico socioeconómico</b> Página 33	
<b>Peligros de origen hidrometeorológico y oceanográfico</b> Página 35	

# Acrónimos

<b>AAA</b>	Autoridad Administrativa del Agua
<b>ALA</b>	Administración Local del Agua
<b>AMP</b>	Algoritmo de Máxima Probabilidad
<b>ANA</b>	Autoridad Nacional del Agua
<b>ANP</b>	Área Natural Protegida
<b>ATA</b>	Asesores Técnicos Asociados S.A
<b>ATUSA</b>	Aguas de Tumbes S.A.
<b>BFI</b>	Índice de Flujo Base
<b>CDC</b>	Centro de Datos para la Conservación
<b>CEREN</b>	Proyecto Comité Ejecutivo de Reconstrucción de El Niño
<b>CLIVAR</b>	Climate Variability and Predictability
<b>CPNTC-</b>	
<b>IGP</b>	Centro de Predicción Numérica del Tiempo y Clima - IGP
<b>DESA</b>	Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental
<b>DIGESA</b>	Dirección General de Salud Ambiental
<b>DIREPRO</b>	Dirección Regional de Producción de Tumbes
<b>- TUMBES</b>	
<b>ECA</b>	Estándares de Calidad Ambiental
<b>ENEPA</b>	Encuesta Estructural de la Pesquería Artesanal en el Litoral Peruano
<b>ETCCDMI</b>	Equipo de Expertos para el Cambio Climático Monitoreo Detección e Índices
<b>GORE</b>	Gobierno Regional
<b>IGP</b>	Instituto Geofísico del Perú
<b>IMARPE</b>	Instituto del Mar del Perú
<b>INADUR</b>	Instituto Nacional de Desarrollo Urbano
<b>INEI</b>	Instituto Nacional de Estadística
<b>INGEMMET</b>	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
<b>INRENA</b>	Instituto Nacional de Recursos Naturales
<b>MINAGRI</b>	Ministerio de Agricultura y Riego
<b>MINAM</b>	Ministerio del Ambiente
<b>MINEM</b>	Ministerio de Energía y Minas
<b>MTC</b>	Ministerio de Transporte y Comunicaciones
<b>NIR</b>	Near-Infrared
<b>OEFA</b>	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
<b>OIEA</b>	Organización Internacional de Energía Atómica

<b>OLI</b>	Operational Land Imager
<b>OMM</b>	Organización Meteorológica Mundial
<b>ORSTOM</b>	Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación
<b>PBI</b>	Producto Bruto Interno
<b>PEA</b>	Población Económicamente Activa
<b>PEBPT</b>	Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes
<b>PMGRH</b>	Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos
<b>PNCA</b>	Parque Nacional Cerros de Amotape
<b>PNUD</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
<b>PRODUCE</b>	Ministerio de la Producción
<b>RNT</b>	Reserva Nacional de Tumbes
<b>SENAMHI</b>	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
<b>SERNARP</b>	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado
<b>SGAB</b>	Swedish Geological AB
<b>SINADECI</b>	Sistema Nacional de Defensa Civil
<b>SNLMT</b>	Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes
<b>SPI</b>	Índice de Precipitación Estandarizada
<b>SUNASS</b>	Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
<b>SWIR</b>	Short Wave Infrared
<b>TIRS</b>	Thermal Infrared Sensor
<b>TSM</b>	Temperatura Superficial del Mar

# Terminología

*Los términos detallados a continuación fueron los utilizados en la elaboración del presente informe, y se tomaron del Fourth Assessment Report (AR4) y Fifth Assessment Report del IPCC.*

## Amenaza

IPCC (2007, 2014a) relaciona el término amenaza generalmente con el clima asociado a eventos físicos, tendencias o sus impactos físicos. Definiéndose como la potencial ocurrencia de un evento natural o físico, inducido por la actividad humana, o tendencia o impactos físicos que pueden causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como daños y pérdidas materiales, infraestructura, medios de vida, servicios de provisión, ecosistemas, y recursos ambientales.

## Capacidad Adaptativa

Es la habilidad de los sistemas, instituciones, humanos y otros organismos de ajustar el daño potencial, para tomar ventaja de las oportunidades o responder ante las consecuencias (IPCC, 2007, 2012, 2013, 2014a, 2014b).

## Cambio climático

El cambio climático se refiere al cambio en el estado del clima que puede ser identificado (por ejemplo: mediante el uso de pruebas estadísticas) por los cambios en la media o la variabilidad de sus propiedades, y que persisten por un periodo extendido de tiempo, generalmente en décadas o más. El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o forzamientos externos como la modulación de los ciclos solares, erupciones volcánicas y los continuos cambios de origen antropogénico en la composición de la atmósfera o en el uso del suelo. Considerar

que la UNFCCC (Framework Convention on Climate Change) en su Artículo 1, define al cambio climático como: “Un cambio en el clima es atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observado durante períodos de tiempo comparables”. En este sentido, la UNFCCC hace una distinción entre el cambio climático causado por las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y el cambio en la variabilidad por causas naturales (IPCC, 2007, 2013, 2014a, 2014b).

## Escenario

Una descripción verosímil de cómo podría desarrollarse el futuro, basado en un conjunto de suposiciones coherentes e internamente consistentes acerca de las forzantes clave impulsoras (ej.: Tasa del cambio tecnológico, precios) y relaciones (IPCC, 2007, 2013, 2014a).

Se advierte que los escenarios pueden derivar de proyecciones pero usualmente están basados en información adicional de otras fuentes, algunas veces combinadas con historia en narración (IPCC, 2012). Además, se debe tener en cuenta que los escenarios no son predicciones ni pronósticos, pero son útiles para proporcionar una vista de las implicaciones de los desarrollos y acciones (IPCC, 2013, 2014a).

## Escenario climático

Se refiere a una verosímil y generalmente simplificada representación del clima en el

futuro, basado en un conjunto de relaciones climatológicas internamente consistentes, que han sido construidas para uso explícito en la investigación de las potenciales consecuencias del cambio climático antropogénico, frecuentemente sirven como entrada para modelar impactos. Las proyecciones climáticas generalmente sirven como material crudo para construir escenarios climáticos, pero estos usualmente requieren información adicional tal como el clima actual observado (IPCC, 2014a). IPCC (2007, 2013) sostienen que un escenario de cambio climático es la diferencia entre un escenario climático y el clima actual.

## Escenario de Emisión

Es una representación plausible del futuro desarrollo de emisiones de sustancias que son radiactivamente potencialmente activas (p.e.: Gases de Efecto Invernadero - GEI, aerosoles). Están basadas en un conjunto de supuestos coherente y consistente sobre fuerzas impulsoras (como el desarrollo demográfico y socioeconómico, cambio tecnológico) y sus relaciones clave. La concentración de escenarios, derivan de escenarios de emisión, estos son usados como datos de entrada en el modelo climático para estimar proyecciones climáticas.

Actualmente, se han desarrollado nuevos escenarios de emisión para el cambio climático, los cuatro RCP (por sus siglas en inglés Representative Concentration Pathways), fueron desarrollados de manera independiente por la última evaluación del IPCC (IPCC, 2013).

## Ensemble

Es una colección de simulaciones de un modelo que caracterizan una predicción o proyección climática. Las diferencias en las condiciones iniciales y la formulación del modelo resultan en diferentes evoluciones del sistema modelado, las cuales pueden dar información de: la incertidumbre asociada con el error del modelo y el error en las condiciones iniciales en el caso de pronósticos climáticos, así como la incertidumbre asociada con el error y la variabilidad climática interna generada en el modelo en el caso de proyecciones climáticas (IPCC, 2013).

## Evento climático extremo

Un evento climático extremo es un evento excepcional que sucede en un lugar particular y periodo de un año determinado. Las definiciones raramente varían, sin embargo un evento climático extremo puede normalmente comportarse de manera excepcional o más aún que el décimo o noventa percentil de una función de densidad probable se estime de las observaciones. Por definición, las características por la que es llamado clima extremo pueden variar de lugar a lugar en un sentido absoluto. Cuando un patrón de clima extremo persiste por algún tiempo, por ejemplo una estación, puede ser calificada como evento climático extremo, especialmente si este produce un promedio o total que en si mismo es extremo (ejemplo: sequías o lluvias fuertes en una estación) (IPCC, 2013; 2014a).

También se entiende como la ocurrencia de un valor de un clima o variable climática por encima (o



abajo) del valor umbral cercano al extremo superior o inferior del rango de valores observados. Simplificando, los conceptos de clima extremo y evento climático extremo se refieren colectivamente a “climas extremos” (IPCC, 2012).

## Exposición

La presencia de personas, medios de vida, especies o ecosistemas, funciones ambientales, servicios, y recursos, infraestructura, o activos económicos, sociales o bien culturales en lugares o escenarios que podrían verse adversamente afectados (IPCC, 2012, 2014a).

## Incertidumbre

Una expresión del grado en que se desconoce un valor o una relación. Un estado cognoscitivo del conocimiento incompleto que puede resultar de una falta de información o de los desacuerdos acerca de que es lo que se conoce o incluso conocible. Puede tener varios tipos de fuente, desde errores e imprecisiones en la data imprecisa a definiciones, conceptos o terminología ambiguos; o inciertas proyecciones del comportamiento humano. La incertidumbre puede entonces ser representada por medidas cuantitativas (ejemplo una función de densidad probabilística, o un rango de valores calculados mediante modelos diversos) o por declaraciones cualitativas (ejemplo: el reflejo del juicio de un grupo de expertos) (IPCC, 2012, 2013, 2014a, 2014b).

## Modelo climático

Una representación numérica del sistema climático basado en propiedades físicas, químicas y biológicas de sus componentes, sus interacciones, procesos de retroalimentación, y contabilidad de algunos de sus propiedades conocidas.

El sistema climático puede ser representado mediante modelos de diversas complejidades, que es, para algunos un componente o combinación de componentes, un espectro o jerarquía de modelos que pueden ser identificados; diferenciando aspectos como el número de dimensiones espaciales, el alcance de los procesos físicos, químicos o biológicos que están explícitamente representados o están al nivel en el que la parametrización empírica está implicada. Los modelos “Atmosphere-Ocean General Circulation Models (AOGCMs)” proveen una representación del sistema climático que es cercano o el más comprensible del espectro actualmente disponible.

Hay una evolución hacia modelos más complejos con la interacción química y biológica. Modelos climáticos son aplicados como una herramienta investigadora para el estudio y simulación del clima, y para propósitos operacionales, incluidos las predicciones mensuales, estacionales e interanuales (IPCC, 2012, 2013, 2014a, 2014b).

## Modelo Climático Global (GCM)

Los GCMs son las herramientas más avanzadas disponibles actualmente para la evaluación futura del clima, las cuales simulan la respuesta del sistema climático global ante el incremento de las concentraciones de GEI. Un GCM es una representación numérica del sistema climático basado en las propiedades físicas, químicas y biológicas de sus componentes, sus interacciones y procesos de retroalimentación (IPCC, 2013).

## Peligro

El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (Cenepred), entidad



que rige las normas y lineamientos del proceso de estimación del riesgo que incluye el análisis de vulnerabilidad en Perú define como peligro, a la probabilidad de que un fenómeno potencialmente dañino, de origen natural, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos (Cenepred, 2013, 2014).

El peligro según su origen, puede ser de dos clases: los generados por fenómenos de origen natural y los inducidos por la acción humana. Los peligros generados por fenómenos de origen natural podrían ser de geodinámica interna, de geodinámica externa, e hidrometeorológicos y oceanográficos. Cabe resaltar, que en otros países los documentos técnicos referidos al estudio de los fenómenos de origen natural utilizan el término “amenaza”, para referirse al “peligro” teniendo el mismo significado, como es el caso del IPCC, al cual citamos en todas las definiciones del presente marco teórico.

## Predicción climática

Una predicción climática o pronóstico climático es el resultado del intento de producir (empezando desde un estado particular del sistema climático) un estimado de la actual evolución del clima en el futuro, por ejemplo, en la escala de tiempo de una estación, interanual o decadal. Debido a que la evolución del futuro del sistema climático puede ser altamente sensible a las condiciones iniciales, las predicciones son usualmente de naturaleza probabilísticas (IPCC, 2013, 2014a, 2014b).

## Resiliencia

La capacidad de sistemas sociales, económicos y ambientales para enfrentar a los eventos, tendencias o disturbios

amenazantes, respondiendo o reorganizándose de tal manera que se mantenga su función esencial, identidad y estructura, mientras que también se mantiene la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación (IPCC, 2014a, 2014b).

También, se entiende como la habilidad de que un sistema y sus partes componentes se anticipen, absorban, acomoden o recuperen desde los efectos de un evento amenazante de una manera oportuna y eficiente a través de asegurar la preservación, restauración, o mejoramiento de sus estructuras y funciones básicas esenciales (IPCC, 2012).

## Sensibilidad

El grado en que los sistemas o especies son afectados, tanto adversa como beneficiosamente, por la variabilidad o cambio climático. El efecto puede ser directo (ejemplo: un cambio en la cosecha de cultivos en respuesta al cambio en la media, rango, o variabilidad de temperatura) o indirecto (ejemplo: daños, causados por un incremento en la frecuencia de las inundaciones costeras debido al elevamiento del nivel del mar (IPCC, 2014a).

## Variabilidad climática

La variabilidad climática se refiere a variaciones en el estado medio y otras estadísticas (como desviación estándar, ocurrencia de extremos, etc.) del clima en escala temporal y espacial más que eventos climáticos individuales. La variabilidad se puede dar debido a procesos naturales internos dentro del sistema climático (variabilidad interna), o variar por forzantes externas naturales o antropológicas (variabilidad externa) (IPCC, 2012, 2013, 2014a, 2014b).

*“Una comunidad, sistema o bien es vulnerable cuando sus características y circunstancias son susceptibles a los efectos de una amenaza”*  
**(UNISDR, 2009)**

## Vulnerabilidad

IPCC (2007) entiende como vulnerabilidad al grado en que un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. Asimismo, está en función del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático y variación a la que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación.

En el Fifth Assessment Report, IPCC (2014a) se define “vulnerabilidad” como la propensión o predisposición de un elemento o conjunto de elementos de ser adversamente afectado, sosteniendo además que la vulnerabilidad abarca una variedad de conceptos y elementos incluyendo la sensibilidad o susceptibilidad a los daños o la falta de capacidad para enfrentarse y adaptarse.

Sin embargo, a pesar de que el presente estudio basa su marco teórico en las definiciones del IPCC, se optó por revisar otros conceptos de la terminología de vulnerabilidad debido a su aplicación en los diferentes campos de las ciencias, y porque varias instituciones y programas realizan menudeados esfuerzos por tratar de construir una definición simple con el propósito de promover un entendimiento y utilización común de dicho término en la aplicación de la Gestión del Riesgo de Desastres para la reducción del mismo.

UNDRO (1979) definió la vulnerabilidad como el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos en riesgo resultado de la probable ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud dada y expresada en una escala desde 0 (sin daño) a 1 (pérdida total).

La Asamblea General de la ONU a través de la UNDRR desde los años 70 trabaja en el análisis de la vulnerabilidad y realizó esfuerzos por alcanzar una definición clara de esta terminología. Más, otras instituciones, organizaciones y especialistas en los siguientes años también dieron sus aportes en la conceptualización y enfoque según su interés de estudio de la vulnerabilidad.

Cardona (1993) entiende a la vulnerabilidad como la predisposición intrínseca de un sujeto o elemento a sufrir daño debido a posibles acciones externas; o como el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo, resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso.

Posteriormente, Cardona, et al. (2003) definió la vulnerabilidad como un factor de riesgo interno de un sujeto o sistema expuesto a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca a ser afectado o de ser susceptible a sufrir un daño. La vulnerabilidad en otras palabras, “es la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir daños en caso que un fenómeno desestabilizador de origen natural o antropogénico se manifieste”.

Asimismo, Lavell, et al. (2003) y Lavell, A. (2007), conceptualizan la vulnerabilidad como “el factor de riesgo interno de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza, que corresponde a la susceptibilidad de diferentes factores que tiene una comunidad de sufrir efectos desfavorables ante un evento potencialmente peligroso”.

Por otro lado, a partir de Wilches-Chaux (1993, 2007) y Benson y Twigg (2007) la vulnerabilidad es un concepto global que puede ser explicado en términos



físicos, sociales, económicos, ambientales y culturales; y también está determinado por factores institucionales, científicos, tecnológicos y políticos.

Así como las definiciones de los autores anteriores, existen numerosos conceptos por parte de especialistas e instituciones, siendo algunas más complejas que otras; sin embargo, la mayoría conserva el mismo enfoque de sensibilidad y daño de un elemento o conjunto de elementos que se encuentran expuestos a un evento potencialmente adverso. En tanto de forma comprensiva y resumida citamos los siguientes dos conceptos:

Se define como vulnerabilidad a las condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que aumentan la susceptibilidad y exposición de una comunidad al impacto negativo de amenazas (EIRD, 2004).

La UNISDR (2009) define vulnerabilidad, como las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza.

# Limitaciones

El presente estudio se desarrolló sobre la base de información secundaria de instituciones como: Gobierno Regional, municipios, direcciones regionales de Turismo, Agricultura y Acuicultura, entre otras; por su parte, la información socioeconómica se obtuvo de las publicaciones del INEI a través de sus Censos de Vivienda y Población (2007), Socioeconómico (2012), de Pesca (2014) y Agropecuario (2012).

Esta información se complementó con datos primarios obtenidos a través de salidas técnicas de campo y entrevistas a funcionarios de instituciones clave; sin embargo, para futuros estudios será necesario ampliar el recojo y generación de información primaria, tanto socioeconómica como biofísica, pues la corta duración del estudio (nueve

meses) no permitió plantear otras estrategias de recopilación de información a fin de obtener resultados con mayor nivel de detalle.

Adicionalmente, el escenario planteado para el análisis de vulnerabilidad futura (2030), es muy cercano al periodo presente, ya que al hablar de cambio climático se deben considerar los cambios a largo plazo para diferenciar la variabilidad decadal del cambio climático. Por ello, no se encontraron diferencias significativas entre los resultados del análisis de vulnerabilidad presente y futura para la región Tumbes, debido a que el periodo de proyección de escenarios fue demasiado corto, por lo que se sugiere realizar proyecciones a un plazo mayor.

# Marco de referencia

Los países en desarrollado son los más expuestos a impactos producidos por los desastres, pues su infraestructura y sus economías son más vulnerables a los peligros de origen natural (MEF, 2013). Esta situación es crítica en América Latina, y Perú no es ajeno a esta realidad. Este escenario, sumado a que se encuentra ubicado en una zona altamente sísmica, lo convierten en un lugar altamente peligroso y por tanto expuesto a sufrir graves consecuencias ante una mala gestión de los desastres (Aguilar y Echevarría, 2011).

Perú está incluido entre los países más peligrosos del mundo en cuanto a eventos físicos adversos (Castro, 2004) porque en su territorio se presentan dos tipos

de peligro de origen natural. Primero, los de gran escala como terremotos, FEN intensos y sequías severas, y, segundo, los de menor escala como sismos regulares, deslizamientos, deslaves o huaicos, granizadas, heladas y lluvias estacionales que generan inundaciones (MEF, 2013). En general, el impacto de estos peligros de origen natural es difícil de controlar y reducir mediante acciones individuales.

Perú aún no se encuentra preparado para afrontar estos peligros para afrontarlos de forma efectiva, a pesar de que como país hemos asumido compromisos internacionales que desarrollan pautas y otorgan recomendaciones para hacerlo (Aguilar y Echevarría, 2011).

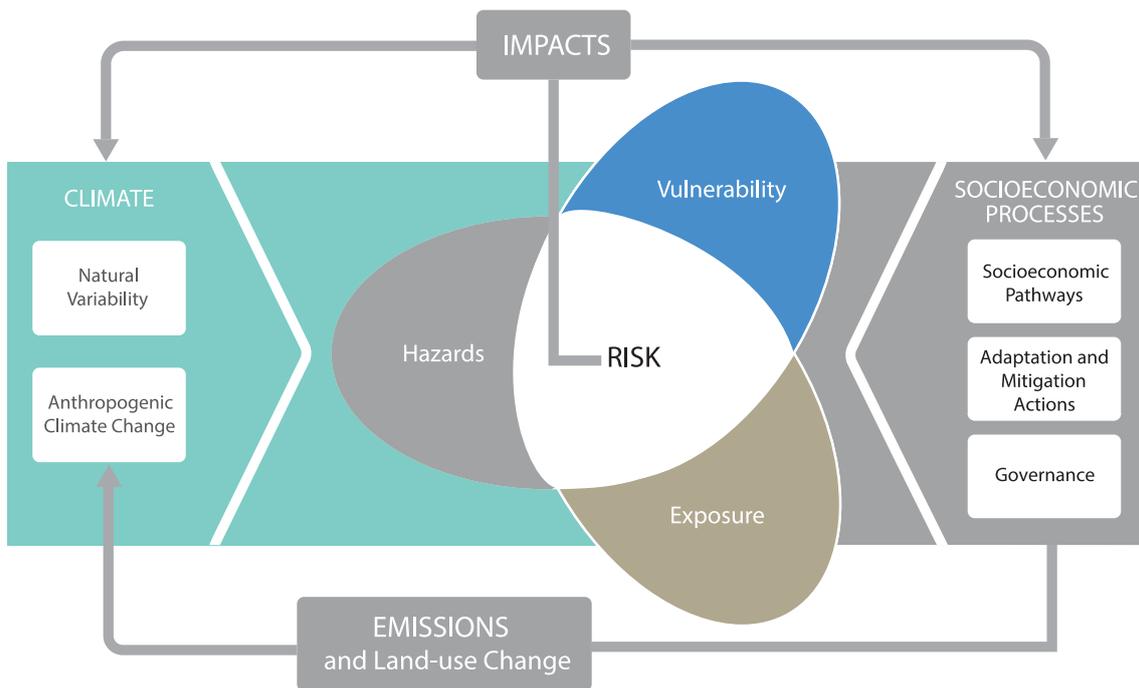


Figura 1. Esquema de la conceptualización de riesgo, vulnerabilidad y peligro del WGII AR5. Fuente: IPCC (2014d).

*“Perú es uno de los países más peligrosos del mundo en cuanto a la ocurrencia de eventos físicos adversos” (Castro, 2004)*

La dimensión del problema de vulnerabilidad del Perú ante desastres y los efectos negativos del cambio climático es significativa. Según diversos estudios recientes, el país está identificado como uno de los países con mayor vulnerabilidad frente a múltiples amenazas naturales, incluidas las de origen climático, en la región (Brooks and Adger, 2003a y 2003b; Dara and The Climate Vulnerable Forum, 2010). Los elevados niveles de vulnerabilidad del país responden a una combinación de causas naturales como la alta variabilidad climática, la compleja geomorfología o la intensidad de la actividad geodinámica y causas de origen humano como la ocupación no planificada del espacio, la persistencia de prácticas productivas inadecuadas, la deforestación y desertificación o la degradación de suelos (Tolmos, et al., 2011; CAPRADE, 2009).

Bajo el contexto anterior, para el análisis de vulnerabilidad actual es de vital importancia contextualizar los términos de

vulnerabilidad y los factores a los cuales se asocia dicho término (exposición, sensibilidad, resiliencia), variabilidad natural, actividades económicas, etc. en un contexto más amplio como el que enmarca el IPCC (2014d). Éste sostiene que se está produciendo la interferencia humana en el sistema climático, y el cambio climático plantea riesgos para los sistemas humanos y naturales (Figura 1), asimismo indica que los impactos y riesgos relacionados con el cambio climático pueden reducirse y gestionarse a través de la adaptación y la mitigación.

Para el análisis de la vulnerabilidad futura, además del marco teórico propuesto por el IPCC (2014d), se consideró un escenario climático a un horizonte determinado, y la proyección de las futuras condiciones de los procesos socioeconómicos identificados. Debe considerarse que un escenario no es una predicción de lo que será el futuro, sino más bien una descripción de cómo el futuro podría desarrollarse (Jäger et al., 2008); bajo estas

*“El nivel de implicancia de los tomadores de decisión en temas de Gestión de Riesgo ante Desastres es un factor clave en la construcción de escenarios futuros de vulnerabilidad en Tumbes”*

condiciones futuras se proyecta el comportamiento de los procesos socioeconómicos al horizonte determinado, basado en las condiciones actuales donde el aspecto institucional referente a la toma de decisiones de las autoridades y planteamiento de medidas de adaptación y mitigación en el área de estudio tiene una gran influencia.

Según se muestra en la Figura 2, el IPCC (2014d) sostiene que nuestro mundo (A) está amenazado por múltiples factores de estrés que inciden en la capacidad de recuperación con muchas direcciones. En dichos factores se incluyen el cambio climático, la variabilidad del clima, el cambio de uso del suelo, la degradación de los ecosistemas, la pobreza y la desigualdad, y los factores culturales. El espacio de oportunidad (B) se refiere a los puntos de decisión y a las vías que

conducen a una serie de posibles futuros (C) con diferentes niveles de resistencia y de riesgo. Los puntos de decisiones (D) resultan en acciones u omisiones en todo el espacio de oportunidad, y juntos constituyen el proceso para gestionar los riesgos relacionados con el cambio climático. Las vías resistentes al clima (E) (en verde) dentro del espacio de oportunidades constituyen un mundo más resistente a través del aprendizaje adaptativo, el aumento de conocimientos científicos, medidas eficaces de adaptación y mitigación, y otras opciones que reduzcan los riesgos. En cambio, las vías que disminuyen la resiliencia (F) (en rojo) pueden implicar la mitigación insuficiente, la mala adaptación, el fracaso de aprender y utilizar el conocimiento, y otras acciones; no obstante, estos pueden ser irreversibles en términos de futuros posibles.

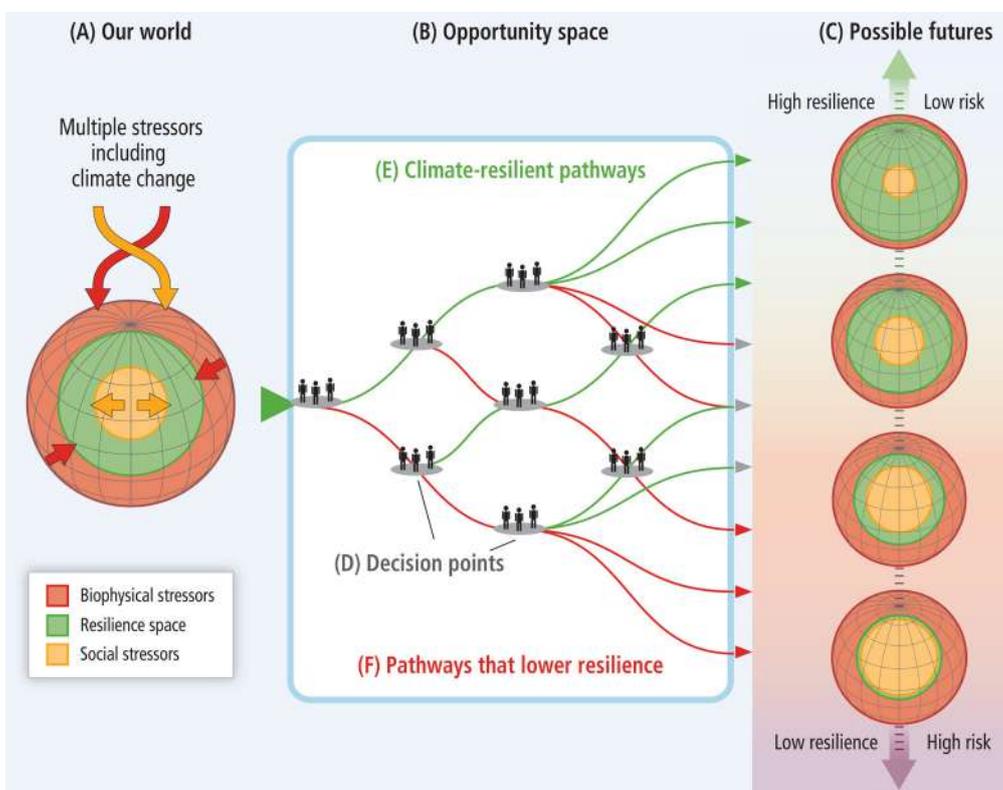


Figura 2. Espacio de oportunidades y vías resistentes al clima. Fuente: IPCC (2014d)

# Zona de estudio

Perú, por sus características físicas y condiciones naturales y ambientales, es altamente susceptible a la ocurrencia de múltiples eventos potencialmente peligrosos en todas sus regiones. Esta situación se ha incrementado en los últimos años, debido principalmente a la ocupación inadecuada e informal del territorio, que no sólo incrementa las condiciones de vulnerabilidad de un individuo o un conjunto de individuos, sino también ocasionan conflictos de uso en el territorio. Estos conflictos provocan la exposición de la población, centros poblados urbanos y rurales (viviendas) e infraestructura (de salud, de comercio, transporte, líneas vitales, etc.) a zonas de alto peligro de origen natural y/o antrópico. A esta situación, debe agregarse la amenaza del cambio climático, que

exacerbaría estas condiciones.

Tumbes no es ajeno a esta problemática, pues se encuentra expuesto a eventos climáticos como lluvias intensas, sequías y la ocurrencia de eventos El Niño, que ocasionan pérdidas de infraestructura y vida humana, afectando el normal desarrollo de la agricultura, acuicultura, turismo, comercio, etc. Tumbes se encuentra situada en la costa septentrional en el extremo noroccidental de Perú. Geográficamente, está ubicada en las coordenadas descritas en el Cuadro 1, y presenta los siguientes límites: por el norte: con la República de Ecuador, por el sur: con la región Piura; por el este: con la República de Ecuador; y por el oeste: con el Océano Pacífico.

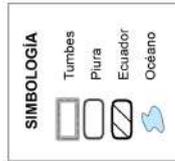
**Cuadro 1. Ubicación de Tumbes por sus coordenadas geográficas**

Sistema de Coordenadas Geográficas		
Latitud	03° 23' 00" S	04° 13' 00" S
Longitud	80° 07' 00" W	81° 02' 00" W

Con una superficie territorial de 4669.2 km<sup>2</sup>, y 11.94 km<sup>2</sup> de superficie insular oceánica, Tumbes es considerado como el departamento

de menor superficie de Perú y se encuentra dividido políticamente en tres provincias y trece distritos.

- **La provincia de Tumbes tiene una superficie de 1 800.15 km<sup>2</sup> con seis distritos (Tumbes, Corrales, La Cruz, San Juan de la Virgen, San Jacinto y Pampas de Hospital).**
- **La provincia de Contralmirante Villar tiene una superficie de 2 123.22 km<sup>2</sup> con sus tres distritos (Zorritos, Canoas de Punta Sal y Casitas).**
- **La provincia de Zarumilla tiene una superficie de 733.89 km<sup>2</sup> con cuatro distritos (Zarumilla, Aguas Verdes, Papayal y Matapalo).**



PERU Instituto Geofísico del Perú  
Ministerio del Ambiente

Estudio de la vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes

**MAPA DE UBICACIÓN**

Elaborado por: César Osage Sotoca

Fecha: 13/05/2015

Mapa: 01



# Lógica de análisis del estudio

## Lógica de análisis de la base geofísica y socioeconómica

Esta primera sección de diagnóstico biofísico y socioeconómico de Tumbes incluyó la identificación, descripción y análisis situacional de la región al 2014. Para ello, se utilizaron – entre otras fuentes -, publicaciones científicas indexadas, reportes técnicos, tesis universitarias, etc.

La información utilizada para el diagnóstico biofísico incluyó la recopilación y sistematización de la información existente sobre clima, geología, geomorfología, suelos, hidrografía y recursos hídricos, cobertura vegetal y bosques y zonas de vida en Tumbes. Adicionalmente se incluyó el levantamiento de información de campo para la identificación de geoformas existentes, de la acción simultánea de efectos degradatorios causados por los agentes de meteorización, de los tipos de asociaciones de suelos y uso actual del suelo, de la diversidad florística, así como de las zonas de vida, considerando la precipitación promedio anual, la evapotranspiración potencial y la altura sobre el nivel del mar. Con esta información se prepararon mapas temáticos, los mismos que presentan variaciones en escala debido a la diferencia en la disponibilidad de la información.

Por su parte, la caracterización socioeconómica incluyó la recopilación y sistematización de los aspectos demográficos (cantidad de población, densidad poblacional,

tasas de crecimiento y migración, tasa de crecimiento anual, mortalidad, etc.), la caracterización de las principales actividades económicas de Tumbes (PBI regional total y por sectores, PEA regional total y por sectores, etc.), la sistematización de la producción económica por principales sectores a ser analizados (énfasis en los sectores de agricultura, acuicultura, turismo, e infraestructura de Tumbes con estadísticas de producción, área de producción, productividad, número de turistas, infraestructura urbana y rural, etc.), y la recopilación y sistematización de la información sobre condiciones de vida a nivel de provincias y distritos de Tumbes: condiciones de vivienda, servicios básicos (agua, luz, teléfono fijo y celular, internet, etc.), educación (analfabetismo total, femenino y masculino, nivel de educación primario, secundario técnico y universitario, etc.), salud (cobertura médica pública y privada, etc.), entre otros

A partir de la información generada y recabada, se analizaron los principales problemas a los que se encuentra expuesto el departamento de Tumbes priorizando el aspecto climático y ambiental. Los resultados expresan elementos técnicos que señalan cual es la relación del problema con sus potenciales causas/orígenes y consecuencias/efectos (Cuadro 2).



Poza de agua medicinal en atractivo turístico denominado "Aguas termales hervideros", ubicado en Zorritos, Contralmirante Villar.

**Cuadro 2. Análisis causa-efecto de principales problemas identificados en Tumbes**

PROBLEMAS	CAUSA	EFEECTO
Erosión del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deforestación en partes altas de la cuenca.</li> <li>Eliminación y quema de rastrojos en algunas zonas.</li> <li>Lluvias intensas (variabilidad climática).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdida de cultivos y parte de usos urbanos.</li> <li>Obstrucción de vías y acceso de comunicación en las partes altas de la región</li> <li>Potencial azolvamiento.</li> </ul>
Lluvias intensas y sequías)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Condicionales naturales locales y/o regionales.</li> <li>Variabilidad climática</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inundación de las laderas de los ríos afectando la actividad agrícola, centros poblados urbanos y actividades acuícolas aledañas.</li> <li>Saturación del suelo.</li> <li>Colapso de centros educativos: inundación de patios, aulas y vías de acceso.</li> <li>Colapso del sistema de agua potable y desagüe.</li> <li>Potencial generación de flujo de lodos, deslizamientos y derrumbes.</li> </ul>
Sequias	<ul style="list-style-type: none"> <li>Condicionales naturales locales y/o regionales.</li> <li>Variabilidad climática.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Escasez del recurso hídrico tanto superficial como subterráneo.</li> <li>Desequilibrio estacional de las cosechas (actividad agrícola).</li> <li>Afectación a ganaderos.</li> <li>Potencial degradación de las cubiertas vegetales.</li> <li>Potencial afectación en la producción industrial y en el uso doméstico.</li> </ul>
Fenómeno El Niño	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambios climatológicos a escala mundial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inundación de las laderas de los ríos afectando drásticamente la actividad agrícola y posteriormente centros poblados urbanos y rurales, actividades acuícolas aledañas.</li> <li>Afectación de actividades de comercio, salud y transporte.</li> <li>Colapso del sistema de infraestructura de energía y de agua potable y desagüe.</li> <li>Potencial pérdida de vidas humanas e infraestructuras (viviendas, centros de salud, comercios, instituciones educativas, etc.).</li> <li>Generación de flujo de lodos, deslizamientos y derrumbes en diferentes partes de la región.</li> <li>Incremento de enfermedades infecciosas y epidemias.</li> <li>Pérdida de comunicación vía terrestre y de las telecomunicaciones.</li> <li>Potencial incremento de los precios de alimentos ante la falta de abastecimiento de comida y agua.</li> <li>Pérdida de empleo por la afectación a las actividades económicas.</li> <li>Afectación drástica a la actividad de turismo en todo el departamento.</li> </ul>
Incremento del nivel del mar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cambios climatológicos a escala mundial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potencial erosión y desaparición de zonas costeras.</li> <li>Potenciales inundaciones de centros comerciales de turismos y embarcaderos que se ubican en los límites costeros.</li> <li>Potenciales pérdidas de suelos de uso agrícola, acuícola y urbano que se encuentren en el actual nivel del mar.</li> <li>Potencial pérdida de áreas de bosque manglar.</li> </ul>
Deforestación (dinámica de cambio de la vegetación)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ampliación de frentes agrícolas.</li> <li>Ampliación y habilitación de áreas acuícolas</li> <li>Consumo de leña y madera.</li> <li>Ganancia de espacio para la actividad ganadera.</li> <li>Lluvias intensas sobre laderas con pendiente alta con suelo saturado (variabilidad climática).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erosión de suelos.</li> <li>Deslizamientos.</li> <li>Afectación del recurso de aguas subterráneas (disminución de la infiltración).</li> <li>Pérdida de recursos forestales.</li> <li>Población con menos posibilidades de obtener bienes y servicios del bosque.</li> <li>Fragmentación y destrucción de bosques.</li> <li>Pérdida de hábitat de especies de flora y fauna</li> <li>Potencial pérdida de biodiversidad y especies endémicas</li> <li>Potencial aumento de especies en peligro de extinción.</li> </ul>
Contaminación de agua en ríos y quebradas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de sistemas de tratamiento de aguas residuales.</li> <li>La población vierte desechos sólidos y aguas servidas sobre los ríos y quebradas.</li> <li>Minería artesanal e informal en las partes altas de la cuenca (relaves y desechos mineros en el río Puyango, Ecuador).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agua no apta para consumo humano.</li> <li>Cultivos contaminados con agua para riego de mala calidad.</li> <li>Personas que lavan en los ríos son vulnerables a padecer enfermedades.</li> <li>Alteración de parámetros físicos y biológicos del agua ocasionando pérdida de recursos hidrobiológicos.</li> </ul>

Elaboración propia.

## Lógica de análisis de vulnerabilidad actual

Para el análisis de la vulnerabilidad actual se consideró como base el estudio de línea base de la región Tumbes, analizándose, a partir de este, la variabilidad climática, específicamente la variabilidad interanual de precipitación y temperatura, tendencias climáticas y los eventos meteorológicos extremos identificados en la región.

Sobre esta base, se desarrolló la caracterización de peligros de origen hidrometeorológico y oceanográfico (lluvias intensas, sequías, inundaciones, erosión y transporte de sedimentos, y nivel del mar) asociadas a la variabilidad climática y sus efectos, y paralelamente se desarrolló el diagnóstico de los sectores económicos de agricultura, acuicultura y turismo.

Finalmente se estimó la vulnerabilidad actual de las actividades económicas priorizadas, considerando la caracterización y diagnósticos generados en los pasos anteriores. Asimismo, se consideró el análisis de los factores de vulnerabilidad: exposición, sensibilidad y resiliencia para cada uno de los sectores priorizados.

La Figura 3 diagrama el procedimiento seguido hasta llegar al nivel de vulnerabilidad actual de cada uno de los sectores. El análisis de las variables climáticas se realizó con el auxilio de metodologías especializadas, las cuales se describen y explican en el CD incluido en este volumen.

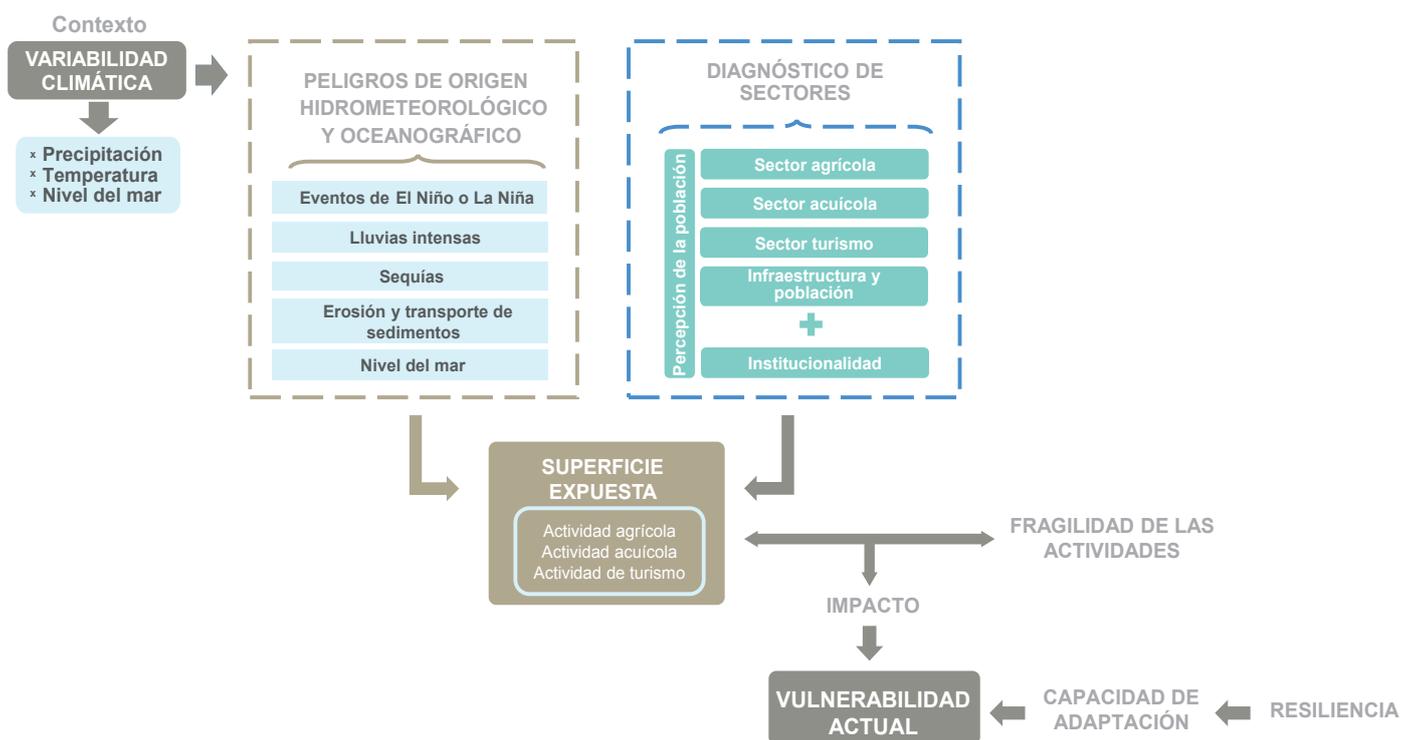


Figura 3. Conceptualización de la vulnerabilidad actual. Elaboración propia.

## Lógica de análisis de la vulnerabilidad futura

Para el análisis de vulnerabilidad futura se determinó el escenario climático o cambios futuros del periodo 2015-2030 respecto a 1971-2000 en la región Tumbes, estimándose los cambios proyectados de la precipitación, temperatura máxima y mínima del aire. Además, a través del uso de índices extremos se calculan los cambios futuros en temperaturas extremas y precipitaciones extremas al 2030.

Sobre la base del escenario climático futuro y peligros asociados (lluvias intensas, sequías, inundaciones y nivel del mar) se realizó la proyección y análisis tendencial de los sectores económicos agricultura, acuicultura y turismo, para finalmente

describir la vulnerabilidad futura de las actividades económicas priorizadas, considerando el análisis de los factores de vulnerabilidad: exposición, sensibilidad y resiliencia para cada uno de los sectores priorizados. Adicionalmente el aspecto institucional tuvo una influencia importante en el resultado de vulnerabilidad de los sectores analizados.

En la Figura 4 se diagrama la lógica seguida para analizar la vulnerabilidad futura. Debe considerarse que para el análisis de las variables climáticas se requirieron metodologías especializadas, las cuales se explican en detalle en el CD anexo a este informe técnico especial.

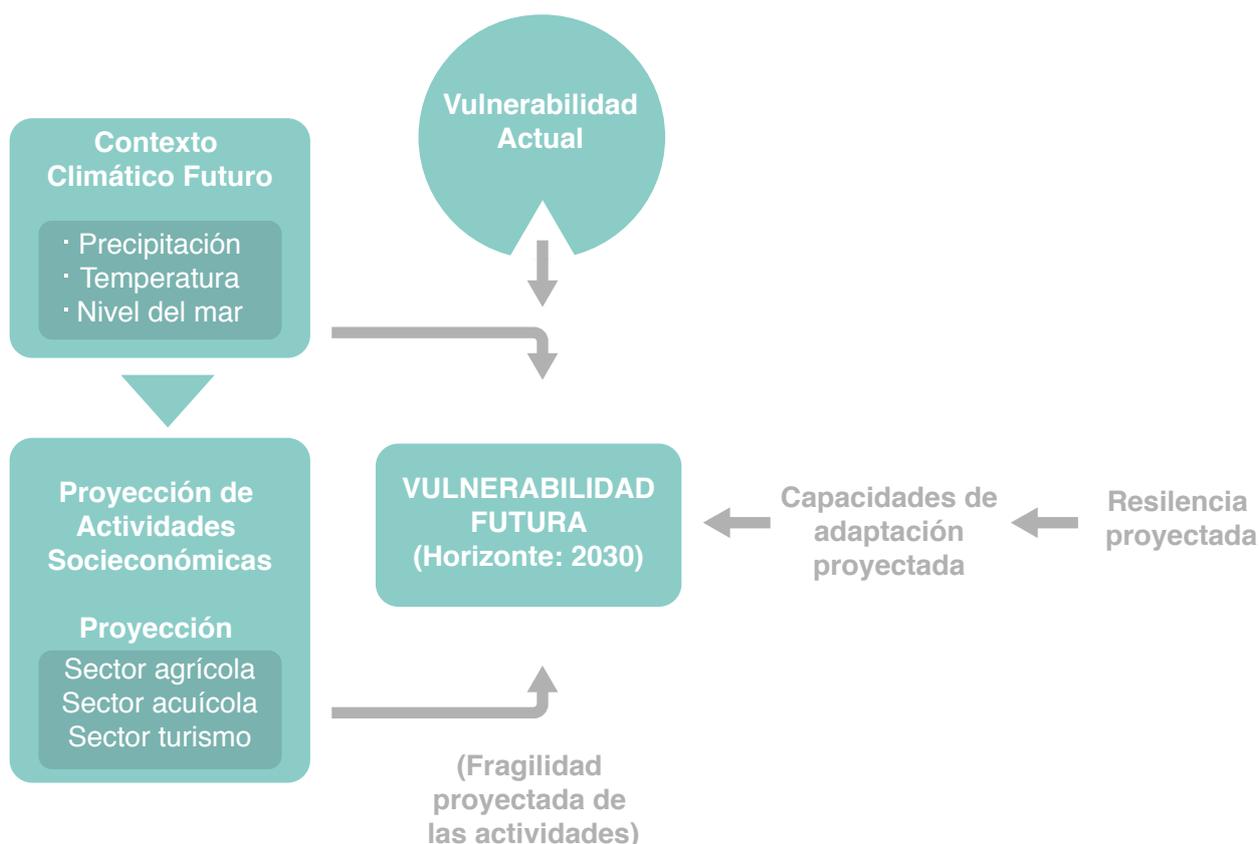


Figura 4. Conceptualización de la vulnerabilidad futura. Elaboración propia.

# Diagnóstico biofísico y socioeconómico

A continuación se presenta un breve resumen de los resultados obtenidos sobre el diagnóstico biofísico. Invitamos al lector a revisar el cd adjunto, donde encontrará la información completa, incluidos mapas, tablas, cuadros, etc.

## Diagnóstico biofísico

*“Tumbes cuenta con nueve unidades hidrográficas, las cuales son: cuenca Tumbes, cuenca Zarumilla, cuenca Quebrada Seca, cuenca Bocapán, cuenca Fernández y 4 intercuenas. Siendo la más importante y de mayor superficie: la cuenca del río Tumbes”*

### Geomorfología, geología, y suelos

La morfología en la desembocadura del río Tumbes es muy variable, con la ocurrencia del último fenómeno El Niño extraordinario su desembocadura ha migrado hacia el norte, ganando terrenos al mar.

Por otro lado, geomorfológicamente, se debe destacar que los valles y llanuras Irrigadas (6.44% del área de estudio) son susceptibles a inundaciones ante la potencial ocurrencia del fenómeno El Niño, afectando áreas agrícolas y acuícolas (langostineras) que se desarrollan principalmente en dicha unidad geomorfológica. No obstante, las vertientes montañosas empinadas a escarpadas (25.36 % del área de estudio) y vertientes montañosas moderadamente empinadas (23.81 % del área de estudio) representan una amenaza moderada por los derrumbes, flujos de lodo y deslizamientos que se producen debido a la rapidez con que influye en el movimiento existente en la ladera fruto de su formación y que podrían incrementarse ante la potencial ocurrencia de un evento extremo como las lluvias intensas y fenómeno de El Niño.

Apartir del mapa de suelo, la asociación Fluviosol éutrico – Regosol éutrico (5.77% del área de estudio) se ubica en gran parte de la desembocadura del río Tumbes principalmente en los valles cultivados, abarcando también zonas de las llanuras onduladas y llanuras disectadas de la parte baja de la cuenca del mismo nombre. Por el tipo de textura del suelo ésta resulta idónea para el desarrollo de la actividad agrícola. La asociación Leptosol éutrico - Regosol éutrico - Afloramiento lítico, se presenta en casi todo a lo largo de la costa de Tumbes constituyéndose dentro de zonas de llanuras onduladas, llanuras disectadas, vertientes montañosas

moderadamente empinadas y vertientes montañosas empinadas a escarpadas. Por último, tenemos la asociación Cambisol éutrico – Vertisol éutrico cuya textura del suelo es benéfica en las partes bajas para el desarrollo de actividades agrícolas pero resulta de moderado peligro para las partes altas ya que por la pendiente del terreno es susceptible a generar deslizamientos.

Respecto a la geología de Tumbes, estratigráficamente hablando se tienen unidades que van desde las más antiguas, pertenecientes al Precámbrico hasta las más modernas que pertenecen al Cuaternario, con marcados hitos principalmente en el Triásico y Jurásico. Así se tiene que en el Macizo La Brea y Los Amotapes el basamento está constituido por un complejo metamórfico antiguo de edad indeterminada. La serie del Paleozoico superior sobreyace con discordancia y aflora en la parte sur de los Amotapes. En el Mesozoico destaca principalmente el Cretácico dentro del cual tenemos la formación Pananga y Muerto, el grupo Copa Sombrero con la formación Encuentros y la formación Pazul, constituidos por secuencias sedimentarias marinas. En el Eoceno tenemos la formación Salinas caracterizada por un conglomerado basal, areniscas y lutitas. En el Oligoceno encontramos a la formación Máncora con conglomerados y areniscas gruesas a finas, yaciendo concordantemente encima de la formación Heath conformada por lutitas y areniscas. En el Mioceno se conforma las formaciones Zorritos, Cardalitos y Tumbes de naturaleza arenoso fino. Finalmente en el Cuaternario se tienen depósitos aluviales en las quebradas, depresiones y depósitos eólicos en las llanuras costaneras, dentro de los que se pueden reconocer depósitos antiguos y recientes.



## Recursos hídricos

Tumbes presenta nueve unidades hidrográficas que pertenecen a la región hidrográfica del Pacífico. De acuerdo a la normatividad vigente, las cuencas se encuentran en el ámbito de la Administración Local de Agua (ALA) de Tumbes, la cual pertenece a la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) Jequetepeque-Zarumilla y depende funcional y administrativamente de la Autoridad Nacional del Agua (ANA-Minagri). La unidad hidrográfica de mayor superficie en la región es la cuenca Tumbes (1 671.28 km<sup>2</sup>), seguida por las cuencas Bocapán (905.42 km<sup>2</sup>) y Fernández (744.41 km<sup>2</sup>).

El río Tumbes tiene un régimen permanente de agua, con caudales medios mensuales que fluctúan entre 18 m<sup>3</sup>/s a 305.5 m<sup>3</sup>/s, con una media anual de 101.4 m<sup>3</sup>/s, teniendo en cuenta los registros de la estación El Tigre que corresponde al periodo 1963-2012. El río Zarumilla presenta caudales medios mensuales que fluctúan entre 0.07 m<sup>3</sup>/s a 23.9 m<sup>3</sup>/s, con una media anual de 6.2 m<sup>3</sup>/s, teniendo en cuenta los registros de la estación Puente Bolsico que corresponde al periodo 1992-2013.

No existe un monitoreo hidrológico en las cuencas Quebrada Seca, Quebrada Fernández, Quebrada Bocapán y las intercuencas de la región lo cual genera incertidumbre sobre la disponibilidad hídrica de dichas zonas. No obstante, las Quebradas Seca y Fernández son intermitentes y permanecen secas la mayor parte del año.

Según el Anuario de Estadísticas Ambientales (INEI, 2014), la producción per cápita de agua potable en la región por medio de la empresa Aguas de Tumbes S.A. (Atusa) es creciente, de 152 l/hab/día en el 2004 a 339 l/hab/día en el 2012, lo cual está posiblemente ligado al aumento de la población. Sin embargo, la cobertura de agua potable es deficiente (81.2% al año 2012) evidenciando la intermitencia en el servicio.

La demanda hídrica poblacional en toda la región de Tumbes es de 19.173 hm<sup>3</sup> al año 2011 según Atusa,

siendo el lugar de mayor demanda la ciudad de Tumbes con 7.703 hm<sup>3</sup>.

Respecto a la demanda hídrica agraria referida en la ANA (2013), el volumen total de agua entregado en el valle del río Tumbes a los sectores de riego es de 273.2 hm<sup>3</sup> al año 2011, siendo los meses de mayor entrega de agosto a noviembre (estiaje) y de menor entrega de diciembre a abril (avenidas). Mientras que la dotación de agua calculada en la ANA (2013) para Zarumilla y Casitas-Bocapán al año 2006 es de 12.92 hm<sup>3</sup> y 8.65 hm<sup>3</sup>, respectivamente. En base a lo anterior, se afirma que la demanda hídrica agraria del valle del río Tumbes es muy superior al de los otros sectores de riego.

La demanda pecuaria, acuícola e industrial, cuyos datos fueron obtenidos del estudio de la ANA (2013) sostiene que el valor del consumo anual del sector pecuario en Tumbes, Zarumilla y Casitas es de 0.293, 0.095 y 0.467 hm<sup>3</sup>, respectivamente. La demanda hídrica acuícola sólo se presenta en Tumbes y Zarumilla y el volumen de agua anual que se requeriría si los usuarios dejaran de usar el agua de mar o esteros asciende a 40 hm<sup>3</sup> y 42.7 hm<sup>3</sup>, respectivamente. Para el caso de la demanda industrial, ésta sólo se presenta en Tumbes y el valor estimado fue de 0.123 hm<sup>3</sup>.

Referente a la oferta hídrica superficial según la ANA (2013), el río Tumbes, el río Zarumilla y la Quebrada Bocapán presentan aportaciones naturales medias anuales de 3099.56, 141.47 y 134.48 hm<sup>3</sup>, respectivamente. A esta oferta superficial se debe añadir la oferta hídrica subterránea, la cual fue estimada en la ANA (2012) con reservas potencialmente explotables en los acuíferos de Tumbes, Zarumilla y Casitas-Bocapán de 36.97, 16.57 y 1.61 hm<sup>3</sup>/año, respectivamente.

El balance hídrico para las cuencas de Tumbes y Zarumilla (territorio peruano), considerando la oferta subterránea y una oferta superficial al 75% de persistencia, se evidencia la existencia de un superávit en todos los meses del año. En la cuenca Tumbes

*“Tumbes tiene una temperatura media anual de 24.9°C, una humedad relativa media anual de 80.86%, un valor medio anual de 125.12 horas de sol y una precipitación anual que fluctúa entre los 150 mm (parte baja del territorio de Tumbes) hasta los 1050 mm (parte alta de Tumbes)”*

existe un amplio margen para el aumento de la demanda; sin embargo, se deben realizar estudios actuales para determinar el caudal ecológico y evaluar si efectivamente está siendo respetado principalmente en época de estiaje. En el caso de la cuenca Zarumilla el superávit es mínimo en época de estiaje, por lo cual, en caso de aumento de la demanda, es necesario considerar la construcción potencial de infraestructura hidráulica para cubrir el incremento de la futura demanda. Asimismo, para dicha cuenca se debe cuantificar el caudal ecológico. De igual manera se recomienda desarrollar un estudio de balance hídrico detallado donde se incluya factores como la recarga del acuífero.

El acuífero de Zarumilla presenta la mayor explotación de aguas subterráneas y un balance hídrico ajustado en época de estiaje (setiembre – diciembre). Por ello, es importante desarrollar estudios

actuales y detallados en este acuífero (ej. inventarios sobre los recursos subterráneos), así como continuar con el monitoreo (aforos, implementar redes de control piezométrico e hidrogeoquímico, etc.) para evaluar si efectivamente el volumen explotado no supera la reserva explotable (volumen disponible que no perjudica el acuífero en cantidad ni en calidad). De igual manera dichas recomendaciones se deben tomar en cuenta para el acuífero de Casitas-Bocapán y Tumbes.

Respecto a la calidad del agua, las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla se encuentran afectadas por los vertimientos de aguas residuales domésticas, agrícolas, acuícolas (en algunas zonas) y agropecuarias, así como por la mala disposición de residuos sólidos. Además, las aguas de la cuenca del río Tumbes soporta el impacto de la actividad minera de la parte alta de la cuenca Puyango-Tumbes en la zona del Ecuador.

## Climatología

La temperatura media anual en Tumbes en base al análisis de cuatro estaciones meteorológicas (El Salto, La Cruz, Papayal, Puerto Pizarro) es de 24.9°C y varían en promedio desde 19.8°C a 30.5°C. La temperatura máxima mensual en promedio es de 34°C (febrero o abril) y la temperatura mínima mensual en promedio es de 18°C (agosto o setiembre).

La ANA (2013) refiere que la humedad relativa media anual en el Tumbes es de 80.86% y el valor medio anual de horas de sol es de 125.12 hrs. En Tumbes, basados en información disponible de 4 estaciones meteorológicas y para diferentes periodos de observación (12-46 años), la velocidad del viento tiene un valor promedio anual de 3.8 m/s.

La precipitación media areal en las cuencas Tumbes, Zarumilla, Bocapán, Intercuenca 13939 e Intercuenca 13951 es de 423.6, 469.8, 333.3, 249.4 y 348.3 mm/año, respectivamente, considerando territorio peruano.

La precipitación en la zona tiene un régimen unimodal, cuyos meses de mayor precipitación se da en los meses de enero a abril (49-900 mm) y la época de estiaje ocurre entre los meses de junio a noviembre (1.5-35 mm). La precipitación anual fluctúa entre los 150 mm (parte baja) hasta los 1050 mm (parte alta).

Según la clasificación climática realizada por el Senamhi (2011), Tumbes presenta dos zonas climáticas. La primera con un clima desértico, cálido, con deficiencia de lluvia en todas las estaciones y humedad relativa calificada como húmeda. La segunda con un clima semicálido, desértico, con deficiencia de lluvia en todas las estaciones y humedad relativa calificada como húmeda. No existe una buena ubicación y densidad de estaciones meteorológicas para cuantificar las diversas variables climáticas en toda la región, principalmente la precipitación. Las series de datos son en algunas zonas muy cortas y/o incompletas.



## Uso actual del suelo

El mapa de uso actual del suelo se obtuvo a partir del tratamiento de imágenes satelitales del sensor OLI (LANDSAT 8) del año 2014. Estas imágenes son apropiadas para la determinación del uso de suelo a una escala de 1:100000 como el que se obtuvo para el presente estudio.

El método aplicado de clasificación supervisada fue adecuado para reproducir la cobertura actual del uso de suelo en Tumbes ya que proporcionó una fiabilidad superior al 90%. Las clases obtenidas son fiables ya que fueron validados con trabajos de campo y posteriormente ajustados con procedimientos técnicos a fin de obtener resultados con mayor exactitud y precisión.

En Tumbes se identifican los siguientes usos del suelo: bosque manglar, bosque seco de montaña,

bosque seco de colina alta, bosque seco de colina baja, uso agrícola, uso acuícola, uso urbano y cuerpos de agua (ríos, canales, etc.).

Para las épocas seca y lluviosa, la cobertura dominante para el área de estudio es la cobertura vegetal de bosque seco de colina baja con un 33.39% en la época lluviosa frente al 50.54% para la época seca. La diferencia de porcentaje se debe a que en épocas lluviosas el área de bosque seco de colina baja posee follaje y pasa a clasificarse como bosque seco de colina alta. La cobertura obtenida para la temporada húmeda se ajusta y reproduce mejor como la cobertura de uso actual del suelo de Tumbes. Esto a partir de las visitas técnicas de campo y considerando como referente la cobertura vegetal del Perú de MINAM (2012).

## Zonas de vida

En Tumbes se identifican nueve zonas de vida (desierto subtropical, maleza desértica tropical, maleza desértica subtropical, monte espinoso subtropical o monte espinoso premontano tropical, monte espinoso tropical, bosque muy seco Tropical, bosque seco tropical, bosque seco subtropical o bosque seco premontano tropical y bosque húmedo subtropical).

En el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes se encuentra una única zona de vida, monte espinoso tropical, esto debido a que el ecosistema manglares está principalmente influenciado por las corrientes marinas y lacustres, más no por las condiciones climáticas. Por otro lado, la Reserva Nacional de Tumbes posee tres zonas de vida, las cuales son bosque seco tropical, bosque seco premontano tropical y bosque muy seco tropical (SERNANP, 2012b). Por último en el Parque Nacional Cerros de Amotape posee seis zonas de vida (bosque seco premontano tropical, bosque seco tropical, bosque muy seco tropical, monte espinoso tropical, monte espinoso premontano tropical y monte muy seco tropical) de las cuales, la zona de vida monte muy

seco tropical no está descrita para Tumbes (SERNANP, 2012a).

Para el SNLMT se han sistematizado 72 especies de aves (Schulenberg et al., 2010), además 6 especies de mamíferos, 6 especies de reptiles, 7 especies de crustáceos y 6 de moluscos (CDC, 1997). En la RNT las taxas encontradas corresponden a primates (Saavedra y Green, 1987) y 51 especies de aves (Schulenberg et al., 2010). Por último se han sistematizado 59 especies de aves para el Parque Nacional Cerros de Amotape (Schulenberg et al., 2010).

En cuanto a especies amenazadas se han encontrado 15 de estas que se distribuyen en todo Tumbes (CDC, 1992). Por otro lado, encontramos el centro de endemismo Tumbes, albergando a especies como pavas de monte neotropicales (*Penelope albipennis*, *Ortalis erythroptera*), los pericos loritos (*Aratinga erythrogenys*, *Forpus coelestis* y *Brotogeris*), chiroca (*Icterus graceannae*), rata canguro sudamericana (*Phyllotis gerbillus*) y la ardilla nuca blanca (*Sciurus stramineus*).



En Tumbes, a pesar de poseer una gran diversidad de especies de distintas taxas de fauna, las especies amenazadas no representan

un número considerable. En tanto, las investigaciones acerca de endemismo en Tumbes son mínimas y es necesario ahondar en este tema.

## Cobertura vegetal

En Tumbes se identifican tres áreas naturales protegidas según el SINANPE: el Parque Nacional Cerros de Amotape (PNCA), el Santuario Nacional Manglares de Tumbes (SNLMT) y Reserva Nacional de Tumbes (RNT).

La cobertura vegetal para Tumbes, comprende cinco coberturas vegetales: manglar (Mg), bosque seco de montaña (Bsmo), bosque seco colina alta (BSCa), bosque seco de colina baja (BSCb) y desierto costero (D). El SNLMT, según Chaccha (1999), posee seis tipos de cobertura (matorral arbolado, matorral ralo, matorral ralo pastizal, áreas salinas y playas y bancos de arena). Para la RNT, se encontraron cinco tipos de cobertura: bosque denso alto, bosque abierto alto, áreas arenosas naturales, tierras desnudas y pastos. Por otro lado, en el PNCA se han encontrado nueve tipos de cobertura: bosque seco denso de montaña, bosque seco semidenso de montaña, bosque seco denso de colina, bosque tropical del Pacífico, bosque seco semidenso de llanura, bosque seco denso de llanura, bosque muy seco ralo de llanura, bosque seco semidenso de colina y bosque seco ralo de llanura (Sernanp, 2012a).

La descripción de la cobertura vegetal de Tumbes se basó de la clasificación de cobertura vegetal del MINAM (2012) y se relacionó con los resultados de la cobertura de uso actual del suelo que tuvo validación de campo.

La vegetación en el ecosistema manglares es perennifolia, de baja diversidad y está dominada por árboles de mangle, por el contrario la mayor diversidad se encuentra en los matorrales asociados a gramíneas y cyperáceas (CDC, 1997). En general la diversidad vegetal del SNLMT está conformada por 26 familias, 63 géneros y 85 especies, de las cuales las familias más abundantes son Poaceae (29 especies, 14 géneros), Cyperaceae (8 especies, 4 géneros), Solanaceae (5 especies, 4 géneros), Fabaceae y Boraginaceae (4 especies y 3 géneros cada una) (CDC, 1997). En el caso de la RNT destacan los árboles de gran tamaño (se sistematizaron 10 especies), además de especies forrajeras, destacando la “chilena” (*Panicum maximum*). Para el PNCA se han sistematizado 27 especies entre arbóreas y herbáceas.

## Deforestación

El mayor cambio de hábitat en el ecosistema manglares según Mialhe, Gunnell y Mering (2013), entre los años 1962 y 2007 fueron el suelo desnudo, la vegetación mixta, bosque seco y bosque manglar. El suelo desnudo en su mayoría fue desplazado por el desarrollo de la actividad agrícola (6293 ha.) y de la actividad acuícola (4444 ha). La vegetación mixta principalmente cambió a tierra cultivada (3117 ha), el bosque seco fue principalmente reemplazado por la construcción de langostineras (3865 ha), del mismo modo el hábitat de los manglares por la actividad acuícola en 2121 ha. Otros hábitats que han cambiado

tanto por causas antropológicas como por naturales son: cuerpos de agua por langostineras (2590 ha), humedal a cuerpo de agua (2058 ha) y tierra cultivada a langostineras (3230). Se puede observar entonces que los principales motores de cambio en el ecosistema manglares son las actividades agrícolas y acuícola.

En el caso de la RNT la cobertura de bosques ha disminuido por el aumento de pastizales en 3314 ha, asimismo en la porción de 2421.97 ha analizadas del PNCA los pastizales han aumentado en 65.01 ha desplazando a la cobertura boscosa.

## Fauna silvestre

En Tumbes se ha identificado la diversidad de fauna marina, lacustre (de los ríos Tumbes, Zarumilla y esteros de Puerto Pizarro) y continental, distribuida en las áreas naturales protegidas y fuera de ellas. Es así que en Tumbes se ha encontrado mayor diversidad de taxones; la fauna marina está compuesta por 81 especies de peces entre demersales y/o costeros del litoral de Tumbes y pelágicos, además de 21 especies de crustáceos, 12 de moluscos y una especie de equinodermo correspondiente al pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) (Barreto y Ordinola, 2001).

En los ríos Tumbes, Zarumilla y esteros de Puerto Pizarro se encontraron 43 familias, 105 especies, de las cuales 34 fueron reconocidas como nuevas para el Perú (Chirichingno, 1963). En cuanto a aves se sistematizaron 18 especies marinas y 76 especies entre costeras y continentales (Schulenberg et al., 2010).

En Tumbes también se encuentra al cocodrilo de Tumbes (*Crocodylus acutus*) (Escobedo y Mejía, 2003); por último se logró sistematizar una gran diversidad de lepidópteros (mariposas), Lamas (1976) identificó 121 especies.



### Aspectos sociales

La población del departamento de Tumbes durante el periodo de 67 años, comprendido entre 1940 y 2007, se incrementó de 25709 habitantes en 1940 a 200306 habitantes en el 2007. A nivel provincial, Zarumilla tuvo el mayor incremento de población de 3414 a 41054 habitantes, seguida de la provincia de Tumbes de 15 510 a 142 338 y Contralmirante Villar de 6785 a 16 914 habitantes.

Respecto a la tasa intercensal de crecimiento, en los cinco censos realizados de 1940 al año 1993, se mantuvieron mas o menos constantes para Tumbes en aproximadamente 3%, y entre los tres últimos censos de 1993 al 2007 esta tasa bajó a cerca del 1%. La densidad poblacional más alta se encuentra en el distrito de Tumbes con 601 hab/Km<sup>2</sup> y Aguas Verdes con 348 hab/Km<sup>2</sup>, seguidos de Zarumilla, Corrales y La Cruz, que superan los 100 hab/Km<sup>2</sup>. Por otro lado, en los distritos restantes la densidad está por debajo de los 35 hab/Km<sup>2</sup>.

La población inmigrante entre el año 2002 y 2007, fue de 17 202 personas en su mayoría de las ciudades de Piura (7220 inmigrantes), Lima (3188) y Lambayeque (2053). Por otro lado, la población emigrante de Tumbes se traslada generalmente en busca de mejores puestos de trabajo, mayor calidad en educación y mejores oportunidades de vida, a otros departamentos del país, siendo Lima la principal ciudad de destino con 4337 emigrantes, seguida de Piura (3097), La Libertad (1203) y Lambayeque (1055).

La población educativa bajo la modalidad escolarizada al año 2012, agrupa al mayor número de estudiantes en el nivel primario con 27 328 alumnos matriculados, seguido del nivel secundario (18 044) y del nivel superior (6873).

Respecto al alfabetismo, el INEI muestra que aproximadamente el 10% del total de hombres (8900) y mujeres (8987) mayores de tres años, no sabe leer ni escribir. Replicándose el mismo porcentaje a nivel provincial y distrital, solo en el distrito de Pampas de Hospital este porcentaje se duplica para el caso de hombres y mujeres.

Tumbes cuenta con 48 638 viviendas al 2007, con un promedio de 4 habitantes por vivienda, siendo el material predominante en la construcción de paredes el ladrillo y la quincha con un 42% (20 336) y 37% (18 199) respectivamente. Asimismo, el material predominante para los pisos de las viviendas son la tierra y cemento con un 43% (20 702) y 50% (24 352) respectivamente, el 7% restante se encuentra dividido en pisos de loseta, parquet, madera y otro material.

Los pobladores de Tumbes tienen como idioma predominante el castellano y el 99,7% de la población aproximadamente lo utiliza.

Tumbes cuenta con 309 clubes de madres, 533 comités del programa vaso de leche, 455 comedores populares, 225 wawa wasi, 19 centros de adulto mayor y 17 organizaciones juveniles, siendo la provincia de Tumbes la que agrupa al mayor cantidad de estas asociaciones.

La población urbana y rural se asienta en zonas altamente vulnerables, evidenciando la falta de planes de gestión del territorio en los diferentes distritos de la región. Es de vital importancia la elaboración de planes de ocupación del territorio para evitar la expansión y ocupación de espacios de forma informal y desordenada por la población.

## Aspectos económicos

El Producto Bruto Interno de Tumbes de 1994 al 2011 se ha incrementado en un 45% aproximadamente. Sin embargo, la participación del PBI de Tumbes respecto a la del país se mantiene por debajo del 1%.

La actividad agrícola es una de las actividades más significativas del departamento y forma parte sustancial de su desarrollo económico, entre los principales productos agrícolas se tiene el arroz en cáscara, plátano de seda, banano orgánico, banano dominico y el limón. Según el IV Censo Nacional Agropecuario 2012, el departamento de Tumbes tiene una cobertura de uso del suelo de 21 024.87 ha y a través de técnicas de teledetección para la determinación del mapa de uso actual del suelo para la región se obtuvo 23 320 ha para el uso de suelo agrícola. Cabe resaltar que según la técnica de teledetección aplicada se manejó un valor de confiabilidad de 91.75%, por el cual la variación de dichos valores se encuentran dentro del rango de confianza.

La actividad pesquera, representa un segmento importante en el desarrollo socioeconómico y cultural de la región, siendo fuente principal de alimento, empleo e ingresos.

La actividad acuícola, a través del cultivo de langostinos, se desarrolla con 32 empresas bajo el sistema de producción a mayor escala, 25 empresas a menor escala y una empresa dedicada a la producción de semilla. Asimismo, Produce y la Direpro-Tumbes otorgaron 84 derechos en todo Tumbes.

Tumbes se posiciona como una gran oportunidad de turismo, ya que cuenta con tres ecorregiones: Mar Tropical, Bosque Seco Ecuatorial y Bosque Tropical del Pacífico, las mismas que conforman la Reserva de Biosfera del Noroeste, la zona de endemismo Tumbesina y un litoral con más de 130 km de playa.

El departamento de Tumbes cuenta con dos empresas registradas ante el Ministerio de Energía y Minas, cuya producción de petróleo crudo va en aumento. Así, se tiene que la empresa BPZ, en el año 2010, alcanzó una

producción máxima de 100 517 186 barriles de petróleo crudo. En el año 2007 contó con 200 306 habitantes, de los cuales 77 353 personas pertenecieron a la población económicamente activa (PEA), dividida en 71% (55 656) de hombres y 29% (21 697) de mujeres. Asimismo, la PEA urbana fue de 91% (70 537) y la rural de 9% (68169).

Tumbes, hasta el año 2007, registró que del total de viviendas, el 81% (39 458) disponían de alumbrado eléctrico y el 19% (9180) aún no contaba con el servicio. La provincia Tumbes registró que el 83% (28 568) de las viviendas disponían de alumbrado eléctrico y el 17% (5714) de las viviendas no disponían de él, seguida de la provincia de Zarumilla que registró el 76% (7753) de las viviendas con disposición de alumbrado eléctrico y el 24% (2490) sin ese servicio, y finalmente la provincia de Contralmirante Villar registró que el 76% (3137) de las viviendas contaban con el servicio y el 24% (976) restante no.

Tumbes cuenta con diferentes tipos de abastecimiento de agua y desagüe. Así, el 60% (29 218) del total de viviendas disponen de una red pública dentro de la vivienda, seguida de los abastecimientos del vecino y red pública fuera de la vivienda pero dentro del edificio, con el 12% (6296), y 8% (4033) respectivamente, y el 20% restante dividido entre pilón, pozo, río y cisternas,

El servicio de líneas móviles ha crecido de 22 001 en el año 2004 a 262 929, mientras que las líneas de servicio de telefonía fija al 2011 crecieron 15% (10 595) respecto al año 2004.

Según el sistema de red vial, Tumbes para el año 2004, contaba con una red vial nacional de 199 km, red departamental de 334 km y red vecinal de 370 km, sumando un total de 902 km de longitud.

Tumbes cuenta con 42 establecimientos de salud (hospitales, centros de salud y puestos sanitarios) con un total de 315 camas. Por otro lado, Tumbes cuenta con 644 profesionales de salud, los cuales se encuentran divididos entre médicos (174), odontólogos (30), psicólogos (21), enfermeras (152), nutricionistas (8) y obstetras (144).



Áreas de cultivo inundadas por desborde del río Tumbes ante la ocurrencia de lluvias intensas. Crédito: ANDINA/José Hidalgo.

## Peligros de origen hidrometeorológico y oceanográfico

La variabilidad de la precipitación en la región fue analizada mediante el cálculo de índices extremos definidos por el Equipo de Expertos para el Cambio Climático Monitoreo Detección e Índices (ETCCDMI) para el periodo 1964-2011. De ello se concluye que la variabilidad interanual de la precipitación en época húmeda está fuertemente modulada por los eventos extraordinarios El Niño (1983 y 1998) donde se produjeron las precipitaciones más extremas de la región. Sin embargo, ambos eventos fueron diferentes, en 1983 se registró una mayor frecuencia de días húmedos respecto a 1998, mientras que las precipitaciones fueron de mayor magnitud (más intensas) en 1998 respecto a 1983.

Al analizar las tendencias de los índices extremos mediante un modelo de regresión lineal simple, se obtuvo una tendencia positiva significativa tanto en la frecuencia como en la intensidad de las precipitaciones extremas de algunas estaciones, principalmente en la cuenca media-baja de Tumbes donde se posee mayor información pluviométrica.

Los máximos valores de tendencias significativas se obtienen para la estación Rica Playa con 1.90 y 1.26 días/década para los índices R10 (número de días con precipitación intensa) y R20 (número de días con precipitación muy intensa) y tendencias de 37.62 y 12.69 mm/década para R95p (días muy húmedos) y RX1day (máxima precipitación en 1 día).

Respecto a las sequías, se ha realizado un análisis meteorológico e hidrológico mediante dos índices (SPI y BFI, respectivamente) que permitió detectar años secos y húmedos en Tumbes para el periodo 1964-2011. De los 48 eventos analizados, 15 corresponden a periodos húmedos, 15 a periodos normales y 18 a periodos secos.

De los periodos lluviosos, se observa: 2 eventos extremadamente lluviosos (1983 y 1998), 2 eventos muy lluviosos (2002 y 2008) y 11 eventos moderadamente lluviosos. De los periodos secos, se observa 3 eventos extremadamente secos (1968, 1978 y 1979), 2 eventos severamente secos (1974 y 1982) y 13 eventos moderadamente secos.

En el evento extremadamente húmedo de 1998 las mayores anomalías porcentuales de precipitación ocurrieron en las estaciones de Puerto Pizarro y El Salto (1005.5% y 983.2%). Mientras que para los años extremadamente secos, los mayores déficits de precipitación ocurrieron en Rica Playa y El Tigre (-100% y -60.4%). Al correlacionar el índice meteorológico e hidrológico con los índices E y C de Takahashi et al. (2011) se pudo distinguir la influencia de los diferentes tipos de El Niño en la variabilidad interanual de la precipitación en Tumbes. Con ello se obtuvo que el calentamiento del Pacífico Este (eventos El Niño) durante enero a abril, genera un incremento de la precipitación en la época húmeda. Sin embargo, no existe una muy alta relación con el BFI, el cual representa la variabilidad de la duración del estiaje en el río Tumbes. Por otro lado, la influencia de la variabilidad de la temperatura superficial del mar en el Pacífico Central no fue significativa.

Respecto a la dinámica del transporte de sedimentos cuantificado en Quincho (2015), para la cuenca Puyango-Tumbes (PT) en la estación El Tigre, se obtuvo un gasto sólido total promedio histórico igual a 1.6 millones de toneladas anuales ( $340 \text{ t.km}^{-2}.\text{año}^{-1}$ ), de los cuales aproximadamente el 98 % se transporta en suspensión y un 2% en fondo.

Para la cuenca Zarumilla (ZA) en la estación La Coja, se obtuvo un gasto sólido total promedio histórico igual a 0.1 millones de toneladas anuales ( $136 \text{ t.km}^{-2}.\text{año}^{-1}$ ), de los cuales aproximadamente el 75 % se transportan en suspensión y un 25 % en fondo. Se aprecia un aporte importante de sedimento de fondo. Sin embargo, las limitaciones de dicho estudio surgen a partir de los caudales bajos registrados durante el 2013-2014. Los resultados confiables se limitan a un rango de caudales monitoreados comprendidos entre 50 a  $600 \text{ m}^3/\text{s}$  y de 1 a  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  para el río PT y ZA respectivamente. Estos valores de sedimentación son un reflejo de la erosión en la parte alta de la cuenca PT y ZA.

En el futuro, la costa peruana no solo estará expuesta al incremento del nivel

\*Agencia Peruana de noticias Andina (2012). Declaran en situación de emergencia al departamento de Tumbes por lluvias de emergencia al departamento de Tumbes por lluvias. Publicado el 29/02/2012 en: <http://www.andina.com.pe/agencia/noticia-declaran-situacion-emergencia-al-departamento-tumbes-lluvias-402156.aspx>



del mar como consecuencia del cambio climático (deshielo de los casquetes polares y dilatación del mar, entre otros factores), sino también a los procesos físicos que actualmente cambian el nivel del mar periódicamente.

Los procesos más importantes que afectan el cambio del nivel del mar en la costa peruana son: La onda Kelvin (proceso relacionado con el evento El Niño), los tsunamis y las mareas.

Las ondas Kelvin son consideradas como precursoras del desarrollo del evento El Niño, independiente del tipo de evento El Niño que se dé, siempre existirá la posibilidad que la onda Kelvin alcance la costa peruana e impacte la temperatura del mar. Esto provoca un impacto en la actividad pesquera; de ocurrir en la época de verano, su impacto en la atmósfera sería a través de intensas precipitaciones en la costa; y dependiendo de la intensidad de la onda, pueden provocar inundaciones en la franja costera.

Los tsunamis se caracterizan por su capacidad de destrucción: pérdidas de vidas humanas, pérdida de infraestructura (viviendas, puentes, carreteras, etc.) y efectos adversos al entorno ambiental. La costa peruana está expuesta a los tsunamis debido a su cercanía al Cinturón de Fuego del Océano Pacífico, donde la generación de un sismo de gran magnitud en el océano, puede inducir a tsunamis que alcanzarían la costa en pocos minutos.

Los estudios recientes muestran que los impactos de El Niño (y La Niña, la fase opuesta) por lluvias son muy sensibles a la ubicación de los calentamientos o enfriamientos en el Pacífico. El calentamiento en el Pacífico oriental promueve localmente las lluvias (Woodman, 1999; Lagos et al., 2010; Lavado y Espinoza, 2014) ya que permite al aire superficial superar la capa de inversión térmica que es prevalente en nuestra costa y ascender para alimentar las tormentas intensas de humedad (Ramos, 2014; Woodman y Takahashi, 2014; Takahashi et al., en preparación).

Machuca (2014) a partir de los datos obtenidos de los compendios de estadísticas de emergencias de INDECI producidas en el Perú entre 1991 al 2012, sostiene que una inundación promedio durante un

evento de magnitud neutra reportó 43 afectados, 81 damnificados, 1 vivienda destruida y 41 viviendas afectadas. Una inundación promedio durante un evento El Niño débil reportó 246 afectados, 98 damnificados, 3 viviendas destruidas y 74 viviendas afectadas. Una inundación promedio durante un evento El Niño moderado reportó 678 damnificados, 7 viviendas destruidas y no reportó afectados ni viviendas afectadas. Una inundación promedio durante un evento El Niño extraordinario reportó 855 damnificados, 78 viviendas destruidas, 80 viviendas afectadas y no se registraron afectados.

En general, se observa que el número de impactos promedio por inundación aumenta conforme la magnitud del evento. Sin embargo, no todas las inundaciones se atribuyen a eventos Niño. En promedio, el 71% de las inundaciones de Tumbes (periodo 1991-2012) se dieron durante alguna categoría de El Niño. A nivel distrital, se reportó 1 inundación en temporada de lluvias en el distrito de Zarumilla, 2 inundaciones cada uno en los distritos de Casitas y Pampas de Hospital, 3 inundaciones en el distrito de Papayal, 4 inundaciones en el distrito de San Jacinto, 5 inundaciones en cada uno de los distritos Corrales, La Cruz, Matapalo y San Juan de la Virgen, 11 inundaciones en el distrito de Aguas Verdes y el mayor número de reportes en el distrito de Tumbes con 23 inundaciones. En los distritos de Zorritos y Canoas de Punta Sal no se reportaron inundaciones.

Núñez y Zegarra (2006) sostienen que durante el fenómeno El Niño del año 1982/1983, se presentaron dos focos de acumulación de precipitaciones, ubicados en la cuenca media y alta de Puyango-Tumbes (Ecuador-Perú) sobrepasaron los 7000 mm. En el fenómeno El Niño del año 1997/1998, las lluvias se concentraron en la cuenca media (Perú-Ecuador) superior a los 5000 mm.

En ambos fenómenos en la cuenca baja (Perú) se incrementaron las lluvias en más de 800%, trayendo consigo la sobresaturación del suelo y substrato (Núñez y Zegarra, 2006). Durante el fenómeno El Niño del año 1982/1983 llovió más que en el del año 1997/1998, hubo mayor incremento de las lluvias en la cuenca baja que en la cuenca media y alta.

En la parte baja de la cuenca del río Tumbes durante los períodos del fenómeno El Niño, y a consecuencia de las lluvias intensas y colmatación del río, ocurren fenómenos de erosión e inundación de diversos espacios donde los ríos al retomar antiguos cauces o formar nuevos, afectan áreas agrícolas, acuícolas, urbanos e infraestructuras de líneas vitales (transporte, telecomunicaciones, etc.) y servicios (energía, agua y desagüe, etc.).

A partir de los reportes/listados de emergencias y daños producidos del Instituto Nacional de Defensa Civil, entre 1995 y 2013 se identifica que

la mayoría de eventos registrados en Tumbes corresponde a fenómenos de origen hidrometeorológico: inundación, lluvias intensas y sequías, posteriormente también se registran maretaos (marejadas), vendavales (vientos fuertes) y otros.

El Instituto Nacional de Defensa Civil reportó para Tumbes: 662 casos de emergencias, 29 240 casos de viviendas afectadas, 519 casos de viviendas destruidas, 22 casos de fallecidos, 15 449 casos de personas damnificadas y 24 586 ha de superficie de tierras de cultivo afectadas por ocurrencia de desastres entre 2002 – 2012 en todo el departamento.

# Vulnerabilidad actual

A continuación se presenta un breve resumen de los resultados obtenidos sobre la vulnerabilidad actual para Tumbes. Invitamos al lector a revisar el cd adjunto, donde encontrará la información completa, incluidos mapas, tablas, cuadros, etc.

## Eventos asociados a la variabilidad climática, variabilidad interanual y El Niño

La región Tumbes, dada su ubicación en la zona tropical, se ve fuertemente afectada por la variabilidad climática asociada al fenómeno El Niño. Este fenómeno, dependiendo de su magnitud, afectará el comportamiento de las lluvias, los caudales, el transporte de sedimentos, etc.

La variabilidad interanual de la precipitación en Tumbes está fuertemente modulada por los eventos extraordinarios El Niño (1982-83 y 1997-98) donde se produjeron las precipitaciones más extremas de la región. Esta variabilidad de la precipitación, durante la época húmeda, es modulada en un 83 % por la TSM del Pacífico Ecuatorial Este. Es decir, el calentamiento (enfriamiento) de esta región del Pacífico provocará mayor (menor) precipitación en Tumbes.

Las lluvias durante estos eventos El Niño han presentado un comportamiento espacio-temporal diferenciado, en parte debido al comportamiento de la ITCZ, la cual se retiró hacia el norte mucho más rápido en 1997-98 que en 1982-83. Esto provocó que la precipitación para el primer evento se prolongue más allá de la época de lluvias hasta el mes de junio, mientras que el evento El Niño 1997-98 estuvo más acorde a la estacionalidad de la zona. Como consecuencia se registró una mayor precipitación total anual para 1997-98 respecto a 1982-83; sin embargo, las precipitaciones más extremas ocurrieron en 1997-98.

Mediante el SPI (Índice de Precipitación Estandarizada) calculado para seis meses (Dic-May), se detectaron los años secos y húmedos en Tumbes para el periodo 1964/65 – 2010/11. De los 47 eventos analizados, 14 corresponden a periodos húmedos, 16 a periodos normales y 17 a periodos secos. De los periodos lluviosos, se observa: 2 eventos extremadamente lluviosos (1982/83 y 1997/98), 2 eventos muy lluviosos (2001/02 y 2007/08) y 11

eventos moderadamente lluviosos. De los periodos secos, se observa 3 eventos extremadamente secos (1967/68, 1977/78 y 1978/79), 2 eventos severamente secos (1973/74 y 1981/82) y 13 eventos moderadamente secos.

Los impactos en las lluvias son más anómalos en eventos extremadamente húmedos a comparación de eventos extremadamente secos. Por ejemplo, en el verano de 1998 se produjeron anomalías porcentuales de precipitación de hasta 1005.5 % y 983.2 % (Puerto Pizarro y El Salto). Mientras que, en promedio, en los veranos de 1978 y 1979 se produjeron déficits de precipitación de hasta 100 % y 60.4 % (Rica Playa y El Tigre).

Respecto a la dinámica del transporte de sedimentos cuantificado en Quincho (2015), para la cuenca Puyango-Tumbes (PT) en la estación El Tigre, se obtuvo un gasto sólido total promedio histórico igual a 1.6 millones de toneladas anuales ( $340 \text{ t.km}^{-2}.\text{año}^{-1}$ ), de los cuales aproximadamente el 98 % se transporta en suspensión y un 2 % en fondo. Para la cuenca Zarumilla (ZA) en la estación La Coja, se obtuvo un gasto sólido total promedio histórico igual a 0.1 millones de toneladas anuales ( $136 \text{ t.km}^{-2}.\text{año}^{-1}$ ), de los cuales aproximadamente el 75 % se transportan en suspensión y un 25 % en fondo. Sin embargo, existen algunas limitaciones de dicho estudio a partir de los caudales bajos registrados durante el 2013-2014. Estos valores de sedimentación son un reflejo de la erosión en la parte alta de las cuenca PT y ZA.

En la parte baja de la cuenca del río Tumbes durante los periodos del fenómeno El Niño, a consecuencia de las lluvias intensas y colmatación del río, ocurren fenómenos de erosión e inundación de diversos espacios al retomar antiguos cauces o formar nuevos, afectando áreas agrícolas, acuícolas, urbanas e infraestructuras de líneas vitales (transporte, telecomunicaciones, etc.) y servicios

*“Tumbes es altamente vulnerable a la ocurrencia de lluvias intensas y eventos El Niño, generando inundaciones en diversos espacios de la región. Posteriormente, se tiene la ocurrencia de sequías afectando mayormente a la agricultura, una de las actividades más importantes en Tumbes”*

(energía, agua y desagüe, etc.). En la cuenca Puyango-Tumbes, durante eventos El Niño extraordinarios, las tasas de caudal sólido podrían fluctuar entre 9721 a 5400 t.km-2 en 1982-83 y 1997-98, respectivamente (Morera y Flores, 2013); generándose entre 10 y 30 veces más transporte de sedimentos que en años normales (Morera et al., 2015).

Del estudio de Machuca (2014), se observa que el número de impactos promedio por inundación aumenta conforme la magnitud del evento. Sin embargo, no todas las inundaciones se atribuyen a eventos Niño. En promedio, el 71 % de las inundaciones de Tumbes (periodo 1991-2012) se dieron durante alguna categoría de El Niño. A nivel distrital, se reportó 1 inundación en temporada de lluvias en el distrito de Zarumilla, 2 inundaciones cada uno en los distritos de Casitas y Pampas de Hospital, 3 inundaciones en el distrito de Papayal, 4 inundaciones en el distrito de San Jacinto, 5 inundaciones en cada uno de los distritos Corrales, La Cruz, Matapalo y San Juan de la Virgen, 11 inundaciones en el distrito de Aguas Verdes y el mayor número de reportes en el distrito de Tumbes con 23 inundaciones. En los distritos de Zorritos y Canoas de Punta Sal no se reportaron inundaciones.

Actualmente, el Senamhi realiza un monitoreo hidrológico del río Tumbes a partir del cual se emiten tres tipos de alerta hidrológica identificadas por colores, conforme el caudal diario medio supere el umbral de 800 m<sup>3</sup>/s (alerta roja), 588 m<sup>3</sup>/s (alerta naranja) y 392 m<sup>3</sup>/s (alerta amarilla). En el análisis histórico, se observa que en los años 1982/83, 1997/98 y

2011/12 se presentaron hasta 97, 55 y 24 días, respectivamente, con alerta hidrológica roja. Los impactos de este último evento no solo involucraron al sector agrícola inundando hectáreas de cultivos de plátano, arroz y otros de pan llevar, sino a los centros poblados debido a la falta de drenaje de las aguas en la zona.

Las máximas sequías meteorológicas de 1967/68 y 1977/78 en Tumbes ocasionaron la ausencia de lluvia en todo el año hidrológico en las zonas de Puerto Pizarro y Rica Playa, respectivamente. Esto fue motivo para que, por ejemplo, en 1969 se publique el informe “Acción Conjunta contra la sequía” entre Perú y Ecuador como es indicado en Quisca (2006). Otros eventos ocurrieron en 1965/66 (El Tigre) y 1983/84 (Papayal) con periodos de hasta 163 y 204 días consecutivos sin lluvia.

Con respecto a los indicadores de sequías, en las imágenes de los índice NDDI analizados para los años 2003 y 2005 se observó un patrón de valores crecientes a partir los meses de julio; no obstante para el 2005 se observaron valores significativos para los meses lluviosos (enero a marzo), esto es un indicio de que en este año la ausencia de humedad fue más significativa que en el 2003.

En el índice NDDI se observa que para el periodo de inicios del 2003 a fines del 2005 hubo el mayor intervalo de ausencia de humedad evidenciando la ocurrencia de un evento de sequía. Asimismo, para el periodo de inicios del 2012 a diciembre del 2014 dicho índice evidencia una posible ocurrencia de sequía, ya que los valores del índice son altos.



## Tendencias climáticas

Según el AR5, a nivel global no existe una alta confianza sobre los cambios de precipitación debido a la variabilidad local y a los productos de datos, lo cual no ocurre con la variable de temperatura donde se afirma que existe un aumento de la temperatura del aire muy notable a partir de los años 70. Respecto a índices extremos, existen escasos estudios en la región de Sudamérica sobre sus cambios en el tiempo y son aún menores para el territorio peruano. Asimismo, existe una falta de información de variables climáticas tanto a escala temporal como espacial en el territorio peruano y la región Tumbes no es la excepción.

En base a lo anterior, entre las principales limitaciones en el presente estudio es no contar con series de tiempo muy largas como recomienda el IPCC (ej. 100 años), así como tener datos incompletos. Por ello fue importante el uso de técnicas estadísticas no paramétricas que no asumen a priori el modelo de distribución de la variable. Es importante recalcar que los resultados en el presente estudio no reflejan necesariamente el cambio climático, sino la variabilidad decadal natural de las variables analizadas dado el periodo de años empleado.

Posterior al análisis de las tendencias de temperatura, precipitación y eventos extremos (índices extremos ETCCDI) para el periodo 1964/65 al 2010/11, se elaboró un cuadro resumen agrupando las estaciones según su ubicación y empleando aquellos índices más robustos que arrojaron un comportamiento similar en estaciones vecinas (Cuadro 3). Los resultados se muestran para las cuencas Tumbes y Zarumilla según la disponibilidad de la información; sin embargo, en la cuenca Zarumilla no se cuenta con información de la variable temperatura.

En general, existe un aumento probable de la temperatura media, máxima, mínima y de la precipitación total anual al noreste de la región Tumbes. Respecto a los eventos extremos, es muy probable el incremento en la frecuencia de días cálidos y noches cálidas, así como una disminución en la frecuencia de días fríos y noches frías en la zona de litoral de la cuenca Tumbes. Respecto a precipitaciones extremas, existe un probable incremento en su intensidad en la cuenca media-alta de Tumbes. Por otro lado, se observa una probable disminución en la ocurrencia de sequías meteorológicas en la cuenca media alta de Tumbes.

**Cuadro 3. Resumen de los cambios observados en el periodo 1964/65 – 2010/11 en Tumbes respecto a precipitación, temperatura y eventos extremos**

Variable	Índice	Zona de litoral		Cuenca media alta/baja		
		Intercuenca 13951	Cuenca Tumbes	Cuenca Tumbes		Cuenca Zarumilla
		El Salto	Pto. Pizarro	El Tigre	Rica Playa	Papayal
<b>Cambios en temperatura y precipitación</b>						
Temperatura máxima	Tmax	<b>Probable incremento (0.7 °C/década)</b>	<b>Probable incremento (0.3°C/década)</b>	S/D	<b>Probable incremento (0.2 °C/década)</b>	S/D
Temperatura mínima	Tmin	<b>Probable incremento (0.5 °C/década)</b>	<b>Probable incremento (0.2°C/década)</b>	S/D	<b>No significativo (incremento)</b>	S/D
Temperatura media	Tmed	<b>Probable incremento (0.6 °C/década)</b>	<b>Probable incremento (0.3°C/década)</b>	S/D	<b>No significativo (incremento)</b>	S/D
Precipitación total	Pp	<b>Probable incremento (19.9 %/década)</b>	<b>No significativo (incremento)</b>	<b>Probable incremento (13.9 %/década)</b>	<b>Probable incremento (14.5 %/década)</b>	<b>No significativo (incremento)</b>
<b>Cambios en eventos extremos</b>						
Días cálidos	TX90p	<b>Probable incremento (4.3 %/década)</b>	<b>Probable incremento (0.5 %/década)</b>	S/D	<b>No significativo (incremento)</b>	S/D
Días fríos	TX10p	Probable disminución (4.22 %/década)	Probable disminución (2.57 %/década)	S/D	<i>No significativo (disminución)</i>	S/D
Noches cálidas	TN90p	<b>Probable incremento (2.7 %/década)</b>	<b>Probable incremento (0.9 %/década)</b>	S/D	<b>No significativo (incremento)</b>	S/D
Noches frías	TN10p	Probable disminución (9.6 %/década)	Probable disminución (3.5 %/década)	S/D	<i>No significativo (disminución)</i>	S/D
Máxima precipitación de 5 días consecutivos	RX5day	<b>No significativo (incremento)</b>	<b>No significativo (incremento)</b>	<b>Probable incremento (15.2 %/década)</b>	<b>Probable incremento (12.1 %/década)</b>	<b>No significativo (incremento)</b>
Precipitación de días muy húmedos	R95p	<i>No significativo (sin tendencia)</i>	<b>Probable incremento (16.1 %/década)</b>	<b>Probable incremento (17.2 %/década)</b>	<b>Probable incremento (15.8 %/década)</b>	<i>No significativo (sin tendencia)</i>
Sequía meteorológica	CDD	<i>No significativo (disminución)</i>	<i>No significativo (disminución)</i>	<b>Probable disminución (10.4 %/década)</b>	<i>No significativo (disminución)</i>	<b>No significativo (incremento)</b>

Elaboración propia.

A nivel regional, los resultados del presente estudio se encuentran en concordancia con los presentados por el IPCC únicamente en el signo de la tendencia (incremento o disminución) y no en su magnitud debido a que los periodos de estudio son diferentes y las bases de datos también.

A un nivel más local, se observa que los mayores impactos tanto en

cambios positivos o negativos de las temperaturas máximas, mínimas y medias, precipitación y eventos extremos asociados a temperatura ocurren en la estación de El Salto. Esta estación se encuentra en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes y, según los resultados, es el lugar más vulnerable del noreste de Tumbes.

## Caracterización socioeconómica

### Sector agrícola

El sector agrícola es el principal sector económico en el departamento de Tumbes, contando actualmente con 18 686.30 ha de superficie, teniendo entre sus principales productos cultivados el arroz, plátano y limón, situación que se mantiene entre los años 2011, 2012 y 2013. En el año 2012 la agencia agraria con mayor producción tanto en los tres tipos de productos principales ya mencionados como en los demás (cebolla, papaya, maíz, entre otros) es la de Corrales, con un total de 166 156.13 Tm, seguida de las de Zarumilla y Contralmirante Villar con 74 738.21 Tm y 7420.45 Tm, respectivamente.

A partir del IV Censo Nacional Agropecuario, se identifica que las hectáreas destinadas al uso agrícola en general por provincia es la siguiente: Tumbes con 13 210.77 ha;

Zarumilla con 6 896.74 ha; y finalmente Contralmirante Villar con 917.36 ha. Por otro lado, las superficies agrícolas sembradas y destinadas a los cultivos de arroz, plátanos y limón son desde el año 2008, las de mayor extensión llegando a superar más del 85 % del total de ha sembradas.

Además el IV Censo Nacional Agropecuario, mostro que el 86 % de las unidades agropecuarias se desarrollan entre el tamaño de 0.1 a 5 ha, seguido de un 9 % que se desarrolla al tamaño de 5.1 a 10 ha. Por otro lado, el censo detalló que 18 686.3 ha de superficie agrícola utiliza algún tipo sistema de riego y 2 338.6 ha utiliza los sistemas de riego en secano y el mayor número de trabajadores contratados son hombres ya sea en las modalidades permanentes y eventuales con más del 95 % para ambos casos.

### Sector turístico

Tumbes es un destino turístico importante del país en términos de turismo de sol y playa, entre otras razones por su excelente clima semitropical y contar con una serie de recursos turísticos importantes como bosques secos y manglares, aguas termomedicinales, flora y fauna variada, restos arqueológicos e históricos, lugares paisajísticos y demás atractivos. Además, que el 36 % de la superficie territorial de Tumbes constituyen áreas naturales protegidas.

Del flujo turístico registrado en Tumbes para el año 2014 se identifica que el 89% fueron turistas nacionales (80 686 arribos) y el 11% fueron extranjeros (10 052 arribos), siendo los meses de enero, febrero, marzo y octubre, los meses de mayor flujo turístico.

Tumbes dispone de un total de 144 instalaciones que brindan servicios

de hospedaje, 69 restaurantes y 16 agencias de viaje y turismo registrados en la Dircetur – Tumbes y distribuidos mayormente en la franja costera de Tumbes en sus tres provincias.

Como medios de transporte disponen de diversas empresas de transporte terrestre como: El Dorado, Cruz del Sur, TEPSA, Oltursa, etc., asimismo, cuenta con el aeropuerto Pedro Canga Rodríguez, que recibe dos vuelos diarios a través de la aerolínea LAN Perú.

Como servicios complementarios se identifican agencias de los principales bancos como: BBVA, BCP, Interbank, Scotiabank, etc. Cuenta con la cobertura de servicios de telefonía de Entel, Movistar, Claro y Bitel. Dispone de 42 establecimientos de salud (hospitales, centros de salud y puestos sanitarios) y comisarias en cada distrito.



Avistamiento de aves en el ecosistema manglar.

### Sector acuícola

La ocupación del territorio por la actividad langostinera demuestra un agresivo cambio en la configuración del territorio, sobre todo entre los años 70 y 80 por el auge de la actividad productiva acuícola, influencia del sector privado, práctica de la actividad no planificada y gran demanda internacional del recurso langostino. Como consecuencia en diversos periodos de tiempo se aprecia la ganancia de terreno para la construcción y habilitación de pozas langostineras a expensas de bosque manglar, bosque seco, suelos agrícolas y suelo desnudo.

Los factores que influenciaron al desarrollo de la actividad langostinera fueron primordialmente factores ambientales (provisión de servicios ecosistémicos del 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 (1982-1983 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.

Los volúmenes de cosecha y producción de la especie de langostino cumple un papel importante en Tumbes, representando el 77.8 % del valor FOB de exportación total del departamento de Tumbes. Los países a los cuales Perú exporta son: Estados Unidos, España, Taiwán, Francia, Italia, Países Bajos, Bélgica, Portugal, Panamá, Ecuador, entre otros.

### Sector agrícola

El incremento de temperatura afecta el crecimiento normal de los cultivos y esto conlleva a la disminución de su producción. Para el caso específico de Tumbes, los cultivos del plátano seda, plátano dominico (sembrados en los distritos Corrales y Zarumilla) y banano orgánico (sembrado en el distrito de Corrales) son susceptibles a las condiciones de temperatura de la región Tumbes, ya que su crecimiento óptimo se da en el rango entre 26 y 27 °C. El arroz (sembrado en los distritos Corrales y Zarumilla) por su lado, disminuye su rendimiento a temperaturas menores de 25 °C, afectando varias fases de su crecimiento, tales como la germinación y el crecimiento de tallo, hojas y raíces. El maíz amarillo duro (sembrado en el distrito de Corrales), necesita temperaturas más bajas que las presentadas en Tumbes para desarrollarse a la óptima temperatura (Martínez, 1998; GORE San Martín

n.d.; Chaudhary, Nanda y Tran, 2003). Los cultivos que no sufren alteraciones en su rendimiento son el limón (sembrado en el distrito Corrales), ciruela (*Spondias purpurea*, sembrada en el distrito de Zarumilla) y maíz choclo, pues su óptimo de temperatura está dentro del rango de temperatura máximas y mínimas de Tumbes (De Jesús, 2002; De Jesús, 2005; Bonilla, 2009).

El incremento de temperatura potencialmente genera la aparición de vectores e incremento de plagas. La temperatura influye en el desarrollo de plantas competidoras (malezas) y sus enemigos naturales (agentes de control biológico, parasitoides, predadores y patógenos), y en el desarrollo de enfermedades de las plantas causadas por bacterias, hongos, virus y otros microorganismos (Conam, 1999).



La funda protege al racimo de guineo de las plagas y de las bajas temperaturas. Crédito: Erick Príncipe

En la época de lluvias en la región Tumbes (enero - marzo) diferentes zonas agrícolas son inundadas, sobre todo aquellas que se ubican cerca de los ríos Tumbes y Zarumilla, generando pérdidas de cultivos y áreas de cultivo como lo ocurrido durante los eventos El Niño 1982-83 y 1997-98 donde se perdió más del 85% de la actividad agrícola.

Asimismo, el incremento de precipitación genera la aparición de enfermedades en los cultivos. En la actualidad diversas enfermedades han afectado al cultivo del arroz en los últimos años, provocando pérdidas económicas por 17 millones de soles en la campaña grande de arroz en Tumbes (RPP Noticias, 2013).

La ocurrencia de sequías ocasiona estrés hídrico en los cultivos, por ejemplo el arroz es susceptible a grandes pérdidas de rendimiento al momento de la floración, debido a la disponibilidad reducida de agua (FAO, 2012a). El cultivo del arroz bajo condiciones de riego de inundación consume entre 12,000 y 14,000 m<sup>3</sup> en la costa; el agua es el factor limitante del cultivo en la costa norte, caracterizada por ser un desierto tropical (Minagri-DGCA, 2012).

También la ocurrencia de sequías afecta en el crecimiento normal del cultivo, ocasionando la disminución de la producción agrícola: El cultivo del arroz requiere de un mínimo de humedad en el suelo y las deficiencia de agua durante el desarrollo del cultivo propician la disminución de los rendimientos significativamente (Chaudhary, Nanda y Tran, 2003). En cuanto al cultivo del plátano, la deficiencia de agua en cualquier mes puede ser crucial en el número, tamaño y rendimiento óptimo (InfoAgro, n.d.) afectando su producción.

Las sequías pueden afectar a la seguridad del agua, así como la seguridad alimentaria mediante la reducción de la producción agrícola (MacDonald, 2010).

En tanto, el principal efecto de la variabilidad climática (incremento de la precipitación, incremento de la temperatura y ocurrencia de sequías) en el sector agrícola es la disminución de la producción agrícola de los diferentes cultivos, generando como consecuencia la disminución de la oferta agrícola, incremento de los precios de productos agrícolas y afectación de la seguridad alimentaria.

## Sector turístico

Un aspecto importante a considerar es que los turistas toman la decisión sobre los destinos de vacaciones en función al clima. Por un lado, tenemos el aumento de precipitación que afecta directamente al turismo de playas, uno de los principales atractivos turísticos de Tumbes. Esta afectación involucra además a los prestadores de servicios turísticos enfocados al aprovechamiento de la naturaleza y paisaje, sobre todo los dirigidos a realizar recorridos en las áreas naturales protegidas (Santuario Nacional de los Manglares de Tumbes, Parque Nacional Cerros de Amotape, etc.); asimismo afectaría a hospedajes y restaurantes ubicados cerca a las playas, que serían empresas perjudicadas por el descenso del flujo turístico. Por otro lado, la tendencia de aumento de temperatura en Tumbes abriría nuevas posibilidades de confort

climático en diferentes periodos del año, sobre todo en el turismo de playas. En este sentido, se espera una mayor ocupación e incremento del turismo residencial en detrimento del turismo tradicional (Valls et al., 2009; Ivanova, 2012).

Durante eventos El Niño y la ocurrencia de precipitaciones extremas, las vías terrestres son las más afectadas, sobre todo el tramo norte de la carretera Panamericana y otras vías debido a la activación de las quebradas que las cruzan (Vegas, 2010; OMT, 2007b).

Por otro lado, el incremento de temperatura trae consigo el incremento de enfermedades o aparición de vectores a los cuales los turistas se ven expuestos. Asimismo, los ecosistemas (áreas naturales protegidas) son susceptibles al cambio

debido al aumento de temperatura afectando el comportamiento de la cobertura vegetal y la fauna silvestre.

En tanto, el principal efecto de la variabilidad climática (incremento de la precipitación e incremento de la

temperatura) es la disminución de visitas turísticas para los diferentes tipos de turismo que se realiza en Tumbes, además ante el incremento de la temperatura se obtendría un beneficio positivo en el turismo de playas.

## Sector acuícola

En Tumbes la temperatura media es 24.9 °C, en este contexto la actividad langostinera se desarrolla el óptimo de temperatura entre 22 y 30 °C (FAO, 1988) no se vería afectada, sino todo lo contrario, potencialmente se vería beneficiada al mejorar su rendimiento (IPCC, 2014c). El incremento de temperaturas propiciaría la proliferación de enfermedades transmitidas por vectores a los cuales son susceptibles los cultivos acuícolas (De Silva. y Soto, 2009; BID y CEPAL, 2014; Valls et al., 2009).

Por otro lado, ante el incremento de la precipitación se identifica que las

pozas asentadas cerca al río Tumbes y las ubicadas en el delta del mismo río son las más vulnerables. Un claro ejemplo son las grandes pérdidas de las empresas langostineras durante los eventos El Niño 1982-83 y 1997-98, que perdieron la totalidad de sus cultivos, infraestructura y vías de acceso. Además, las vías terrestres de acceso a las diferentes pozas langostineras no han sido diseñadas para soportar lluvias intensas, por lo que se ven afectadas en los eventos de El Niño (Vegas, 2010; OMT, 2007b).



# Vulnerabilidad futura

A continuación se presenta un breve resumen de los resultados obtenidos sobre la vulnerabilidad futura para Tumbes. Invitamos al lector a revisar el cd adjunto, donde encontrará la información completa, incluidos mapas, tablas, cuadros, etc.

## Escenarios climáticos futuros

La comprensión de los impactos potenciales del cambio climático (gracias a las proyecciones de los GCMs) es fundamental para generar estrategias y acciones de adaptación para evitar niveles peligrosos ante el cambio climático. Por ello, existe una gran necesidad por mejorar la simulación de los procesos que producen el clima presente, para reducir la incertidumbre en las proyecciones del clima futuras a partir de los GCMs (Philips et al., 2004). Teniendo esto en cuenta, Ramos (2014, 2015) elaboró escenarios climáticos futuros para Tumbes mediante técnicas

que tuvieron en cuenta la variabilidad local.

El cambio proyectado al 2030 en la región Tumbes para un escenario de emisión RCP4.5 es de: incremento de 0.798°C en la temperatura máxima promedio mensual (Tmax), incremento de 0.847°C en la temperatura mínima promedio mensual (Tmin) y un incremento de 15.7% de la precipitación promedio mensual (Pp). El patrón de variación espacial es de incremento de oeste a este para la Tmax, de noroeste a sureste para la Tmin y de este a oeste para la Pp.

**Cuadro 4. Resumen de los cambios futuros respecto a precipitación, temperatura y eventos extremos del periodo 2015-2030 respecto a 1971-2000**

Variable	Índice	Zona de litoral		Cuenca media alta/baja		
		Intercuenca 13951	Cuenca Tumbes	Cuenca Tumbes		Cuenca Zarumilla
		El Salto	Pto. Pizarro	El Tigre	Rica Playa	Papayal
<b>Cambios en temperatura y precipitación<sup>1</sup></b>						
Temperatura máxima	Tmax	<b>Incremento (0.789°C)</b>	<b>Incremento (0.786°C)</b>	<b>Incremento (0.79°C)</b>	<b>Incremento (0.79°C)</b>	<b>Incremento (0.793°C)</b>
Temperatura mínima	Tmin	<b>Incremento (0.836°C)</b>	<b>Incremento (0.834°C)</b>	<b>Incremento (0.846°C)</b>	<b>Incremento (0.848°C)</b>	<b>Incremento (0.844°C)</b>
Precipitación total	Pp	<b>Incremento (14.8%)</b>	<b>Incremento (15.9%)</b>	<b>Incremento (15.6%)</b>	<b>Incremento (15.6%)</b>	<b>Incremento (14%)</b>
<b>Cambios en eventos extremos<sup>2</sup></b>						
Máxima de Tmax	TXx	<b>Incremento (0.741°C)</b>	<b>Incremento (0.763°C)</b>	S/D	<b>Incremento (0.624°C)</b>	S/D
Máxima de Tmin	TNx	<b>Incremento (0.744°C)</b>	<b>Incremento (0.818°C)</b>	S/D	<b>Incremento (0.746°C)</b>	S/D
Mínima de Tmax.	TXn	<b>Incremento (0.789°C)</b>	<b>Incremento (0.826°C)</b>	S/D	<b>Incremento (0.908°C)</b>	S/D
Mínima de Tmin.	TNn	<b>Incremento (0.945°C)</b>	<b>Incremento (0.834°C)</b>	S/D	<b>Incremento (0.975°C)</b>	S/D
Máxima precipitación de 5 días consecutivos	RX5day	<b>Incremento (14.3%)</b>	<b>Incremento (12.1%)</b>	<b>Incremento (13.2%)</b>	<b>Incremento (12.6%)</b>	<b>Incremento (11.4%)</b>
Precipitación de días muy húmedos	R95p	<b>Incremento (20.6%)</b>	<b>Incremento (22.5%)</b>	<b>Incremento (23.5%)</b>	<b>Incremento (22.7%)</b>	<b>Incremento (22%)</b>
Días de muy intensa precipitación	R20	<b>Incremento (13.6%)</b>	<b>Incremento (15.9%)</b>	<b>Incremento (17.4%)</b>	<b>Incremento (17.7%)</b>	<b>Incremento (15.9%)</b>
Sequía meteorológica	CDD	Disminución (3.1%)	Disminución (3.2%)	Disminución (4.3%)	Disminución (3.2%)	Disminución (4.1%)

<sup>1</sup> Elaboración propia a partir de datos obtenidos en Ramos (2015).

<sup>2</sup> Elaboración propia.

\* Nota: Los valores S/D (sin datos) fueron sombreados de gris. Los cambios positivos (incremento) se indican en letra negrita.

*“Tumbes proyectado al 2030 para un escenario de emisión RCP4.5 presenta un incremento de 0.798°C en la temperatura máxima promedio mensual (Tmax), incremento de 0.847°C en la temperatura mínima promedio mensual (Tmin) y un incremento de 15.7% de la precipitación promedio mensual (Pp)”*

Respecto a los eventos extremos, se emplearon modelos de regresión lineal y polinómicos que permitieron evaluar los cambios futuros de diversos índices extremos ETCCDI, asumiendo que en el futuro los parámetros del modelo no varían. Luego de analizar estos cambios, se elaboró un cuadro resumen agrupando las estaciones según su ubicación y empleando aquellos índices que presentaron un mejor ajuste (correlaciones altas) con el modelo matemático (Cuadro 4).

A nivel local al 2030, se estima un mayor incremento de las máximas de Tmax y Tmin en la zona del litoral en Puerto Pizarro y un mayor incremento en las mínimas de Tmax y Tmin en Rica Playa respecto al resto de estaciones. Sobre las precipitaciones extremas, se estima un mayor incremento en su intensidad y frecuencia en la cuenca media-alta de Tumbes en El Tigre y Rica Playa.

A nivel regional para el 2030, se estima un aumento en los máximos y mínimos de temperatura, así como un aumento en las lluvias intensas tanto en intensidad como en frecuencia y una disminución en la frecuencia de sequías meteorológicas.

El incremento del nivel del mar a escala mensual y diaria arroja un nivel del mar extremo de 75 y 95 cm para el 2030, respectivamente. En el presente estudio se ha asumido que

la variabilidad decadal natural tendrá un efecto contrario para las décadas alrededor de los años 2030 y 2050 pero con la misma magnitud que la observada recientemente. Cabe señalar que se ha empleado para estimar los efectos de El Niño y la PDO la estación mareográfica La Libertad que es la más cercana a Tumbes, la cual se encuentra localizada en Ecuador (a un grado al norte de Tumbes aproximadamente). Si bien se observó el mismo comportamiento de las anomalías entre esta estación y la estación El Salto durante el Niño del 2014, las tendencias estimadas en La Libertad mediante la estación mareográfica y altimetría satelital muestran tendencias opuestas y difieren en 1.6 mm/año, lo cual podría aumentar en 6 cm el efecto proyectado de la PDO para el 2050, si se empleara lo estimado por altimetría satelital. Asimismo, se ha supuesto que es posible que ocurra un evento El Niño extraordinario que afectaría las variables oceánicas y atmosféricas y, en especial, el nivel del mar mediante la propagación de ondas Kelvin (Mosquera, 2014). Por último se ha considerado el escenario pesimista de cambio climático, tanto en el nivel del mar global como en la amplificación local cerca de Tumbes. Sin embargo, es posible que la realidad exceda lo planteado y es necesario tomar los resultados de este estudio como referencias posiblemente conservadoras.

## Vulnerabilidad

Ante un incremento en la temperatura los cultivos que se verían afectados en la provincia de Tumbes serían: maíz choclo, el banano. En la provincia de Zarumilla el banano figura como el más vulnerable. Los demás cultivos no resultan tan afectados, y por el contrario algunos de ellos se verían beneficiados por las temperaturas más cálidas y el aumento de la precipitación.

Con respecto al incremento de las precipitaciones se concluye que los principales cultivos (arroz, plátano, ciruela, limón y maíz choclo) de las provincias de Tumbes, Zarumilla y Contralmirante Villar se verían afectados ya que crecen en rangos de precipitación mayores a los proyectados. Sin embargo las provincias de Tumbes y Zarumilla cuentan con canales, además Zarumilla cuenta con agua subterránea para el riego.

Los efectos de la variabilidad climática en el sector se ven reflejados en un posible aumento en el nivel del mar lo cual afectaría a los cultivos que se encuentran ubicados en las desembocaduras de los ríos Tumbes y Zarumilla. Todo ello afectaría la seguridad alimentaria en la región, pues todo parece indicar que los mercados son sensibles a los valores climáticos extremos.

Tumbes tiene una variada gama de atractivos turísticos, un efecto negativo que traería el incremento de la temperatura es la posible disminución y/o extinción de algunas especies vegetales y animales de las áreas naturales protegidas. Un efecto positivo sería una mayor afluencia turística a sus playas, aunque el incremento en la temperatura podría generar olas de calor que originarían malestar en los turistas. Por otro lado, el aumento de las precipitaciones afectaría principalmente a las áreas naturales protegidas, por citar un ejemplo el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT), que ante un posible aumento en las precipitaciones acarrearía más sedimentos, y en consecuencia los bancos y depósitos de arena se colmatarían, imposibilitando así la navegación de los botes o canoas en los diferentes circuitos turísticos. Como se mencionó anteriormente las playas de Tumbes representan uno de sus principales atractivos, un posible aumento en el nivel del mar ocasionaría una pérdida de área o suelo, disminuyendo la capacidad de aforo de turistas en las islas de los manglares de Puerto Pizarro. Asimismo, ocasionaría daños en la infraestructura turística de la costa y vías de comunicación afectando así algunos destinos turísticos.

El escenario climático proyectado al 2030, estima un ligero aumento en la frecuencia de lluvias intensas y uno de los efectos serían las inundaciones por el desborde de los cauces fluviales. Las inundaciones de gran magnitud como las registradas durante eventos El Niño extraordinarios son los fenómenos naturales que provocarían mayores pérdidas de vidas humanas y económicas (Secretaría de Turismo, 2014). En tanto será necesario priorizar la ejecución de obras de prevención y mitigación ante dicho peligro, ya que de no generar medidas oportunamente ocasionaría indirectamente el aumento de enfermedades como el dengue y malaria, ocasionando la disminución del flujo de visitantes a Tumbes.

El incremento en la temperatura no afectaría la producción y rendimiento de langostinos, que por el contrario se vería beneficiada, sin embargo, este también podría ser un factor facilitador en el brote de enfermedades. Además un posible aumento en la precipitación ocasionaría pérdidas de infraestructura de pozas langostineras ubicadas alrededor del río Tumbes y su delta; mientras que un aumento del nivel del mar contribuiría a generar inundaciones principalmente en las pozas langostineras asentadas cerca de la desembocadura del río Tumbes y los ubicados entre los estuarios de los manglares. Finalmente, se debe considerar el enorme impacto social que provocarían estos cambios ante la potencial pérdida de empleos.

Mientras que los escenarios climáticos brindan información proyectada sobre las probabilidades de cambio, la vulnerabilidad futura se relaciona con lo

*“El escenario climático proyectado al 2030, estima un ligero aumento en la frecuencia de lluvias intensas y uno de los efectos serían las inundaciones por el desborde de los cauces fluviales”*

que se haga o deje de hacer para reducir los impactos del cambio climático (Magaña, 2013). En tanto, el tema institucional adopta un papel importante en el esquema de análisis de vulnerabilidad futura ya sea para Tumbes como región o los sectores priorizados de agricultura, turismo, y acuicultura.

Se realizaron entrevistas a las autoridades u oficinas de los gobiernos regional, provincial, distrital y sectores socioeconómicos (direcciones regionales), entrevistándose al personal de oficinas vinculadas con los temas de defensa civil, gestión ambiental, gestión de recursos naturales, acondicionamiento territorial y sectores agrícolas, acuícola y turismo.

Los temas de variabilidad climática, cambio climático y eventos meteorológicos extremos empiezan a aplicarse en algunos instrumentos de gestión, sin embargo el proceso de incorporación en cada uno de los instrumentos puede llevar a una serie de procesos tediosos que no necesariamente puede realizarse en una sola gestión de gobierno. Algunas oficinas indicaron que se encontraban en el proceso de incorporación por dificultades en la conceptualización de dichos temas, y otras por falta de capacidad técnica y falta de interés político.

Al analizar los planes estratégicos de los gobiernos locales se identificó que institucionalmente queda mucho por trabajar en el tema de CC y EME en Tumbes. Los conocimientos en Tumbes de capacidad adaptativa a los cambios climáticos son aún ambiguos y superficiales, lo que haría más difícil enfrentarse a los cambios futuros. Si bien el escenario climático al 2030 no es catastrófico (incremento de temperatura en  $\sim 1^{\circ}\text{C}$ , incremento de la precipitación en 15% aproximadamente, e incremento del nivel del mar a escala mensual de 75 cm. y diaria de 95 cm), si no existe interés político en priorizar estos temas, el nivel de vulnerabilidad se incrementaría al no tener políticas claras de prevención, mitigación y adaptación ante la variabilidad y cambio climático que se adecuen a la realidad actual.

Las medidas de mitigación como opciones y estrategias para la reducción de desastres, reduce la velocidad y magnitud del cambio climático, incluidos los efectos de los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos (Washington, et al., 2009; Lenton, 2011; IPCC, 2012) y este un reto para el Gobierno Regional de Tumbes, una vez culminada la Estrategia Regional de Cambio Climático.

Por otra parte, las estrategias de adaptación deseables pueden variar en función de tipos específicos amenazas, ubicación, sistema afectado, escala geográfica de la atención, y el plazo de la planificación de la gestión de riesgos estratégica (Thomalla, et al., 2006; Heltberg, et al., 2009; National Research Council, 2010). No obstante, es una tarea pendiente por realizar en Tumbes y que requerirá de un trabajo intra e interdisciplinario entre las diferentes instancias del gobierno regional, municipios provinciales, municipios distritales, sectores productivos e intermediarios que se involucren como concertadores (Ministerio del Ambiente, ONGs, instituciones científicas).

Los aspectos institucionales requieren de un arduo trabajo en los tres niveles de gobierno, para afianzar la continuidad en las políticas, reforzar el trabajo intrainstitucional (gerencias y subgerencias del mismo municipio) e interinstitucional (coordinación con otros municipios de gobierno), lo que requerirá de mayor interés y compromiso político a toda instancia.

# Contenido del CD

Debido a la extensión de la información trabajada se ha optado por incluir en esta publicación un cd que contiene tanto los resultados completos en formato digital, como los mapas en alta resolución y la base de datos geoespaciales gdb completa, con el fin de que esta información pueda ser utilizada para posteriores estudios, informes, tesis, etc.

A continuación, se presenta un índice completo del contenido del cd adjunto, para que el lector pueda localizar fácilmente la información que le interesa.

## Parte 1 Diagnóstico biofísico y socioeconómico de Tumbes

### PRESENTACIÓN

#### 1. INTRODUCCIÓN

#### 2. ASPECTOS GENERALES

##### 2.1 Descripción del área de estudio

Ubicación geográfica y límites  
Objetivos específicos

##### 2.2 Objetivos del estudio

Objetivo general  
Objetivos específicos

##### 2.3 Metodología del estudio

#### 3. CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA

##### 3.1 Geología

Basamento Precámbrico – Paleozoico inferior  
Mesozoico  
Conozoico  
Rocas intrusivas

##### 3.2 Geomorfología

Unidades geomorfológicas

##### 3.3 Suelos

Cambisol Eutrico  
Vertisol Eutrico  
Fluvisol Eutrico  
Regosol Eutrico  
Leptosol Eutrico  
Afloramiento Lítico

##### 3.4 Hidrografía e Hidrología

Recursos superficiales  
Recursos subterráneos  
Balance hídrico

##### 3.5 Climatología

Temperatura  
Humedad  
Horas de Sol  
Viento  
Clima  
Precipitación

##### 3.6 Zonas de vida

Zonas de vida de Tumbes

Zonas de vida de las áreas naturales protegidas de Tumbes

### **3.7 Cobertura vegetal**

Cobertura vegetal de Tumbes

Cobertura vegetal de las áreas naturales protegidas de Tumbes

Recursos forestales

Deforestación

### **3.8 Fauna silvestre**

Fauna de Tumbes

Fauna de las áreas naturales protegidas de Tumbes

Especies amenazadas

Endemismo

### **3.9 Uso actual del suelo**

Adquisición de imágenes satelitales del tipo Landsat 8

Descripción de imágenes falso color

Clasificación supervisada

Mapa temático de uso actual del suelo

Índice de fiabilidad y matriz de confusión

## **4. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA**

### **4.1 Variables sociales**

Demográficas

Educación

Vivienda

Etnias y lenguas

Patrimonio cultural

Organizaciones sociales

### **4.2 Variables económicas**

Sectores productivos

PEA

Servicios

## **5. PELIGROS DE ORIGEN HIDROMETEOROLÓGICO Y OCEANOGRÁFICO**

### **5.1 Lluvias intensas**

Variabilidad climática

Índices extremos de precipitación

### **5.2 Sequías**

Definición y conceptos

Estudios realizados

Análisis de la sequía meteorológica e hidrológica

Inundaciones

Definiciones

Reportes de inundaciones

### **5.4 Transporte de sedimentos y erosión**

### **5.5 Nivel del mar**

Factores que afectan el nivel del mar en la costa peruana

## 5.6 Fenómeno El Niño

El Niño-Oscilación Sur y sus impactos en Tumbes

## 5.7 Reportes de emergencias y desastres en Tumbes

# 6. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO

## 6.1 Análisis causa-efecto

## 6.2 Conclusiones

Biofísico

Socioeconómico

Peligros de origen hidrometeorológico y oceanográfico

# 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## ANEXOS

### LISTADO DE MAPAS

- Mapa 1 Ubicación del ámbito de estudio
- Mapa 2 Geología de Tumbes
- Mapa 3 Geomorfología de Tumbes
- Mapa 4 Suelos de Tumbes
- Mapa 5 Unidades hidrográficas de Tumbes
- Mapa 6 Distribución de acuíferos de Tumbes
- Mapa 7 Ubicación de estaciones meteorológicas e hidrométricas en Tumbes
- Mapa 8 Isoyetas a nivel anual de Tumbes
- Mapa 9 Isoyetas para la época húmeda de Tumbes
- Mapa 10 Isoyetas para la época seca de Tumbes
- Mapa 11 Zonas de vida de Tumbes
- Mapa 12 Cobertura vegetal de Tumbes
- Mapa 13 Uso actual del suelo de Tumbes

### LISTADO DE CUADROS

- Cuadro 1 Ubicación de Tumbes por sus coordenadas geográficas
- Cuadro 2 Subproducto y actividades de la caracterización biofísica
- Cuadro 3 Subproducto y actividades de la caracterización socioeconómica
- Cuadro 4 Resumen de la geología de Tumbes
- Cuadro 5 Resumen de la geomorfología de Tumbes
- Cuadro 6 Resumen de los tipos de suelo en Tumbes
- Cuadro 7 Unidades hidrográficas de Tumbes
- Cuadro 8 Producción de agua potable y cobertura según empresa Aguas de Tumbes
- Cuadro 9 Entrega anual de agua para uso poblacional al

	2011
<b>Cuadro 10</b>	Volumen real de agua para uso agrícola entregado en el 2011 en el valle del río Tumbes
<b>Cuadro 11</b>	Dotación de agua en Zarumilla para uso agrícola en el 2006
<b>Cuadro 12</b>	Dotación de agua en Casitas-Bocapán para uso agrícola en el 2006
<b>Cuadro 13</b>	Demanda pecuaria anual en Tumbes
<b>Cuadro 14</b>	Empresas acuícolas en producción, fuente y volumen de agua en Zarumilla
<b>Cuadro 15</b>	Empresas acuícolas en producción, fuente y volumen de agua en Tumbes
<b>Cuadro 16</b>	Empresas industriales en producción en Tumbes
<b>Cuadro 17</b>	Aportación natural media anual (periodo 1962-1981)
<b>Cuadro 18</b>	Oferta promedio y al 75% de persistencia en los ríos Tumbes y Zarumilla
<b>Cuadro 19</b>	Tipos de fuentes contaminantes identificadas en los ríos Tumbes y Zarumilla
<b>Cuadro 20</b>	Tipos de fuentes contaminantes identificadas en la zona marino costera de Tumbes
<b>Cuadro 21</b>	Inventario de pozos en Tumbes
<b>Cuadro 22</b>	Explotación actual y reserva potencialmente explotable de aguas subterráneas según acuífero
<b>Cuadro 23</b>	Balance hídrico de la cuenca del río Tumbes
<b>Cuadro 24</b>	Balance hídrico de la cuenca del río Zarumilla
<b>Cuadro 25</b>	Características de las estaciones meteorológicas e hidrométricas
<b>Cuadro 26</b>	Resumen de las variables climáticas en las principales unidades hidrográficas de Tumbes
<b>Cuadro 27</b>	Resumen de las zonas de vida de Tumbes
<b>Cuadro 28</b>	Zonas de vida de las áreas naturales protegidas de Tumbes
<b>Cuadro 29</b>	Resumen de la cobertura vegetal de Tumbes
<b>Cuadro 30</b>	Especies arbóreas de la cobertura vegetal manglar
<b>Cuadro 31</b>	Especies herbarias de la cobertura vegetal manglar
<b>Cuadro 32</b>	Especies arbóreas de la cobertura vegetal Bosque seco de montaña
<b>Cuadro 33</b>	Especies arbóreas de la cobertura vegetal Bosque seco de colina baja
<b>Cuadro 34</b>	Especies arbóreas de la cobertura vegetal del bosque seco de colina baja (nivel inferior)
<b>Cuadro 35</b>	especies arbóreas de la cobertura vegetal del bosque seco de colina baja (nivel superior)
<b>Cuadro 36</b>	Cobertura vegetal de las áreas naturales protegidas de Tumbes
<b>Cuadro 37</b>	Especies forestales con diferentes tipos de uso de Tumbes

<b>Cuadro 38</b>	Cambio de cobertura en el SNLMT
<b>Cuadro 39</b>	Cobertura vegetal del SNLMT en los años 1982, 1992, 1997 y 2001
<b>Cuadro 40</b>	Cambio de cobertura en la Reserva Nacional de Tumbes
<b>Cuadro 41</b>	Cambio de cobertura en el Parque Nacional Cerros de Amotape
<b>Cuadro 42</b>	Especies de mamíferos encontrados en el SNLMT
<b>Cuadro 43</b>	Especies de reptiles identificados en el SNLMT
<b>Cuadro 44</b>	Especies de crustáceos identificados para el SNLMT
<b>Cuadro 45</b>	Especies de moluscos identificados para el SNLMT
<b>Cuadro 46</b>	Mamíferos de la Reserva Nacional de Tumbes
<b>Cuadro 47</b>	Especies amenazadas en Tumbes hasta el año 1992
<b>Cuadro 48</b>	Características radiométrica de los sensores OLI y TIRS – Landsat 8
<b>Cuadro 49</b>	Clases identificadas en las imágenes procesadas
<b>Cuadro 50</b>	Definición cualitativa propuesta para la interpretación de los valores de separabilidad, divergencia transformada
<b>Cuadro 51</b>	Resumen del uso actual del suelo de Tumbes
<b>Cuadro 52</b>	Población según censo y tasa de crecimiento por provincia y distrito del departamento de Tumbes
<b>Cuadro 53</b>	Densidad poblacional por provincias y distritos de Tumbes, 2007
<b>Cuadro 54</b>	Población nominalmente censada por sexo, según grandes grupos de edad
<b>Cuadro 55</b>	de edad, según departamento de residencia hace 5 años, 2007
<b>Cuadro 56</b>	Alumnos matriculados en el sistema educativo por provincia, según nivel y modalidad, 2012
<b>Cuadro 57</b>	Población universitaria de la Universidad Nacional de Tumbes. 2003-2012
<b>Cuadro 58</b>	Población de 15 y más de edad por nivel de educación, 2002 - 2011
<b>Cuadro 59</b>	Población de 3 y más años de edad, por condición de alfabetismo, según provincia y distrito 2007
<b>Cuadro 60</b>	Viviendas particulares con ocupantes presentes pro régimen de tenencia, según provincia y distrito 2007
<b>Cuadro 61</b>	Número de viviendas por material predominante en las paredes exteriores, según provincia y distrito 2007
<b>Cuadro 62</b>	Número de viviendas por material predominante en los pisos, según provincia y distrito 2007
<b>Cuadro 63</b>	Población según idioma o lengua que aprendió en la niñez desde el 2007 al 2012

- Cuadro 64** Áreas Naturales Protegidas por el estado, según año de creación y superficie al 2010
- Cuadro 65** Registro de organizaciones sociales y beneficiarios, según provincia y distrito, 2012
- Cuadro 66** Comparación del Producto Bruto Interno País y de Tumbes, desde 1994 al 2011
- Cuadro 67** Producto Bruto Interno por actividad económica en Tumbes desde 1994 al 2011
- Cuadro 68** Superficie agrícola (ha) por provincias
- Cuadro 69** Superficie agrícola bajo riego y en secano al 2012 (ha)
- Cuadro 70** Producción anual de los principales productos agrícolas y pecuarios
- Cuadro 71** Superficie sembrada, según principales productos 2011-2013
- Cuadro 72** Producción de los principales productos agrícolas, según agencias agrarias, 2012
- Cuadro 73** Rendimiento de los principales productos agrícolas, según agencia, 2012.
- Cuadro 74** Valor agregado de la actividad agricultura, caza y silvicultura 1994-2011
- Cuadro 75** Desembarques de productos hidrobiológicos para consumo humano directo, 1992-2012
- Cuadro 76** Desembarque anual de productos hidrobiológicos para consumo humano directo, según utilización, 1992-2012
- Cuadro 77** Desembarque de productos hidrobiológicos en fresco, según principales especies, año 2005-2012
- Cuadro 78** Desembarques de especies en fresco por puerto y caleta, 2010-2012
- Cuadro 79** Ingreso de productos hidrobiológicos al mercado modelo, según principales especies, 2003-2012
- Cuadro 80** Ingreso de productos hidrobiológicos al mercado modelo, según principales especies, 2003-2012
- Cuadro 81** Valor agregado de la actividad pesquera, 1994-2011 (Miles de nuevos soles)
- Cuadro 82** Producción mensual de langostino entero en cautiverio, 2004 - 2012
- Cuadro 83** Producción mensual de cola de langostino, 2004 - 2012
- Cuadro 84** Principales recursos turísticos, según provincia y distrito
- Cuadro 85** Número de visitantes al SNLMT entre los años 2005 y 2013
- Cuadro 86** Número de visitantes a Puerto Pizarro, entre los años 2012 y 2014
- Cuadro 87** Flujo turístico nacional y extranjero en los establecimientos de hospedaje, 2003-2012
- Cuadro 88** Valor agregado de la actividad restaurantes y hoteles, 1994 - 2011

- Cuadro 89** Producción de petróleo crudo según empresa, 2007 - 2013
- Cuadro 90** Valor agregado de la actividad industrias manufactureras, 1994-2011
- Cuadro 91** Valor agregado de la actividad minera, 1994-2011
- Cuadro 92** Población pecuaria por distrito del departamento de Tumbes, 2009
- Cuadro 93** Población pecuaria y producción de leche, 2002-2012
- Cuadro 94** Población Económicamente activa, según sexo y área urbana - rural, 2007
- Cuadro 95** Población económicamente activa total al 30 de junio, según sexo y grupo especial de edad, 2008 - 2015
- Cuadro 96** Población económicamente activa, según ramas de actividad, 2003-2011
- Cuadro 97** Población económicamente activa, según categoría de ocupación, 2003-2012
- Cuadro 98** Ingresos mensuales promedio por trabajo, 2005-2012
- Cuadro 99** Población económicamente activa, 2005-2012
- Cuadro 100** Vivienda particulares con ocupantes presentes por disponibilidad de alumbrado eléctrico en la vivienda, según provincia y distrito, 2007
- Cuadro 101** Facturación, venta y números de usuarios de energía eléctrica, 1996-2013
- Cuadro 102** Viviendas particulares con ocupantes presentes por tipo de abastecimiento de agua, según provincia y distrito, 2007
- Cuadro 103** Volumen de producción de agua potable, según unidad de distribución, 2006-2013
- Cuadro 104** Volumen de producción de agua potable, según localidad, 2006-2013
- Cuadro 105** Viviendas particulares con ocupantes, por disponibilidad de servicio higiénico en la vivienda, según provincia de distrito, 2007
- Cuadro 106** Valor agregado de la actividad electricidad y agua, 1994-2011
- Cuadro 107** Líneas en servicio de telefonía fija y móvil
- Cuadro 108** Longitud de red vial según, tipo de superficie, 2004
- Cuadro 109** Parque vehicular estimado en Tumbes
- Cuadro 110** Número de pasajeros que utilizan transporte interprovincial
- Cuadro 111** Ingresos y salidas por el aeropuerto
- Cuadro 112** Número de establecimientos de salud y número de camas.
- Cuadro 113** Profesionales de la salud de la Dirección Regional de Salud, según provincia 2013

- 
- Cuadro 114** Tasa de desnutrición crónica de niños menores de 5 años
  - Cuadro 115** Mortalidad neonatal, post neonatal e infantil
  - Cuadro 116** Nacimientos registrados, según provincia y distrito, 2001-2009
  - Cuadro 117** Índices extremos de precipitación analizados
  - Cuadro 118** Estadísticas descriptivas de los índices extremos de frecuencia de precipitación durante EFMA (1964-2011)
  - Cuadro 119** Estadísticas descriptivas de los índices extremos de intensidad de durante EFMA (1964-2011)
  - Cuadro 120** Tendencias de los índices extremos de precipitación sin considerar los años 1983 y 1998 (1964-2011)
  - Cuadro 121** Sequías registradas según estudios secundarios en las regiones de Tumbes y Piura
  - Cuadro 122** Clasificación de eventos según SPI
  - Cuadro 123** Resumen de los eventos identificados según SPI (1964-2011)
  - Cuadro 124** Pluviosidad según SPI para la época húmeda y duración de la sequía hidrológica (1964-2011)
  - Cuadro 125** Matriz de correlaciones entre índices de sequía meteorológica, hidrológica e índices E y C
  - Cuadro 126** Número de inundaciones y magnitud del evento según temporada de lluvias (Periodo 1991-2012)
  - Cuadro 127** Impactos totales a nivel distrital según magnitud del evento
  - Cuadro 128** Número de emergencias reportadas, 2002-2012 en Tumbes
  - Cuadro 129** Número de viviendas afectadas por ocurrencia de desastres, 2002 - 2012 en Tumbes
  - Cuadro 130** Número de viviendas destruidas por ocurrencia de desastres, 2002 - 2012 en Tumbes
  - Cuadro 131** Número de fallecidos por ocurrencia de desastres, 2002 - 2012 en Tumbes
  - Cuadro 132** Número de damnificados por ocurrencia de desastres, 2002 - 2012 en Tumbes
  - Cuadro 133** Superficie de tierras de cultivo afectada por ocurrencia de desastres, 2002 - 2012 en Tumbes (hectáreas)
  - Cuadro 134** Análisis causa-efecto de principales problemas identificados en Tumbes

## LISTADO DE FIGURAS

- Figura 1** Caudal medio mensual según año hidrológico en los ríos Tumbes y Zarumilla
- Figura 2** Subcuencas para el cálculo de aporte
- Figura 3** Red de monitoreo de la calidad de agua en las cuencas del río Tumbes y Zarumilla
- Figura 4** Oferta y demanda hídrica en la cuenca del río Tumbes
- Figura 5** Oferta y demanda hídrica en la cuenca del río Zarumilla
- Figura 6** Periodo de registro de información de las estaciones meteorológicas
- Figura 7** Clasificación climática en la región de Tumbes
- Figura 8** Distribución de la precipitación y temperatura en la cuenca del río Tumbes
- Figura 9** Distribución de la precipitación y temperatura en la cuenca del río Zarumilla
- Figura 10** Distribución de la precipitación y temperatura en la intercuenca 13939
- Figura 11** Distribución de la precipitación y temperatura en la intercuenca 13951
- Figura 12** Diagrama de Holdridge para identificar zonas de vida
- Figura 13** Diagrama de determinación de las zonas de vida del Perú basado en Holdridge (1947)
- Figura 14** Vista de mapa de estudio del cambio de cobertura de la Reserva Nacional de Tumbes
- Figura 15** Vista de cocodrilos en el zoológico de Puerto Pizarro, Tumbes
- Figura 16** Imagen a nivel de reflectancia de Tumbes
- Figura 17** Uso actual del suelo de Tumbes en época húmeda
- Figura 18** Uso actual del suelo de Tumbes en época seca
- Figura 19** Vista de bosque manglar
- Figura 20** Bosque seco de montaña, zonas de mayor precipitación
- Figura 21** Bosque seco de colina alta
- Figura 22** Vegetación ribereña de quebrada (algarrobo)
- Figura 23** Bosque seco de colina baja (se activa en lluvias intensas)
- Figura 24** Vista de cultivos de plátano (guineo)
- Figura 25** Vista de cultivos de arroz en época de siembra
- Figura 26** Vista de cultivo de ciruela en la zona de amortiguamiento del SNLMT
- Figura 27** Vista de pozas langostineras activa
- Figura 28** Centros poblados del distrito de Zarumilla y Matapalo

- 
- Figura 29** Actividad agrícola espacialmente distribuida en Tumbes
- Figura 30** Actividad acuícola espacialmente distribuida en Tumbes
- Figura 31** Series anuales de los índices de precipitación extrema calculados para la época húmeda EFMA
- Figura 32** Tendencias de los índices extremos de intensidad R95p y RX1day
- Figura 33** Serie temporal del SPI durante época de lluvias y duración de la sequía hidrológica
- Figura 34** Anomalías porcentuales de precipitación en época de lluvias para años secos y húmedos
- Figura 35** Número de inundaciones por distrito
- Figura 36** Impactos totales por inundaciones en Tumbes
- Figura 37** Impactos promedio por inundación en Tumbes
- Figura 38** Dinámica del transporte de sedimentos de fondo y en suspensión
- Figura 39** Box-plot de los caudales medios mensuales para el periodo 1963-2014
- Figura 40** Impactos de diferentes tipos de El Niño en las lluvias en el Perú según el Índice E (El Niño en el Pacífico oriental) e Índice C (El Niño en el Pacífico central)
- Figura 41** a) Temperatura máxima y mínima (°C) y b) precipitación (mm) mensual registrada en la estación de Puerto Pizarro durante los eventos El Niño extremos de 1982-83 y 1997-98
- Figura 42** Precipitación promedio (mm/día) para enero-abril de 1998 basado en mediciones pluviométricas.
- Figura 43** Correlación lineal entre las anomalías temperatura de superficial del mar (promedios de noviembre a mayo, 1963 -1998) e indicadores hidrológicos en Tumbes, correspondientes a a) cuenca alta (caudal Puyango), b) cuenca media alta caudal El Tigre), c) cuenca media (caudal El Tigremenos el caudal Puyango), y d) cuenca baja (precipitación en Puerto Pizarro)

**Parte 2**  
Vulnerabilidad  
actual ante la  
variabilidad  
climática de la  
región Tumbes

## PRESENTACIÓN

### 1. INTRODUCCIÓN

### 2. ASPECTOS GENERALES

#### 2.1 Descripción del área de estudio

Ubicación geográfica y límites  
Extensión y división política

#### 2.2 Objetivos del estudio

Objetivo general  
Objetivos específicos

#### 2.3 Limitaciones

### 3. MARCO CONCEPTUAL

### 4. MARCO DE REFERENCIA

### 5. METODOLOGÍA

#### 5.1 Metodología para el análisis de la variabilidad climática y eventos extremos

Análisis de anomalías  
Análisis de la variabilidad interanual  
análisis de tendencias  
análisis de eventos extremos (de temperatura y precipitación)  
Índices físicos para la evaluación de sequías

#### 5.2 Metodología para el análisis socioeconómico

Encuestas y entrevistas  
Taller y grupos focales

#### 5.3 Metodología para el análisis de vulnerabilidad

### 6. VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y EVENTOS EXTREMOS EN TUMBES

#### 6.1 Fenómeno El Niño y sus impactos en Tumbes

#### 6.2 Variabilidad interanual

Periodos secos y lluviosos  
Relación con índices E y C

#### 6.3 Tendencias climáticas

Tendencias en la temperatura del aire  
Tendencia en la precipitación  
Tendencia en eventos extremos

#### 6.4 Eventos asociados a la variabilidad climática

Lluvias intensas  
Sequías  
Inundaciones  
Erosión y transporte de sedimentos

## 7. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA

### 7.1 Actividad agrícola

Situación actual  
Uso de la tierra por la actividad agrícola  
Unidades agropecuarias  
Sistema de riego  
Producción de la actividad agrícola  
Productores agropecuarios  
Valor agregado de la actividad agrícola

### 7.2 Actividad de turismo

Situación actual  
Flujo turístico  
Planta turística  
Medios de transporte  
Servicios complementarios  
Atractivos turísticos

### 7.3 Actividad acuícola

Situación actual  
Valor económico de la actividad langostinera  
Sistema de producción  
Derechos acuícolas  
Uso de la tierra por la actividad acuícola  
Institucionalidad y actores involucrados

## 8. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

### 8.1 Actividad agrícola

Incremento de la temperatura  
Aumento de precipitaciones  
Ocurriencia de sequías  
Efectos de la variabilidad climática en el sector

### 8.2 Actividad turística

Aumento de precipitaciones y precipitaciones extremas  
Aumento de temperatura  
Efectos de la variabilidad climática en el sector

### 8.3 Actividad acuícola

Aumento de temperatura  
Aumento de precipitaciones  
Efectos de la variabilidad climática en el sector

## 9. CONCLUSIONES

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## ANEXOS

### LISTADO DE MAPAS

- Mapa 1** Ubicación del ámbito de estudio
- Mapa 2** Ubicación de estaciones meteorológicas en Tumbes
- Mapa 3** Actividad agrícola en Tumbes
- Mapa 4** Ubicación de servicios turísticos en Tumbes
- Mapa 5** Ubicación de atractivos turísticos en Tumbes
- Mapa 6** Actividad acuícola en las provincias de Tumbes y Zarumilla, Tumbes
- Mapa 7** Actividad acuícola en la provincia de Contralmirante Villar, Tumbes
- Mapa 8** Zonas agrícolas susceptibles a inundaciones en Tumbes

### LISTADO DE CUADROS

- Cuadro 1** Ubicación de Tumbes por sus coordenadas geográficas
- Cuadro 2** Clasificación de eventos según SPI
- Cuadro 3** Definición de los índices extremos de precipitación y temperatura empleados
- Cuadro 4** Resumen de los eventos identificados según SPI-6 (1964/65-2010/11)
- Cuadro 5** Pluviosidad según SPI de 6 meses de duración (Dic- May) en el periodo 1964/65 – 2010/11
- Cuadro 6** Tendencias (°C/década) de la temperatura máxima, mínima y media (1964/65 – 2010/11)
- Cuadro 7** Tendencias (°C/década) de la temperatura máxima, mínima y media (periodos 1970/71 - 1990/91 y 1991/92 - 2010/11)
- Cuadro 8** Tendencias (mm/década) de la precipitación total anual (periodos 1964/65-2010/11, 1970/71 - 1990/91 y 1991/92 - 2010/11)
- Cuadro 9** Tendencias según valores absolutos de índices extremos de temperatura
- Cuadro 10** Tendencias según valores absolutos (mm o días/década) de índices extremos de precipitación
- Cuadro 11** Tendencias según valores relativos (%/década) de índices extremos de precipitación
- Cuadro 12** Sequías registradas según estudios secundarios en las regiones de Tumbes y Piura

- Cuadro 13** Superficie agrícola (ha) de las provincias de Tumbes
- Cuadro 14** Número de unidades agropecuarias por tamaño de Tumbes, 2012
- Cuadro 15** Superficie agrícola bajo riego y secano de Tumbes al 2012 (ha)
- Cuadro 16** Producción anual de los principales productos agrícolas de 1994 y 2012
- Cuadro 17** Superficie sembrada, según principales productos 2008-2013 (ha)
- Cuadro 18** Rendimiento de los principales productos agrícolas, según agencia, 2012
- Cuadro 19** Número de productores agropecuarios por condición jurídica en Tumbes, 2012
- Cuadro 20** Número de trabajadores en el sector agropecuario en Tumbes, 2012
- Cuadro 21** Valor agregado de la actividad agricultura, caza y silvicultura 1994-2011
- Cuadro 22** Flujo turístico en Tumbes, 2000-2014
- Cuadro 23** Indicadores de flujo turístico, según estadística hotelera
- Cuadro 24** Flujo turístico nacional y extranjero en los establecimientos de hospedaje, 2003-2012.
- Cuadro 25** Valor agregado de la actividad de restaurantes y hoteles, 1994-2011
- Cuadro 26** Agencias de viaje y turismo en Tumbes (\*)
- Cuadro 27** Resumen de la red vial de Tumbes por tipo de red, según provincias
- Cuadro 28** Red vial de Tumbes por tipo y superficie de rodadura
- Cuadro 29** Cobertura de telefonía móvil en Tumbes
- Cuadro 30** Establecimientos de salud según provincias de Tumbes
- Cuadro 31** Ubicación de las comisarias en Tumbes
- Cuadro 32** Número de visitantes al SNLMT entre los años 2005 y 2013.
- Cuadro 33** Número de visitantes a Puerto Pizarro, entre los años 2012 y 2014
- Cuadro 34** Principales atractivos turísticos, según provincia y distrito de Tumbes
- Cuadro 35** Derechos acuícolas otorgados según su tipo en Tumbes
- Cuadro 36** Derechos acuícolas otorgados según el sistema de cultivo en Tumbes
- Cuadro 37** Análisis de los elementos sensibilidad, exposición y capacidad adaptativa para el sector agrícola
- Cuadro 38** Análisis de los elementos sensibilidad, exposición y capacidad adaptativa para el sector turismo

**Cuadro 39** Análisis de los elementos sensibilidad, exposición y capacidad adaptativa para el sector acuícola

**Cuadro 40** Resumen de los cambios observados en el periodo 1964/65 – 2010/11 en Tumbes respecto a precipitación, temperatura y eventos extremos

## LISTADO DE FIGURAS

- Figura 1** Esquema de la conceptualización de riesgo, vulnerabilidad y peligro del WGII AR5
- Figura 2** Esquema conceptual metodológico del estudio
- Figura 3** Esquema conceptual de la vulnerabilidad
- Figura 4** Impactos de diferentes tipos de El Niño en las lluvias en el Perú según el Índice E (El Niño en el Pacífico oriental) e Índice C (El Niño en el Pacífico central)
- Figura 5** a) Temperatura máxima y mínima (°C) y b) precipitación (mm) mensual registrada en la estación de Puerto Pizarro durante los eventos El Niño extremos de 1982-83 (rojo) y 1997-98 (azul). El promedio climatológico (1980-2009) se muestra en negro
- Figura 6** Precipitación promedio (mm/día) para enero-abril de 1998 basado en mediciones pluviométricas. La topografía (msnm) se indica sombreada.
- Figura 7** Anomalías porcentuales de precipitación en época de lluvias para años secos y húmedos
- Figura 8** Serie temporal del SPI e Índice E durante el periodo diciembre a mayo
- Figura 9** Cambios en la temperatura (°C) de la superficie de las bases de datos de HadCRUT4 Morice et al., 2012), MLOST (Vose et al., 2012) y GISS (Hansen et al., 2010) para el periodo 1901- 2012.
- Figura 10** Tendencias en la precipitación anual sobre tierra de las bases de datos de CRU (Mitchell y Jones, 2005), GHCN (Vose et al., 1992), y GPCC (Becker et al., 2013) para el periodo 1951- 2010. Las tendencias fueron calculadas para las grillas con mayor al 70 % de registros completos y más de 20% de disponibilidad de datos en el primer y último decil del periodo
- Figura 11** Tendencias de la frecuencia anual de temperaturas extremas para: noches frías (TN10p), días fríos (TX10p), noches cálidas (TN90p) y días cálidos (TX90p) durante el periodo 1951-2010

- 
- Figura 12** Tendencias de la cantidad anual de precipitación de los días > percentil 95 (R95p), la intensidad de la precipitación (SDII) y la frecuencia del número máximo anual de días secos consecutivos (CDD) durante el periodo 1951-2010
- Figura 13** Índices de precipitación en Tumbes: (a) Precipitación total anual y (b) Máxima diaria
- Figura 14** Índice anual del Número de Días Secos Consecutivos (CDD) en Tumbes expresado en %
- Figura 15** Índice físico NDDI correspondiente al año 2003 de Tumbes del sensor MODIS
- Figura 16** Índice físico NDDI correspondiente al año 2005 de Tumbes del sensor MODIS
- Figura 17** Serie de tiempo de los Índices físicos SAVI, NDWI y NDDI correspondiente al intervalo de tiempo 2000 a 2014 para Tumbes
- Figura 18** Serie de tiempo de las anomalías mensuales de los índices SAVI, NDWI y NDDI correspondiente al intervalo de tiempo 2000 a 2014 para Tumbes
- Figura 19** Frecuencia de alerta hidrológica roja y caudal promedio anual del río Tumbes
- Figura 20** Impactos del desborde del río Tumbes en febrero del 2012
- Figura 21** Dinámica del transporte de sedimentos de fondo y en suspensión
- Figura 22** Box-plot de los caudales medios mensuales para el periodo 1963-2014
- Figura 23** Box-plot de los caudales medios mensuales para el periodo 1963-2014
- Figura 24** Producción de recursos hidrobiológicos congelados de la especie langostino, 2001-2010 (TM)
- Figura 25** La producción de camarón en Tumbes, entre 1980 y 2010
- Figura 26** Vista de frontera entre una poza y bosque manglar en la zona de amortiguamiento del SNLMT.
- Figura 27** Resumen de los efecto de la variabilidad climática en la actividad agrícola en Tumbes
- Figura 28** Resumen de los efecto de la variabilidad climática en la actividad turística en Tumbes
- Figura 29** Puestos de trabajo en la cadena de producción de langostinos en Tumbes.
- Figura 30** Resumen de los efecto de la variabilidad climática en la actividad acuícola en Tumbes

## Parte 3

### Vulnerabilidad futura ante la variabilidad climática de la región Tumbes

---

## 1. PRESENTACIÓN

## 2. ASPECTOS GENERALES

### 2.1 Descripción del área de estudio

Ubicación geográfica y límites  
Extensión y división política

### 2.2 Objetivos del estudio

Objetivo general  
Objetivos específicos

### 2.3 Limitaciones

## 3. MARCO DE REFERENCIA

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1 Metodología para el análisis de vulnerabilidad

## 5. ESCENARIOS CLIMÁTICOS FUTUROS AL 2030

### 5.1 Cambio climático

Evaluación del cambio climático mediante GCMs en la costa norte peruana

Procesos físicos asociados a la precipitación en la costa norte peruana

### 5.2 Cambios futuros en la región

Cambios en la temperatura máxima del aire

Cambios en temperatura mínima del aire

Cambios en precipitación

### 5.3 Cambios futuros en eventos extremos

Índices extremos de temperatura

Índices extremos de precipitación

### 5.4 Cambios futuros en el nivel del mar

Datos

Metodología

Proyección del nivel del mar al 2030

## 6. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

### 6.1 Actividad agrícola

Incremento de la temperatura

Aumento de la precipitación y lluvias intensas

Disminución de frecuencia de sequías

Efectos de la variabilidad climática en el sector

### 6.2 Actividad turística

Incremento de la temperatura

Aumento de la precipitación y lluvias intensas  
Disminución de frecuencia de sequías  
Efectos de la variabilidad climática en el sector

### **6.3 Actividad acuícola**

Incremento de la temperatura  
Aumento de la precipitación y lluvias intensas  
Disminución de frecuencia de sequías  
Efectos de la variabilidad climática en el sector

### **6.4 Institucionalidad**

Nivel de incorporación del cambio climático (CC) y eventos meteorológicos extremos (EME) en los instrumentos de gestión  
Instrumentos de gestión que incorporan el tema de cambio climático y eventos meteorológicos extremos  
Dificultades en la incorporación de los temas de cambio climático y eventos meteorológicos extremos en los instrumentos de gestión  
Utilidad de incorporar los temas de cambio climático y eventos meteorológicos extremos en los instrumentos de gestión

## **7. CONCLUSIONES**

## **8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **9. GLOSARIO**

### **LISTADO DE MAPAS**

**Mapa 1**      **Ubicación del ámbito de estudio**

### **LISTADO DE CUADROS**

**Cuadro 1**      **Ubicación de Tumbes por sus coordenadas geográficas**  
**Cuadro 2**      **Modelos utilizados del CMIP5 en Ramos (2015)**  
**Cuadro 3**      **Definición de los índices extremos de precipitación y temperatura empleados**  
**Cuadro 4**      **Cambios futuros del periodo 2015-2030 respecto a 1971-2000**  
**Cuadro 5**      **Cambios futuros en temperatura extremas del periodo 2015 - 2030 respecto a 1971-2000**  
**Cuadro 6**      **Cambios futuros en precipitaciones extremas del periodo 2015-2030 respecto a 1971-2000**  
**Cuadro 7**      **Aumento adicional regional de nivel del mar (frente a Tumbes con respecto al aumento global) para los modelo de CMIP5 que poseen grilla regular y más de cien años de datos**

- Cuadro 8** Escenario extremo de aumento del nivel del mar (cm) para el 2030 y 2050 relativo al 2014, el cual incluye los efectos de El Niño, la oscilación decadal del Pacífico (PDO) y el Cambio Climático (CC) global y regional
- Cuadro 9** Nivel de incorporación del Cambio Climático (CC) y Eventos Meteorológicos Extremos (EME) en instrumentos de gestión gráficas indican los valores
- Cuadro 10** Instrumentos de gestión que incorporan el tema de CC y EME
- Cuadro 11** Principales dificultades en la incorporación de los temas de CC y EME en los instrumentos de gestión
- Cuadro 12** Principales utilidades que indican las autoridades obtener al incorporar los temas de CC y EME en los instrumentos de gestión
- Cuadro 13** Resumen de los cambios futuros respecto a precipitación, temperatura y eventos extremos del periodo 2015-2030 respecto a 1971-2000

## LISTADO DE FIGURAS

- Figura 1** Esquema de la conceptualización de riesgo, vulnerabilidad y peligro del WGII AR5
- Figura 2** Espacio de oportunidades y vías resistentes al clima
- Figura 3** Esquema conceptual metodológico del estudio
- Figura 4** Esquema conceptual de la vulnerabilidad futura
- Figura 5** Escenarios de emisión según grado de forzamiento radiativo
- Figura 6** Error de los GCMs en la precipitación promedio mensual del clima presente. El error fue calculado como la diferencia de la precipitación promedio mensual anual de 20 GCMs (1990-2005) que pertenecen al CMIP5, y la precipitación promedio mensual del TRMM 3B43 (1998-2013).
- Figura 7** Diagrama de dispersión entre la TSM mensual y precipitación mensual en el Salto y Modelo Físico Empírico
- Figura 8** Cambio de temperatura máxima mensual del periodo 2015 - 2030 respecto a 1971-2000, a) Cambio promedio de 9 GCMs b) Cambio del escenario optimista y c) Cambio del escenario pesimista
- Figura 9** Cambio de temperatura mínima mensual del 2015-2030 respecto a 1971-2000, a) Cambio promedio de 9 GCMs b) Cambio del escenario optimista y c) Cambio del escenario pesimista

- Figura 10** Cambio porcentual de precipitación mensual del periodo 2015 - 2030 respecto a 1971-2000, a) Cambio promedio de 9 GCMs b) Cambio del escenario optimista y c) Cambio del escenario pesimista
- Figura 11** Distribuciones de probabilidad de temperatura diaria y precipitación: Mientras la curva sea mayor significa que con mayor frecuencia ocurren eventos meteorológicos con esas características
- Figura 12** Ubicación de estaciones meteorológicas en Tumbes
- Figura 13** Diagramas de dispersión entre la temperatura máxima o mínima mensual e índice de temperatura extrema según estación meteorológica (periodo 1971-2000). El modelo de regresión es del tipo  $y=mx+b$ . Las gráficas indican los valores del coeficiente de correlación ( $r$ ), pendiente ( $m$ ) y la constante ( $b$ ).
- Figura 14** Diagramas de dispersión entre la temperatura máxima o mínima mensual (según sea el caso, eje  $x$ ) e índice de frecuencia de temperatura extrema (eje  $y$ ) según estación meteorológica (periodo 1971-2000). El modelo de regresión es del tipo  $y=a+bx+cx^2$ . Las gráficas indican los valores coeficiente de correlación ( $r$ ) y coeficientes del modelo ( $a,b,c$ ).
- Figura 15** Diagramas de dispersión entre la precipitación mensual (eje  $x$ ) e índice de intensidad de precipitación extrema (eje  $y$ ) según estación meteorológica (periodo 1971-2000). El modelo de regresión es del tipo  $y=mx+b$ . Las gráficas indican los valores del coeficiente de correlación ( $r$ ), pendiente ( $m$ ) y la constante ( $b$ ).
- Figura 16** Diagramas de dispersión entre la precipitación mensual (eje  $x$ ) e índice de frecuencia de precipitación extrema (eje  $y$ ) según estación meteorológica. El modelo de regresión es del tipo  $y=mx+b$ . Las gráficas indican los valores del coeficiente de correlación ( $r$ ), pendiente ( $m$ ) y la constante ( $b$ ).
- Figura 17** Diagramas de dispersión entre la precipitación mensual (eje  $x$ ) e índice de Días Secos Consecutivos - CDD (eje  $y$ ) según estación meteorológica (periodo 1971-2000). El modelo de regresión es del tipo  $y=a+bx+cx^2$ . Las gráficas indican los valores del coeficiente de correlación ( $r$ ) y coeficientes del modelo ( $a,b,c$ ). El modelo sólo es válido cuando “ $x$ ” es menor al valor indicado con una estrella.

## Parte 4

### Diseño y creación de un modelo de base de datos geográficos de la región Tumbes

---

- Figura 18** Ciclo estacional estimada del nivel del mar en La Libertad (cm) usando cinco armónicos del periodo anual (1981- 2010). El eje horizontal inicia y termina el 1° de enero.
- Figura 19** Anomalías diarias y mensuales del nivel del mar en La Libertad.
- Figura 20** Proyecciones de la elevación media mundial del nivel del mar durante el siglo XXI, en relación con el período 1986-2005, a partir de una combinación del conjunto de la quinta fase del los Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5) y de modelos basados en procesos para los escenarios RCP2.6 y RCP8.5.
- Figura 21** Tendencia lineal en nivel del mar (mm/año) para el periodo 1993-2008 de datos de altimetría satelital
- Figura 22** Impacto agrícola en el rendimiento de los cultivos de banano y arroz en Tumbes.
- Figura 23** Resumen de los efecto de la variabilidad climática futura en la actividad agrícola en Tumbes
- Figura 24** Resumen de los efecto de la variabilidad climática futura en la actividad turística en Tumbes
- Figura 25** Resumen de los efecto de la variabilidad climática futura en la actividad acuícola en Tumbes

## 1. INTRODUCCIÓN

## 2. MARCO CONCEPTUAL

- 2.1 Información geográfica y características de los datos espaciales**  
Modelos de datos espaciales (raster y vectores)  
Fuentes primarias y secundarias
- 2.2 Base de datos**  
Base de datos relacionales  
Base de datos espacial  
Diseño de modelo de base de datos
- 2.3 Administración de la información tabular (Tablas)**
- 2.4 Metadatos e infraestructura de datos espaciales**
- 2.5 Proyectos cartográficos**  
Tipos de proyecciones cartográficas  
El sistema UTM
- 2.6 Modelo de datos geodatabase en ArcGis**

### 3. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1 Diseño y organización de la base de datos geográfica

Ejes temáticos  
diseño del modelo conceptual  
Diseño del modelo físico  
Diseño del modelo lógico

#### 3.2 Inclusión de la metadata

#### 3.3 Recopilación de la información y acondicionamiento cartográfico

Recopilación de la información cartográfica y tabular  
Revisar la base de datos tabular o temática  
Revisar la base de datos espacial  
Adecuación de los campos de la base de datos

### 4. METODOLOGÍA

#### 4.1 Requerimientos

Ubicación del proyecto  
Gestión de la información adquirida

#### 4.2 Diseño de base de datos

### 5. CONCLUSIONES

#### 5.1 Limitaciones

### 6. BIBLIOGRAFÍA

### ANEXOS

### LISTADO DE CUADROS

<b>Cuadro 1</b>	<b>Formato del diccionario de datos</b>
<b>Cuadro 2</b>	<b>Perfil de metadatos para el proyecto</b>
<b>Cuadro 3</b>	<b>Ubicación de Tumbes por sus coordenadas geográficas</b>
<b>Cuadro 4</b>	<b>Información gestionada y generada para la base de datos geográfica</b>

## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Celdas de malla raster con sus valores asociados
<b>Figura 2</b>	Geometría de representación vectorial
<b>Figura 3</b>	Componentes de una tabla
<b>Figura 4</b>	Esquema de una proyección cilíndrica
<b>Figura 5</b>	Representación parcial de la cuadrícula UTM en América del Sur
<b>Figura 6</b>	Diseño de la geodatabase
<b>Figura 7</b>	Esquema metodológico del diseño de la base de datos geográfica adaptado de la Guía Técnica de Modelamiento SIG para la Zonificación Ecológica Económica
<b>Figura 8</b>	Ubicación de Tumbes
<b>Figura 9</b>	Esquema de codificación única
<b>Figura 10</b>	Estructura de la geodatabase
<b>Figura 11</b>	Limite distrital, Dataset DS01_Cartografia_Base
<b>Figura 12</b>	Geología, Dataset DS02_Medio_Fisico
<b>Figura 13</b>	Zonas de vida, Dataset DS03_Medio_Biologico
<b>Figura 14</b>	Educación, Dataset DS04_Medio_Socioeconomico
<b>Figura 15</b>	Área agrícola inundada, Dataset DS05_Amenazas
<b>Figura 16</b>	Dataset DS01_Cartografia_Base
<b>Figura 17</b>	Dataset DS02_Medio_Fisico
<b>Figura 18</b>	Dataset DS03_Medio_Biologico
<b>Figura 19</b>	Dataset DS04_Medio_Socioeconomico
<b>Figura 20</b>	Dataset DS05_Amenazas
<b>Figura 21</b>	Rasters ubicados en la raíz de la Geodatabase

# Bibliografía

La bibliografía aquí presentada corresponde a la utilizada para los tres informes en forma integrada.

**Aggarwal, P.K. & Singh, A.K. (2010).** Implications of global climatic change on water and food security. En: C. Ringler, A.K. Biswas, & S. Kline (Eds.). *Global Change: Impacts on Water and Food Security* (pp. 49-63). Berlin and Heidelberg: Springer-Verlag.

**Agnew, C.T. (2000).** Using the SPI to identify droughts, *Drought Network News* (1994-2001). Paper 1, 12 (1), 6-12. Recuperado de: <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1000&context=droughtnetnews>

**Aguilar, Z. & Echevarría, A. (2011).** El enfoque de equidad de género en la Gestión de Riesgo de Desastres (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.

**Alexander, L.V., Zhang, X., Peterson, T.C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A.M.G., ... Vazquez-Aguirre, J.L. (2006).** Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 111 (D5), D05109, doi: 10.1029/2005JD006290.

**Alvarado, M., Alama, R., Palacios, B. & Arroyo, K. (2013).** Síntesis económica de Tumbes: Mayo 2013. Piura: Banco Central de Reserva del Perú, Departamento de Estudios Económicos.

**Alzamora, M. (2015).** Consultoría: Formulación de los perfiles climáticos regionales de Piura y Tumbes en el marco del Proyecto "Hacia un Desarrollo bajo en carbono y resiliente al cambio climático en las regiones de Piura y Tumbes: Informe final (Proyecto PNUD-IC-382-2015). Piura: Enfoque Territorial del Cambio Climático, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (TACC- PNUD).

**Aria, E., Cadenillas, R. & Pacheco, V. (2009).** Dieta de murciélagos nectarívoros del Parque Nacional Cerros de Amotape, Tumbes. *Revista Peruana de Biología*, 16(2), 187-190. Recuperado de: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/204>

**Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral (2014).** Consultoría: Análisis multitemporal de los cambios en la cobertura vegetal por impacto de la actividad ganadera en la Reserva Nacional de Tumbes (RNTUM): Informe final. Recuperado de: <http://sis.sernanp.gob.pe/biblioteca/descargarPublicacionAdjunto.action?strIdInterno=16161362415906976058873840491430412898>

**Autoridad Nacional del Agua, (2015).** Resultado del primer monitoreo participativo de la calidad del agua superficial en las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla lado peruano (Informe técnico N° 57-2015-ANA-AAA.JZ-ALA.T-OEVZ). Lima: ANA.

**Autoridad Nacional del Agua, Proyecto de Modernización de la Gestión de Recursos Hídricos (2014).** Difusión de los resultados del Monitoreo Participativo de los Ríos Tumbes y Zarumilla. Lima: Autoridad Nacional del Agua.

**Autoridad Nacional del Agua, Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos (2013).** Plan de la Gestión de Recursos Hídricos de la cuenca Tumbes. Diagnóstico. Tumbes: ANA, Consorcio INCLAM-Alternativa.

**Autoridad Nacional del Agua (2012).** Compendio de los recursos hídricos superficiales de Tumbes. Tumbes: Autoridad Nacional del Agua. Recuperado de: <http://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/ANA/566/1/ANA0000352.pdf>

**Autoridad Nacional del Agua, Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales (2010).** Proyecto Mejoramiento del Canal de la M.I. Río Tumbes: Resumen ejecutivo. Recuperado de: <http://www.ana.gob.pe/media/325084/7-%20mejoramiento%20rio%20tumbes.pdf>

**Autoridad Nacional del Agua, Instituto Nacional de Recursos Naturales, Intendencia de Recursos Hídricos (2007).** Estudio hidrogeológico del valle de Zarumilla: Informe final. Recuperado de: [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/estudio\\_hidrogeologico\\_tumbes1\\_0\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/estudio_hidrogeologico_tumbes1_0_0.pdf)

**Baker, J.T., Boote, K.J. & Allen, L. H. Jr. (1995).** Potential climate change effects on rice: Carbon dioxide and temperature. En C. Rosenzweig, L. Hartwell, L. Harper, S. Hollinger, J. W. Jones, G. Peterson (Eds.) *Climate change and agriculture: Analysis of potential international impacts* (pp. 31–47), doi: 10.2134/asaspecpub59.c2

**Barange, M. & Perry, R.I. (2009).** Repercusiones físicas y ecológicas del cambio climático en la pesca de captura marina y continental y en la acuicultura. En: K. Cochrane, C. De Young, D. Soto y T. Bahri (Eds.), *Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura: visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos* (pp. 7–118). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

**Bayer, A., Danysh, H., Garvich, M., González G., Checkley, W., Álvarez, M. & Gilman, R. H., (2008).** An unforgettable event: a qualitative study of the 1997-98 El Niño in northern Peru. *Disasters*, 38(2): 351-374, doi: 10.1111/disa.12046

**Becker, A., Finger, P., Meyer-Christoffer, A., Rudolf, B., Schamm, K., Schneider, U., & Ziese, M., (2013).** A description of the global land-surface precipitation data products of the Global Precipitation Climatology Centre with sample applications including centennial (trend) analysis from 1901–present. *Earth System Science Data*, 5, 71–99, doi: 10.5194/essd-5-71-2013.

**Benson, C & Twigg. J. (2007).** Tools for mainstreaming disaster risk reduction: Guidance notes for development organisations. Recuperado de: [http://www.preventionweb.net/files/1066\\_toolsformainstreamingDRR.pdf](http://www.preventionweb.net/files/1066_toolsformainstreamingDRR.pdf)

**Bjerknes, J. (1969).** Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Monthly Weather Review*, 97(3), 163-172, doi: 10.1175/1520-0493(1969)097<0163:ATFTEP>2.3.CO;2

**Bonilla, N. (Comp.) (2009).** Cultivo de maíz (*Zea mays*): Manual de recomendaciones técnicas. San José, Costa Rica: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria

**Brooks, N. & Adger, W. (2003a).** Country level risk indicators from outcome data on climate-related disasters: An exploration of the emergency events database. Norwich. Norwich, UK: Tyndal Centre.

**Brooks, N. & Adger, W. (2003b).** Country level risk measures of climate-related natural disasters and implications for adaptation to climate change. (Tyndall Centre for Climate Change Research, Working Paper 26). Norwich, UK: Tyndal Centre.

**Cardona O., (1993).** Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo: Elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo. En: Maskrey, A. (Comp.), Los desastres no son naturales, (pp. 45-63). Panamá: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.

**Cardona, O., Hurtado, J., Duque, G., Moreno, A., Chardon, A., Velásquez, L., y Prieto, S. (2003).** La noción de riesgo desde la perspectiva de los desastres: Marco conceptual para su gestión integral. Informe del programa de indicadores para la gestión de riesgo en las Américas. (Ejecución del componente II. Indicadores para la gestión de riesgos. Operación ATN/JF-7907-RG). Recuperado de la página web de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales: <http://idea.unalmz.edu.co/documentos/01%20Marco%20Conceptual%20BID-IDEA%20Fase%20I.pdf>

**Carranza, L. (1891).** Contra-corriente marítima observada en Paita y Pacasmayo. Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima, 1 (9), 344-345.

**Castro, H. (2004).** Diagnóstico de los elementos normativos e institucionales con relación a la gestión de riesgos en el Perú. Lima: Comisión Multisectorial de Reducción del Riesgo en el Desarrollo, CMRRD.

**Castro-Llanos, D. & Carvajal-Escobar, Y. (2013).** Análisis de tendencia en la precipitación pluvial anual y mensual en el departamento del Valle del Cauca. Memorias, 11(20), 9-18, doi: 10.16925/issn.0124-4361

**Centro de Datos para la Conservación (1992).** Estado de conservación de la Diversidad Natural de la Región Noroeste del Perú. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

**Centro de Datos para la Conservación (1997).** Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes. Las Áreas Naturales Protegidas del Perú (Reporte N° 7). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

**Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, Dirección de Gestión de Procesos (2014).** Manual para la evaluación de riesgos por fenómenos naturales, 02 versión. Recuperado de: <http://dimse.cenepred.gob.pe/simse/cenepred/docs/MAN-manual-evaluacion-riesgos-natural-v2.pdf>

**Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (2013).** Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. Recuperado de: <http://bvpad.indec.gov.pe/doc/pdf/esp/doc2460/doc2460-contenido.pdf>

**Céspedes, L. (2014).** Imágenes satelitales para medir la incidencia de la actividad acuícola de langostinos en el departamento de Tumbes. En L. Sanchez, C. Kruse, S. Madrigal, M. Barreno (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 (pp. 56-65).

**Céspedes, L., Flores, D., & Martínez, A. (2014).** Diagnóstico socioeconómico del área protegida y su zona de amortiguamiento. Gestión sostenible de recursos naturales en el ecosistema de manglares de Tumbes: Análisis del territorio y diagnóstico socioeconómico. (Informe Técnico Especial, V. I). Lima: Instituto Geofísico del Perú.

**Céspedes, M. (2002).** Manual divulgativo de especies forestales de la Reserva de Biosfera del Noroeste. Tumbes: Instituto Nacional de Recursos Naturales

**Chaccha, C.H. (1999).** Monitoreo de los cambios en la cobertura y uso de la tierra en el ecosistema manglar de Tumbes 1982-1992 (Tesis de Master). Universidad Agraria La Molina, Perú.

Chalco, A. (1955). Estudio geológico preliminar de la región Sullana-Lancones Empresa Petrolera Fiscal, Boletín Técnico, 3, 45-62.

**Chaudhary, R. C., Nanda, J. C. & Tran, D. V. (2003).** Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

**Chulenberg, T. S., Stotz, D. E., Lane, D. F., O'Neill, J. P. & Parker III, T. A. (2010).** Aves de Perú = Birds of Peru. Lima: CORBIDI

**Church, J.A., Clark, P.U. (Coords.) (2013).** Sea Level Change. En T.F. Stocker, G.-K. D. Qin, M. Plattner, S.K. Tignor, J. Allen, A. Boschung, ... P.M. Midgley (Eds.), Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 1137-1216) Cambridge: Cambridge University Press.

**Coello-Rubio, W. (2006).** Characterization of the Zarumilla transboundary aquifer between Perú and Ecuador (Tesis de Master). UNESCO, Institute for Water Education, Netherlands.

**Coiffer, J. (2011).** Fundamentals of Numerical Weather Prediction. Cambridge University Press.

**Comité Andino para la Prevención y Atención de Desastres (2009).** Estrategia Andina para la Prevención y Atención de Desastres: Decisión número 713 del Consejo Andino de Ministros de Relaciones Exteriores. Lima: Comunidad Andina: Secretaría General de la Comunidad Andina.

**Comité Multisectorial Encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño, ENFEN (2012).** Definición operacional de los eventos El Niño y La Niña y sus magnitudes en la costa del Perú. Nota Técnica. 3 p.

**Consortio Río Tumbes (2010).** Estudio de impacto ambiental y estudio a nivel de factibilidad del Proyecto Irrigación de la Margen Derecha del Río: Primer informe. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/62233861/In-for-Me>

**Corrales, L. (2014).** Adaptación al cambio climático en zonas costeras de Costa Rica: Tarea pendiente. Ambientico, 246, 29-35.

**Crespo, S. & More, A. (2013).** Distribución y estado de conservación del Cola-Espina de Cabeza Negruzca *Synallaxis tithys* en el noroeste de Perú, Cotinga, 35, 37–42. Recuperado de: [http://www.neotropicalbirdclub.org/html/toc\\_35.html](http://www.neotropicalbirdclub.org/html/toc_35.html).

**Crevenna, A. (Coord.) (2014).** Estudio de la vulnerabilidad y Programa de Adaptación ante la Variabilidad Climática y El Cambio Climático en diez destinos turísticos estratégicos, así como propuesta de un Sistema de Alerta Temprana a Eventos Hidrometeorológicos Extremos: Resumen ejecutivo. (Proyecto Clave: 165452, Fondo Sectorial Secur-Conacyt). México D. F.: Academia Nacional de Investigación y Desarrollo.

**Cuba, F. & Ita, N. (2008).** Guía climática turística. Recuperado de: <http://www.senamhi.gob.pe/?p=0702>

**Danysh, H. E., Gilman, R. H., Wells, J. C., Pan, W. K., Zaitchik, B., González, G.,... Checkley, W. (2014).** El Niño adversely affected childhood stature and lean mass in northern Peru. *Climate Change Responses*, 1:7, doi: 10.1186/s40665-014-0007-z

**De Jesús, M. (2002).** Guía técnica del cultivo de limón pérsico (Mag Frutal Es. Programa Nacional de Frutas de El Salvador). Nueva San Salvador: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

**Deser C. & Wallace J.M. (1987).** El Niño events and their relation to the Southern Oscillation. *Journal of Geophysical Research: Ocean*, 92 (C13) 14189-14196, doi: 10.1029/JC092iC13p14189

**De Silva, S.S. & Soto, D. (2009).** El cambio y la acuicultura: repercusiones potenciales, adaptación y mitigación. En K. Cochrane, C. De Young, D. Soto y T. Bahri (Eds). *Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura: Visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos* (pp. 169-236). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

**Di, L., Rundquist, D., & Han, L. (1994).** Modeling relationship between NDVI and precipitation during vegetative growth cycles. *International Journal of Remote Sensing*, 15 (10), 2121–2136, doi: 10.1080/01431169408954231

**Dinse, K., Michigan Sea Grant (2011).** Climate variability and climate change. What is the difference? [Folleto]. Recuperado de: <http://www.miseagrant.umich.edu/downloads/climate/11-703-Climate-Variability-and-Climate-Change.pdf>.

**DOMUS Consultoria Ambiental (2009).** EIA-Prospección sísmica 2D y perforación exploratoria, Lote 138. Recuperado de: [http://www.academia.edu/8845194/EIA\\_-Prospecci%C3%B3n\\_S%C3%ADsmica\\_2D\\_y\\_Perforaci%C3%B3n\\_Exploratoria\\_Lote\\_138](http://www.academia.edu/8845194/EIA_-Prospecci%C3%B3n_S%C3%ADsmica_2D_y_Perforaci%C3%B3n_Exploratoria_Lote_138)

**Donat, M. G., Alexander, L. V., Yang, H., Durre, I., Vose, R., Dunn, R. J. H., ... Kitching, S. (2013).** Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset, *Journal Geophysical Research: Atmosphere*, 118, 2098-2118, doi: 10.1002/jgrd.50150

**Douglas, I. (2009).** Climate change, flooding and food security in south Asia, *Food Security*, 1(2), 127-136, doi: 10.1007/s12571-009-0015-1

**Douglas M., Mejia J., Ordinola N., Boustead J. (2009).** Synoptic variability of rainfall and cloudiness along the coasts of northern Peru and Ecuador during the 1997/98 El Niño event. *Monthly Weather Review*, 137, 116-136, doi:10.1175/2008MWR2191.1

**Eastman, J. R. (2006).** IDRISI Andes: Guide to GIS and image processing. Manual versión 15.00. Worcester, USA. Clark University.

**Escobar, J. & Alas, F. (Eds.) (2005).** Guía técnica del cultivo del jocote (Mag Frutal Es. Programa Nacional de Frutas de El Salvador). Nueva San Salvador: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

**Escobedo, A. y Mejía, F. (2003).** El Cocodrilo de Tumbes (*Crocodylus acutus* Cuvier 1807): Estudio Preliminar de su estado actual en el norte de Perú. *Ecología Aplicada*, 2(1), 133-135.

**Espinoza, J. C., Ronchail, J., Guyot, J.-L., Junquas, C., Vauchel, P., Lavado, W,... Pombosa, R. (2011).** Climate variability and extreme drought in the upper Solimões River (western Amazon Basin): Understanding the exceptional 2010 drought. *Geophysical Research Letters*, 38(13), 1-6, doi:10.1029/2011GL047862.

**Espinoza, J. C. (2014).** Influencia de la variabilidad de los océanos Atlántico y Pacífico en la hidrología de la cuenca amazónica peruana. Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño: *Boletín Técnico*, 1, (9), 4-8.

**Estrella, C., Fernández, J., Castillo, G., Benites, C. (2010).** Informe General de la Segunda Encuesta Estructural de la Pesquería Artesanal Peruana 2003 – 2005. Región Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Áncash, Lima, Ica, Arequipa, Moquegua, Tacna, Informe IMARPE, 37 (1-2), 7-58. Recuperado de: [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_informe\\_37\\_num1\\_2.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_informe_37_num1_2.pdf)

**Fajardo J., Takahashi K. & Mosquera, K. (2014).** Los impactos de la marea y la onda Kelvin en los manglares de Tumbes. Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño: *Boletín Técnico*, 1 (9), 9-10.

**Fenucci, J. (1988).** Manual para la cría de camarones Peneidos: Documento preparado por el Proyecto GCP/RLA/075/ITA Apoyo a las actividades regionales de acuicultura para América Latina y El Caribe (GCP/RLA.075/ITA. Documento de campo 8). Recuperado de: <http://www.fao.org/3/content/9c1078d6-7837-5588-a4d7-de54c2519536/AB466S00.htm>

**Galarza, E. & Kámiche, J., (2012).** Impactos del Fenómeno El Niño (FEN) en la economía regional de Piura, Lambayeque y La Libertad: Informe final. Recuperado de la página web del Proyecto Seguros para la Adaptación al Cambio Climático: <http://seguros.riesgocambioclimatico.org/DocInteres/InformeFinalGIZFEN.pdf>

**García, T.J. & Mas, J.-F. (2008).** Comparación de metodologías para el mapeo de la cobertura y uso de suelo en el suroeste de México. *Investigaciones Geográficas*, 67, 7-19. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-46112008000300002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112008000300002)

**Gobierno Regional de Piura; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2014).** Diagnóstico socioeconómico y ambiental de la zona marino costera de la provincia de Talara. Piura: Gobierno Regional. Recuperado de: [siar.regionpiura.gob.pe/admDocumento.php?accion=bajar&docadjunto=1960](http://siar.regionpiura.gob.pe/admDocumento.php?accion=bajar&docadjunto=1960)

**Gobierno Regional de San Martín, Dirección Regional de Agricultura (s. f.).** Manual técnico del cultivo de maíz amarillo duro. Recuperado de: <http://docplayer.es/8867239-Manejo-integrado-de-maiz-amarillo-duro.html>

**Gobierno Regional de Tumbes, Sistema Regional de Defensa Civil (2004).** Plan Regional de Prevención y Atención de Desastres. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/35442891/Plan-Regional-Pad-Tumbes>

**Gobierno Regional de Tumbes, Gerencia Regional de Planificación, Presupuesto y Acondicionamiento Territorial. (2011).** Plan de Desarrollo Regional Concertado 2011 – 2014. Tumbes: Gobierno Regional.

**Gobierno Regional de Tumbes (2011).** Estudio de impacto ambiental y estudio a nivel de factibilidad del proyecto de irrigación de la margen derecha del río Tumbes: Informe final. Tumbes: Gobierno Regional: Consorcio Rio Tumbes.

**González, B., Losad, I., Méndez, F., Castañedo, S. (2011).** Impacto del cambio climático en las zonas costeras - Datos e información en América Latina y el Caribe. En: D. Soto & R. Quiñones (Eds.) Cambio climático, pesca y acuicultura en América Latina: Potenciales impactos y desafíos para la adaptación (Actas de Pesca y Acuicultura, 29, pp. 25-38). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Acuicultura.

**Gonzales G. (1976).** Bioestratigrafía del Eoceno en la Cuenca Talara (Tesis Doctoral). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú.

**Goosse H., Barriat, P.Y., Lefebvre, W., Loutre, M.F. & Zunz, V. (2010).** Introduction to climate dynamics and climate modeling. Recuperado de: <http://www.climate.be/textbook/pdf/Title.pdf>

**Gu, Y., Brown, J.F., Verdin, J. & Wardlow, B. (2007).** A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States. *Geophysical Research Letters*, 34 (6), L06407, doi: 10.1029/2006GL029127

**Gustard, A.; Bullock, A. & Dixon, J. M. (1992).** Low flow estimation in the United Kingdom (Reporte Técnico N°108). Low Flows, United Kingdom: Institute of Hydrology.

**Hansen, J., R. Ruedy, M. Sato, & K. L., (2010).** Global surface temperature change. *Reviews of Geophysics*, 48, RG4004, doi:10.1029/2010RG000345.

**Harvell, C.D., Mitchell, C.E., Ward, J.R., Altizer, S., Dobson, A.P., Ostfeld, R.S. & Samuel, M.D. (2002).** Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science*, 296 (5576), 2158–2162.

**Hatfield, J.L. (2010).** Climate impacts on agriculture in the United States: The value of past observations. En D. Hillel & C. Rosenzweig (Eds.). *Handbook of Climate Change and Agroecosystems: Impact, Adaptation and Mitigation* (pp. 239-253). London: Imperial College Press.

**Haylock, M.R., Peterson, T.C., Alves, L.M., Ambrizzi, T., Anunciação, Y.M.T., Baez, J.,... Vincent, L.A. (2006).** Trends in total and extreme South American rainfall 1960- 2000 and links with sea surface temperature. *Journal of Climate*, 19 (8), 1490-1512, doi: 10.1175/JCLI3695.1

**Holdridge, L. R. (1947).** Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science*, 105 (2727), 367-368, doi: 10.1126/science.105.2727.367

**Holdridge, L.R. (1967).** Life zone ecology. San José: Tropical Science Center.

**Iddings, A., Olsson, A. A. (1928).** Geology of Northwest Peru. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 12 (1), p. 1-39.

**InfoAgro (s. f.)** El cultivo del plátano. Disponible en: [http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/platano.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm)

**Instituto Geofísico del Perú (2015).** Base de datos de los índices E y C. [Archivo de datos]. Recuperado de: <http://www.met.igp.gob.pe/datos/EC.txt>

**Instituto Geofísico del Perú, Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera (s. f.).** Eventos El Niño y La Niña Costeros. [Archivo de datos] Recuperado de: [http://www.met.igp.gob.pe/elnino/lista\\_eventos.html](http://www.met.igp.gob.pe/elnino/lista_eventos.html)

**Instituto Geofísico del Perú (2014).** Base de datos de los índices E y C. [Archivo de datos]. Recuperado de: <http://www.met.igp.gob.pe/datos/EC.txt>

**Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (s. f.).** Sistema geológico catastral minero [Archivo de datos y código de libros]. Recuperado de: <http://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/index.html>

**Instituto Nacional de Defensa Civil (2006).** CD interactivo estadístico del INDECI. Diagnóstico de ocurrencia de sequías, inundaciones y cambio climático global en el Perú. Emergencias y danos por distrito, a nivel región - Base De Datos (BD) emergencia y desastres (2003-2013)

**Instituto Nacional de Desarrollo (2001).** Diagnóstico de gestión de la oferta de agua cuenca Puyango-Tumbes. Recuperado de: <http://167.249.9.58:8093/media/8936/diagnosticoofertaagua.pdf>

**Instituto Nacional de Desarrollo, Proyecto Especial Puyango Tumbes (2002).** Plan de Gestión de la oferta de agua en las cuencas del ámbito del proyecto Puyango Tumbes. Volumen 2 (Diagnóstico consolidado, tomo 2.1). Recuperado de: <http://167.249.9.58:8093/media/9068/vol%20ii%20tomo%2021.pdf>

**Instituto Nacional de Desarrollo Urbano, Comité Ejecutivo de Reconstrucción de El Niño; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2000).** Mapa de peligros, plan de usos del suelo y plan de mitigación de los efectos producidos por los desastres naturales en la ciudad de Tumbes (Proyecto CEREN-PNUD PER 98/018) Recuperado de: [http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios\\_CS/Region\\_Tumbes/tumbes/tumbes.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_Tumbes/tumbes/tumbes.pdf)

**Instituto Nacional de Estadística e Informática, Oficina Departamental de Tumbes (2000).** Guía Estadística 1999-2000: Conociendo Tumbes. Tumbes: Instituto Nacional de Estadística e Informática

**Instituto Nacional de Estadística (2007).** Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática

**Instituto Nacional de Estadística, Dirección Nacional de Censos y Encuestas (2008).** Resultados definitivos: Departamento de Tumbes. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática

**Instituto Nacional de Estadística, Oficina Departamental de Tumbes (2009).** Compendio estadístico departamental 2008 – 2009. Tumbes: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

**Instituto Nacional de Estadística, Oficina Departamental de Tumbes (2010).** Compendio estadístico departamental 2009 – 2010. Tumbes: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

**Instituto Nacional de Estadística e Informática (2012).** IV Censo Nacional Agropecuario 2012: Resultados definitivos. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Recuperado de: <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>

**Instituto Nacional de Estadística (2012).** IV Censo Nacional Agropecuario 2012. (Versión 1.0) [Base de datos REDATAM, Sistema de consulta de datos]. Recuperado de: <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/>

**Instituto Nacional de Estadística e Informática, Oficina Departamental de Tumbes (2013).** Compendio estadístico departamental 2013. Tumbes: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

**Instituto Nacional de Estadística (2013).** Resultados Definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática

**Instituto Nacional de Estadística e Informática (2014).** Anuario de estadísticas ambientales. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática

**Instituto del Mar del Perú (1998).** El Fenómeno de El Niño. En Perú et El Niño: Aprendiendo de la naturaleza (pp. [13-27]). Lima: PromPeru

**Instituto Nacional de Recursos Naturales (1995).** Mapa ecológico del Perú: Guía explicativa. Lima: Instituto Nacional de Recursos Naturales.

**Instituto Nacional de Recursos Naturales (2007).** Plan Maestro del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes 2007 - 2011. Lima: Instituto Nacional de Recursos Naturales

**Instituto Nacional de Recursos Naturales (2001).** Plan Maestro del Parque Nacional Cerros de Amotape. Tumbes: Instituto Nacional de Recursos Naturales

**Instituto Nacional de Recursos Naturales, Intendencia de Recursos Hídricos (2003).** Estudio hidrogeológico del valle Zarumilla. Recuperado de: [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/estudio\\_hidrogeologico\\_zarumilla\\_0\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/estudio_hidrogeologico_zarumilla_0_0.pdf)

**Instituto Nacional de Recursos Naturales, Intendencia de Recursos Hídricos (2006).** Estudio hidrogeológico de la Quebrada Casitas. Informe final. Recuperado de: [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/estudio\\_hidrogeologico\\_quebrada\\_casitas\\_0\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/estudio_hidrogeologico_quebrada_casitas_0_0.pdf)

**Instituto Nacional de Recursos Naturales, Intendencia de Recursos Hídricos (2007a).** Estudio hidrogeológico del valle Tumbes: Informe final. Recuperado de: [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/estudio\\_hidrogeologico\\_tumbes1\\_0\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/estudio_hidrogeologico_tumbes1_0_0.pdf)

**Institute of Hydrology (1980).** Low flow studies. Report N° 1. Research Report, Wallingford, UK: Institute of Hydrology. Recuperado de: [http://nora.nerc.ac.uk/9093/1/Low\\_Flow\\_01.pdf](http://nora.nerc.ac.uk/9093/1/Low_Flow_01.pdf)

**Intergovernmental Panel on Climate Change, Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, S., ... Minx, J.C. (Eds.) (2014).** Climate Change 2014: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge: Cambridge University Press.

**Intergovernmental Panel on Climate Change, Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, ... L.L. White (Eds.) (2014)** Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Recuperado de: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5\\_wgII\\_spm\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf).

**Intergovernmental Panel on Climate Change., Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M. M. B., Allen, S. K., Boschung, J., ... Midgley, P. M. (2013)**. Climate change 2013: The physical science basis: Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.

**Intergovernmental Panel on Climate Change, Field, C.B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D.J., Ebi, K.L., ... Midgley, P.M. (Eds.) (2012)**. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.

**Intergovernmental Panel on Climate Change, (2007).**, Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., Van der Linden, P.J. & Hanson, C.E. (Eds.) Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.

**Ivanova, A. (2012)**. El cambio climático y el turismo: impactos, adaptación y mitigación. En A. Ivanova & R. Ibáñez (Coords.), Medio ambiente y política turística en México: Ecología, biodiversidad y desarrollo turístico (pp. 67-88). México D. F.: Instituto Nacional de Ecología.

**Jubb, I., Canadell P., Dix M., Australian Climate Change Science Program (s. f.)** Representative Concentration Pathways (RCPs) [folleto]. Recuperado de: [http://www.cawcr.gov.au/projects/Climatechange/wp-content/uploads/2016/11/ACCSP\\_RCP.pdf](http://www.cawcr.gov.au/projects/Climatechange/wp-content/uploads/2016/11/ACCSP_RCP.pdf).

**Justice, C., Townshend, J., Holben, B., & Tucker, C. (1985)**. Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 6 (8), 1271–1318, doi: 10.1080/01431168508948281.

**Justiniano, H., & Luna, J. (2005)**. Análisis de sequías aplicación a la cuenca del Lago Poopo, Bolivia – Oruro. (Tesis de Pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

**Kendall, M.G. (1962)**. Rank correlation methods. 3a. Ed. New York: Hafner Publishing Company.

**Klok, E. J., & Tank, A. (2009)**. Updated and extended European dataset of daily climate observations. *International Journal of Climatology*, 29 (8), 1182–1191, doi: 10.1002/joc.1779.

**Kogan, F., & Sullivan, J. (1993)**. Development of global droughts-watch system using NOAA/AVHRR data. *Advanced Space Research*, 13(5), 219–222, doi: 10.1016/0273-1177(93)90548-P.

**Lagos, P., Silva, Y., Nickl, E., & Mosquera, K. (2008)**. El Niño related precipitation variability in Perú. *Advances in Geosciences*, 14, 231-237. doi: 10.5194/adgeo-14-231-2008.

**Lamas, G. (1976).** Notas sobre mariposas peruanas (Lepidoptera). III. Sobre una colección efectuada en el Departamento de Tumbes. *Revista Peruana de Entomología*, 19(1), 8-12. Recuperado de: <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/entomologia/v19/pdf/a02v19.pdf>.

**Lavado W. & Espinoza J.C. (2014).** Impact of El Niño and La Niña events on Rainfall in Peru. *Revista Brasileira de Meteorología*, 29(2), 171-182.

**Lavado, W. S., Silvestre E. & Pulache, W. (2010).** Tendencias en los extremos de lluvias cerca de la ciudad del Cusco y su relación con las inundaciones de enero del 2010. *Revista Peruana Geo-Atmosférica RPGA*, 2, 89-98. Recuperado de: [http://www.senamhi.gob.pe/rpga/pdf/2010\\_vol02/art8.pdf](http://www.senamhi.gob.pe/rpga/pdf/2010_vol02/art8.pdf)

**Lavell, A. (2007).** ENOS, patrones de riesgo de desastres y su gestión: elementos conceptuales y bases de la investigación comparativa. En *Riesgo y clima: Proceso, patrones y gestión en América* (pp. 9-28), Lima: LA RED.

**Lavell, A. (2003).** La gestión local del riesgo: Nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica. Guatemala: Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Centra: Panamá: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Buró para la Prevención de Crisis y Recuperación.

**León, K. (2015).** Patrones diarios de precipitación y su relación con la circulación atmosférica durante eventos extremos El Niño en la costa norte peruana. Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño: *Boletín Técnico*, 2(3), 4-8.

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

**Linares-Palomino, R. (2005).** Spatial distribution patterns of trees in a seasonally dry forest in the Cerros de Amotape National Park, northwestern Peru. *Revista Peruana de Biología*, 12 (2). 317 – 326. doi:10.15381/rpb.v12i2.2405.

**Liu, W. & Ferreira, A. (1991).** Monitoring crop production regions in the Sao Paulo state of Brazil using normalized difference vegetation index. En *Proceeding of the 24th International Symposium on Remote Sensing of Environment: vol. 2* (447–455). Rio de Janeiro: International Society of Photogrammetry & Remote Sensing; International Center for Remote Sensing of Environment.

**Lizano, O. (2014).** Algunos impactos costeros en Costa Rica debido al calentamiento global. *Ambientico*, 246: 23-28.

**Lloyd-Hughes, B., & Saunders, M.A. (2002).** A drought climatology for Europe. *International Journal of Climatology*, 22(13), 1571-1592, doi: 10.1002/joc.846.

**Lobell, D.B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2011).** Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, 333(6042), 616-620, doi:10.1126/science.1204531.

**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, 4285-4293. Recuperado de: <http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.20.55.16/doc/4285.pdf>

**Ludeña, C., Sánchez, L., Samaniego, J. L., Miguel, C., Pereira, M., Martínez, K., ... Alejandro, H. (2014).** La economía del cambio climático en el Perú. Recuperado de: [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37419/S1420992\\_es.pdf;jsessionid=F0D275D32BFA61E7757EAE1EAD2879CA?sequence=1](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37419/S1420992_es.pdf;jsessionid=F0D275D32BFA61E7757EAE1EAD2879CA?sequence=1)

**Luque, C. (2008).** Estudio de la diversidad hidrobiológica en Tumbes: Informe 2007. Tumbes: Instituto del Mar del Perú. Recuperado de: [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_10\)\\_informe\\_biodiversidad\\_2007,\\_revjll.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_10)_informe_biodiversidad_2007,_revjll.pdf)

**Machuca, R. (2014).** Cálculo de daños económicos potenciales en viviendas por inundaciones durante la ocurrencia del fenómeno El Niño: caso norte peruano. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Callao, Perú.

**MacDonald, G.M. (2010).** Climate change and water in Southwestern North America special feature: water, climate change, and sustainability in the southwest. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 107, 21256-21262, doi: doi:10.1073/pnas.0909651107

**Magaña, V. (2013).** Guía metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad ante cambio climático: Informe 3. México D.F.: Instituto Nacional de Ecología; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

**Mann, H. B. (1945).** Non-parametric tests against trend, *Econometrica*, 13 (3), 245-259, doi: 10.2307/1907187

**Martcorena, B. (Ed.) (1999).** Perú: Vulnerabilidad frente al cambio climático. Aproximaciones a la experiencia con el fenómeno El Niño. Lima: Consejo Nacional de Ambiente.

**Martin, J. (2002).** Ingeniería Fluvial. Buenos Aires: Ediciones UPC.

**Martínez M. (1970).** Geología del basamento paleozoico en las montañas de Amotape y posible origen del petróleo en rocas paleozoicas del noroeste del Perú. En: Amiel-R-W (Ed.), Primer Congreso Latinoamericano de Geología, 2, 105- 138 p.

**Martinez, A. (1998).** El cultivo del plátano en los llanos orientales: Aspectos generales y principales labores del cultivo del plátano: Manual instruccional. Bucaramanga: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Regional 8.

**Mas, J –F. (Coord.) (2011).** Aplicaciones del sensor MODIS para el monitoreo del territorio. Michoacán, México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Instituto Nacional de Ecología: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental.

**Maselli, F., Conese, C., Petkov, L. & Resti, R. (1992).** Inclusion of prior probabilities derived from a nonparametric process into the maximum-likelihood classifier. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 58 (2), 201-207.

**Maza, J. & Garcia, J. (1996).** Transporte de sedimentos. En: Manual de ingeniería de ríos (pp. 531-538). México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ingeniería

**McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., (1993).** The relationship of drought frequency and duration to timescales. En Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA (pp. 179-184). Boston: American Meteorological Society.

**McKinnon, M. (Ed.) (2010).** Climate Vulnerability Monitor 2010. The state of the climate crisis. Recuperado de: [http://daraint.org/wp-content/uploads/2010/12/CVM\\_Complete-1-August-2011.pdf](http://daraint.org/wp-content/uploads/2010/12/CVM_Complete-1-August-2011.pdf)

**Meinshausen, M., Smith, S. J., Calvin, K. V., Daniel, J. S., Kainuma, M. L. T., Lamarque, J.-F.,... Vuuren van, D. P. P. (2011).** The RCP Greenhouse Gas Concentrations and their Extension from 1765 to 2300. Climatic Change, 109, 213–241, doi:10.1007/s10584-011-0156-z

**Mendoza, D. H. (2011).** Panorama de la acuicultura mundial, América Latina y el Caribe en el Perú: Informe. Lima: Ministerio de la Producción: Dirección General de Acuicultura del Despacho Viceministerial de Pesquería.

**Merrifield, M. A., & Maltrud, M. E. (2011).** Regional sea level trends due to a Pacific trade wind intensification. Geophysical Research Letters, 38 (21), L21605, doi:10.1029/2011GL049576

**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, 1-12. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2012.12.014

**Mitchell, T. D., & Jones, P. D. (2005).** An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. International Journal of Climatology, 25 (6), 693–712, doi: 10.1002/joc.1181

**Montgomery, D.R. (2007).** Soil erosion and agricultural sustainability, Proceedings of the National Academy of Sciences, 104 (33), 268–272, doi: 10.1073/pnas.0611508104

**Morera, S.B. y Flores, D. (2013).** Tasas de erosión actual y eventos El Niño en la cuenca del río Puyango-Tumbes y Zarumilla. En D. Flores, L. Céspedes, A. Martínez (Eds.). Identificación de servicios ecosistémicos en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes: Informe Técnico Especial (pp. 51-53). Lima: Instituto Geofísico del Perú.

**Morera, S.B. (2014).** Erosión y transporte de sedimentos durante eventos El Niño a lo largo de los Andes occidentales. Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño: Boletín Técnico, 1(7), 4-7.

**Morice, C. P., Kennedy, J. J., Rayner, N. A. & Jones, P. D. (2012).** Quantifying uncertainties in global and regional temperature change using an ensemble of observational estimates. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 117 (D8),doi: 10.1029/2011JD017187

**Morris, R. & Aleman A. (1975).** Sedimentation and tectonics of Middle Cretaceous Copa Sombrero Formation in northwest. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, 48 (1), 49-64.

**Mosquera, K. (2014).** Ondas Kelvin oceánicas y un modelo oceánico simple para su diagnóstico y pronóstico. Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño: Boletín Técnico, 1 (1), 4-7.

**Murrugarra, F. (2008).** Diagnóstico de potencial Turístico del SNLMT: Informe de consultoría presentado a MEDA Perú. Tumbes: MEDA Subsidiary Perú.

**Naciones Unidas, Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, EIRD (2004).** Vivir con el riesgo: Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres: Volumen II. [Versión Adobe Digital Reader] Recuperado de: <http://www.eird.org/vivir-con-el-riesgo/index2.htm>

**Noblecilla, C. E. (2009).** Investigación de mercados y oportunidades de negocios para la artesanía de Tumbes: Estudio técnico. Tumbes: MEDA, Subsidiary Perú.

**Núñez, S. (2006).** Variación del cauce del río Tumbes en el sector Higuierón-Desembocadura: Relación con los peligros hidrometeorológicos. En: XIII Congreso Peruano de Geología: Resúmenes extendidos (pp. 147-150). Lima: Sociedad Geológica del Perú

**Núñez S. & Zegarra J. (2006).** Estudio geoambiental de la Cuenca del Río Puyango – Tumbes, Boletín N° 32 Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, INGEMMET, 3-314, Recuperado de: <http://es.calameo.com/read/000820129870b76722e91>

**Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator (1980).** Natural disasters and vulnerability analysis. Report of Experts Group Meeting 9–12 July 1979. [Geneva]: UNDRRO. Recuperado de: <https://archive.org/details/naturaldisasters00offi>

**Olsson, A. (1932).** Contribution to the tertiary paleontology of Northern Peru. Part 5. The Peruvian Miocene. Bulletin of American Paleontology, 19 (68), 1-272.

**Organización Meteorológica Mundial (2006).** Vigilancia y alerta temprana de la sequía: Conceptos, progresos y desafíos futuros (OMM-N° 1006). Recuperado de: [http://www.droughtmanagement.info/literature/WMO\\_drought\\_monitoring\\_early\\_warning\\_es\\_2006.pdf](http://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_drought_monitoring_early_warning_es_2006.pdf)

**Organización Mundial del Turismo (2007, octubre).** Cambio climático y turismo: Responder a los retos mundiales. Artículo presentado en la Segunda Conferencia Internacional sobre Cambio Climático y Turismo, Davos, Suiza. Resumen recuperado de: [http://fundacionmahatmagandhi.com/files/Davos-Declaration\\_Spanish\\_1\\_.pdf](http://fundacionmahatmagandhi.com/files/Davos-Declaration_Spanish_1_.pdf).

**Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2012a).** Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura: Visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos (FAO, Documento Técnico de Pesca y Acuicultura, 530). Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/015/i0994s/i0994s00.htm>

**Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO (2012b).** El estado mundial de la pesca y la acuicultura Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s00.htm>

**Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2012c).** Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua (Estudio FAO: Riego y Drenaje, 66). Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i2800s.pdf>

**Palacios E., J. (2009).** Procesos físicos asociados a lluvias intensas en la costa norte durante El Niño y efectos del cambio climático. Compendio de trabajos de investigación realizados por estudiantes durante el año 2009, 11, 63-69.

**Palacios, O.; Instituto Geológico Minero y Metalúrgico Sector Energía y Minas (1994).** Geología de los cuadrángulos de Paita, Piura, Talara, Sullana, Lobitos, Quebrada Seca, Zorritos, Tumbes y Zarumilla: hojas 11-a, 11-b, 10-a, 10-b, 9-a, 9 b, 8-b, 8-c y 7-c. Boletín del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, serie A, 54. Recuperado de: <http://es.calameo.com/read/000820129bf9268a344f0>

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

**Pawlowicz, R., Beardsley, B. & Lentz, S. (2002).** Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T\_TIDE, Computers & Geosciences, 28 (8), 929-937, doi: 10.1016/S0098-3004(02)00013-4

**Perú. Gobierno Regional de Tumbes, Dirección Regional de Comercio Exterior y Turismo (2015).** Plan Operativo Institucional 2015. Recuperado de. <http://regiontumbes.gob.pe/documentos/Planes/Plan%20Operativo%20Institucional/POI-2015.pdf>

**Perú. Gobierno Regional de Tumbes, Dirección Regional de Comercio Exterior y Turismo, Gerencia Regional de Desarrollo Económico (2010).** Plan Operativo Institucional 2011. Recuperado de: <http://itdconsulting.net/tmp/directumbes/poi.html>

**Perú. Gobierno Regional de Tumbes, Dirección Regional de Agricultura (2008).** Plan Estratégico del Sector Agrario de la Región Tumbes, 2008-2015. Tumbes: Gobierno Regional.

**Perú. Ministerio de Agricultura, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (1998).** Plan de emergencia para la recuperación de la agricultura del departamento de Tumbes - Post Niño. En Tercer Foro Electrónico "Prevención de desastres frente al fenómeno de El Niño y planes de contingencia, Lima, Perú.

**Perú. Ministerio de Agricultura y Riego, Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre (2014).** Perú Forestal en números año 2013. Recuperado de: <http://sinia.minam.gob.pe/documentos/peru-forestal-numeros-ano-2013>

**Perú. Ministerio de Agricultura, Dirección General de Competitividad Agraria, (2012).** El arroz: Principales aspectos de la cadena agroproductiva. Recuperado de: [http://www.academia.edu/11469460/cultivo\\_arroz](http://www.academia.edu/11469460/cultivo_arroz)

**Perú. Ministerio de Agricultura, Dirección General de Competitividad Agraria (s. f.).** Condiciones agroclimáticas del cultivo del limonero: Cartilla N° 12 [folleto]. Recuperado de: [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/condiciones\\_agroclimaticas\\_limon\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/condiciones_agroclimaticas_limon_0.pdf).

**Perú. Ministerio de Agricultura, Dirección General de Competitividad Agraria (s. f.)** Condiciones agroclimáticas del cultivo de plátano: Cartilla N° 11 [folleto]. Recuperado de: [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/condiciones\\_agroclimaticas\\_platano\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/condiciones_agroclimaticas_platano_0.pdf)

**Perú. Ministerio de Agricultura, Dirección General de Competitividad Agraria (s. f.).** Condiciones agroclimáticas del cultivo de maíz (MAD): Cartilla N° 03 [folleto]. Recuperado de: [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/condiciones\\_agroclimaticas\\_maiz\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/condiciones_agroclimaticas_maiz_0.pdf).

**Perú. Ministerio del Ambiente (2009).** Indicadores ambientales: Tumbes. (Serie Indicadores ambientales N° 13). Lima: MINAM.

**Perú. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Cultural (2015).** Mapa nacional de cobertura vegetal: Memoria descriptiva. Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL.compressed.pdf>

**Perú. Ministerio del Ambiente (2014).** Estrategia Nacional ante el Cambio Climático. Lima: MINAM.

**Perú. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (2013).** Inventario de recursos turísticos del Perú. Recuperado de: <http://sigmincetur.mincetur.gob.pe/>

**Perú. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (2006).** Plan Estratégico Regional de Exportación de Tumbes. Recuperado de: [http://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio\\_exterior/Sites/Pecex/avance\\_regiones/Tumbes/PERX\\_tumbes.pdf](http://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/Sites/Pecex/avance_regiones/Tumbes/PERX_tumbes.pdf)

**Perú. Ministerio de Economía y Finanzas, Dirección General de Política de Inversiones (2013).** Conceptos asociados a la gestión del riesgo en un contexto de cambio climático: Aportes en apoyo de la inversión pública para el desarrollo sostenible. Lima: Ministerio de Economía, Proyecto Inversión Pública y Adaptación al Cambio Climático, Ministerio del Ambiente, Cooperación Alemana al Desarrollo.

**Perú. Ministerio de la Producción (2015).** Derechos en Acuicultura [Archivo de datos]. Recuperado de: <http://www.produce.gob.pe/index.php/shortcode/servicios-acuicultura/derechos-en-acuicultura#>

**Perú. Ministerio de la Producción, Oficina General de Tecnología de la Información y Estadística (2012).** Anuario Estadístico 2011. Recuperado de: <http://www.produce.gob.pe/images/stories/Repositorio/estadistica/anuario/anuario-estadistico-2011.pdf>.

**Perú. Ministerio de la Producción, Oficina General de Tecnología de la Información y Estadística (2010).** Anuario Estadístico 2010. Recuperado de: <http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-2010.pdf>

**Perú. Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental (2006).** Informe N° 1729 - 2006/DEPA-APRHI/DIGESA. Recuperado de: [www.digesa.sld.pe/expedientes/informesDEPA/001729-2006.pdf](http://www.digesa.sld.pe/expedientes/informesDEPA/001729-2006.pdf)

**Petersen, G. (1936).** Sobre la geología de la región de Zorritos (Perú), Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, 8, 2-57.

**Philander, S. G. H. (1983).** El Niño Southern Oscillation phenomena. Nature, 302, 295-301, doi:10.1038/302295a0

**Phillips, T. J., Potter, G. L., Williamson, D. L., Cederwall R. T., Boyle J. S., Fiorino, M.,... Yio, J. J. (2004).** Evaluating parametrizations in general circulation models: Climate simulations meets weather prediction. Bulletin of the American Meteorological Society, 85 (12), 1903–1915, doi: 10.1175/BAMS-85-12-1903.

**Picón, J., Hernández, A. y Bravo, J. (2014).** Cambio climático, transformaciones en la línea costera y turismo de sol y playa en la costa pacífico-norte costarricense. Ambientico, 246, 16-22.

**Piñares, L.** (29 de setiembre de 2014). Caída libre de los cultivos de banano y arroz en Tumbes. Correo. Recuperado de: <http://diariocorreo.pe/ciudad/caida-libre-de-los-cultivos-de-banano-y-arro-3478>

**Prince, S. (1991).** Satellite remote sensing of primary production: comparison of results for Sahelian grassland 1981–1988. *International Journal of Remote Sensing*, 12 (6), 1301–1311, doi: 10.1080/01431169108929727.

**Proyecto Binacional Puyango Tumbes (2015).** Operación y Mantenimiento de la Red Hidrometeorológica. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego. Recuperado de: <http://pebpt.gob.pe/index.php/actividades-del-pebpt/operacion-y-mant-red-hidromet>

**Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Organización Meteorológica Mundial (2007).** Cambio climático y turismo: Responder a los retos mundiales. Resumen. Recuperado de: [http://www.adaptecca.es/sites/default/files/documentos/omt\\_2008.pdf](http://www.adaptecca.es/sites/default/files/documentos/omt_2008.pdf)

**Quincho, J. (2015).** Estudio experimental del transporte de sedimentos en suspensión y fondo y comparación con fórmulas empíricas en los ríos Puyango-Tumbes y Zarumilla (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

**Quinteros, D. (2001).** Relación entre los índices de abundancia relativa y la densidad real en poblaciones de aves de importancia económica en la Región Grau (Tesis de Master). Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/123456789/80>.

**Ramírez, M. (1999).** El evento ENOS actual y El Niño 1997-98 (Informe N° 10). Callao: Instituto del Mar del Perú.

**Ramos, Y. (2014).** Estimación del efecto del cambio climático en la precipitación en la costa norte del Perú usando simulaciones de modelos climáticos globales (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

**Reyes, L. & Caldas, J. (1987).** Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos, Pomahuaca: hojas 9-c, 9-d, 10-c, 10-d, 10-e, 11-c, 11-d, 11-e, 12-d, 12-e, Boletín N° 39, Serie A, INGEMMET, 2-83. Recuperado de: <http://es.calameo.com/read/000820129f85c112dc8c7>

**Reyes, L. (1989).** Evaluación geológica de la cuenca Lancones por hidrocarburos: Informe Inédito. Lima: PETROPERU.

**Rocha, A. (2007).** Impacto del Fenómeno de El Niño en zonas urbanas. *Revista de Ingeniería Civil*, 29-37. Recuperado de: <http://apiperu.com.pe/Presentaciones/hidraulica/5-EL-NINO/index.htm>

**Rojas, J., Rufasto, E., Eche, J. C., y Carrillo, F. (2009, Abr.).** Modelo de inicio de la sequía en el Perú en la Costa Norte usando los índices ENOS y los índices de vegetación del AVHRR/NOAA. Anais do XIV Simposio Brasileiro de Sensoramento Remoto, Natal, Brasil, 13, 5055-5063.

**Rossi, G., Nicolosi, V. & Cancelliere, A. (2008).** Recent methods and techniques for managing hydrological droughts. *Options Méditerranéennes, Series A*, 80, 251-265. Recuperado de: [http://projects.iamz.ciheam.org/medroplan/a-80\\_OPTIONS/Sesion%203/\(251-266\)%2036%20Rossi%20GS3.pdf](http://projects.iamz.ciheam.org/medroplan/a-80_OPTIONS/Sesion%203/(251-266)%2036%20Rossi%20GS3.pdf)

**Sánchez, A. & Dalle, M. (2005).** Cambio climático: Efectos sobre el turismo. Madrid: Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud.

**Sathirathai, S. & Barbier, E. (2001).** Valuing mangrove conservation in southern Thailand. *Contemporary Economic Policy*, 19 (2), 109-122.

**Schatan C, Montiel M & Romero I. (2010).** Cambio Climático y retos para el sector turismo de Centroamérica. México D. F.: CEPAL, Naciones Unidas.

**Sebem, E. (2005).** Aportaciones de la teledetección en el desarrollo de un sistema metodológico para la evaluación de los efectos del cambio climático sobre la producción de las explotaciones agrarias (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, España.

**Sen, P. K. (1968).** Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63 (324), 1379-1389, doi: 10.2307/2285891

**Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2011).** Mapa de clasificación climática del Perú. Lima: SENAMHI. Recuperado de: [http://www.senamhi.gob.pe/main\\_popup.php?obj=images/mapa\\_clasificacion\\_clima.jpg](http://www.senamhi.gob.pe/main_popup.php?obj=images/mapa_clasificacion_clima.jpg)

**Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (2012).** Parque Nacional Cerros de Amotape: Actualización del Plan Maestro 2012-2017. Tumbes: SERNANP.

**Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (2012).** Reserva Nacional de Tumbes: Plan Maestro 2012-2017. Tumbes: SERNANP.

**Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (2014).** Mapa de áreas naturales protegidas. Lima: SERNANP. Recuperado de: <http://geo.sernanp.gob.pe/geoserver/principal.php>

**Silva, M. & Mera, A. (2014).** Informe técnico de identificación de fuentes contaminantes marino-costeros en el ámbito de la ALA Tumbes (Informe Técnico N° 006-2014-ANA-PMGRH-CPTUMBES-MRSP). Tumbes: Autoridad Local del Agua, Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos.

**Skansi, M., Brunet, M., Sigró, J., Aguilar, E, Arévalo, J. A., Bentancur, O.J.,... Jones, P. D. (2013).** Warming and wetting signals emerging from analysis of changes in climate extreme indices over South America. *Global and Planetary Change*, 100, 295–307, doi: 10.1016/j.gloplacha.2012.11.004

**Sobrino, J. (2000).** Teledetección, Madrid: Guada Impresiones. Soto, D. & Quiñones R. (Eds.) Cambio climático, pesca y acuicultura en América Latina: Potenciales impactos y desafíos para la adaptación (Actas de Pesca y Acuicultura, 29). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Acuicultura.

**Sperling, F., Valdivia, C., Quiroz, R., Valdivia, R., Angulo, L., Seimon, A., Noble, I. (2008).** Transitioning to climate resilient development: Perspectives from **communities** in Peru (Environment Department Series, Climate Changes Series, Paper number 115). Recuperado de: <http://documents.worldbank.org/curated/en/619571468293754465/pdf/449450NWP0Box31EDP01150Climate0Peru.pdf>

**Stainforth, R. M. (1954).** A revised summary of the stratigraphy and paleontology of North western Peru Report, IPC 121, 21-A, Talara.

**Swedish Geological AB; Ecuador. Ministerio de Energía y Minas, Proyecto de Desarrollo Minero y Control Ambiental (2000).** Medidas ambientales emergentes y el establecimiento de un plan maestro ambiental en el distrito minero de Portovelo-Zaruma y la cuenca del río Puyango: Plan maestro ambiental. (SGAB No: R-Ec-E-9.46/2000-04-20/07). Recuperado de: [http://www.artisanalmining.org/Repository/01/The\\_CASM\\_Files/CASM\\_Database\\_documents/Portovelo\\_Master\\_Plan.pdf](http://www.artisanalmining.org/Repository/01/The_CASM_Files/CASM_Database_documents/Portovelo_Master_Plan.pdf)

**Takahashi, K. & Martínez, A. (2017).** The very strong coastal El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific, *Climate Dynamics*. Publicación anticipada en línea. doi:10.1007/s00382-017-3702-1.

**Takahashi, K. & Martínez, A. (2015).** Análisis espacial de la actividad acuícola en la costa norte de Tumbes, Perú. "Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes: Informe técnico final (Proyecto IDRC #106714-001 - CCW). Recuperado de: <http://www.met.igp.gob.pe/proyectos/manglares/InformeFinalManglaresIGP.pdf>.

**Takahashi, K. & Martínez, A. (2015).** Proyecto Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes, Perú: Informe técnico final (IDRC#106714-001 -CCW). Lima: Instituto Geofísico del Perú : Proyecto Manglares. Recuperado de: <http://www.met.igp.gob.pe/proyectos/manglares/InformeFinalManglaresIGP.pdf>

**Takahashi, K. (2014).** Variedades de El Niño. Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño: Boletín Técnico. 1(2), 4-7.

**Takahashi, K., Montecinos, A., Goubanova, K., Dewitte, B., (2011).** ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño. *Geophysical Research Letters*, 38 (10), L10704, doi:10.1029/2011GL047364.

**Takahashi, K. (2010).** Cambio climático, investigación e incertidumbre. En A. Martínez., S. Pérez (Eds.), *Cambio Climático en la Cuenca del Río Mantaro: Balance de 7 años de estudio* (pp. 19-26) Lima: Instituto Geofísico del Perú.

**Takahashi, K. (2004).** The atmospheric circulation associated with extreme rainfall events in Piura, Peru during 1997-1998 and 2002 El Niño events. *Annales Geophysicae*, 22, 3917-3926, doi: 10.5194/angeo-22-3917-2004

**Tanré, D., Deroo, C., Duhaut, P., Herman, M., Morcrette, J. J., Perbos, J. & Deschamps, P. Y. (1986).** Simulation of the satellite signal in the solar spectrum (5S). Lille, Francia: Université des Sciences et Techniques de Lille, Laboratoire d'Optique Atmosphérique

**Thorpe, A., Ibarra, A., Reid, C. (2000).** The new economic model and marine fisheries development in Latin America. *World Development*, 28 (9), 1689-1702. Recuperado de: [http://econpapers.repec.org/article/eeewdevel/v\\_3a28\\_3ay\\_3a2000\\_3ai\\_3a9\\_3ap\\_3a1689-1702.htm](http://econpapers.repec.org/article/eeewdevel/v_3a28_3ay_3a2000_3ai_3a9_3ap_3a1689-1702.htm).

**Timmermann, A., McGregor, S. & Jin, F. F. (2010).** Wind effects on past and future regional sea level trends in the southern Indo-Pacific, *Journal of Climate*, 23 (16) 4449-4437, doi:10.1175/2010JCLI3519.1.

**Tolmos, A., Lacambra, S., Tsuneki, H., Quijandria, G., Ludeña, C., Grunwaldt, A., Fernandez-Baca. J. (2011).** Perú: Gestión del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático. Marco de la preparación de la estrategia 2012-2016 del BID en Perú. (Nota Técnica N° IDB-TN-620). [s.l.] Banco Interamericano de Desarrollo, División de Cambio Climático y Sostenibilidad, Departamento de Países Andinos.

**Tosi, J. A. (1960).** Zonas de vida natural en el Perú: memoria explicativa sobre el Mapa Ecológico del Perú. Lima?: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Zona Andina, Proyecto 39 del Programa de Cooperación Técnica, de la Organización de los Estados Americanos.

**Trillo, P. (Coord.) (2005).** Programa nacional para la competitividad de la acuicultura de langostinos en el Perú 2005-2014. [Tumbes]: Asociación Langostinera Peruana.

**Tucker, C. J. (1979).** Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8, 127–150, doi: 10.1016/0034-4257(79)90013-0

**Tumbes: Plaga del arroz afectó 50 % de la producción (13 de agosto de 2013).** RPP Noticias. Recuperado de: [http://www.rpp.com.pe/2013-08-13-tumbes-plaga-del-arroz-afecto-50--de-la-produccion-noticia\\_621870.html](http://www.rpp.com.pe/2013-08-13-tumbes-plaga-del-arroz-afecto-50--de-la-produccion-noticia_621870.html)

**Tumbes: Productores de arroz enfrentan deuda por plagas (25 de noviembre de 2014).** RPP Noticias. Recuperado de: [http://www.rpp.com.pe/2014-11-25-tumbes-productores-de-arroz-enfrentan-deuda-por-plagas-noticia\\_745158.html](http://www.rpp.com.pe/2014-11-25-tumbes-productores-de-arroz-enfrentan-deuda-por-plagas-noticia_745158.html)

**Tuttill, A. (2011).** Cambio climático y turismo. (Monografía de Graduación). Recuperado de la página web de la Universidad Nacional de Mar de Plata: [http://nulan.mdp.edu.ar/1538/1/tutti\\_ac.pdf](http://nulan.mdp.edu.ar/1538/1/tutti_ac.pdf)

**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 (pp. 199-230). En A. Yanez-Arancibia y A. L. Lara-Dominguez (Eds.). *Ecosistemas de manglar en America Tropical*. México D. F.: Instituto de Ecología, Costa Rica: UICN/ORMA, Maryland, USA: NOAA/NMFS.

**United Nations Development Programme, Bureau for Crisis Prevention and Recovery (2013).** Climate Risk Management for agriculture in Peru: Focus on the regions of Junín and Piura. New York: UNDP, BCPR, IISD.

**United Nations International Strategy for Disaster Reduction (2009).** Terminología sobre reducción del riesgo de desastres. Ginebra, Suiza: Naciones Unidas, UNISDR.

**United States Geological Survey (2015).** Surface Reflectance 8-Day L3 Global 500m. South Dakota, USA: Land Processes Distributed Active Archive Center: NASA: USGS. Recuperado de: [https://lpdaac.usgs.gov/dataset\\_discovery/modis/modis\\_products\\_table/mod09a1](https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modis_products_table/mod09a1)

**Urpeque, H. (3 de junio de 2015).** Tumbes: Pescadores levantan protesta y liberan la Panamericana Norte. RPP Noticias, Recuperado de: [http://www.rpp.com.pe/2015-06-03-tumbes-pescadores-levantan-protesta-y-liberan-la-panamericana-norte-noticia\\_803866.html](http://www.rpp.com.pe/2015-06-03-tumbes-pescadores-levantan-protesta-y-liberan-la-panamericana-norte-noticia_803866.html)

**Valdés, L., Gómez, B. & Moreno, A. (2011).** El turismo y el cambio climático en Asturias. Evidencias y efectos potenciales. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 57, 243-265.

**Valls, J. -F., Sardà, R. & Vila, M. (2009).** Crecimiento turístico responsable y cambio climático: Las implicaciones del cambio climático sobre el turismo en la región Euromediterránea. Recuperado de: <http://www.esade.edu/itemsweb/content/produccion/1325658.pdf>

**Vecchi, G. A., & Soden, B. J. (2007).** Global warming and the weakening of the tropical circulation. *Journal of Climate*, 20, 4316-4340, doi:10.1029/2007GL031460

**Vegas, I. (2010).** Cambio climático en el Perú: Costa norte. Lima: Fundación Manuel J. Bustamante de La Fuente.

**Vélez, M del C. (2011).** Evaluación de propiedades fisicoquímicas y microestructurales del teocinte (Tesis de Pregrado, Querétaro, México, Universidad Autónoma de Querétaro). Recuperado de: <http://ri.uaq.mx/handle/123456789/1549>

**Verbesselt J., Hyndman, R., Newnham, G. & Culvenor, D. (2010).** Detecting trend and seasonal changes in satellite image time series. *Remote Sensing of Environment*, 114(1), 106–115, doi: 10.1016/j.rse.2009.08.014

**Vincent, L.A., Peterson, T.C., Barros, V.R., Marino, M.B., Rusticucci, R., Carrasco, G.,... Karoly, D. (2005).** Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960-2000. *Journal of Climate*, 18(23), 5011-5023, doi.org/10.1175/JCLI3589.1

**Vose, R. S., Schmoyer, R. L., Steurer, P. M., Peterson, T. C., Heim, R., Karl, T. R. & Eischeid, J. K. (1992).** The global historical climatology network: Long-term monthly temperature, precipitation, sea level pressure, and station pressure data (ORNL/CDIAC-53 – Environmental Sciences Division. Publication N° 3912), doi: 10.3334/CDIAC/cli.ndp041. Recuperado de: <http://cdiac.ornl.gov/ftp/ndp041/ndp041.pdf>

**Vose, R. S., Arndt, D., Banzon, V. F., Easterling, D., Gleason, B., Huang, B., ... Wuertz, D. B. (2012).** NOAA's merged land-ocean surface temperature analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93, 1677–1685, doi: 10.1175/BAMS-D-11-00241.1

**Walling, D.E. (2009).** The impact of global change on erosion and sediment transport by rivers: Current progress and future challenges (United Nations World Water Development, Report 3, Scientific paper) Paris: UNESCO, International Hydrological Programme, World Water Assessment Programme

**Wanders, N., Lanen H.A.J. van, Loon A. F. van (2010).** Indicators for drought characterization on a global scale. (Technical Report, 24). Wageningen: Wageningen Universiteit, Hidrology and Quantitative Water Management.

**Ward, J.R. & Lafferty, K.D (2004).** The elusive baseline of marine disease: Are diseases in ocean ecosystems increasing? *PLOS Biology*, 2 (4), 542–547, doi: 10.1371/journal.pbio.0020120

**Wassmann, R., Jagadish, S.V.K., Heuer, S., Ismail, A., Redona, E., Serraj, R.,... Sumfleth, K. (2009).** Climate change affecting rice production: The physiological and agronomic basis for possible adaptation strategies. *Advances in Agronomy*, 101, 59–122.

**Wilches-Chaux, G. (2007).** ¿Qu-ENOS PASA?: Guía de la Red para la gestión radical de riesgos asociados con el fenómeno ENOS. Bogotá: ARFO Editores.

**Wilches-Chaux, G. (1993).** La vulnerabilidad global. En Maskrey A. (Comp.): Los desastres no son Naturales (pp. 11-41) Guatemala: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED).

**Wilhite, D.A., Glantz, M.H. (1985).** Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International*, 10(3), 111–120. Recuperado de: [http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo\\_thumb/Understanding-the-Drought-Phenomenon-The-Role-of-Definitions.pdf](http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/Understanding-the-Drought-Phenomenon-The-Role-of-Definitions.pdf)

**Woodman, R. & Takahashi, K. (2014).** ¿Por qué no llueve en la costa del Perú (salvo durante El Niño)? Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño: *Boletín Técnico*, 1 (6), 4-7.

**Woodman, R. F. (1999).** Modelo estadístico de pronóstico de las precipitaciones en la costa norte del Perú. *El Fenómeno del Niño, Investigación para una prognosis. Memoria del Primer Encuentro de Universidades del Pacífico Sur, Piura, Perú*, 93-108

**Wu, C. R. & Wang L. C. (2013).** Contrasting the evolution between two types of El Niño in a data assimilation model. *Ocean Dynamics*, 63(5), 577-587, doi:10.1007/s10236-013-0610-8

**Xiao, X., Boles, S., Liu, J., Zhuang, D., Liu, M. (2002).** Characterization of forest types in northeastern China, using multi-temporal SPOT-4 VEGETATION sensor data, *Remote Sensing Environment*, 82 (2-3), 335–348, doi: 10.1016/S0034-4257(02)00051-2

**Xie, S.-P., & Philander, S.G.H. (1994).** A coupled ocean-atmosphere model of relevance to the ITCZ in the eastern Pacific. *Tellus*, 46A, 340–350, doi: 10.1034/j.1600-0870.1994.t01-1-00001.x

**Zapata, R. (17 de marzo de 2015).** Tumbes: viajeros hacen trasbordo por protesta de pescadores. *El Comercio*. Recuperado de: <http://elcomercio.pe/peru/tumbes/tumbes-viajeros-trasbordo-protesta-pescadores-343691>

**Zavala, J., Urbina, E., Neyra L., & Gonzales F. (2011).** Plan de desarrollo concertado del distrito La Cruz, 2011 - 2018. Tumbes: Municipalidad Distrital De La Cruz.

**Zhang, X. & Yang F. (2004).** RCLimDex (1.0): Manual del usuario. Ontario: Climate Research Branch Environment Canada Downsview. Recuperado de: [etccdi.pacificclimate.org/RCLimDex/RCLimDex\\_Manual\\_Usuario.doc](http://etccdi.pacificclimate.org/RCLimDex/RCLimDex_Manual_Usuario.doc)

**Zhang, X., Alexander, L., Hegerl, G. C., Jones, P., Tank, A. K., Peterson, T. C., Zwiers, F. W. (2011).** Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. *WIREs Climate Change*, 2, 851-870, doi: 10.1002/wcc.147

# ANEXOS

## Anexo 1.

Listado de oficinas de los gobiernos regional, provincial, distrital y sectores socioeconómicos encuestadas sobre temas de variabilidad y cambio climático y eventos meteorológicos extremos\* en Tumbes

	Nivel de gobierno/ Sector	Municipio (Prov. /Dist.)	Oficina	
Tumbes	Gobierno Regional	Tumbes	Oficina Regional de Gestión de Riesgo y Desastres	
			Subgerencia de Acondicionamiento Territorial	
			Subgerencia de Turismo	
	Gobierno Provincial	Tumbes	Gerencia de Desarrollo Económico y Medio Ambiente	
			Subgerencia de Planeamiento y Cooperación Técnica	
		Zarumilla	Gerencia de Planeamiento y Presupuesto	
			Subgerencia de Gestión Ambiental	
		Contralmirante Villar	Subgerencia de Comercialización y Turismo	
			Oficina de Defensa Civil	
	Gobierno Distrital	Tumbes - Corrales	Subgerencia de Planeamiento y Presupuesto	
			Oficina de Gestión de Riesgos y Desastres	
			Oficina de Desarrollo Económico - Sector turismo	
		Tumbes - La Cruz	División de Servicios Municipales, Medio Ambiente, Cultura y Deporte	
			Área de Turismo	
			Subdirección de Gestión del Medio Ambiente, Subdirección de Limpieza Pública, Parques y Jardines.	
		Tumbes - San Juan de la Virgen	Oficina de Promoción, Educación y Turismo	
			Subgerencia de Presupuesto y Planeamiento	
			Departamento de Salud, Ecología y Medio Ambiente	
		Tumbes - San Jacinto	Subgerencia de Obras y Ordenamiento Territorial	
			Subgerencia de Planificación y Presupuesto	
			División de Protección al Medio Ambiente	
		Gobierno Distrital	Tumbes - Pampas de Hospital	Gestión de Riesgo y Desastre
				Oficina de Medio Ambiente y Salud Pública
				Subgerencia de Promoción Empresarial, Turismo y Defensa al Consumidor
	Contralmirante Villar - Canoas de Punta sal		Subgerencia de Planificación y Presupuesto	
			Subgerencia de Recursos Naturales y Medio Ambiente	
			Inspectoría técnica de Defensa Civil	
	Contralmirante Villar - Casitas		Subdirección de Saneamiento y Gestión Ambiental	
			Oficina de Unidad de Planificación y Presupuesto	
	Zarumilla - Aguas Verdes		Subgerencia de Turismo	
Defensa Civil				
Zarumilla - Papayal	- Unidad de Salud, Medio Ambiente			
	- Área de Agricultura y Medio Ambiente			
Zarumilla - Matapalo	Defensa Civil			
	Dirección Regional de Comercio Exterior y Turismo			
Tumbes	Dirección Regional de Agricultura de Tumbes			
	Dirección Regional de la Producción de Tumbes			
	Dirección Desconcentrada INDECI - DDI - Tumbes			

\* Se entrevistó a las oficinas que se relacionen con los temas de defensa civil, gestión ambiental, gestión de recursos naturales, acondicionamiento territorial y sectores: agrícola, acuícola y turismo.

## Anexo 2.

Taller de presentación del plan de trabajo y metodología del Estudio de vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes. Realizado el 16 de febrero de 2015 en la ciudad de Tumbes.



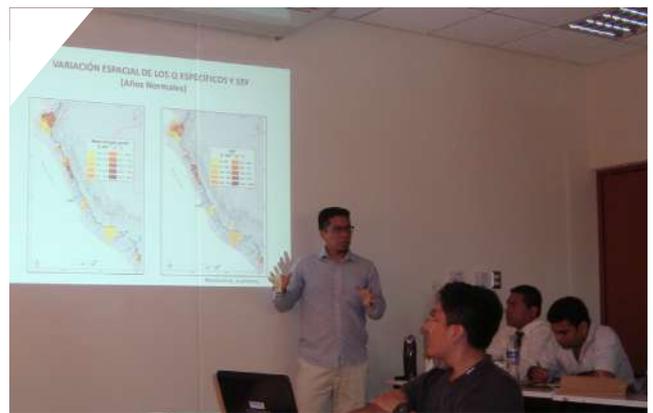
Ing. Manuel Gonzaga, Gerente General de RR.NN y Medio Ambiente del GORE Tumbes dando inicio al taller realizado.



Ph.D. Ken Takahashi del IGP en su charla "Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes".



Dr. Kobi Mosquera del IGP en su charla "Factores que afectan el nivel del mar en la costa peruana"



Dr. Sergio Morera del IGP en su charla "Erosión y transporte de sedimentos durante eventos en las cuencas Tumbes y Zarumilla".



Ing. Karen León del IGP en su charla: "Variabilidad climática en Tumbes".



Asistentes representantes del GORE Tumbes, OEFA, MINAM, Imarpe, Semanp y otros que participaron en el taller.

### Anexo 3.

Taller de presentación de avances del Estudio de vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes. Realizado el 07 de agosto de 2015 con autoridades regionales y distritales de Tumbes.



Ing. Manuel Leiva, Gerente de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente del GORE-Tumbes, dando apertura al taller realizado.



Ing. Karen León del IGP en su charla: "Variabilidad climática y peligros de origen hidrometeorológico en Tumbes".



Participantes del taller en grupo focal que analiza los efectos de la variabilidad climática en el sector acuícola.



Participantes del taller en grupo focal que analiza los efectos de la variabilidad climática en el sector turístico.



Participantes del taller en grupo focal que analiza los efectos de la variabilidad climática en el sector agrícola.



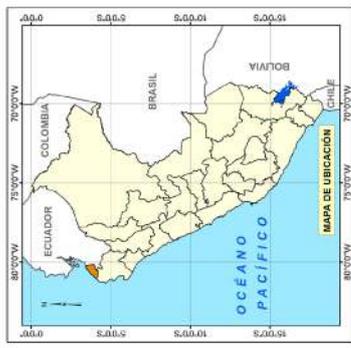
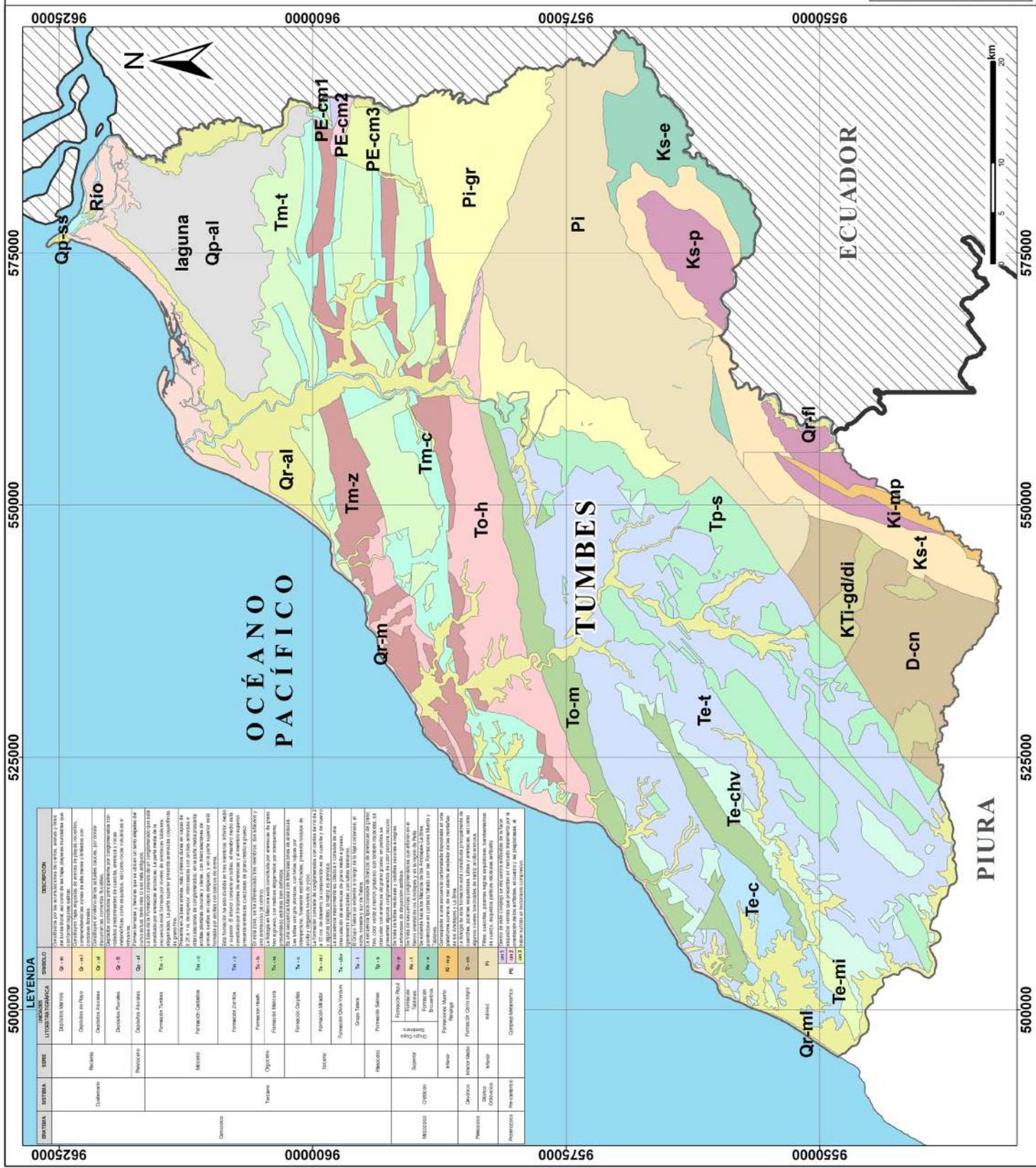
Asistentes representantes del GORE Tumbes, Proyecto Pronanp, MINAM, Imarpe, Sernanp, Indeci-Tumbes, ALPE, COER y otros que participaron en el taller coorganizado con el PNUD.

## Anexo 4.

### LISTADO DE MAPAS

N°	TÍTULO
<b>Mapa 1*</b>	Ubicación del ámbito de estudio
<b>Mapa 2</b>	Geología de Tumbes
<b>Mapa 3</b>	Geomorfología de Tumbes
<b>Mapa 4</b>	Suelos de Tumbes
<b>Mapa 5</b>	Unidades hidrográficas de Tumbes
<b>Mapa 6</b>	Distribución de acuíferos en Tumbes
<b>Mapa 7</b>	Ubicación de estaciones meteorológicas e hidrométricas en Tumbes
<b>Mapa 8</b>	Isoyetas a nivel anual de Tumbes
<b>Mapa 9</b>	Isoyetas para la época húmeda de Tumbes
<b>Mapa 10</b>	Isoyetas para la época seca de Tumbes
<b>Mapa 11</b>	Zonas de vida de Tumbes
<b>Mapa 12</b>	Cobertura vegetal de Tumbes
<b>Mapa 13</b>	Uso actual del suelo de Tumbes
<b>Mapa 14</b>	Actividad agrícola en Tumbes
<b>Mapa 15</b>	Ubicación de servicios turísticos en Tumbes
<b>Mapa 16</b>	Ubicación de atractivos turísticos en Tumbes
<b>Mapa 17</b>	Actividad acuícola de la zona norte de Tumbes
<b>Mapa 18</b>	Actividad acuícola de la zona sur de Tumbes
<b>Mapa 19</b>	Zonas agrícolas susceptibles a peligros en Tumbes

\* El mapa 1 se visualiza en la página 22.



**SIMBOLOGÍA**

	Límites		Tumbes
	Piura		Ecuador
<b>Hidrografía</b>			Río
			Océano
			Laguna

**PERÚ** Ministerio del Ambiente

**IIGEP** Instituto Geofísico del Perú

**MAPA GEOLOGICO**

Estudio de la vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes

Elaborado por: César Ocasio Blanco

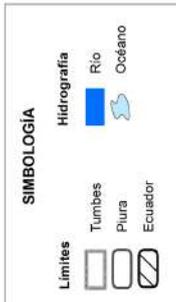
Fecha: Abr 2015

Mapa: 02

Escala: 1:50,000

WGS 1984 UTM - Zona 17 Sur

UNIDAD	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Quaternario	Qp-ss	Depositos de arena y grava de origen local, con arena y grava de origen local, con arena y grava de origen local.
Cuaternario	Qp-ml	Depositos de arena y grava de origen local, con arena y grava de origen local.
	Qp-af	Depositos de arena y grava de origen local, con arena y grava de origen local.
	Qp-1	Depositos de arena y grava de origen local, con arena y grava de origen local.
	Qp-2	Depositos de arena y grava de origen local, con arena y grava de origen local.
	Qp-3	Depositos de arena y grava de origen local, con arena y grava de origen local.
	Qp-4	Depositos de arena y grava de origen local, con arena y grava de origen local.
	Qp-5	Depositos de arena y grava de origen local, con arena y grava de origen local.
	Qp-6	Depositos de arena y grava de origen local, con arena y grava de origen local.
	Qp-7	Depositos de arena y grava de origen local, con arena y grava de origen local.
	Qp-8	Depositos de arena y grava de origen local, con arena y grava de origen local.
Terciario	Tm-1	Formación Tumbes
	Tm-2	Formación Tumbes
	Tm-3	Formación Tumbes
	Tm-4	Formación Tumbes
	Tm-5	Formación Tumbes
	Tm-6	Formación Tumbes
	Tm-7	Formación Tumbes
	Tm-8	Formación Tumbes
	Tm-9	Formación Tumbes
	Tm-10	Formación Tumbes
Secundario	Te-1	Formación Tumbes
	Te-2	Formación Tumbes
	Te-3	Formación Tumbes
	Te-4	Formación Tumbes
	Te-5	Formación Tumbes
	Te-6	Formación Tumbes
	Te-7	Formación Tumbes
	Te-8	Formación Tumbes
	Te-9	Formación Tumbes
	Te-10	Formación Tumbes
Primario	Pi-1	Formación Tumbes
	Pi-2	Formación Tumbes
	Pi-3	Formación Tumbes
	Pi-4	Formación Tumbes
	Pi-5	Formación Tumbes
	Pi-6	Formación Tumbes
	Pi-7	Formación Tumbes
	Pi-8	Formación Tumbes
	Pi-9	Formación Tumbes
	Pi-10	Formación Tumbes

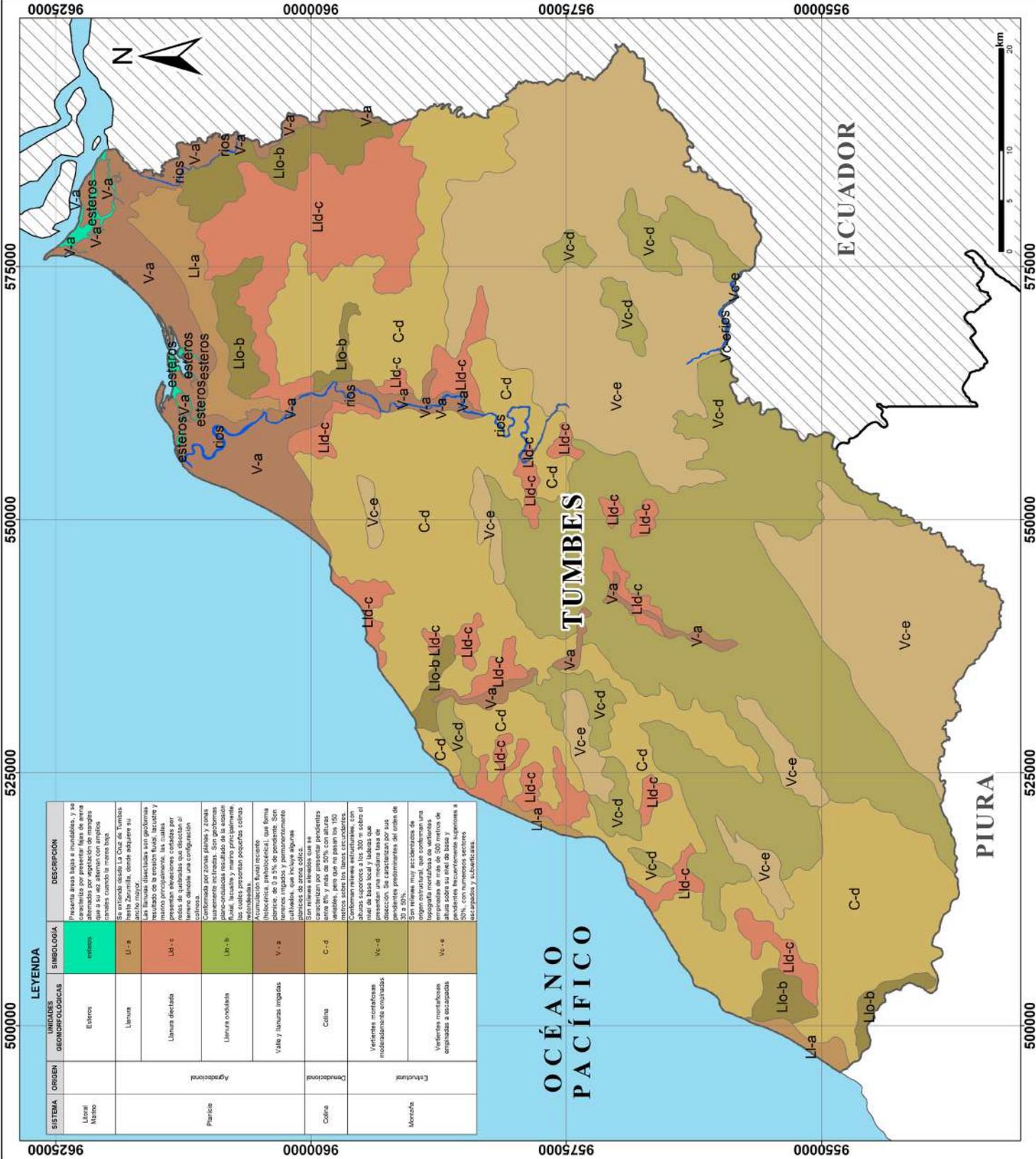


PERU Ministerio del Ambiente Instituto Geográfico Nacional

Estudio de la vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes

Elaborado por: César Gueque Sánchez  
 Fecha: 15/05/2015  
 Escala: 1:500,000  
 Fecha: Abril 2015

MAPA GEOMORFOLÓGICO



SISTEMA	ORIGEN	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	LEYENDA	DESCRIPCIÓN
Litoral Marino		Esteros	esteros	Presenta áreas bajas e inundables, y se caracterizan por tener una gran humedad ambiental por evaporación de aguas que a su vez alteran con simple cambio cuando la marea baja.
Planicie	Agrícola	Llanura	Ll-a	Se extiende desde La Cruz de Tumbes hasta Zorillo, donde adquiere su forma actual.
		Llanura elevada	Llo-b	Las llanuras elevadas son geógrafas resultado de la erosión fluvial, lacustre y marino principalmente, las cuales presentan una configuración de tipo V o de abanico que dependen del tipo de depósito que se acumula en la zona.
		Llanura ondulada	Llo-b	Caracterizada por ser una zona de llanura elevada, formada por depósitos lacustres y marinos. Son planicies de tipo V o de abanico que dependen del tipo de depósito que se acumula en la zona. Presentan una configuración de tipo V o de abanico.
Colina	Denudacional	Valle y llanuras irrigadas	V-a	Acumulación fluvial reciente (Inocentista, prehispánica), que forma parte de la zona de inundación, con pendientes de 0 a 5% de pendiente. Son planicies de tipo V o de abanico que dependen del tipo de depósito que se acumula en la zona.
		Colina	C-d	San rielva elevada que se eleva entre 80% y más de 50% con alturas variables, pero que no pasan los 150 metros sobre los llanos circundantes.
Montaña	Estratiforme	Vertientes montañosas empinadas a escarpadas	Vc-d	Alta base local y laderas que presentan una mediana tasa de inclinación, con pendientes de 30% a 50%.
		Vertientes montañosas empinadas a escarpadas	Vc-e	San rielva muy accidentada de tipo V o de abanico, con una topografía ondulada de tipo V o de abanico, de más de 500 metros de altura sobre su nivel de base y con una mediana tasa de inclinación superior a 50%.

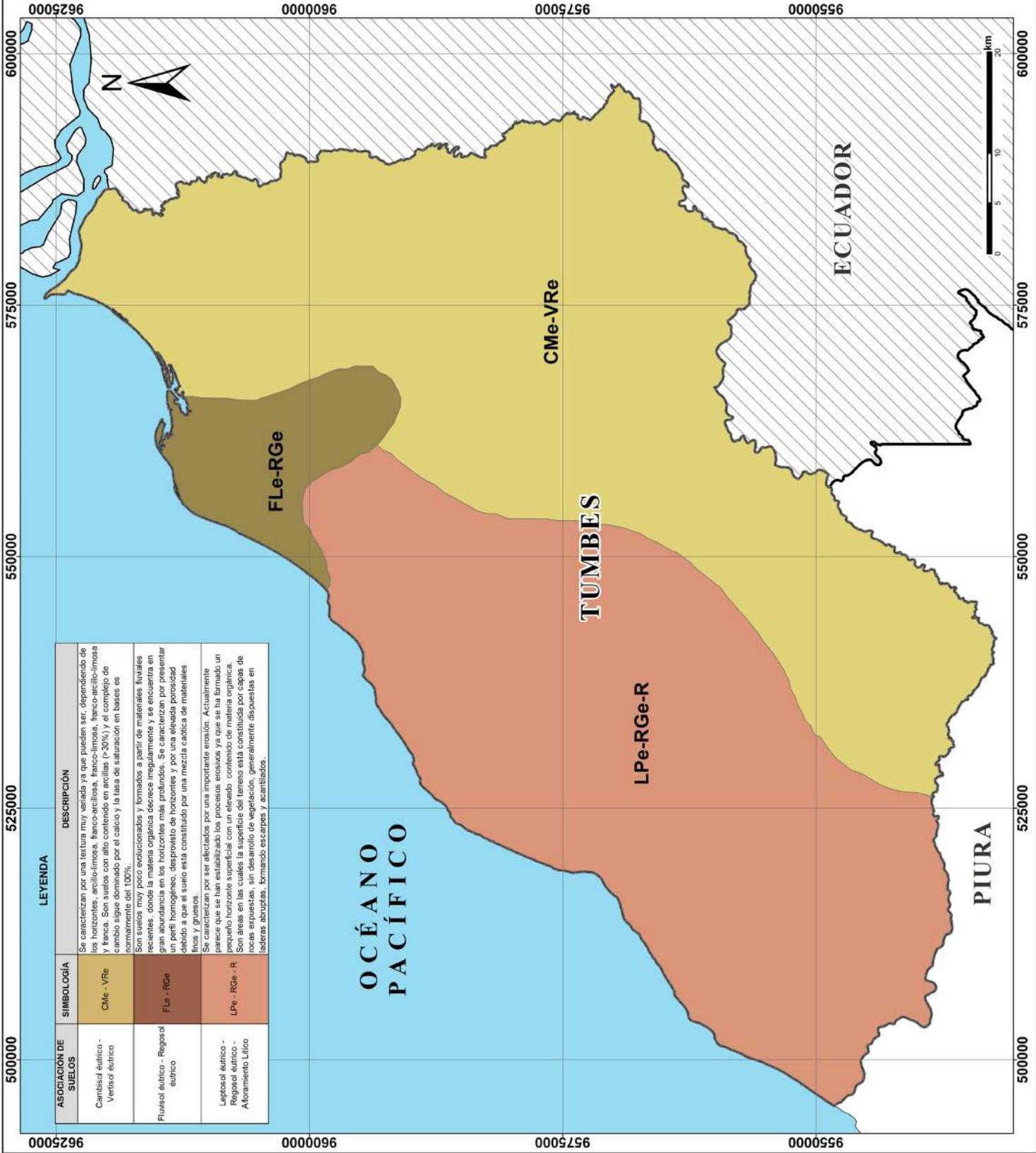


Ministerio del Ambiente  
 Instituto Geofísico del Perú

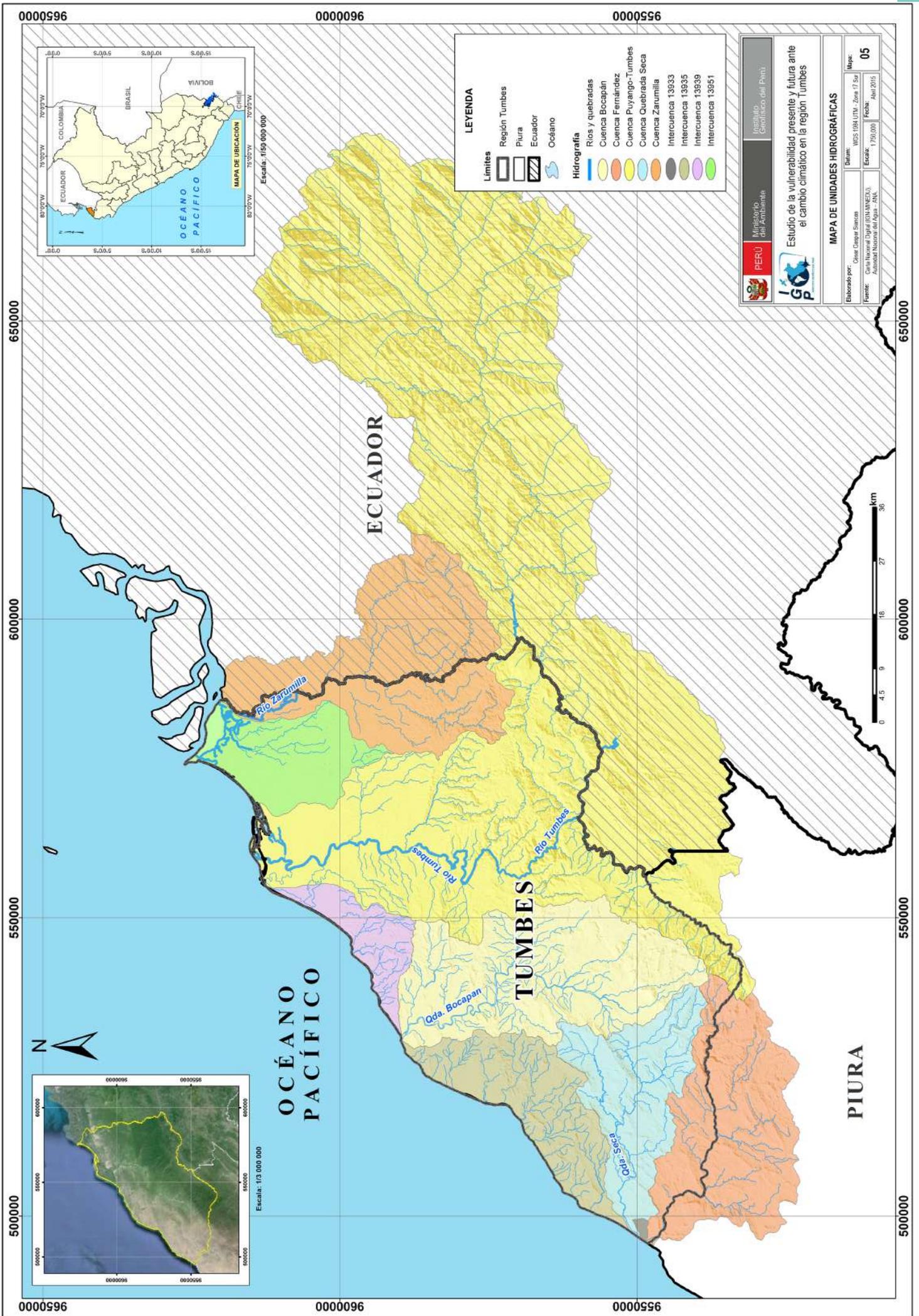
**MAPA DE SUELOS**  
 Estudio de la vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes

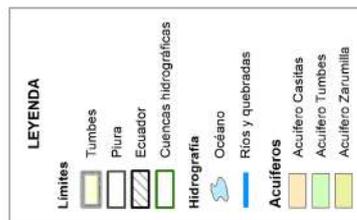
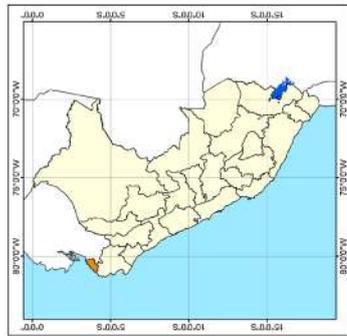
Elaborado por: César Guzmán Sánchez  
 Fecha: WGS 1984 UTM - Zona 17 Sur  
 Fuente: Carta Nacional Topográfica (IGN-MINEDU), Museo de Arqueología y Etnografía (BAMNAG 2010)

Escala: 1:500,000  
 Fecha: Abril 2015  
 Hoja: 04



ASOCIACIÓN DE SUELOS	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
Cambisól éútrico - Vertisol éútrico	CMe - VRe	Se caracterizan por una textura muy variada ya que pueden ser, dependiendo de los horizontes, arcillo-limoso, franco-arcilloso, franco-limoso, franco-arcillo-limoso y franco. Son suelos con alto contenido en arcillas (>30%) y el complejo de cambio sigue dominado por el calcio y la tasa de saturación en bases es normativamente del 100%.
Fluvisól éútrico - Regosól éútrico	FLe - RGe	Son suelos muy poco evolucionados y formados a partir de materiales luviales recientes, donde la materia orgánica decrece irregularmente y se encuentra en gran abundancia en los horizontes más profundos. Se caracterizan por presentar un perfil homogéneo, desprovisto de horizontes y por una elevada porosidad debido a que el suelo está constituido por una mezcla cáctica de materiales finos y gruesos.
Leptosól éútrico - Regosól éútrico - Alboramiento Lúlico	LPe - RGe - R	Se caracterizan por ser afectados por una importante erosión. Actualmente parece que se han estabilizado los procesos erosivos, ya que se ha formado un pequeño horizonte superficial con un elevado contenido de materia orgánica. Son áreas en las cuales la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, sin desarrollo de vegetación, generalmente dispuestas en laderas abruptas, formando escarpes y acantilados.





**PERÚ** Ministerio del Ambiente Instituto Geofísico del Perú

**IGP**

**MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE ACUÍFEROS**

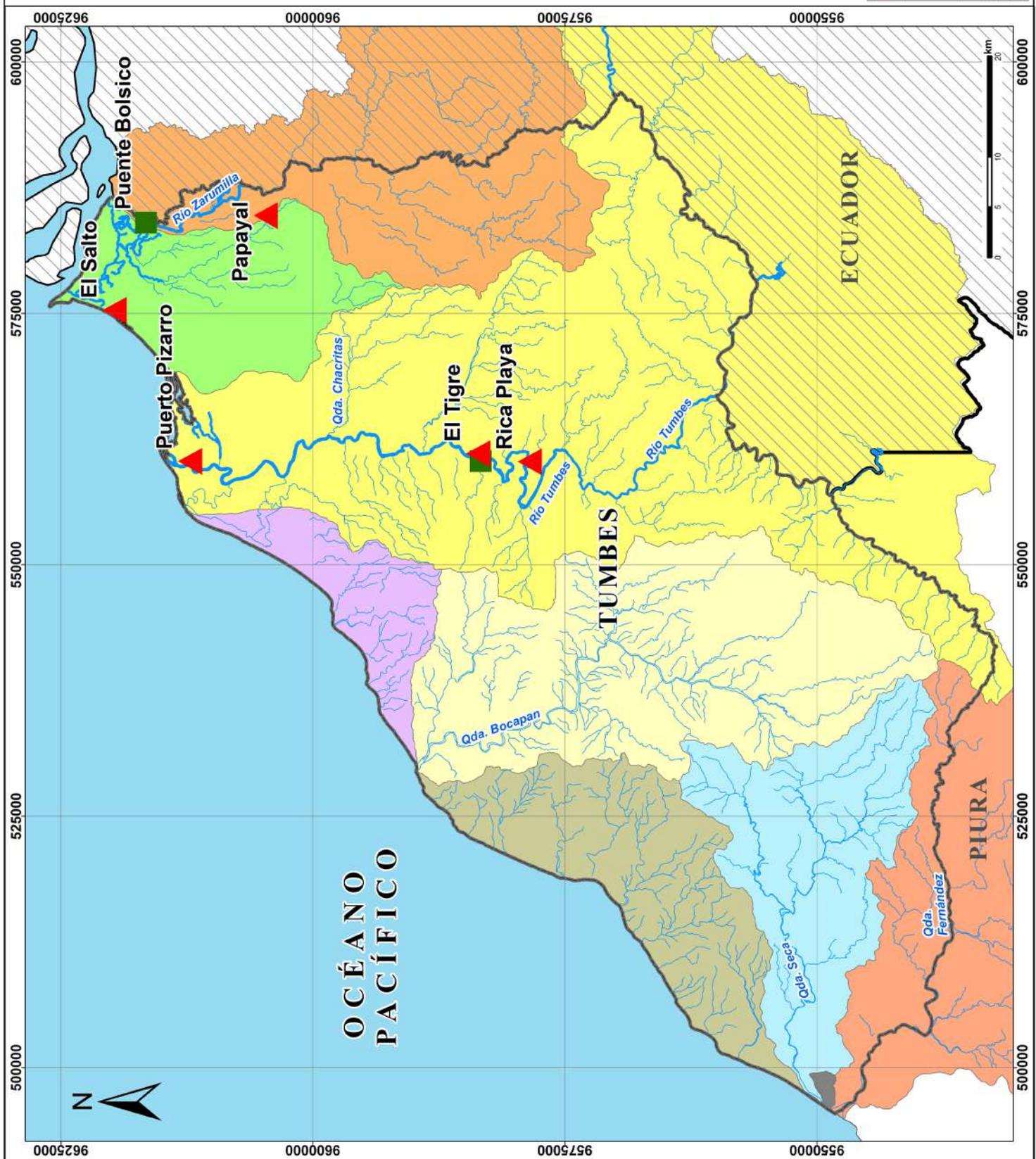
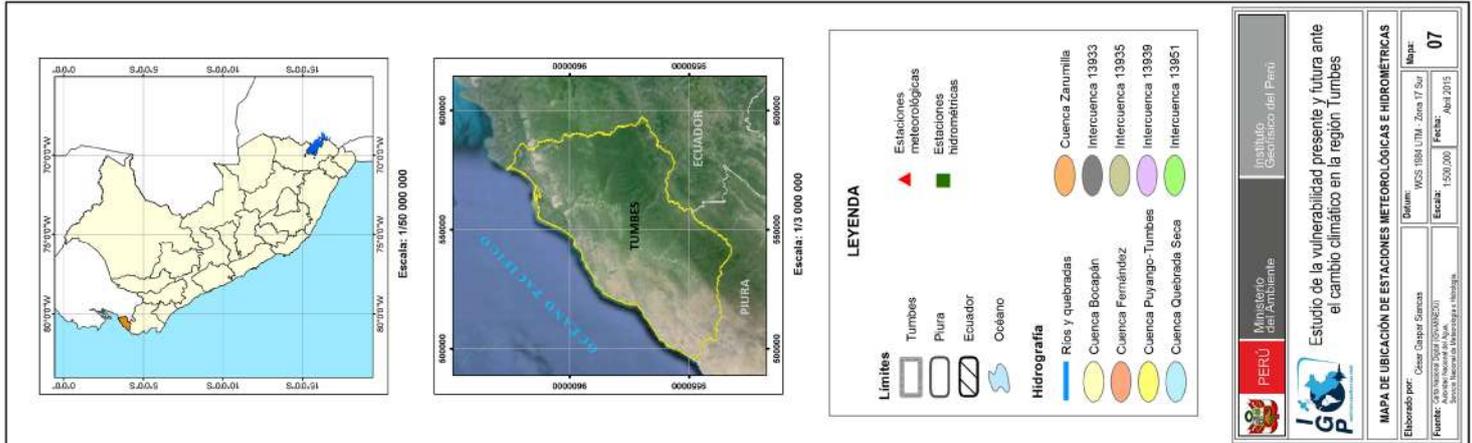
Elaborado por: César Casar Sánchez  
 Fuente: Data Nacional Digital (DINAMIDEU), Documento INCLAVI-ALETERNATIVA

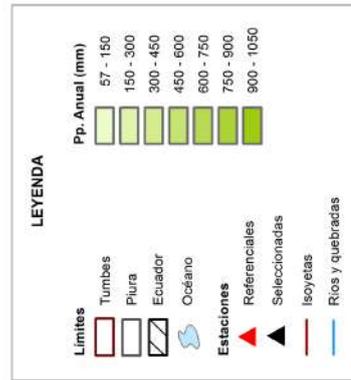
Origen: MGS 1981 UTM, Zona 17 Sur  
 Escala: 1:500,000  
 Fecha: Abril 2015

Mapa: **06**

Estudio de la vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes







**PERÚ** Ministerio del Ambiente Instituto Geofísico del Perú

**GO** Estudio de la vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes

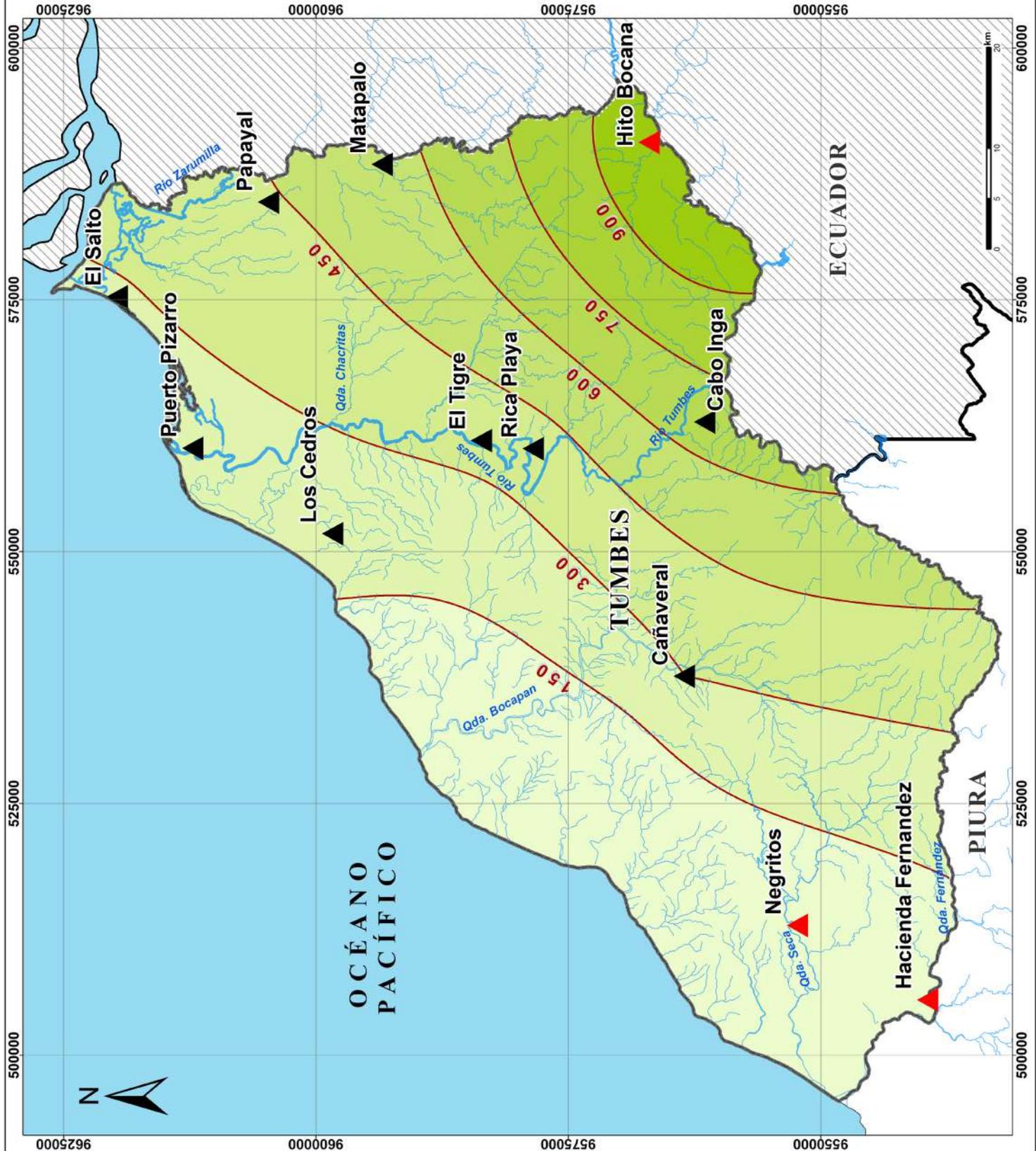
**MAPA DE ISOYETAS A NIVEL ANUAL**

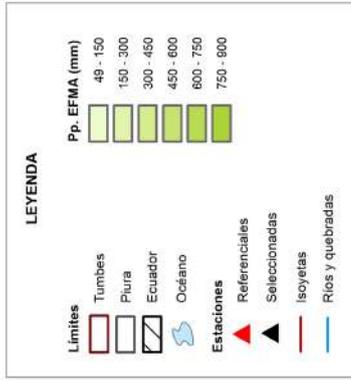
Elaborado por: César Guepa Sarcoza  
 Fuente: Elaborado por K. León (Revisado por K. Tejada (IGP))

Fecha: Abril 2015

Mapa: 08

Escala: 1:500,000





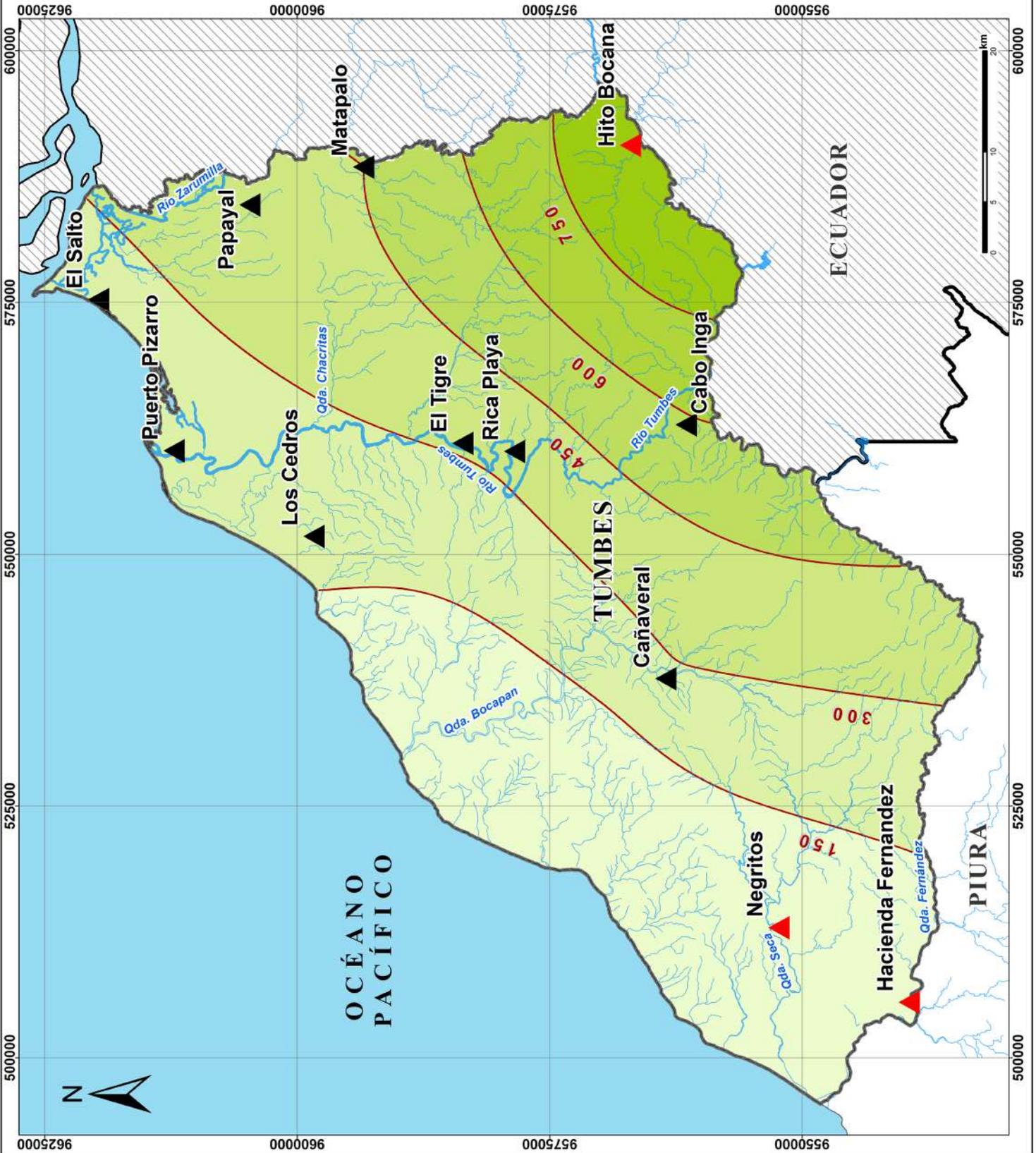
PERU Ministerio del Ambiente Instituto Geológico del Perú

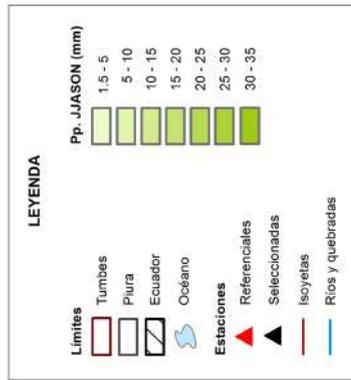
Elaborado por: César Cagua Sánchez  
 Fuente: El Ministerio del Ambiente (MAM), Revisado por K. Takahashi (IGP)

Mapa: 09  
 Datum: WGS 1984 UTM, Zona 17 Sur  
 Escala: 1:500,000  
 Fecha: Aoi 2015

MAPA DE ISOYETAS PARA LA ÉPOCA HÚMEDA

Estudio de la vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes





**PERU** Ministerio del Ambiente

**IGP** Instituto Geofísico del Perú

Estudio de la vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes

MAPA DE ISOYETAS PARA LA ÉPOCA SECA

Elaborado por: César Casapal Sánchez

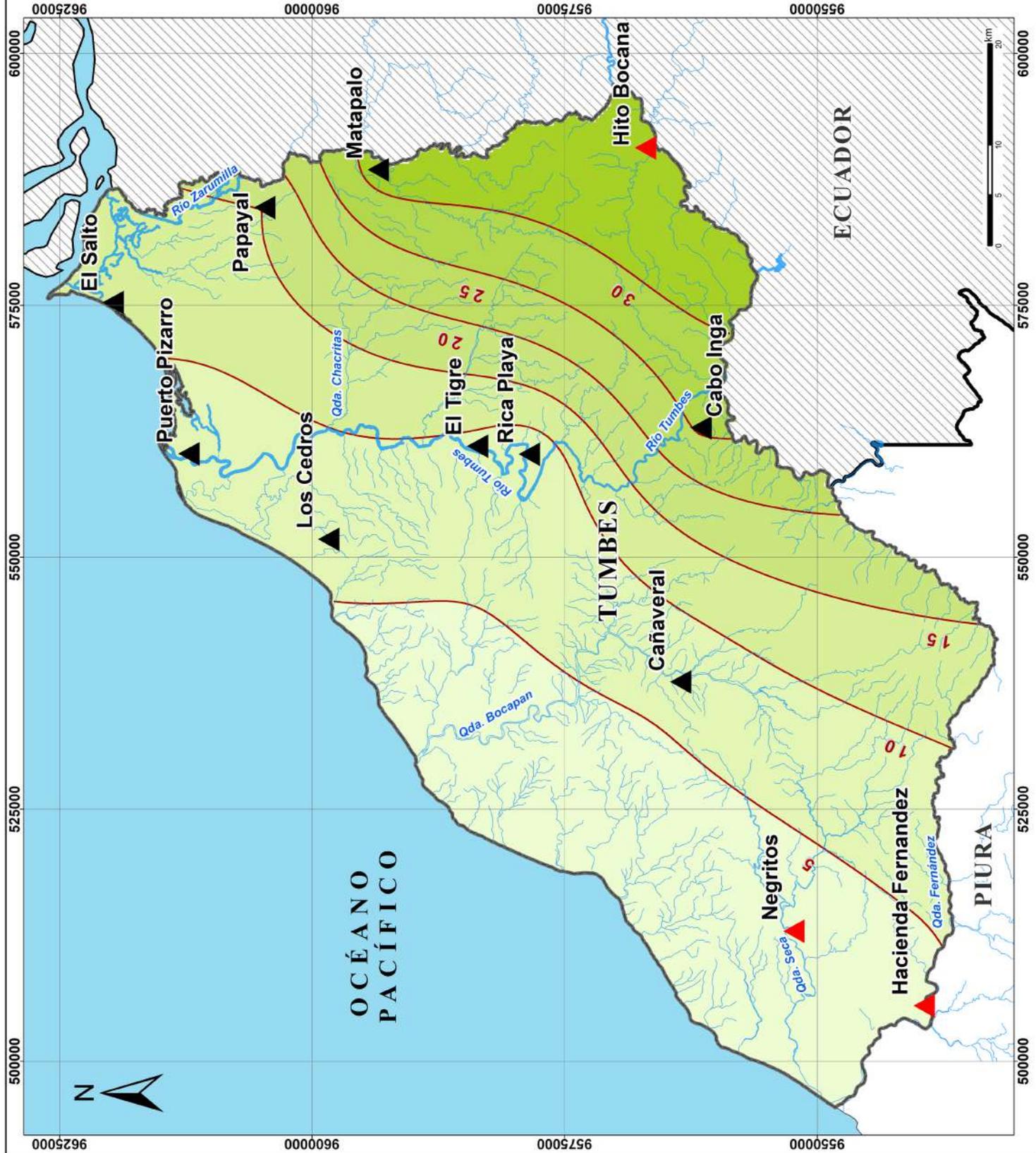
Elaborado por: Leticia Rosado por K. Tacabachi (IGP)

Origen: MCS 1984 (TM) - Zona 17 Sur

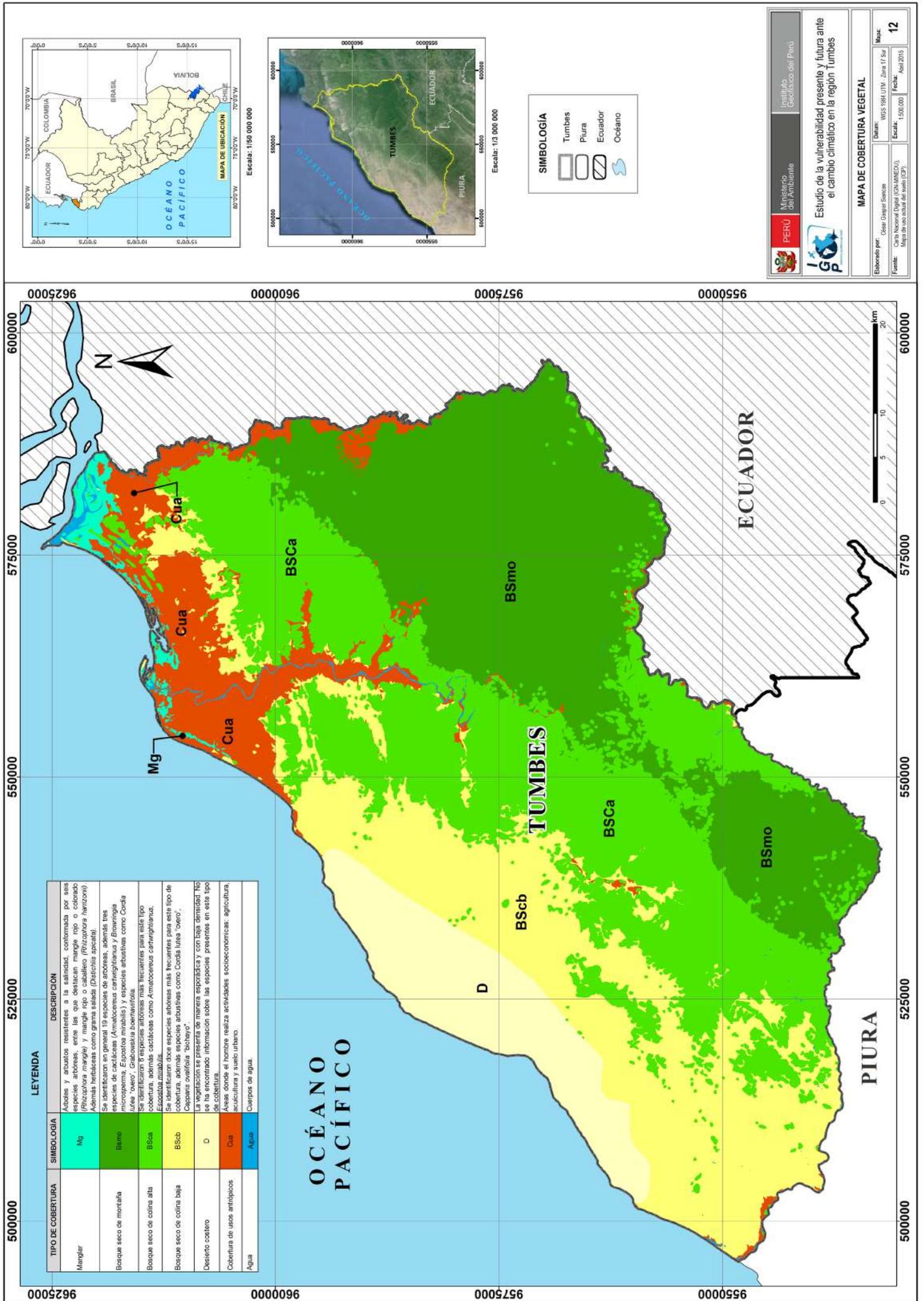
Escala: 1:500.000

Fecha: Abril 2015

Hoja: **10**







TIPO DE COBERTURA	SIMBOLOGIA	DESCRIPCIÓN
Manglar	Mg	Arboles y arbustos resistentes a la salinidad, conformada por seis especies de manglar: <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Avicennia nitida</i> y <i>Sonneratia spaldingii</i> . Además herbáceas como grama salada ( <i>Distichlis spicata</i> ).
Bosque seco de montaña	Bsma	Se identificaron en general 19 especies de árboles, además tres especies de cactáceas ( <i>Amatococcus canaliculatus</i> y <i>Brevinopia micropetala</i> ), <i>Euphorbia mirabilis</i> y especies arbustivas como <i>Cordia lutea</i> "overo", <i>Gadokowia boerhaaviaefolia</i> .
Bosque seco de colina alta	BSca	Se identificaron doce especies arbóreas más frecuentes para este tipo de cobertura, además especies arbustivas como <i>Cordia lutea</i> "overo", <i>Capparis ovifolia</i> "bichayo".
Bosque seco de colina baja	BScb	La vegetación se presenta de manera espontánea y con baja densidad. No se ha encontrado información sobre las especies presentes en este tipo de cobertura.
Desierto costero	D	Áreas donde el hombre realiza actividades socioeconómicas: agricultura, ganadería y suelo urbano.
Cobertura de usos antitropicos	Dua	Cuerpos de agua.
Agua	Agua	



**SIMBOLOGIA**

- Tumbes
- Piura
- Ecuador
- Océano

Ministerio del Ambiente

**Estudio de la vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes**

**MAPA DE COBERTURA VEGETAL**

Elaborado por: César Dajober Sainco

Fecha: Abril 2015

Escala: 1:500,000

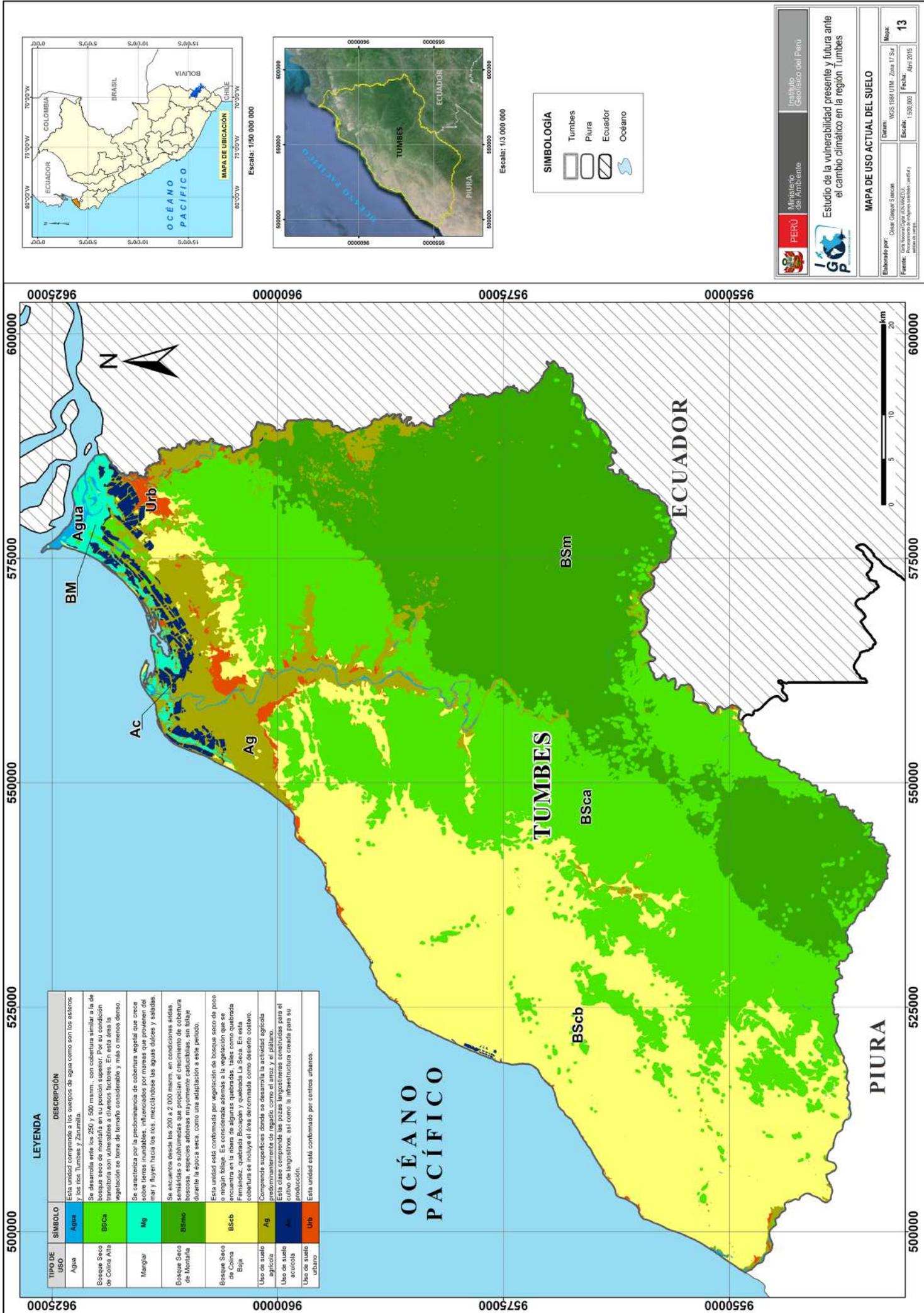
Mapa de uso actual del suelo (GFI)

WGS 1984 UTM - Zona 17 Sur

Escala: 1:500,000

Fecha: Abril 2015

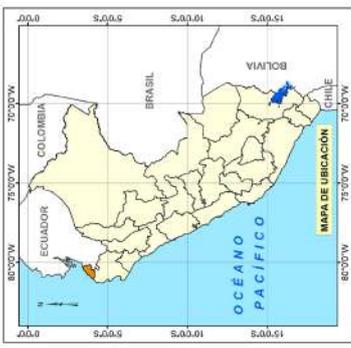
Mapa: **12**



TIPO DE USO	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Agua	Agua	Esta unidad comprende a los cuerpos de agua como son los esteros y los ríos Tumbes y Zaramilla.
Bosque Seco de Cordillera Alta	BSCa	Se desarrolla entre los 250 y 500 msnm, con cobertura similar a la de bosques secos de montaña en su posición superior. Por su condición transitoria son vulnerables a diversos factores. En esta área la vegetación se torna de tamaño considerable y más o menos denso.
Manglar	Mg	Se caracteriza por la predominancia de cobertura vegetal que crece sobre tierras inundables, influenciados por mareas que provienen del mar y fluyen hacia los ríos, mezclándose las aguas dulces y saladas.
Bosque Seco de Montaña	BSmo	Se encuentra desde los 200 a 2'000 msnm, en condiciones áridas, semiáridas o subhúmedas que propician el crecimiento de cobertura boscosa, especies arbóreas mayormente caducifolias, sin follaje durante la época seca, como una adaptación a este período.
Bosque Seco de Montaña Baja	BSmb	Esta unidad está conformada por vegetación de bosque seco de poco o ningún follaje. Es considerada además a la vegetación que se desarrolla en las zonas de alta montaña, como la zona denominada Fernández, quebrada Bozán y quebrada La Seca. En esta cobertura se incluye el área denominada como desierto costero.
Uso de suelo agrícola	Ag	Comprende superficie donde se desarrolla la actividad agrícola convencional de riego o riego en parte.
Uso de suelo agrícola	As	Esta clase comprende las pozas langosteras construidas para el cultivo de langostinos, así como la infraestructura creada para su producción.
Uso de suelo urbano	Urb	Esta unidad está conformada por centros urbanos.

**SIMBOLOGÍA**

- Tumbes
- Piura
- Ecuador
- Océano



Instituto Geográfico del Perú  
Ministerio del Ambiente  
PERÚ

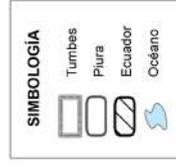
Estudio de la vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes

**MAPA DE USO ACTUAL DEL SUELO**

Elaborado por: César Cordero Sánchez  
Fecha: Abril 2015

Financiado por: VCS 1984 (UM - Zona 17 Sur)  
Escala: 1:500,000

Mapa: 13



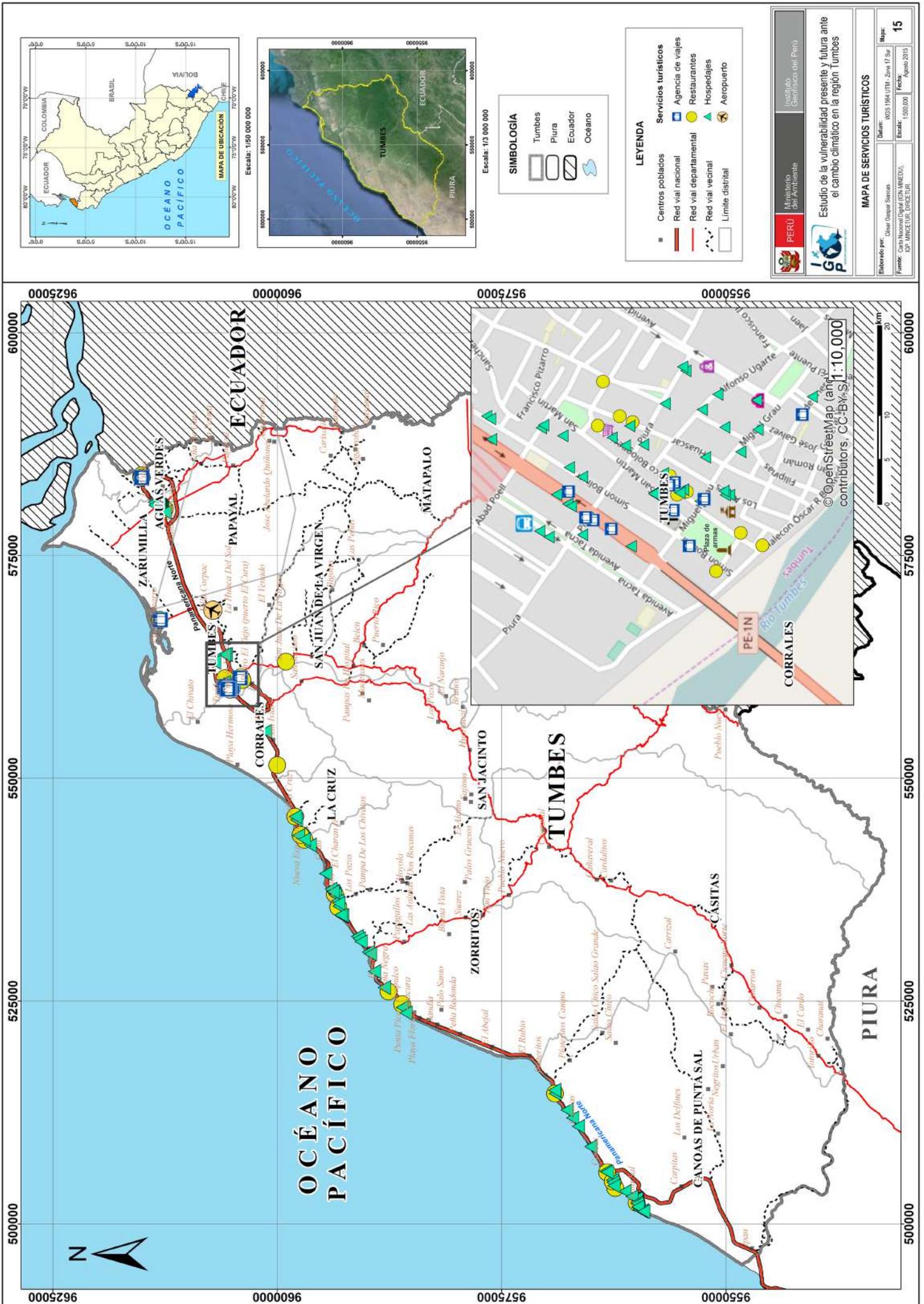
**Estudio de la vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes**

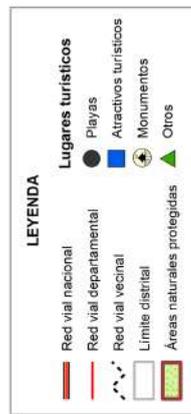
**MAPA DE ZONAS AGRÍCOLAS**

Elaborado por: César Caceres Sainco  
 Fecha: 14 de Agosto 2015  
 Fuente: Datos Vectoriales (SICAR, IGN, INEEL), Mapa de uso actual de suelo (IUP)

Datum: WGS 1984 UTM, Zona 17 Sur  
 Escala: 1:500,000  
 Hoja: **14**







PERU Ministerio del Ambiente

Instituto Geofísico del Perú

Estudio de la vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes

**MAPA DE ATRACTIVOS TURÍSTICOS**

Elaborado por: César Osager Sarmata

Fecha: Agosto 2015

Mapa: 16





**SIMBOLOGIA**

- Tumbes
- Piura
- Ecuador
- Océano

**LEYENDA**

- Centros poblados
- Ríos y quebradas
- Actividades acuícolas
- Derechos vigentes
- Áreas disponibles

Instituto Geográfico del Perú  
Ministerio del Ambiente

PERÚ

Estudio de la vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes

**MAPA DE ACTIVIDAD ACUÍCOLA - ZONA NORTE**

Elaborado por: César González Sánchez  
Fuente: Carta Nacional Digital (CONANEDU), PRODUCE (2015).

Proyecto: VRS 1864 (TUM - Zona 17 Sur)  
Escala: 1:300,000  
Fecha: Agosto 2015

Mapa: 17





**SIMBOLOGIA**

- Tumbes
- Limite distrital
- Océano

**LEYENDA**

- Centros poblados
- Ríos y quebradas
- Actividades acuícolas
- Derechos vigentes

**PERÚ** Ministerio del Ambiente

**IGP** Instituto Geofísico del Perú

**MAPA DE ACTIVIDAD ACUÍCOLA - ZONA SUR**

Estudio de la vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes

Elaborado por: César Góngora Saucos

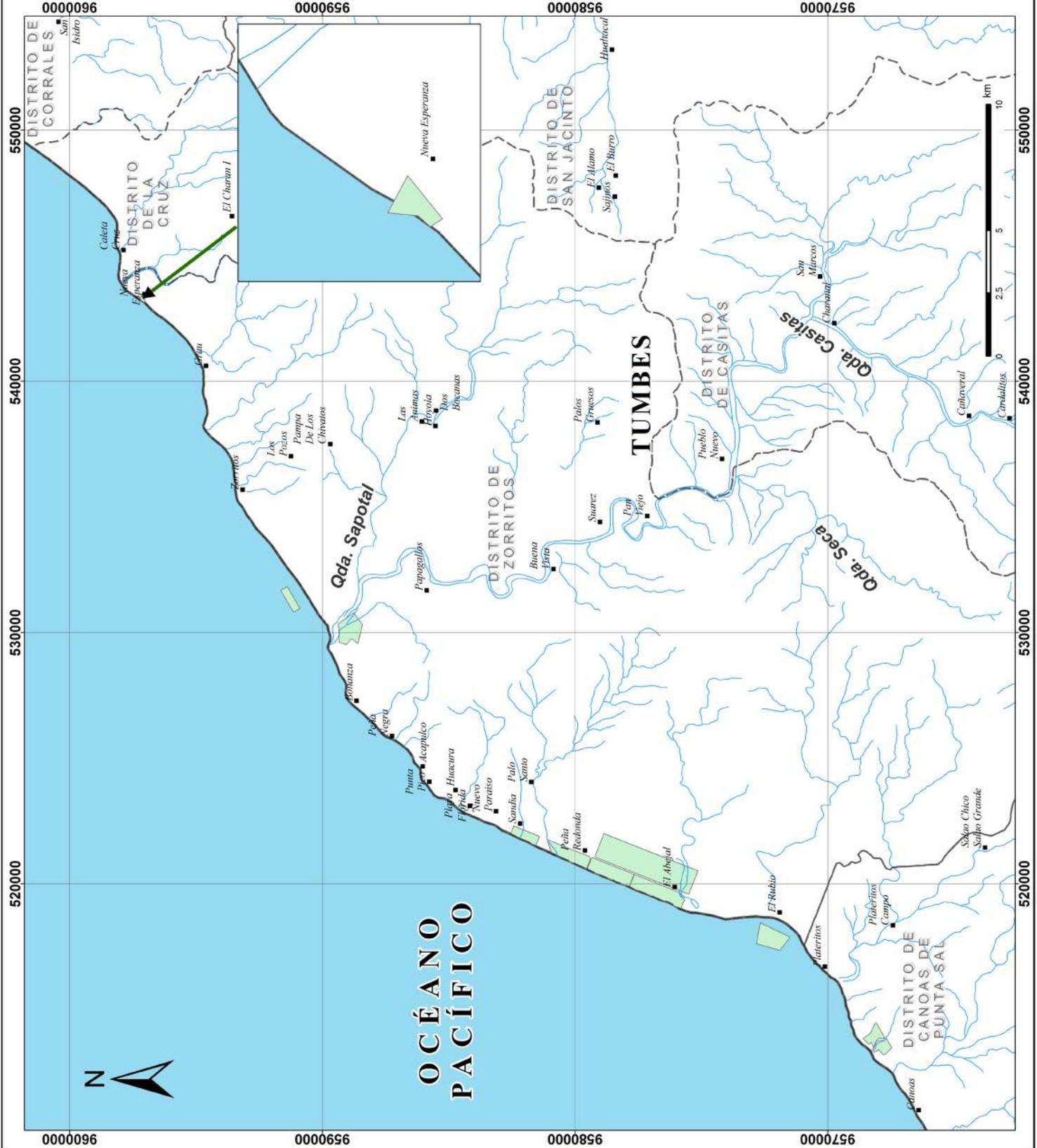
Fuente: Carta Nacional Digital (IGN-MINEDU), PRODUCE (2015)

Datum: WGS 1984 UTM - Zona 17 Sur

Escala: 1:200,000

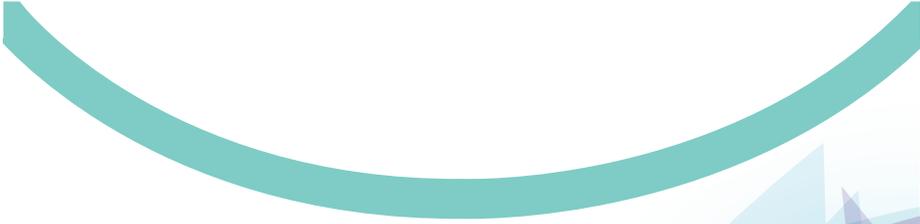
Fecha: Agosto 2015

Mapeo: 18









**ESTUDIO DE LA  
VULNERABILIDAD**

PRESENTE Y FUTURA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN TUMBES



© Instituto Geofísico del Perú  
Calle Badajoz 169, Urb. Mayorazgo IV Etapa, A  
Central Telefónica: (511) 317 2300  
<http://www.igp.gob.pe>

 /igp.peru     @igp\_peru     /c/igp\_videos

ISBN: 978-612-46859-8-9

