

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ECONOMÍA DE LOS RECURSOS  
NATURALES Y DEL AMBIENTE**



**“ESTIMACIÓN DEL NIVEL ÓPTIMO DE EXTRACCIÓN DE  
CONCHA NEGRA (*Anadara tuberculosa*) EN EL SNLMT, PERÚ”**

**Presentada por:**

**DANIEL HUGO FLORES CABALLERO**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE EN ECONOMÍA DE LOS RECURSOS  
NATURALES Y DEL AMBIENTE**

**Lima - Perú**

**2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ECONOMÍA DE LOS RECURSOS**

**NATURALES Y DEL AMBIENTE**

**“ESTIMACIÓN DEL NIVEL ÓPTIMO DE EXTRACCIÓN DE  
CONCHA NEGRA (*Anadara tuberculosa*) EN EL SNLMT, PERÚ”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE**

**Presentada por:**

**DANIEL HUGO FLORES CABALLERO**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

---

Jiménez Díaz, Luis Alberto  
**PRESIDENTE**

---

Ortiz Sarabia, Álvaro Alejandro  
**PATROCINADOR**

---

Magallanes/Díaz, Juan Felipe  
**MIEMBRO**

---

Abadía Salinas, Nathaly Cristina  
**MIEMBRO**

**Lima – Perú**

**2020**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo investigativo se lo dedico a mis padres y mi hermana que con su apoyo y confianza hicieron que concluya con una meta más de mi trayectoria profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Instituto Geofísico del Perú (IGP), a través del proyecto “Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes”, en especial a la MSc. Alejandra Martínez. Por su apoyo, motivación y por haber hecho posible realizar esta investigación.

También, a los profesores y compañeros de la Maestría de ECOREMA, en especial al Dr. Álvaro Ortiz Sarabia patrocinador de la tesis.

Al apoyo de la Jefatura del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT) del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP) por su predisposición a apoyar.

A todos los tesisistas del Proyecto Manglares del IGP por la sinergia de conocimientos realizada.

A todos los amigos que no hace falta mencionarlos, que fueron un apoyo emocional constante y aportaron la fuerza para realizar la tesis.

## ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN .....	3
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1.	Función de producción.....	7
2.2.	Desarrollo de la función de producción.....	8
2.3.	Investigaciones que estiman el impacto del clima en la producción agrícola a través de una función de producción.....	9
2.4.	Ecosistema manglar .....	11
2.5.	Ecología de los manglares .....	12
2.6.	Ecosistema manglar en el Perú.....	13
2.7.	Ubicación .....	14
2.8.	Provisión de servicios ecosistémicos del ecosistema manglar de Tumbes. ....	14
2.8.1.	Historia de uso de los recursos hidrobiológicos en el manglar de Tumbes. ....	17
2.9.	“Concha negra” (Anadara tuberculosa) .....	18
2.10.	Cambio climático .....	18
2.11.	Variabilidad del clima.....	19
2.12.	Escenarios climáticos.....	19
2.12.1.	Escenario RCP 8.5 .....	19
2.12.2.	Escenario A2 .....	20
2.13.	Fenómeno El Niño .....	20
2.13.1.	Tipos de El Niño .....	21
2.14.	Categoría del Fenómeno El Niño.....	22
2.15.	Influencia del cambio climático en la ocurrencia e intensidad del Fenómeno El Niño: .....	24
2.16.	Impactos del cambio climático sobre los manglares.....	24
2.17.	Impactos del fenómeno de el niño sobre los manglares en el Perú .....	26
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	28
3.1.	Desarrollo de primer objetivo específico .....	28
3.2.	Desarrollo del segundo objetivo específico .....	29
3.2.1.	Justificación de variables .....	32
3.2.2.	Datos .....	33
3.3.	Desarrollo del objetivo general .....	34
3.4.	Validación de la hipótesis general: .....	34

IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	35
4.1.	Resultado del primer objetivo específico.....	35
4.1.1.	Impactos del Fenómeno de El Niño sobre los manglares en el Perú.....	35
4.1.2.	Percepción de los impactos del Fenómeno El Niño.....	38
4.1.3.	Procesos de impactos del Fenómeno de El Niño, sobre las conchas negras (Anadara Tuberculosa).....	39
4.2.	Resultado del segundo objetivo específico .....	40
4.2.1.	Análisis de variables .....	40
4.2.2.	Modelo teórico .....	41
4.2.3.	Estimación del mejor modelo .....	42
4.3.	Resultado del objetivo general.....	49
4.4.	Respuesta a la hipótesis planteada .....	50
V.	CONCLUSIONES .....	53
VI.	RECOMENDACIONES .....	55
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
VIII.	ANEXOS .....	62

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Características del modelo de funciones de producción de variable físicas.....	8
Cuadro 2: Manifestaciones generales de El Niño.....	21
Cuadro 3: Categorías y magnitudes del ICEN .....	22
Cuadro 4: El Niño en la costa de Perú.....	23
Cuadro 5: Impactos del cambio climático según el IPCC (2007) en los manglares .....	25
Cuadro 6: Impacto predichos en los ecosistemas manglares a causa de incremento de tormentas.....	37
Cuadro 7: Análisis de variables independientes y dependiente.....	40
Cuadro 8: Comparación de modelos de producción para la extracción de conchas negras de regresión lineal simple. ....	42
Cuadro 9: Presencia de autocorrelación en los modelos con regresión simple. ....	44
Cuadro 10: Comparación de modelos de producción para la extracción de conchas negras de regresión lineal simple (errores estándar robustos).....	44
Cuadro 11: Comparación de modelos de producción para la extracción de conchas negras de regresión lineal simple (Corregido Newey –West). ....	46
Cuadro 12: Estimación de variable “Dummy”, para Niños fuertes y extraordinarios. ....	65

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Captura de concha negra ( <i>Anadara tuberculosa</i> ).....	3
Gráfico 2: Producción agropecuaria ante variaciones en la temperatura. ....	9
Gráfico 3: Producción agropecuaria ante variaciones en la precipitación.....	10
Gráfico 4: Características físicas del ecosistema manglar de Tumbes.....	13
Gráfico 5: Ubicación del SNLMT.....	14
Gráfico 6: Relación de los servicios ecosistémicos y el bienestar que genera a la población. .....	15
Gráfico 7: Cuadrantes las regiones del Niño 3.4 y Niño 1+2.....	20
Gráfico 8: Función de producción con variables físicas (temperatura y precipitación).....	30
Gráfico 9: Proceso del impacto del Fenómeno El Niño sobre la concha negra. ....	39
Gráfico 10: Estimación del mejor modelo de producción.....	48
Gráfico 11: Extracción de conchas negras vs temperatura.....	49
Gráfico 12: Caudales de la estación el Tigre en el SNLMTM en m <sup>3</sup> /s.....	62
Gráfico 13: Precipitaciones en Tumbes.....	62
Gráfico 14: Temperatura máxima en Tumbes en C°.....	63
Gráfico 15: Temperatura mínima en Tumbes en C°.....	63
Gráfico 16: Temperatura superficial del mar en C°.....	64
Gráfico 17: Temperatura Mínima superficial del mar en C°.....	64
Gráfico 18: Distribución de las zonas y estaciones de muestro en el ecosistema de los manglares de tumbes (febrero 2007).....	66
Gráfico 19: Mapa de amenazas del SNLMT.....	67
Gráfico 20: Modelo 1, regresión lineal simple.....	68
Gráfico 21: Análisis de residuos para el Modelo 1.....	68
Gráfico 22: Modelo 2, regresión lineal simple.....	69
Gráfico 23: Análisis de residuos para el Modelo 2.....	69
Gráfico 24: Modelo 3, regresión lineal simple.....	70
Gráfico 25: Análisis de residuos para el Modelo 3.....	70
Gráfico 26: Modelo 4, regresión lineal simple.....	71
Gráfico 27: Análisis de residuos para el Modelo 4.....	71
Gráfico 28: Modelo 1, regresión lineal simple (errores robustos).....	72
Gráfico 29: Modelo 2, regresión lineal simple (errores robustos).....	72

Gráfico 30: Modelo 3, regresión lineal simple (errores robustos).....	73
Gráfico 31: Modelo 4, regresión lineal simple (errores robustos).....	73
Gráfico 32: Modelo 2, regresión lineal simple (corregido newey-west).....	74
Gráfico 33: Modelo 4, regresión lineal simple (corregido newey-west).....	74

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Gráficos de variables independientes .....	62
ANEXO 2: Zonas de estudio del informe de Ordinola <i>et al.</i> (2007).....	66
ANEXO 3: Mapa de amenazas.....	67
ANEXO 4: Estimación econométricas de regresión lineal simple.....	68
ANEXO 5: Estimaciones econométricas de regresión lineal simple (errores robustos) .....	72
ANEXO 6: Estimaciones econométricas de regresión lineal simple (corregido Newey- West).....	74

## RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo determinar la cantidad de extracción máxima de conchas negras (*Anadara tuberculosa*) en el manglar de Tumbes - Perú durante un evento El Niño, a través de la estimación de una función de tipo U invertida de variables físicas (climáticas, caudales y extracción). El análisis se realizó en Santuario Nacional los Manglares de Tumbes que es un área natural protegida y actualmente no cuenta con información relacionada a los impactos del Fenómeno El Niño sobre el manglar y sus recursos. Los resultados de la investigación muestran que un evento El Niño (específicamente el incremento de la temperatura) es perjudicial para el funcionamiento del ecosistema manglar y más aún sobre la extracción de concha negra. Además, mediante el método exploratorio se identificó el proceso de cómo impacta un Fenómeno El Niño al ecosistema manglar y las conchas negras, y en base a la función identificada, se pudo analizar los efectos de Fenómenos de El Niño pasados (1997 - 98 y 19882 – 83) sobre la extracción de conchas; en los cuales se sobre extrajo el recurso, ocasionando una disminución de este. Es importante señalar que a diferencia de otras investigaciones (similares) consultadas para realizar esta tesis, no consideraron el análisis y procesos del impacto del clima en las actividades económicas, ecosistema y sus servicios; lo que permitió complementar y reforzar los resultados obtenidos. Los resultados y planteamientos de la tesis contribuirán a mejorar los documentos de gestión del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes a cargo del SERNANP – Tumbes.

**Palabras clave:** *Anadara tuberculosa*, ecosistema manglar, función de producción y Fenómeno El Niño.

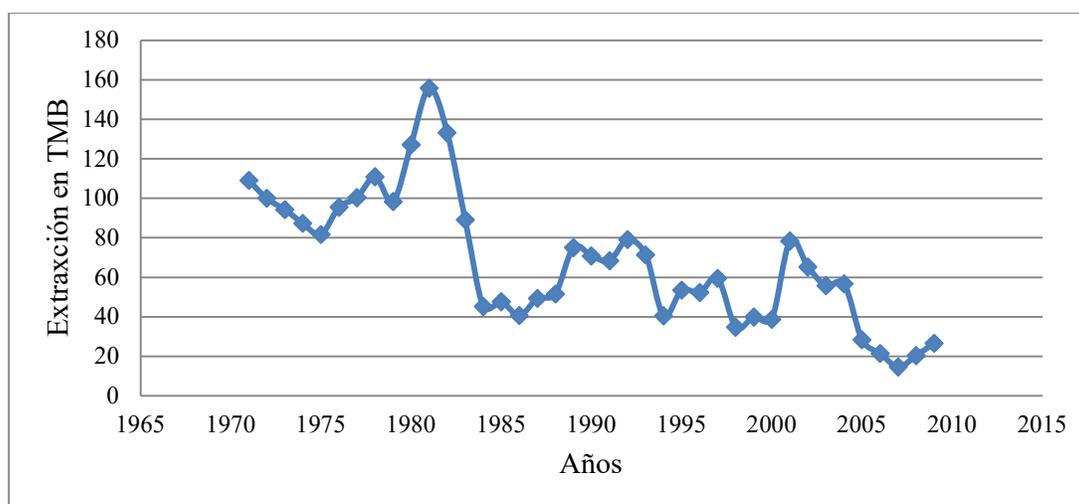
## ABSTRACT

The objective of this thesis is to determine the maximum amount of extraction of black conch (*Anadara tuberculosa*) in the mangrove of Tumbes - Peru during an El Niño Phenomenon, through the estimation of a quadratic function of physical variables (climatic, flow rates and extraction). The analysis was carried out at Tumbes Mangroves National Sanctuary which is a protected natural area and currently does not have information about impacts of the El Niño Phenomenon on the mangrove and its resources. The results of the investigation show that an El Niño phenomenon (specifically the increase in temperature) is detrimental to the functioning of the mangrove ecosystem and specifically in the black conch's extraction. In addition, through the exploratory method, I identified the process of how an El Niño phenomenon impact on the mangrove ecosystem and black conch; also, through the black conch extraction function I can analysis past impacts El Niño phenomenon (1997 and 1998, and 1982 and 1983) on black conchs extractions. During El Niño past events, the extractors extracted a lot of black shells than normal periods, so these conchs decreased. It is important to mention which in this thesis I explain the process and analysis of climate impacts on economics activities, ecosystem, and its ecosystem services. This thesis is different than other thesis, papers, etc. because they do not include El Niño phenomenon impact on the ecosystem and its resources but in this thesis do. So, this analysis I can permit complements and reinforces the results. The results and thesis's approaches will contribute to improving knowledge and management documents of the Mangroves de Tumbes National Sanctuary and a load of SERNANP - Tumbes.

**Key words:** Tuberculous Andara, mangrove ecosystem, production function, and El Niño Phenomenon.

## I. INTRODUCCIÓN

Una de las actividades económicas más representativa dentro del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT) es la extracción de conchas negras (*Anadara tuberculosa*), recurso que a la fecha se ve afectado por una disminución en la cantidad de capturada, hecho que se aprecia en los registros históricos de extracción (Pro Naturaleza 2000; MEDA Subsidiary Perú 2009 e INEI 2009 y 2010) que desde finales de los años 70 y principio de los 80 se observa una disminución en la cantidad anual extraída en toneladas métricas (TM) y en los años posteriores el recurso se mantiene en una senda menor a 80 TM llegando hasta valores inferiores de 40 TM en extracción (Gráfico 1).



**Gráfico 1:** Captura de concha negra (*Anadara tuberculosa*)

**FUENTE:** Pro Naturaleza (2000); MEDA Subsidiary Perú (2009) e INEI (2009 y 2010).

Cabe resaltar que entre los años 1982-83, años donde empieza la disminución en la extracción del recurso, coinciden con la presencia del Fenómeno El Niño de intensidad extraordinaria que azotó el norte del Perú (Quinn et al. 1987); asimismo, en los años siguientes donde ocurre caídas en la extracción de conchas negras, las cuales coinciden con la presencia del Fenómenos El Niño, según la clasificación (basado en el Índice Costero El Niño) del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) (2012) en 1972 (Niño Fuerte),

1976 (Niño débil), 1986 (Niño moderado), 1991 (Niño moderado), 1994 (Niño débil), 1997-98 (Niño extraordinario), 2003 (Niño débil) y 2007 (Niño moderado).

Asimismo, Ordinola et al. (2007) concluyen en su investigación, que los bajos niveles de salinidad durante el fenómeno de El Niño de 1997-98, a causa de las lluvias, hicieron disminuir la biomasa de conchas negras y en algunos esteros (Camarones y Cherrez del manglar de Puerto Pizarro) la falta de ingreso de agua de mar extinguió las conchas y algunos mangles. También el IGP (2015) menciona que durante los eventos de El Niño de 1982-83 y 1997-98, los extractores artesanales tuvieron problemas para extraer los recursos hidrobiológicos ya que estos escasearon y se profundizaron; además, a causa de las fuertes lluvias los esteros se colmataron, lo que ocasionó un difícil y peligroso ingreso al manglar.

Es importante señalar que no solo el Fenómeno de El Niño ocasionaría daños y alteraciones sobre las funciones y servicios del ecosistema manglar, el cambio climático también ocasionaría daños, Van Lavieren et al. (2012) analizan los efectos de incrementos en la temperatura, nivel del mar, dióxido de carbono, intensidad y frecuencia de tormentas y precipitación, sobre los manglares; y estos cambios en los parámetros físicos, este ecosistema se vería afectado con la reducción de cobertura vegetal, recursos hidrobiológicos y extensión de territorio.

Por otro lado, Power et al. (2013) concluyen que la presencia e intensidad de Fenómenos de El Niño extremos se incrementen en un futuro, basado en dos escenarios de cambio climático RCP<sup>1</sup> 85 y A2 donde se asume que concentraciones de CO<sub>2</sub> serán mayores, provocando un incremento de la temperatura global al 2100, situación que ocasionaría un incremento en las precipitaciones y directamente las ocasionadas por el Fenómeno El Niño.

Cabe indicar que el *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) (2001), recomienda realizar investigaciones relacionadas a los impactos en los ecosistemas, como por ejemplo: la relación de biodiversidad con las funciones del ecosistema a causa del cambio climático, cambios en el clima y población de animales salvajes, impacto en los servicios y bienes que provee el ecosistema (servicios ecosistémicos), entre otros.

---

<sup>1</sup> Representative Concentration Pathways.

Además, Van Lavieren et al. (2012), recomienda en su *Policy brief* seguir realizando investigaciones sobre los efectos naturales y antrópicos sobre los manglares y sus servicios y bienes que provee, para que de esa manera se puedan proponer medidas de conservación y recuperación.

Identificar la cantidad máxima de extracción ante presencia de Fenómeno El Niño extraordinario a causa del cambio climático (Power et al. 2013) en el SNLMT, resulta beneficiosos para a los 284 extractores artesanales que dependen de este tipo de recurso hidrobiológico que posee el manglar (IGP 2013), contribuye a generar nuevas medidas de conservación por parte del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP).

El hecho de aplicar un modelo de producción para estimar la cantidad máxima de extracción durante algún proceso de cambio o variabilidad climática como es el Fenómeno El Niño en la extracción de conchas negras contribuirá a que los extractores y autoridades que se encargan de su control y protección planteen medidas de conservación de los mismos ante cualquier cambio en los parámetros climáticos y físicos; permitiendo elaborar políticas y mecanismo para lograr un mejor uso y manejo del ecosistema manglar y sus recursos bajo diferentes escenarios de cambio y variabilidad climática.

Finalmente, esta investigación puede incentivar a que se replique en otras realidades (ecosistemas), debido que actualmente en el Perú no se tiene muy desarrollado el uso de la economía como una herramienta para generar información utilizada en la formulación e implementación mecanismos de conservación.

Para conseguir los resultados de la investigación se plantearon los siguientes objetivos:

**Objetivo general:**

- Determinar el nivel de extracción máxima de conchas negras (*Anadara tuberculosa*) en el SNLMT, basado en la función de producción estimada a través de variables físicas.

**Objetivo específico:**

- Describir los efectos sobre el ecosistema manglar del SNLMT (recursos hidrobiológicos) de un Fenómeno de El Niño extremo.
- Determinar la función de producción de la extracción de conchas negras en el SNLMT, utilizando variables físicas causantes de un Fenómeno de El Niño extremo.

**Hipótesis general:**

- Se espera que el incremento de las variables físicas utilizadas para estimar la función de producción estimada, como precipitación, temperatura y temperatura superficial del mar, impacten de manera negativa a la extracción de conchas negras en el ecosistema manglar del SNLMT.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN<sup>2</sup>

Nicholson (2004) define a la función de producción como la relación de factores de producción (trabajo, capital, materias primas, entre otros), los cuales permiten determinar la cantidad máxima del bien a producir. Además, señala que por convención, para determinar la función de producción solo se realizan las combinaciones de capital (K) y trabajo (L), ya que facilita la interpretación de los mismos; pero no descarta la posibilidad de usar otros factores como el de materias primas (M). La forma funcional es la siguiente:

$$Q_t = f(K, L, M)$$

Sin embargo, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2010a y 2010b), De Salvo et al. (2013), Seo y Mendelsohn (2007), Gbetibouo y Hassan (2004) y Loyola y Orihuela (2009) mencionan que bajo el enfoque de función de producción se puede desarrollar una función de producción elaborada a través de variables físicas (climáticas en su mayoría): es decir, que no cuenten con variables derivadas de los productores (trabajo y capital). Esta nueva forma funcional puede permitir, realizar estimaciones directas de los efectos sobre los recursos (agrícolas, pecuarios, entre otros), identificar los umbrales de las variables físicas seleccionados (temperatura atmosférica, precipitaciones, entre otras) y sus puntos de inflexión, los que nos mostrarían identificar las condiciones climáticas donde se vuelven perjudiciales. Sin embargo, al no considerar la adaptación de los productores a los cambios en el clima, los resultados de esta función pueden ser sobreestimados en los rendimientos de los cultivos (Cuadro 1).

---

<sup>2</sup> Cabe destacar que en CEPAL (2010a y 2010b), De Salvo et al. (2013), Seo y Mendelsohn (2007) y Loyola y Orihuela (2009), desarrollan sus trabajos en dos etapas en la primera identifican la función de producción para evaluar efectos climáticos en cultivos agrícolas y en la segunda evalúan dicha función bajo el enfoque Ricardiano, el cual permite evaluar como los trabajadores reaccionarían ante futuros cambios en el clima. Además, es importante resaltar que esta llamada función de producción no responde a lo definido por Nicholson (2004); si no, es el nombre que le proporcionan para nombrar a la “función de producción de variables físicas” (climáticas en su mayoría); por tal motivo, en el desarrollo de la presente tesis se nombrará a esta forma funcional como “Función de Producción de variables físicas”.

**Cuadro 1:** Características del modelo de funciones de producción de variable físicas.

MODELO	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DEBILIDADES
Función de producción	Basado en las relaciones empíricas entre rendimientos y variables climáticas (temperatura y precipitación)	Se realiza mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO).	Sólo basado en la relación del clima con la producción.
		Permite analizar efectos sobre cultivos específicos.	Puede sobrestimar los efectos negativos del clima.
		Identifica umbrales de temperatura y precipitación a partir de los cuales sus efectos pueden ser benéficos o perjudiciales.	No considera posibles adaptaciones
			Puede generar problemas de colinealidad en las estimaciones.

FUENTE: CEPAL (2010b)

## 2.2. DESARROLLO DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN<sup>3</sup>

Fleischer, citado en CEPAL (2010b), plantea que, para la estimación de una función de producción agrícola y pecuaria, se debe de contar con tres tipos de variables:

- a. Endógenas (x), incluyen trabajo, capital, fertilizante, entre otros.
- b. Exógenas (z), incluyen variables climáticas, temperatura, precipitación, entre otras.
- c. Capacidad adaptativa de los agricultores (m).

Planteando, la siguiente función agrícola<sup>4</sup>:

- $Q_t = f(x_t, z_t, m_t)$

Además, señala que bajo la premisa, «*todos los productores desean maximizar sus beneficios*», eligen aquella cantidad de insumos que se los permita. Por otro lado; también, destaca que las variables climáticas influyen de manera directa en la producción agrícola, pecuaria, etc., ya que los factores climáticos se relacionan e influyen en las plantas y animales (CEPAL 2010a y 2010b).

<sup>3</sup> Para el caso específico de esta investigación, la función de producción de variables físicas se usará para determinar el impacto que tiene las variaciones en el clima (temperatura, precipitación, caudal del Río Zaramilla y temperatura superficial del mar) a causa de la presencia del Fenómeno de El Niño, sobre la extracción de conchas negras (*Anadara tuberculosa*).

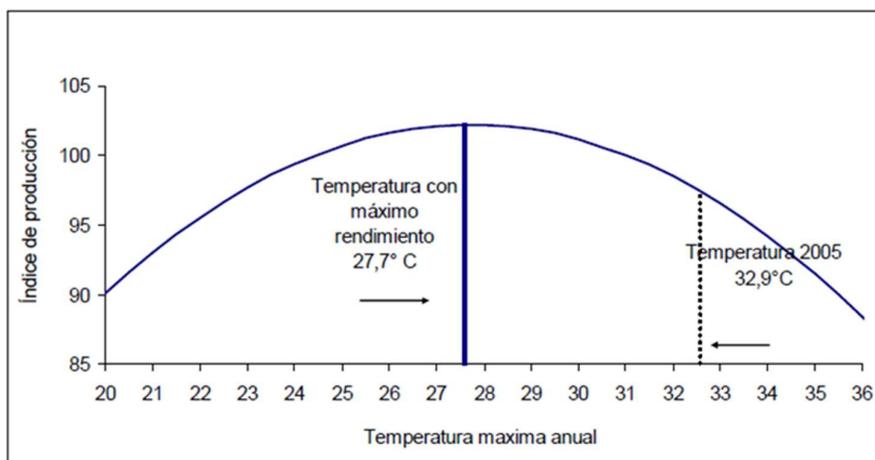
<sup>4</sup> Usada en CEPAL (2010a y 2010b).

Fleischer (2007) citado en la CEPAL (2010b), CEPAL (2010a), Seo y Mendelsohn (2007) y Loyola y Orihuela (2009), recomiendan trabajar con una función de producción tipo cuadrática (U invertida), la cual permite identificar los umbrales y niveles de temperatura, precipitación, entre otros, que tienen efectos positivos o negativos en la producción y la producción máxima.

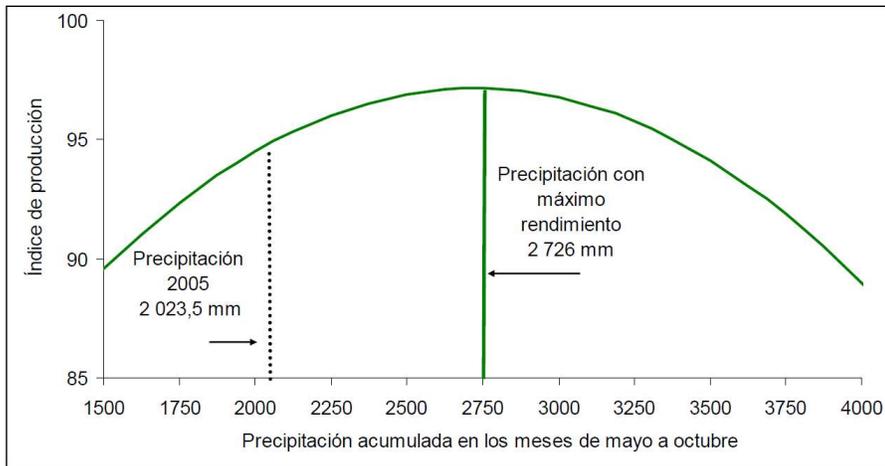
Finalmente, la CEPAL (2010a y 2010b) recomienda utilizar el método de mínimos cuadrados ordinarios para estimar la función de producción tipo U invertida.

### 2.3. INVESTIGACIONES QUE ESTIMAN EL IMPACTO DEL CLIMA EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA A TRAVÉS DE UNA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN

La CEPAL (2010a) realizó un estudio del impacto del cambio climático en el sector agrario (frijol, maíz y café) de Costa Rica, utilizando la función de producción y el enfoque Ricardiano. La primera permitió estimar los impactos de aumentos o disminuciones en las cantidades producidas, que presenta la agricultura ante la variación de parámetros físicos (temperatura y precipitación) y la segunda permite determinar los impactos en la economía. Los resultados afirmaron que el cambio climático tiene efectos adversos sobre la producción agrícola ( Gráfico 2 y Gráfico 3), sin embargo, sostiene la posibilidad que a aumentos de temperatura algunos recursos agrícolas pueden ser beneficiados, pero en conjunto se espera un efecto negativo, el cual se reflejaría en la disminución del PBI.



**Gráfico 2:** Producción agropecuaria ante variaciones en la temperatura.  
**FUENTE:** CEPAL (2010a)



**Gráfico 3:** Producción agropecuaria ante variaciones en la precipitación

**FUENTE:** CEPAL (2010a)

Además, la CEPAL (2010b) realizó un estudio del impacto del cambio climático sobre la agricultura en Belice, ante la preocupación del incremento de los gases de efecto invernadero (GEI) que traen consigo el incremento en la temperatura, y a su vez estos alteran las precipitaciones y la frecuencia de los Fenómenos climáticos extremos, hechos que ocasionan pérdidas en producciones agrícolas y daños materiales que acarrearán. En dicho estudio utilizaron una metodología dividida en dos enfoques: estructural y espacial. El primero permite partir de una función empírica para predecir los efectos del clima sobre los cultivos y el segundo utiliza el modelo Ricardiano para predecir los daños económicos y el modelo de Equilibrio General Computable que permite modelar la agricultura respecto a otros actores económicos. Sin embargo, el enfoque Ricardiano no pudo ser desarrollado por falta de información. El resultado del estudio obtenido reveló que podrían existir severas repercusiones en el sector agrario (maíz, frijol, caña de azúcar y naranja) de Belice a causa del cambio climático.

De salvo et al. (2013) determinaron en Trentino (Italia), el impacto del cambio climático sobre la producción agrícola de la provincia. Aplicando el modelo Ricardiano, estimaron los impactos de la precipitación, temperatura e insumos usados para la agricultura (hectáreas, esfuerzo, sulfatos, entre otros) a través de estimaciones econométricas con las funciones clásicas lineal y semi-logarítmica. Además, de aplicar un cox-box. Obtuvieron resultados parecidos en las tres estimaciones econométricas sosteniendo en general que el impacto de las variaciones de las variables climáticas (temperatura y precipitación) sobre las hectáreas

de cultivo no fue significativo (entre 1 y 6 por ciento). Sin embargo, el tipo de funciones utilizadas no permitió medir umbrales de las variables físicas en la producción agrícola, solo los impactos.

Gbetibouo y Hassan (2004) emplearon el modelo Ricardiano para medir el impacto del cambio climático en la producción de sembrío (maíz, soya, girasol, entre otras) de Sudáfrica y analizar los impactos potenciales futuros. En la aplicación del modelo realiza una regresión con variables climáticas (precipitación y temperatura), solidas (hectáreas, sulfatos, entre otras) y socioeconómicas. Como resultado afirman que el cambio climático afecta a los sembríos de Sud África de manera negativa.

Loyola y Orihuela (2009) utilizaron el enfoque Ricardiano para estimar el costo del cambio climático en la agricultura de Piura y La Libertad (arroz, limón y maíz), después de haber estimado la función producción cuadrática (forma de U invertida); analizaron la relación del impacto de variables climáticas (precipitación y temperatura) en la agricultura. Donde se identificó que los incrementos esperados de temperatura son relativamente pequeños, por lo que las variaciones producidas generan impactos económicos reducidos, aunque cuando estos comienzan a acumularse generan pérdidas considerables.

Seo y Mendelsohn (2007) analizaron los impactos del clima (temperatura y precipitación) en la producción pecuaria (reces, ovejas, cabras y aves) de África (de 5000 ganaderos) y como estos afectan a los ganaderos, para lo cual utilizan una función cuadrática (solo con variable físicas) y el modelo Ricardiano para poder estimarlo, teniendo como resultado que es posible que los ganaderos se adapten al cambio climático; sin embargo, para los pequeños ganaderos sería más fácil poder cambiar de tipo de producción pecuaria, que para los grandes ganaderos, ya que el gastos de dicho cambio es menor

#### **2.4. ECOSISTEMA MANGLAR**

Spalding et al. (2011), definen al ecosistema manglar como una zona de balanceo de las mareas, las condiciones medioambientales son rigurosas porque están sometidas tanto a los caprichos de la tierra como a los del mar, a potentes tempestades y potentes lluvias, a salinidades elevada, a sequias, desplazamientos sedimentarios e inundaciones, se tratan de lugares particularmente expuestos.

El nombre manglar *«hace referencia al mismo tiempo a los árboles y a las comunidades constituidas por ellos»* (Spalding et al. 2011), que varían desde sencillas alineaciones de árboles desmembrados orillando el desierto hasta bosques fragmentados en innumerables islotes entrecortados por brazos de mar y canales (esteros) en los sistemas deltaicos y a su vez son resistentes en algunos casos a altas concentraciones de salinidad.

El IGP (2013) refiere que el ecosistema manglar es *«un sistema abierto fluvial y marino, que depende de flujos de agua para el transporte de nutrientes y para la redistribución de la materia orgánica y sedimentos, así como para regular la salinidad»*.

Además, el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) (2002) señala que, *«El despliegue y elevado desarrollo de diversidad estructural y funcional colocan a los manglares entre los ecosistemas más complejos del planeta, desarrollando un papel fundamental en la regulación del efecto de las mareas y en los cambios morfológicos de la costa»*.

## **2.5. ECOLOGÍA DE LOS MANGLARES**

Spalding et al. (2011) refieren que los mangles y la distribución de sus especies no son homogéneas, debido a que el ecosistema manglar posee una dinámica e influencia según las condiciones locales del medio ambiente físico y químico; es decir la distribución de sus especies depende de las condiciones áridas, salinidad (nivel de mareas), sedimentación, topografía, precipitaciones entre otros.

Además, Kathiresan (2012) citado por IGP (2013), señala que los manglares son todos los grupos de plantas y animales adaptados a este ecosistema, se encuentran desarrollados y tolerantes a condiciones extremas (alta salinidad, inundaciones, entre otros); asimismo, gracias a la mezcla de aguas continentales y marinas convierten al manglar en uno de los ecosistemas más productivos y biodiversos.

Finalmente, la presencia, ausencia y extensión de los manglares depende directamente a su geografía, topografía costera, geomorfología y régimen de mareas; por otro lado, su desarrollo, crecimiento y productividad depende de la naturaleza del sustrato, estructura,

propiedades físicas, composición química, salinidad, acidez del suelo y de los sedimentos (INRENA 2002)

## 2.6. ECOSISTEMA MANGLAR EN EL PERÚ

En el Perú se encuentra bosque manglar en dos de sus departamentos, Tumbes y Piura, el primero cuenta con la mayor extensión de bosque manglar, teniendo aproximadamente 4541 ha (INRENA 2007) divididas entre Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT) y Puerto Pizarro, y Piura posee un relicto de manglar de aproximadamente 300 ha (INRENA 2002). Peña y Vásquez (1985) plantean la posibilidad que los manglares en el Perú hayan tenido su extensión hasta estas zonas de Piura en épocas pasadas y bajo esa hipótesis justifican la existencia del pequeño bosque de mangles en el Distrito de San Pedro de Vice (Piura).

Según el sistema de clasificación de humedales de la Convención RAMSAR, el SNLMT es un humedal costero del Tipo 9 (humedales boscosos intermareales). Sin embargo, el INRENA (1996) considera a este humedal como manglar tropical (*Rhizophoretum*).



**Gráfico 4:** Características físicas del ecosistema manglar de Tumbes  
**FUENTE:** IGP (2013).

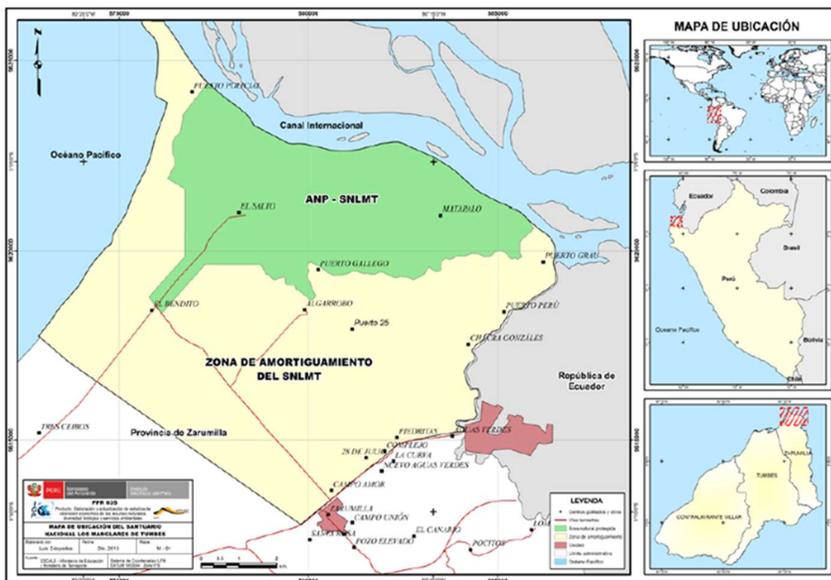
Por otro lado, Parra (2014) menciona que al existir el intercambio de aguas continentales, marinas y sedimentos, tenga consigo que en las islas y orilla de los esteros donde habita la vegetación, exista diferencias en sus patrones físicos y químicos, donde el nivel del terreno, salinidad, ph, entre otros influyen en la distribución de las comunidades vegetales y estas a

su vez en el soporte de recursos hidrobiológicos (conchas negras, cangrejos y peces) (IGP 2013).

## 2.7. UBICACIÓN

El Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT) se ubica políticamente en la provincia y distrito de Zaramilla del departamento de Tumbes (Gráfico 5).

Geográficamente está localizado en el litoral de la costa noroeste de Perú, en la intercuenca de los ríos Tumbes y Zaramilla. Se ubica entre los paralelos 3°24' y 3°27' de latitud sur y entre los meridianos 80°13' y 80°19' de longitud oeste (sistema de coordenadas WGS 84) (INRENA 2007).

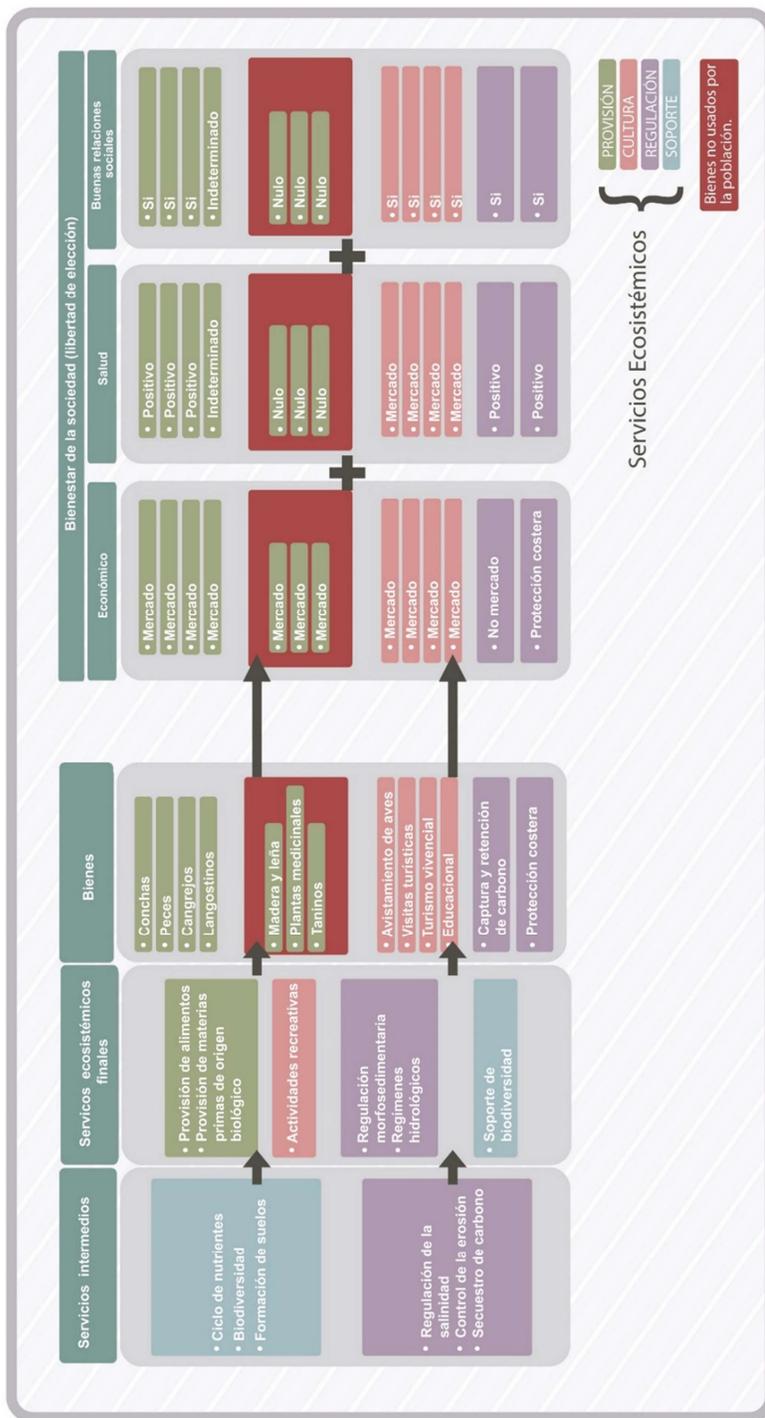


**Gráfico 5:** Ubicación del SNLMT.

**FUENTE:** IGP (2013)

## 2.8. PROVISIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL ECOSISTEMA MANGLAR DE TUMBES.

El IGP (2013 y 2015) basado en United Kingdom National Ecosystem Assessment (UK-NEA) (2011), identificó la relación de los SE con el bienestar que estos generan a la población (Gráfico 6).



**Gráfico 6:** Relación de los servicios ecosistémicos y el bienestar que genera a la población.

**FUENTE:** IGP (2015)

Los procesos ecosistémicos o también llamados servicios ecosistémicos intermedios y los servicios ecosistémicos finales del SNLMT permiten la generación de bienes de no uso y uso, que la sociedad aprovecha de forma indirecta o directa, respectivamente.

Los servicios indirectos identificados: el ciclo de nutrientes, la biodiversidad y la formación de suelos (soporte); y la regulación de salinidad, control de erosión y el secuestro de carbono (regulación), donde estos componentes interactúan el uno con el otro. También se identificaron los servicios ecosistémicos finales: provisión de alimentos y provisión de materias primas de origen biológico (provisión); actividades recreativas y educativas (cultura); regulación morfosedimentaria e hidrológica (regulación) y soporte de biodiversidad (soporte). Siendo en conjunto, servicios ecosistémicos capaces de generar bienes de uso y no uso, descritos a continuación:

**Provisión:**

Los servicios de provisión son los más reconocidos y aprovechados por la población, debido a que generan actividades económicas e ingresos por las mismas. Los identificados en el SNLMT son los recursos de: conchas, cangrejos, peces y langostinos. Donde los tres primeros, son la base de la economía de los 284 extractores artesanales del SNLMT (IGP 2013) y finalmente el recurso de langostinos, que apoyado de la inversión privada empezó a crecer en forma de industria acuícola, a través de las construcciones de pozas asentadas, en los bordes del bosque manglar (zona de amortiguamiento del SNLMT) con la finalidad de favorecerse del ciclo de mareas (regímenes hidrológicos) para llenar de agua sus pozas de cultivo. Este último recurso cuenta con su mercado ya establecido y posee precio internacional en el mercado.

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

**Cultura:**

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

**Regulación:**

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

**2.8.1. Historia de uso de los recursos hidrobiológicos en el manglar de Tumbes.**

Hocquenghem (1998) refiere que en el Perú desde el 10 000 al 3000 a. C. los cazadores y recolectores han usado a los manglares como fuente de alimentos, habiéndose encontrado restos de conchas negras en sitios arqueológicos precerámico como el de Amotape, vestigios que evidencia la utilización de recursos del manglar. Sin embargo, lo agreste de su configuración física y la presencia de agua salobre dificultaban el establecimiento de poblados cerca al ecosistema.

A partir del 3000 a. C. se empieza el proceso de sedentarización, los primeros pobladores se ubicaron en las alturas de los tablazos y cercanos a agua dulce. Teniendo como principal actividad la pesca, para lo cual fabricaban cordeles de algodón teñidos con pigmentos

obtenido del mangle rojo, y aprovecharon el bosque seco para extraer recursos y desarrollar una agricultura insipiente.

Durante la conquista se diezmo a gran parte de la población en el norte del Perú, abandonando zonas de cultivo, en la época de la Colonia los valles del norte tuvieron poca importancia por parte de la Corona Española, asimismo desarrollaron la ganadería introduciendo algunas especies nuevas; sin embargo, la pesca, siguió siendo la principal actividad por parte de los pobladores locales, situaciones que no varió durante la República.

### **2.9. “CONCHA NEGRA” (*Anadara tuberculosa*)**

Malca (2005) y Mora y Moreno (s.f.) describen a la “concha negra” como un molusco bivalvo propio de los manglares de la costa del Pacífico, extendiéndose desde el Golfo de California, México hasta Tumbes – Perú. Suelen enterrarse dentro del fango arcilloso, por debajo de las raíces del *Rizophora mangle* (aproximadamente de 5 a 30 cm de profundidad (Mora y Moreno s.f.).

Entre las principales características del ciclo de vida de este bivalvo se sabe que tiene hábito sedentario, su crecimiento es lento, cuando es una larva plantónica tiene vida hasta que se fijan al sustrato o sobre otras conchas adultas (Mora y Moreno s.f.).

### **2.10. CAMBIO CLIMÁTICO**

Importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras.

Se debe tener en cuenta que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), en su Artículo 1, define cambio climático a: un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (IPCC 2013).

## **2.11. VARIABILIDAD DEL CLIMA**

La variabilidad del clima se refiere a las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de Fenómenos extremos, etc.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de Fenómenos meteorológicos determinados.

La variabilidad se puede deber a procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (variabilidad externa) (IPCC 2013).

## **2.12. ESCENARIOS CLIMÁTICOS**

Entre los escenarios climáticos que utilizaron Power et al. (2013) para determinar la influencia del cambio climático en la ocurrencia e intensidad en el Fenómeno El Niño costero, se encuentran los siguientes:

### **2.12.1. Escenario RCP 8.5**

El proyecto Maipo Plan de Adaptación (MAPA) (2014) define a los escenarios Representative Concentration Pathways (RCP), como escenarios definidos por la secuencia temporal del forzamiento radiativo que experimentaría el sistema planetario hacia fines de siglo. Este forzamiento está definido para cuatro intensidades: 8.5, 6.0, 4.5 y 2.6 W/m<sup>2</sup> (watts por metro cuadrado) adicionales de energía en el sistema, las cuales pueden ser alcanzadas mediante distintas combinaciones de emisiones de gases de efecto invernaderos (GEI) o narrativas de evolución.

El escenario RCP 8.5 representa una vía de emisiones y concertaciones de GEI relativamente altas, sus principales supuestos incluyen un alto crecimiento poblacional, relativamente bajo crecimiento de PIB, con tasas modestas de cambios tecnológicos y de eficiencia energética. Esto lleva a importantes demandas energéticas y consecuentes emisiones de GEI (MAPA 2014)

### 2.12.2. Escenario A2

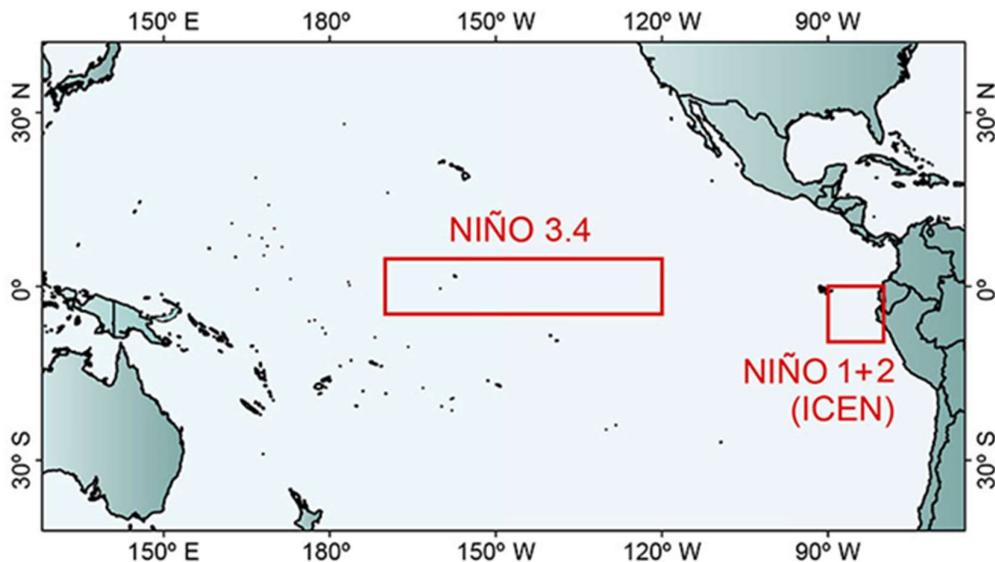
Describe un mundo heterogéneo. Subyace en la autosuficiencia y preservación de las identidades locales. Los perfiles de fertilidad en las distintas regiones tienden a converger muy lentamente, lo cual acarrea un aumento continuo constante de la población.

El desarrollo económico tiene una orientación principalmente regional y el crecimiento económico per cápita y el cambio tecnológico están fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas (IPCC 2013).

### 2.13. FENÓMENO EL NIÑO

El término El Niño comprende los cambios observados en la temperatura superficial del mar (TSM) en el Pacífico ecuatorial central, así como los cambios de la presión atmosférica en el Pacífico, desde Australia hasta Tahití.

El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) es un evento natural de la variabilidad climática en el que se interrelacionan el océano y la atmosfera en la región tropical del Océano Pacifico. (SENAMHI 2014).



**Gráfico 7:** Cuadrantes las regiones del Niño 3.4 y Niño 1+2  
**FUENTE:** IGP (2014)

El Gráfico 7 se muestra las dos regiones que definen los principales índices de temperatura superficial del mar utilizadas para monitorizar El Niño y La Niña. La región

Niño 1+2, en la que se basa el Índice Costero El Niño (ICEN), se relaciona con impactos en la costa peruana, mientras que la región Niño 3.4, se asocia a impactos remotos en todo el mundo, incluyendo los Andes y Amazonía peruana (IGP 2014).

El IPCC (2013) señala que «*existe un nivel de confianza alto en cuanto a que el Fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) seguirá siendo el modo dominante de variabilidad interanual en el Pacífico tropical, con efectos que se sentirán a nivel mundial en el siglo XXI*»

**Cuadro 2:** Manifestaciones generales de El Niño.

<b>En el océano</b>	<b>En la atmósfera</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento de la temperatura superficial y sub-superficial del mar.</li> <li>• Incremento del nivel del mar en la zona de calentamiento.</li> <li>• Disminución del afloramiento de las aguas frías y nutrientes hacia la superficie.</li> <li>• Variación de la salinidad de las aguas costeras.</li> <li>• Incremento del contenido de oxígeno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debilitamiento de los vientos alisios a lo largo de la costa</li> <li>• Incremento de la temperatura del aire en las zonas costeras adyacentes al mar caliente, y en toda la tropósfera.</li> <li>• Incremento del contenido de humedad en el aire.</li> <li>• Incremento de la nubosidad en la estación de verano y primavera.</li> <li>• Disminución de la presión atmosférica.</li> </ul>

**FUENTE:** SENAMHI (2014)

### 2.13.1. Tipos de El Niño

El IGP (2014) señala la existencia de tres tipos o variedades de El Niño<sup>5</sup>, los cuales se identificaron a través de la distribución espacial de las anomalías de la temperatura superficial del mar (desviación estándar), se describen a continuación:

El Niño Canónico, dicho evento se inicia en la fase “*pico*” (marzo - mayo) que corresponde al calentamiento anómalo en la costa del Perú y a medida que va evolucionando dicho calentamiento se desplaza hacia el oeste, de manera que en el verano siguiente (diciembre - febrero) o llamado también fase “*madura*” se caracteriza por el calentamiento máximo en el Pacífico central (región Niño 3.4) pero relativamente menor en la costa del Perú.

<sup>5</sup> Propuestas por el Dr. Ken Takahashi, Investigador científico del IGP y miembro del comité técnico del ENFEN.

El Niño “*Modoki*” (conocido también como Niño del Pacífico central), presentado a través de una variabilidad de la temperatura superficial del mar más enfocada en el Pacífico central (región Niño 3.4), con relativa poca presencia en la costa del Perú.

El Niño Extraordinario, referido a las alteraciones de temperatura superficial del mar en la Costa del Perú y estudiado a partir de los eventos de niño extremos del 1982-83 y 1997-98.

#### 2.14. Categoría del Fenómeno El Niño

El ENFEN ha determinado que el Índice Costero El Niño (ICEN) es el indicado para identificar la categoría del Fenómeno El Niño en la región costera del Perú (SENAMHI 2014)

El ICEN consiste en «determinar la media corrida de tres meses de las anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región 1+2», este mismo índice nos permite identificar también la presencia del Fenómeno de La Niña (ENFEN 2012).

**Cuadro 3:** Categorías y magnitudes del ICEN

Categorías	ICEN
Neutras	Mayor o igual que -1.0 y menor o igual que 0.4
Cálida Débil	Mayor que 0.4 y menor o igual que 1.0
Cálida Moderada	Mayor que 1.0 y menor o igual que 1.7
Cálida Fuerte	Mayor que 1.7 y menor o igual que 3.0
Cálida Extraordinaria	Mayor que 3.0

**FUENTE:** ENFEN (2012)

En el Cuadro 3 muestra las categorías y magnitudes de los eventos de El Niño, los cuales se asignan según de acuerdo con el valor correspondiente del ICEN.

El ENFEN (2012), denomina evento El Niño en la región costera del Perú al periodo en el cual el ICEN indique condiciones cálidas durante al menos tres meses consecutivos y la magnitud del evento se determina en base a la mayor alcanzada o excedida en al menos tres

meses durante toda la duración del evento. En el se muestra los eventos El Niño y sus magnitudes identificados bajo el ICEN desde 1951 hasta el 2009.

**Cuadro 4:** El Niño en la costa de Perú

<b>Año Inicial</b>	<b>Mes inicial</b>	<b>Año final</b>	<b>Mes final</b>	<b>Duración (meses)</b>	<b>Magnitud</b>
1951	5	1951	10	6	Moderado
1953	3	1953	6	4	Débil
1957	3	1958	5	15	Moderado
1965	3	1965	10	8	Moderado
1969	4	1969	7	4	Moderado
1972	3	1973	2	12	Fuerte
1976	5	1976	10	6	Débil
1982	7	1983	11	17	Extraordinario
1986	12	1987	12	13	Moderado
1991	10	1992	6	9	Moderado
1993	3	1993	9	7	Débil
1994	11	1995	1	3	Débil
1997	3	1998	9	19	Extraordinario
2002	3	2002	5	3	Débil
2002	9	2003	1	5	Débil
2003	11	2004	1	3	Débil
2004	10	2004	12	3	Débil
2006	8	2007	2	7	Moderado
2008	7	2008	9	3	Débil
2009	5	2009	10	6	Débil

**FUENTE:** ENFEN (2012)

## **2.15. INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA OCURRENCIA E INTENSIDAD DEL FENÓMENO EL NIÑO**

Power et al. (2013) concluyen, que la presencia e intensidad de Fenómenos de El Niño extremos tendrán a incrementen, basado en dos escenario de cambio climático RCP 8.5 y A2 donde se asume que concentraciones de CO2 serán mayores, provocando un incremento de la temperatura global al 2100, situación que ocasionaría una alteración en la temperatura superficial del mar, así como un incremento en la temperatura atmosférica, lo que ocasionaría un incremento en las precipitaciones y directamente las ocasionadas por el Fenómeno El Niño.

Cabe indicar que el IPCC (2013), señala que *«los modelos reproducen mejor algunos Fenómenos climáticos importantes. Existe un nivel de confianza alto en que las estadísticas de los monzones y de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), basadas en simulaciones de modelos múltiples, han mejorado desde el Cuarto Informe de Evaluación.»*

El IGP (2014), refiere en base a lo publicado por el IPCC (2013), que es incierto si la variabilidad en temperatura asociada al ENOS será mayor o no en el futuro, además señala que *«el calentamiento medio haría a El Niño más cálido aún y también es probable que a grandes rasgos las lluvias asociadas a El Niño serían más intensas debido a la mayor humedad del aire. Si esto es cierto para la costa norte, los impactos del El Niño podrían ser más intensos en el futuro.»»*

## **2.16. IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS MANGLARES.**

El incremento de tormentas eleva el grado de vulnerabilidad de los ecosistemas costeros, como los manglares, arrecifes de coral, entre otros, impactando directamente en la biodiversidad y funciones de los ecosistemas mencionados (IPCC 2007).

Van Lavieren et al. (2012) diseñaron un *“Policy brief”*, en el cual se detalla la vulnerabilidad antrópica y natural (cambio climático y eventos extremos) del ecosistema manglar a nivel mundial, señalando principalmente a las tormentas tropicales, huracanes, tsunamis y la sedimentación como principales causantes de la disminución de los manglares (Cuadro 5).

**Cuadro 5:** Impactos del cambio climático según el IPCC (2007) en los manglares

IMPACTOS DEL CAMBIO GLOBAL EN EL ECOSISTEMA MANGLAR		
PARÁMETRO FÍSICO	PREDICCIÓN DE CAMBIO	IMPACTO ESPERADO EN MANGLAR
Nivel del mar	Se proyecta un incremento de 18 a 79 cm de 1999-2099	<p>Se predice que los manglares perderán un 30 por ciento de su extensión. Dicha disminución dependerá de factores físicos biológicos ocasionados por el aumento del nivel del mar; los manglares pueden migrar hacia el interior del continente, esto dependerá de las pendientes del terreno.</p> <p>Las zonaciones, patrones y composición de especies de plantas y animales cambiarán a medida que la erosión y las inundaciones en el frente marítimo comienzan. Es probable que estos efectos aumenten en las zonas con costas bajas (especialmente islas pequeñas) y donde estén disponibles.</p> <p>El espacio de las tierras altas es limitado y en los trópicos áridos donde las tasas de sedimentación y el crecimiento del mangle son bajo.</p>
Temperatura	La temperatura global se viene incrementando $0.74^{\circ}\text{C}$ ( $\pm 0.18^{\circ}\text{C}$ ) entre 1906 al 2005 y los modelos de predicción señala que la temperatura se incrementara de $2^{\circ}\text{C}$ a $4^{\circ}\text{C}$ en los próximos 100 años.	<p>Los cambios proyectados en las temperaturas de la atmósfera y de la superficie del mar pueden resultar en límites latitudinales para algunas especies, alteración de la composición de la comunidad y aumento de la fotosíntesis, respiración, desechos, descomposición microbiana, diversidad floral y faunística, crecimiento y reproducción.</p> <p>A escala local y regional, los cambios en los patrones climáticos pueden inducir cambios en el régimen de salinidad y la composición de la comunidad como resultado de cambios en la salinidad y un cambio en la producción primaria si se altera la proporción de precipitación a evaporación.</p>
Dióxido de carbono en la atmósfera	<p>Los niveles de <math>\text{CO}_2</math> han aumentado de 280 ppm en volumen (ppv) en 1880 a casi 370 ppv para el año 2000 con; además, el nivel de pH de los océanos aumentando en acidez en un 25 por ciento.</p> <p>A pesar de la gran variación, todos los modelos predicen un aumento adicional en los niveles de <math>\text{CO}_2</math> para finales del siglo, con algunos predicen que se duplicará o incluso triplicará el nivel actual</p>	<p>Las respuestas serán difíciles de predecir, pero las tasas de fotosíntesis y salinidad, disponibilidad de nutrientes y eficiencia en el uso del agua probablemente cambiarán.</p> <p>Probablemente no habrá cambios o cambios en la producción de los mangles, pero es probable que los patrones de las especies dentro de los estuarios cambien basándose en las respuestas específicas de las especies a los efectos interactivos del aumento del <math>\text{CO}_2</math>, del nivel del mar, los patrones climáticos.</p> <p>La concentración elevada de <math>\text{CO}_2</math> podrían alterar las habilidades competitivas, alterando así la composición de las comunidades biológicas a lo largo de los gradientes de salinidad y humedad.</p>

IMPACTOS DEL CAMBIO GLOBAL EN EL ECOSISTEMA MANGLAR		
PARÁMETRO FÍSICO	PREDICCIÓN DE CAMBIO	IMPACTO ESPERADO EN MANGLAR
Intensidad y frecuencia de tormentas	Intensidad y frecuencia aumentarán.	El nivel de impacto será proporcional a la fuerza, frecuencia, tamaño y duración de las tormentas. Los impactos incluyen la defoliación, el enraizamiento, la mortalidad de los árboles y el aumento del estrés debido a la alteración de la elevación del sedimento del manglar debido a la erosión, deposición y compresión del suelo. La recuperación del daño de la tormenta puede ser muy lenta.
Patrones de precipitación	<p>A nivel mundial, se pronostica que las precipitaciones aumentarán casi un 25 por ciento para 2050 y también aumentará la intensidad de las precipitaciones.</p> <p>A nivel regional, se prevé que los cambios en las precipitaciones son desiguales (Houghton et al., 2002); (Regiones del este de América del Norte y del Sur, Europa del Norte y Asia del Norte y Central) y disminución de las precipitaciones en las regiones más subtropicales (Sahel, Sudáfrica, el Mediterráneo y partes de Asia meridional).</p>	<p>Los patrones regionales y locales de crecimiento y distribución pueden verse afectados. El aumento de la intensidad de los eventos de lluvia probablemente influirá en la erosión y otros procesos físicos en las cuencas hidrográficas y en los humedales de las mareas.</p> <p>El aumento de las precipitaciones puede aumentar la diversidad y aumentar el crecimiento y la cobertura mediante la colonización de áreas previamente no vegetadas.</p> <p>La reducción de las precipitaciones puede conducir a la reducción de la diversidad y la productividad de los manglares y el aumento de las áreas de salar y salinas.</p>

FUENTE: Van Lavieren et al. (2012)

## 2.17. IMPACTOS DEL FENÓMENO DE EL NIÑO SOBRE LOS MANGLARES EN EL PERÚ

Ordinola et al. (2007) concluyen en su investigación sobre población de conchas negras (*Anadara tuberculosa*) realizada en toda la extensión de manglar en Tumbes (incluyendo el SNLMT y el de Puerto Pizarro) (Anexo 2) lo siguiente: «Las amplias fluctuaciones en los parámetro ambientales en los diferentes canales de marea del ecosistema de manglares, son características de la temporada lluviosa que abarca desde diciembre a marzo e inclusive se amplía ante el evento cálido El Niño. Es por este motivo que no se registró bivalvos en Cherrez, debido a las bajas salinidades reportadas en este canal, que actualmente tiene aportes directos de agua del río Tumbes y en el camarones, posiblemente por los altos

*niveles de ácidos sulfhídricos<sup>6</sup> generado por el fango reducido que se apreció en el fondo del canal, que restringió el asentamiento de conchas negras».*

Por otro lado, el IGP (2015) analizó la percepción de los extractores artesanales a través de la metodología CVCA<sup>7</sup> los impactos del Fenómeno El Niño en el manglar, identificando en primer lugar el incremento en la de los caudales y el de los sedimentos, que ocasionaron problemas al ingresar al manglar para trabajar y detectaron que durante ese periodo el recurso concha negra se profundizo entre las raíces de los mangles y las pocas que lograron extraer era pequeñas.

---

<sup>6</sup> El ácido sulfhídrico se encuentra naturalmente en petróleo, gas natural, gases volcánicos y manantiales de aguas termales. También puede existir en aguas pantanosas, lagunas o aguas estancadas, desagües, estanques de harina o de aceite de pescado, barcos pesqueros y alcantarillados. Además, es extremadamente nocivo para la salud. Bastan 20-50 partes por millón (ppm) en el aire para causar un malestar agudo que conlleva a la asfixia y a la muerte por sobreexposición.

<sup>7</sup> Por sus siglas en ingles Capacity and Vulnerability Climate Analysis.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para estimar el nivel de extracción máxima de conchas negras (*Anadara tuberculosa*) ante efectos de un evento de Fenómeno El Niño extremo a causa del cambio climático (Power et al. 2013), se siguieron los siguientes pasos (basados en el orden de los objetivos específicos, seguido del objetivo principal y culminando con la comprobación de la hipótesis planteada):

#### 3.1. DESARROLLO DE PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO

Para el desarrollo del primer objetivo específico “*Describir los efectos sobre el ecosistema manglar del SNLMT (recursos hidrobiológicos) ante un Fenómeno de El Niño extremo*”<sup>8</sup>, se decidió aplicar el método de investigación exploratoria debido a que no se conoce y no se ha estudiado mucho sobre los impactos de un evento El Niño extremo sobre el ecosistema manglar<sup>9</sup>.

Basado en lo planteado por Hurtado (2000) para desarrollar este tipo de investigación (exploratoria), se realizaron las siguientes actividades:

- a. Estudio de la literatura: Se recopilaron artículos científicos, investigaciones, tesis, proyectos, entre otros relacionados a los efectos del Fenómeno El Niño extremo sobre el manglar.
- b. Revisión de experiencias: Se realizaron entrevistas a dos Presidentes de asociaciones de extractores de conchas negras<sup>10</sup>, a una Especialista<sup>11</sup> y Guardaparque<sup>12</sup> del SANLMT, a los que les realizo una entrevista no

---

<sup>8</sup> Este objetivo se planteó, debido a que en las investigaciones de CEPAL (2010a y 2010b) Loyola y Orihuela (2009) y Seo y Mendelshon (2007) solo detallaban la caracterización climática, es decir, describían como era el clima, dejando de lado como las variaciones en lo parámetro climáticos afecta directamente a los cultivos y ganado (proceso).

<sup>9</sup> El único proyecto de investigación a nivel nacional que estudio los impactos del cambio y variabilidad climática sobre el ecosistema manglar, fue el Proyecto "Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes" (Proyecto Manglares- IGP), ver <http://www.met.igp.gob.pe/proyectos/manglares/>

<sup>10</sup> Aguayo, R. 2015. Presidente de la Asociación ASEPROHI-San Pedro. Tumbes (Entrevista). PE, Asociación ASEPROHI-San Pedro. y Rujel, W. 2015. Presidente de la Asociación AEXAPROH Los Tumpis. Tumbes (Entrevista). PE, Asociación AEXAPROH Los Tumpis.

<sup>11</sup> Garcí, R. 2015. Especialista del manglar (Entrevista). Tumbes, PE, SERNANP.

<sup>12</sup> Ricardi, C. 2015. Guardaparque del SNLMT (Entrevista). Tumbes, PE, SERNANP.

estructurada relacionada a los impactos de un evento El Niño sobre el manglar y el recurso concha negra; donde las preguntas giraron en torno a los recuerdos que tenían sobre los eventos de 1982-83 y 1997-98, por ejemplo, qué recuerda en términos generales del evento, cómo afectó su trabajo de extractor, qué cambios percibió en el manglar y sus recursos y qué riesgos afrontó ingresando al manglar.

- c. Registro organizado de la información: Se identificaron los aspectos importantes del impacto de un Fenómeno El Niño extremos sobre el manglar y el recurso concha negra y permitió determinar el proceso por el cual pasa el ecosistema hasta afectar a la *Anadara tuberculosa*.

### **3.2. DESARROLLO DEL SEGUNDO OBJETIVO ESPECIFICO<sup>13</sup>**

Para el segundo objetivo específico “*Determinar la función de producción de la extracción de conchas negras en el SNLMT, utilizando variables físicas causantes de un Fenómeno de El Niño extremo*”, se desarrolló en base a la definición de función de producción desarrollada en la Revisión de Literatura (CEPAL 2010a y 2010b y Loyola y Orihuela 2009, ), se utilizara la data climática de precipitaciones, caudal del río Zarumilla, temperatura atmosférica (máxima y mínima) y superficial del mar (máxima y mínima), con la extracción anual de conchas negras desde 1970 al 2009, las que nos permitió identificar la función de producción de variables físicas para la extracción de conchas negras.

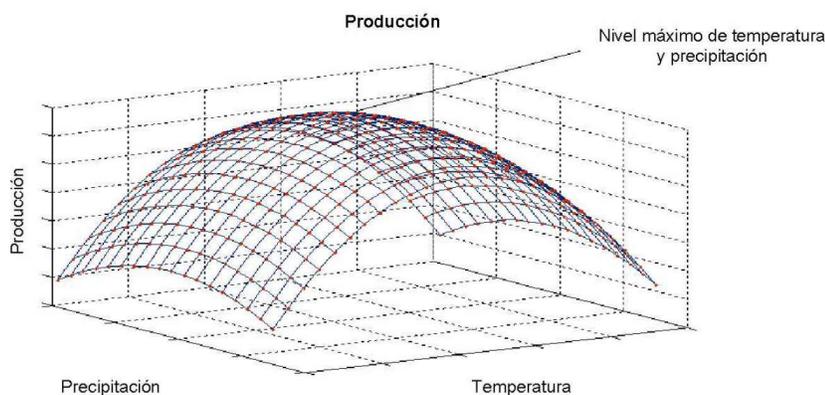
CEPAL (2010a y 2010b) y Loyola y Orihuela (2009) utilizaron la forma funcional cuadrática, tipo U invertida; ya que este forma funcional permite identificar los niveles de temperatura, precipitación, entre otros que tienen efectos positivos o negativos sobre la producción (o extracción de los recursos); también permite identificar los umbrales y es posible obtener estimaciones de la producción o rendimientos máximos de los mismos (Gráfico 8).

Además, responde al ciclo biológico de los seres vivos ya que empieza con una parte creciente, llega a un máximo y finalmente decrece (muere o desaparece) y es semejante a la

---

<sup>13</sup> Caso similar al de la CEPAL (2010b), para esta tesis no se podrá aplicar el enfoque Ricardiano al resultado de la función de producción de variables físicas, ya que no se cuenta con lavase de datos histórica de precios, variable indispensable para poder estimar el impacto económico y la respuesta de los extractores a cambios en el clima. Solo se estimará el impacto en las cantidades extraídas de conchas negras.

función de crecimiento (tipo U invertida) del modelo bioeconómico, que relaciona el crecimiento y *stock* del recurso (Hannesson 1993).



**Gráfico 8:** Función de producción con variables físicas (temperatura y precipitación).  
**FUENTE:** CEPAL (2010b).

Cabe indicar, que esta forma funcional no muestra la adaptación y estrategias de mitigación de los agricultores para enfrentar el cambio climático, pero da la ventaja de mostrar resultados en términos de la relación entre el recurso y las condiciones climáticas<sup>14</sup> (Gráfico 3 y Gráfico 2).

La función de producción de variables físicas planteada fue la siguiente:

$$TMB=f(PRESI,CAU,TMAX,TMIN,TSMPPMAX,TSMPPMIN,NIÑO)$$

Las variables son las siguientes:

Variable dependiente (Gráfico 1):

TMB : extracción de conchas negras en TM.

Variable Independiente (**Anexo 1**):

CAU : caudales en m<sup>3</sup>/s.

PRESI : precipitación en mm.

TMAX : temperatura promedio máxima en C°.

TMIN : temperatura promedio mínima en C°.

TSMPPMAX : temperatura promedio superficial del mar máxima en C°.

<sup>14</sup> Relación que es de interés para los propósitos de la tesis y permitirá estimar los umbrales de variables físicas para poder controlar la extracción de conchas negras durante eventos de El Niño.

TSMPPMIN : temperatura promedio superficial del mar mínima en C°.  
NIÑO : variable dummy, (0= con niño y 1= sin niño).

Para obtener la forma de U invertida de la función recomienda la CEPAL (2010a y 2010b) y Loyola y Orihuela (2009), se eleva al cuadrado cada una de las variables para de esa forma hacer la regresión múltiple por mínimos cuadrados ordinarios (MCO), menos la variable “*Dummy*”, de la siguiente forma:

$$TMB=f(\text{PRESI}, \text{PRESI}^2, \text{CAU}, \text{CAU}^2, \text{TMAX}, \text{TMAX}^2, \text{TMIN}, \text{TMIN}^2, \text{TSMPPMAX}, \text{TSMPPMAX}^2, \text{TSMPPMIN}, \text{TSMPPMIN}^2, \text{NIÑO})$$

El mejor modelo de función de producción de extracción de conchas negras se seleccionó tomando en cuenta los siguientes criterios usados en la CEPAL (2010a y 2010b) y Loyola y Orihuela (2009) como: R cuadrado, significancia total e individual, correlograma, estadísticos y se observó la heteroscedasticidad y auto correlación de los modelos.

Como los modelos estimados (Anexo 4) tenían presencia de heteroscedasticidad, se utilizó los errores estándar robustos<sup>15</sup> para corregir los problemas de heteroscedasticidad lo que permitió poder ajustar y usar los contrastes *t*, F y LM y también se utilizó el estimador consistente de Newey-West<sup>16</sup> utilizados en trabajo de Loyola y Orihuela (2009); sin embargo, este último solo se aplica a los Modelos 2 y 4 (ver Anexo 4) ya que cuentan con problemas de heteroscedasticidad y autocorrelación<sup>17</sup>.

Para la selección y el tratamiento de los datos se hizo a través del programa Microsoft Office Excel 2013, y el paquete econométrico STATA 13.

---

<sup>15</sup> Los errores estándares robustos, trabajan bajo el supuesto que los estimadores de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) son consistentes e insesgados; sin embargo, los estimadores de la varianza y los errores estándares no lo son. Estos errores estándares se pueden ajustar para poder usar los contrastes *t*, F y LM en presencia de heteroscedasticidad. Permite estimar los estadísticos *t*, F y LM robustos a la heteroscedasticidad.

<sup>16</sup> El estimador se utiliza para tratar de superar autocorrelación, o correlación, y heteroscedasticidad en los términos de error en los modelos

<sup>17</sup> La autocorrelación se puede definir como la correlación entre miembros de series de observaciones ordenadas en el tiempo

### 3.2.1. Justificación de variables<sup>18</sup>

Las variables de la función de producción de variables físicas se determinó en base a la investigación de Ordinola et al. (2007) quién identificó que ante incrementos de las precipitaciones en el manglar y específicamente durante la ocurrencia de El Niño extraordinario de 1997-98, ocasionó que la población de conchas negras ubicadas en el Estero Cherrez (Manglar de Puerto Pizarro) disminuyeran hasta el punto de ya no encontrar población de conchas en la actualidad, siendo una causa posible la disminución de la salinidad y aumento de la los sedimentos a causa de las lluvias ocasionadas por El Niño, que en la actualidad solo recibe ingreso directo de agua dulce del Río Tumbes.

Por lo planteado por Ordinola et al. (2007) las variables físicas representativas que permitiría ver los efectos negativos (disminución) en la extracción de conchas negras, son las relacionadas al Fenómeno El Niño.

Cabe indicar, que la mejor variable dependiente para este tipo de análisis hubiera sido la cantidad de biomasa de conchas negras en el SNLMT; sin embargo, no se cuenta con ese dato desde 1979<sup>19</sup>, por tal motivo la variable *proxy* a usar, es la extracción de conchas negras (TM) anuales.

Además, los datos de salinidad no fueron incluidos en la estimación de la función debido a que no se tiene datos suficientes; sin embargo, IGP (2013) menciona que la salinidad del manglar se ve alterad durante el periodo de lluvias (enero a mayo), disminuyendo y este efecto sucede en mayor medida durante la ocurrencia de un Fenómeno El Niño extremo. Además, IPCC (2007) citado en Van Lavieren et al. (2012) señala que la temperatura atmosférica y del mar «... pueden inducir cambios en el régimen de salinidad y la composición de la comunidad, como resultado de cambios en la salinidad y un cambio en la producción primaria si se altera la proporción de precipitación a evaporación.»

Por dichas razones, la variable de precipitación (con ocurrencia del Fenómeno de El Niño y sin ocurrencia del mismo) se convirtió como variable “*proxy*” a la de salinidad.

---

<sup>18</sup> Ver gráficos de la variable dependiente y de variables independientes en Gráfico 1 y ANEXO 1 respectivamente.

<sup>19</sup> El único dato encontrado sobre biomasa fue en MEDA Subsidiary Perú (2009), que hizo una línea base e identifico la cantidad de biomasa pero solo para el año 2009. Asimismo, en el Proyecto Manglares – IGP, se identificó la biomasa de conchas negras para el año 2013.

Caso similar sucede con la variable de sedimentos, causante de la colmatación de esteros, debido a que no se tiene datos de los mismo para los esteros del SNLMT desde 1970 a la actualidad, se usó como variable “*proxy*” la variable de caudales del río Tumbes, ya que IGP (2013), señaló que durante los eventos de El Niño extraordinario de 1982-83 y 1997-98 se incrementaron los caudales y estos arrastraron consigo 20 veces más cantidad de sólidos (sedimentos) que en periodos normales, causado por las fuertes lluvias y el incremento de los caudales de los ríos Tumbes y Zarumilla que trae consigo la erosión del lecho de los ríos, dichos solidos son llevados a las desembocadura de los ríos que pasan por el manglar de Tumbes, colmatando los esteros y alterando la diversidad vegetal y animal del manglar.

SENAMHI (2014) y la Comisión para la Promoción del Perú (Prom Perú) (1999) señalan que unas de las variables que miden el Fenómeno El Niño, es la temperatura superficial del mar y atmosférica entre otras, por ser un evento océano-atmosférico. Además, por lo concluido por Power et al. (2013), quienes señalaron que la presencia e intensidad de Fenómenos de El Niño extremos se incrementen en un futuro, a causa de incrementos en la temperatura al 2100.

Finalmente, se incluye una variable “*Dummy*” donde el valor de uno (1), representa la presencia de un Fenómeno de El Niño fuerte y extraordinario, que son los que generarían impactos negativos sobre la población de conchas negras (Ordinola, 2007 e IGP, 2013 y 2015) y cero (0), cuando no hubo presencia del Fenómeno EL Niño o este fue moderado o débil.

### **3.2.2. Datos**

Los datos de las variables físicas (temperatura atmosférica, temperatura superficial del mar, precipitaciones, caudales y presencia del Fenómeno de El Niño) fueron obtenidos de SENAMHI desde 1972 hasta el 2009 y los datos de extracción fueron obtenidos de Pro Naturaleza (2000), MEDA Subsidairy Perú (2009) e INEI (2009 y 2010).

Es importante mencionar que los datos se obtuvieron entre los periodos de 1972 y 2009, esto debido, a que la información de cantidad capturada de conchas negras (TMB) solo se cuenta con información hasta el año 2009, esto debido a que las conchas negras no son consideradas como recurso componente de la canasta básica familiar y por tal motivo no se tiene datos

oficiales en el INEI y Produce sobre cantidad capturada anual desde el 2009; y por esa misma razón no se cuenta con la serie histórica de precio del mencionado recurso<sup>20</sup>.

Por otro lado, el SERNANP - Tumbes encargado de la regulación del recurso, no cuenta con la información total de captura anual para el SNLMT, ya que ellos solo tienen registro de la cantidad extraída (por unidad, no por peso) de algunos extractores, cuando realizan sus patrullajes de control<sup>21</sup>.

### **3.3. DESARROLLO DEL OBJETIVO GENERAL**

Para desarrollar el objetivo general *“Identificar la cantidad de extracción máxima de conchas negras (*Anadara tuberculosa*) en el SNLMT, basado en la función de producción seleccionada y según las variables físicas significativas del modelo.”*

Después de que se determinó la función de producción de variables físicas, se identificó la cantidad máxima de extracción.

Asimismo, se procedió a hacer el gráfico correspondiente y se comparó dicho resultado con la cantidad de extracción de conchas negras durante los eventos de El Niño pasados (1982-83 y 1997-98), lo que permitió evaluar las cantidades extraídas del recurso, realizando un análisis similar al realizado por la CEPAL (2010a y 2010b).

### **3.4. VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL:**

La hipótesis planteada es la siguiente: *“Se espera que el incremento de las variables físicas utilizadas para estimar la función de producción estimada, como precipitación, temperatura y temperatura superficial del mar, impacten de manera negativa a la extracción de concha negra en el ecosistema manglar del SNLMT”.*

Se dio respuesta a la hipótesis en base a los resultados de la función de producción de variables físicas identificada en el segundo objetivo específico y en base al análisis detallado en el objetivo general.

---

<sup>20</sup> Castillo, E. Técnico de Estadística (entrevista). Tumbes, PE, INEI.

<sup>21</sup> García, R. Especialista del manglar (entrevista). Tumbes, PE, SERNANP.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADO DEL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO

Antes de detallar los impactos del Fenómeno de El Niño en los manglares de Perú, es importante mencionar que la distribución de la biodiversidad en los manglares y como mencionan Pérez et al. (2017), Parra (2014), IGP (2013 y 2015) y Spalding et al. (2010) depende de la interacción del ingreso de aguas continentales (río Tumbes y Zarumilla para el caso del SNLMT) y las provenientes del mar, y de la tolerancia a la salinidad de cada especie. Donde, las menos y más tolerantes a la salinidad e inundaciones respectivamente se encuentran cercanas a los bordes de los esteros y zonas marinas y caso contrario suceda a las zonas alejadas de estas.

#### 4.1.1. Impactos del Fenómeno de El Niño sobre los manglares en el Perú<sup>22</sup>

Ordinola et al. (2007) señalan que después de El Niño extremo de 1982-83 hubo una disminución y casi inexistente ingreso de agua de mar a los esteros Cherrez y Camarones (manglar de Puerto Pizarro), donde actualmente existe poca presencia de cobertura vegetal (mangles) y la desaparición de conchas negras, esto puede deberse a la baja salinidad e incremento de sedimentos ocasionados posterior a los eventos El Niño.

Dicho suceso no favorece las condiciones necesarias para que las conchas negras puedan habitar y desarrollarse, ya que estas se asientan en las raíces de los manglares rojos y colorados (*Rhizophora mangle* y *Rhizophora harrisoni*) (IGP, 2013) y estos dos tipos de mangle necesitan y son tolerantes a altos niveles de salinidad, los que se ven afectados cuando existe un ingreso de agua dulce (baja salinidad) (IPG, 2013 y 2015)

También, Días y Ortlieb (1993) señalan que las consecuencias físicas en el manglar a raíz de El Niño extremo de 1982-83, fueron las siguientes:

---

<sup>22</sup> Referente al estudio de literatura.

- a. Aumento de la temperatura de las aguas costeras de hasta 10 °C sobre el promedio.
- b. Cambio en la salinidad, no referida a la del mar, si no en las zonas ubicadas en las desembocaduras de los ríos que tuvieron grandes crecidas, las que produjeron variaciones negativas de la salinidad.
- c. Aumento de las concentraciones de oxígeno disuelto.

Dichos cambios ocasionaron la desaparición de especies de *Anadara (tuberculosa y simillis)* en los manglares del norte del Perú, los que responde a cambios en la salinidad y concentración de oxígeno disuelto (Días y Ortlieid 1993).

Por otro lado, IGP (2013) menciona dos efectos importantes que ocasiona fuertes y consecutivas lluvias (como las de El Niño) en el manglar de Tumbes:

- a. La presencia de lluvias fuertes como las ocurridas en 1982-83 y 1997-98 a causa del Fenómeno de El Niño extremo produjeron cambios significativos en los caudales de los ríos Tumbes y Zarumilla, incrementando la tasa de erosión de los ríos hasta en 20 veces de los normal, donde dichos residuos erosionados de los lechos de los ríos fueron a dar al manglar colmatando los esteros y bajando los niveles de salinidad de los mismos, lo que según Peña (2012) citado en IGP (2013) el gran ingreso de agua dulce y a raíz de la colmatación de los esteros que aísla a estos del ingreso del agua de mar provocaría un «Shock Osmótico», provocando la muerte de especies mangles, crustáceos y moluscos (como la *Anadara tuberculosa*)
- b. Por los valores de salinidad se identificó que durante los periodos de lluvias enero a mayo la salinidad baja a más de 10 unidades, en periodos normal (meses posteriores a los de lluvia) la salinidad oscila entre 31 y 36 unidades, y dependiendo del ingreso de agua dulce de los ríos Tumbes y Zarumilla, las unidades de salinidad pueden bajar hasta en 30. Pérez et al. (2017) e Inrena (2007) citado en IGP (2013) señalan que los mangles (como los *Rhizophora mangle* y *Rhizophora harrisoni*) logran su máximo desarrollo cuando los esteros tienen salinidades altas, por tal motivo la exposición de estos a periodos largos de baja salinidad puede interferir en su desarrollo y crecimiento, afectando también los moluscos y crustáceos que dependen del hábitat que generan dichos mangles para

su desarrollo. Finalmente, la presencia del Fenómeno El Niño puede agravar los niveles bajos de salinidad<sup>23</sup> a causa de las fuertes lluvias, mayor ingreso de agua dulce y por la colmatación de los esteros.

Por otro lado, El IGP (2015) basado en la metodología de CVCA, identificó que los extractores artesanales del SNLMT durante y posterior a los eventos El Niño (particularmente 1982-83 y 1997- 98) tuvieron problemas en la extracción de las conchas negras, debido a que el biomasa disminuyó y se dificultó el ingreso a los esteros a causa de la colmatación de los mismos por ingreso de sedimentos provenientes de los ríos Tumbes y Zarumillas, los cuales incrementaron sus caudales por el Fenómeno (Anexo 3).

Finalmente, Takahashi y Martínez (2015), señalan los siguientes efectos en el manglar si se incrementa la frecuencia e intensidad de las tormentas, resumidos en el Cuadro 6, para lo cual utilizaron los resultados obtenidos en el Proyecto Manglares-IGP<sup>24</sup>.

**Cuadro 6:** Impacto predichos en los ecosistemas manglares a causa de incremento de tormentas

Peligro	Respuesta prevista	Factores extenuantes
Cambio en patrones, frecuencia e intensidad de precipitación/ tormentas	Cambios en la composición de especies de mangle y crecimiento debido a cambios en contenido de agua en el suelo, salinidad	Depende de la composición de especies inicial
	Aumento en producción primaria debido a aumento en la razón precipitación/evaporación	
	Cambios en biodiversidad en fauna	Especies eurihalinas <sup>25</sup> no afectadas, pero pérdida de especies estenohalinas
	Aumento en vacíos (gaps) y reclutamiento en vacíos (gap)	Depende del cambio en el nivel de intensidad, frecuencia, etc. de tormentas y ubicación relativo al campo de vientos

**FUENTE:** Takahashi y Martínez (2015)

<sup>23</sup> Kathiresan y Bingham (2001), señalaron que la salinidad es controlada por el clima, hidrología, topografía e inundaciones de mareas, cuyos efectos se manifiestan en el crecimiento y productividad de los mangles; además, la distribución de plantas y especies en muchos de los casos puede explicarse principalmente a la salinidad.

<sup>24</sup> Buscar en <http://www.met.igp.gob.pe/proyectos/manglares/>

<sup>25</sup> seres acuáticos que son capaces de vivir en aguas que poseen un amplio rango de concentración de sales sin que se vea afectado su metabolismo.

#### 4.1.2. Percepción de los impactos del Fenómeno El Niño<sup>26</sup>

De las entrevistas realizadas se pueden identificar lo siguiente:

- a. Los entrevistados recordaron con mayor claridad el evento de 1982-83 (extractores y guardaparque) que del evento de 1997-98, esto debido a que desde 1925 no había un evento de El Niño extremo y cuando ocurrió el evento de 1997-98 ya sabían lo que iba a pasar y no los tomó por sorpresa.
- b. Lo primero que recuerdan durante los eventos El Niño, son los fuertes vientos que azotaron Tumbes y las continuas lluvias que incrementaron los caudales de los ríos Tumbes y Zarumilla.
- c. Referente a su trabajo de extracción de conchas, cangrejos y peces se les dificultaba el ingreso al manglar, ya que ellos esperan el ciclo de mareas para ingresar, es decir en marea alta ingresar al manglar a través del estero, cuando ingresan al manglar esperan que baje la marea para poder extraer los crustáceos y moluscos que se encuentran entre las raíces de los mangles, las que se descubren al bajar la marea; pero con el incremento de los caudales, la marea no bajaba lo suficiente como para poder desarrollar sus actividades extractivas con normalidad.
- d. Otra consecuencia del incremento de los caudales, es la gran cantidad de sedimentos que trae consigo y como los ríos Zarumilla y Tumbes pasan por el manglar antes de desembocar en el océano, dejan a su paso una gran cantidad de sedimentos que dificultaba el ingreso de las balsas y de los mismos pescadores.
- e. Referentes a los recursos hidrobiológicos, señalaron que disminuyó la presencia de peces, cangrejos y conchas negras, referente a este último, observaron que dicho recurso se profundizó, lo que no saben si es porque el mismo molusco se profundizó para evitar las fuertes corrientes de los esteros a causa del incremento de los caudales o el incremento de sedimentos que traía consigo el agua de los ríos.
- f. Asimismo, mencionaron que particularmente la concha negra cuando ve que su entorno se altera esta se cierra y puede llegar a ocurrir que no se alimente y muera, a diferencia de los cangrejos o peces que tienen mayor facilidad para moverse.
- g. Por otro lado, como los extractores del manglar no tienen un trabajo sustituto al de extracción de recursos hidrobiológicos, algunos ingresaron durante los eventos El Niño para extraer recursos, exponiendo su vida; los entrevistados mencionaron que

---

<sup>26</sup> Referente a la revisión de experiencias.

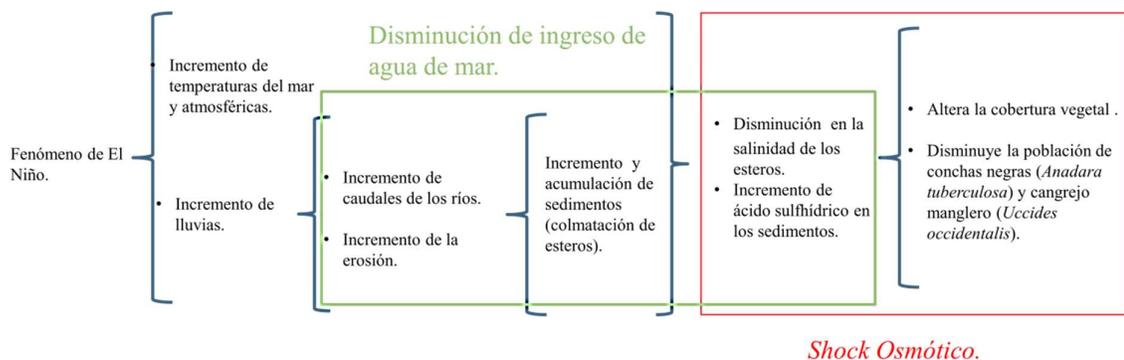
a causa de las fuertes corrientes que se forman en los esteros después de las lluvias dos o tres extractores perdieron la vida al ser arrastrados por ellas.

- h. Referente a SERNAP – Tumbes, mencionaron que el Fenómeno El Niño no está contemplado entre un potencial peligro para el manglar, ya que por un lado no cuentan con información que asegure dicho peligro y no lo tiene contemplado dentro de su Plan Maestro vigente.

#### 4.1.3. Procesos de impactos del Fenómeno de El Niño, sobre las conchas negras (*Anadara Tuberculosa*)<sup>27</sup>.

De la recopilación de bibliografía y entrevistas realizadas, se puede identificar el proceso del impacto de un Fenómeno El Niño extremo sobre la concha negra.

El Gráfico 9 resume el proceso, de cómo, el Fenómeno de El Niño afecta de manera negativa la extracción de conchas negras. Al iniciar un evento de El Niño, lo primero que ocurre es un incremento en la temperatura atmosférica y superficial del mar, situación que genera e incrementa la presencia de lluvias en la región norte del país; a su vez este incremento de lluvias genera un incremento en los caudales de los ríos, específicamente del Tumbes y Zarumilla, que cuando se incrementan los caudales de estos, trae consigo un aumento de sedimentos, los que a su vez colmatan los esteros y evita el libre ingreso del agua marina (agua salada) al manglar, sumado a esto el mayor ingreso de agua dulce, genera que en el manglar disminuya la salinidad ocasionando un shock osmótico a los seres vivos que habitan el ecosistema, como por ejemplo a los mangles y moluscos, que necesitan agua salobre para poder desarrollarse con normalidad.



**Gráfico 9:** Proceso del impacto del Fenómeno El Niño sobre la concha negra.

<sup>27</sup> Referente al registro organizado de la información.

## 4.2. RESULTADO DEL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO

### 4.2.1. Análisis de variables

Se realizó el análisis estadístico (Cuadro 7) en el cual se puede apreciar que el test Jarque-Bera no es favorable para PRESI, TMAX y CAU, pero se pueden considerar como si tuvieran distribución normal, ya que cada serie de tiempo supera los 30 datos y se asume que tienen distribución normal por el teorema del Límite Central.

Por otro lado, la desviación estándar de las variables TMB, PRESI, y CAU tiene valores altos, debido a que estas variables representan valores acumulados de todo del año, a comparación de las otras variables (TMAX, TMIN, TSMPMAX y TSMPMIN) que son promedios anuales esto debido a que en algunos años tuvieron cantidades elevadas, específicamente en 1982-83 y 1997-98 (ver ANEXO 1) durante los eventos de El Niño Extraordinario, ocasiona que la desviación estándar sea mayor<sup>28</sup>.

**Cuadro 7:** Análisis de variables independientes y dependiente.

Date: 05/12/17  
Time: 14:40  
Sample: 1971 2009

	TMB	PRESI	CAU	TSMPMIN	TSMPMAX	TMIN	TMAX
Mean	68.45872	526.8410	1476.656	18.66410	24.83077	21.71359	27.94179
Median	65.27000	234.4000	1212.900	16.80000	23.80000	21.85000	27.92000
Maximum	155.8000	3990.500	6236.900	26.30000	29.70000	23.95000	30.39000
Minimum	14.70000	12.70000	528.4000	14.50000	20.10000	19.46000	21.11000
Std. Dev.	33.19984	815.6043	1057.162	4.082665	3.007198	0.862861	1.584781
Skewness	0.545043	3.097417	2.856655	0.854772	0.281928	-0.238595	-2.028778
Kurtosis	2.816721	12.22414	12.48695	1.965700	1.530517	3.728829	9.960934
Jarque-Bera	1.985553	200.6238	199.2967	6.487518	4.025637	1.233216	105.4923
Probability	0.370546	0.000000	0.000000	0.039017	0.133612	0.539772	0.000000
Sum	2669.890	20546.80	57589.60	727.9000	968.4000	846.8300	1089.730
Sum Sq. Dev.	41884.73	25277997	42468461	633.3897	343.6431	28.29210	95.43817
Observations	39	39	39	39	39	39	39

Además, es importante señalar que los recorridos de las variables mostradas en el Anexo 1 y Cuadro 7 responden a lo esperado durante la presencia de un Fenómeno de El Niño extremo; para el caso de CAU y PRESI, ya que para los años 1982-83 y 1997-98, ya que es notorio el incremento en cada una de las variables, esto debido a que los datos anuales son datos acumulados, a diferencia de los de temperatura que son promedio y por lo mismo

<sup>28</sup> Cuando la desviación estándar es muy elevada se recomienda transformar la variable a logaritmo; sin embargo, hacer esta transformación impediría poder estimar una función de U invertida.

TMAX, TMIN, TMSPMAX y TSMPMIN no se aprecia con claridad los picos, durante los eventos mencionados a excepción de las temperaturas mínimas que son más notorias los incrementos ocasionados por El Niño.

En relación con las variables TMAX, TMIN, TMSPMAX y TSMPMIN, estas presentaron un aumento a partir de El Niño de 1997-98 y la tendencia de estas no han sido a la baja, como en años anteriores; y si se compara con la variable TMB cumple con la senda decreciente de la extracción del recurso a partir de la década de los 90.

#### 4.2.2. Modelo teórico

El modelo teórico planteado es el siguiente:

$$\begin{aligned}
 TMB = & \alpha + \beta_1PRESI - \beta_2PRESI^2 + \beta_3CAU - \beta_4CAU^2 + \beta_5TMAX - \beta_6TMAX^2 \\
 & + \beta_7TMIN - \beta_8TMIN^2 + \beta_9TSMPMAX - \beta_{10}TSMPMAX^2 \\
 & + \beta_{11}TSMPMIN - \beta_{12}TSMPMIN^2 + NIÑO + \varepsilon
 \end{aligned}$$

Como ya se mencionó, se espera que los coeficientes de las variables que no están elevadas al cuadrado tengan valor positivo y los coeficientes que están elevadas al cuadrado sean negativas, condición que permitiría obtener las gráficas de U invertida, que es lo que se busca en el modelo de producción de variables físicas para identificar los umbrales y el máximo de extracción de conchas negras.

En general, por lo ya explicado en el problema, el impacto que se espera como resultado de la presencia del Fenómeno El Niño, debería ser negativo para la cantidad de extracción de conchas negras, en todos los caso, ya que a más precipitaciones se incrementarían los caudales que ocasionarían consigo disminución en la salinidad y colmatación de los esteros, que según lo concluido por Ordinola et al. (2007) y Días y Ortlid (1993), son condiciones que hacen peligrar el hábitat de la concha negra; asimismo, cabe resaltar que las precipitaciones se forman por aumento en la temperatura atmosférica y particularmente cuando ocurre la presencia del Fenómeno El Niño la temperatura atmosférica aumenta al igual que la temperatura superficial del mar, situación propicia para la convección en la atmosfera, la cual es la causante de generar las masas de nubes portadoras de tormentas.

### 4.2.3. Estimación del mejor modelo

Para estimar el impacto del Fenómeno El Niño en la extracción de conchas negras del manglar, se realizaron distintas estimaciones econométricas y formas de combinar las variables para obtener el mejor modelo.

**Cuadro 8:** Comparación de modelos de producción para la extracción de conchas negras de regresión lineal simple<sup>29</sup>.

VARIABLES	1	2	3	4
	Sin Erro. Rob. tmb	Sin Erro. Rob. tmb	Sin Erro. Rob. tmb	Sin Erro. Rob. tmb
CAU	-0,0467598** (0,02)	-0,0362611* (0,02)	0.0311179** (0.148484)	
CAU2	7,55e-06 (5,90e-06)	5,84e-06 (5,05e-06)	4.22e-06* (2.23e-06)	
PRESI	0,0552675 (0,04)	0,0346404 (0,0404181)		
PRESI2	-0,0000126 (0,0000141)	-8,12e-06 (0,0000148)		
TMAX	60,25 (67,55)	65,02443 (54,576)	97.8779** (43.718)	75.25162* (43.86727)
TMAX2	-1,20859 (1,341)	-1,433574 (1,074526)	02.111943** (0.8338115)	01.68576* (0.8373073)
TMIN	-163,55 (197,08)			
TMIN2	3,292687 (4,622)			
TSMPMAX	45,43 (56,866)	32,54475 (52,665)		
TSMPMAX2	-0,9910524 (1,156)	-0,7064257 (1,040)		
TSMPMIN	-2,603927 (29,9291)			
TSMPMIN2	0,0995014 (0,727)			
NINO	25,68591 (18,8997)	23,92031 (17,256)	43.84447*** (12.75044)	31.15451*** (10.99141)
CONSTANT	851,446 (1796,704)	-975,0371 (926,596)	0992.584* (569.1736)	0722.7218 (574.038)
Observations	39	39	39	39
R-squared	0,639	0,518	0,4643	0,3915

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1S

<sup>29</sup> Anexo 4

En el Cuadro 8 se muestran cuatro modelos corridos de regresión por MCO, los cuales se describen a continuación:

Modelo 01, se aprecia que la TMIN2 y TSMPPMIN2 no cumplen con la condición de ser negativa (para que pueda dar forma de U invertida a la función de producción de variables físicas); además, la significancia de cada variable es superior al 10 por ciento; por lo tanto, se procede a retirar dichas variables del modelo. Cabe indicar que cau2 también no cumple con la condición antes mencionada; sin embargo, como ya se explicó en la justificación de las variables cau es una variable que afecta directamente a la salinidad, se intentó mantenerla lo más que se pudo dentro de los modelos corridos.

Modelo 02 se observó que la significancia de las variables presi y tsmppmax es superior al 30 por ciento; por lo tanto, se procedió a retirarlas.

Modelo 03, el coeficiente de la variable cau2 es positivo y no cumple con la condición de la ecuación en forma de U invertida.

Modelo 04 se muestra que la TMAX y TMAX2 se comporta como se esperaría para dar forma la función de producción de U invertida, cabe indicar que TMAX es una variable importante en la identificación y presencia del Fenómeno El Niño; además, la significancia individual de las variables es menos al 10 por ciento; por lo tanto, son significativas, así como la significancia del modelo que es menor al 5 por ciento.

Asimismo, para cada uno de los cuatro modelos se utilizó el comando “*rvfplot*”<sup>30</sup> del STATA 13, para estimar el diagrama de dispersión entre los valores residuales y estimados, dichos diagramas mostraron la presencia de heterosedasticidad, esto se determinó por la forma cónica que presentaba la dispersión de los datos (Anexo 4), esto posiblemente debido a los problemas que se tiene con la alta desviación estándar de los variables de TMB, CAU y PRESI.

Por otro lado, se analizó la presencia de autocorrelación a través del estadístico *Durbin-Watson*, para los cuatro modelos (Cuadro 8), en el cual se estimó que el modelo 1 y 3 es

---

<sup>30</sup> Elabora el diagrama de dispersión entre valores residuales y cualquiera de las variables predictoras, para este caso se realizó la dispersión para los valores estimados de *TMB*.

indeterminado la presencia de autocorrelación, a diferencia de los modelos 2 y 4 los cuales si cuenta con la presencia de autocorrelación.

**Cuadro 9:** Presencia de autocorrelación en los modelos con regresión simple<sup>31</sup>.

Modelo	Dubin Watson	Tamaño de la muestra	Número de términos <sup>32</sup>	DL	DU	4-DU	4-DL	Autocorrelación
Modelo 1	1,054312	39	13	0,623	2,232	1,768	3,377	Indeterminado
Modelo 2	0,8074484	39	9	0,826	1,887	2,113	3,174	Existe autocorrelación
Modelo 3	1,098322	39	5	1,033	1,583	2,417	2,967	Indeterminado
Modelo 4	0,8368777	39	3	1,137	1,452	2,548	2,863	Existe autocorrelación

Para corregir la presencia de heterosedasticidad, se utilizó el estimador de error estándar robusto a los estimadores en los cuatro modelos planteados

**Cuadro 10:** Comparación de modelos de producción para la extracción de conchas negras de regresión lineal simple (errores estándar robustos)<sup>33</sup>.

VARIABLES	1	2	3	4
	Errores Robustos tmb	Errores Robustos tmb	Errores Robustos tmb	Errores Robustos tmb
CAU	-0.0467598* (0.227957)			
CAU2	7.55e-06 (5.24e-06)			
PRESI	0.0552675 (0.0339979)	0.028303 (0.0270374)	0.0140295 (0.0312278)	
PRESI2	-0.0000126 (0.0000125)	03.00e-06 (6.10e-06)	02.90e-06 (6.94e-06)	
TMAX	60.25478 (57.61717)	27.90635 (33.38633)	76.75439 (30.52876)	75,25162** (28,81)
TMAX2	-1.20859 (1.185825)	0.6986622 (0.6908044)	01.72227 (0.6188159)	-1,68576*** (0,579)
TMIN	-163.5515** (73.69294)			

<sup>31</sup> Ver Cuadro 10

<sup>32</sup> No incluye la intersección

<sup>33</sup> Ver Anexo 5.

« Continuación »

VARIABLES	1	2	3	4
	Errores Robustos	Errores Robustos	Errores Robustos	Errores Robustos
	tmb	tmb	tmb	tmb
TMIN2	3.292687* (1.727663)			
TSMPPMAX	45.43414 (36.3499)	9.609445 (38.42372)		
TSMPPMAX2	-0.9910524 0,7290599	0.2747055 (0.7653674)		
TSMPPMIN	-2.603927 (28.32541)			
TSMPPMIN2	0.0995014 (0.6831225)			
NINO	25.68591** (9.930513)	15.65452 (13.59807)	25.60006 (12.67749)	31,15451*** (9,928)
CONSTANT	851.446 (772.5681)	0243.5382 (541.493)	0739.2579 (370.1865)	-722,7218 (351,074)
Observations	39	39	39	39
R-squared	0.6393	0.4507	0.3976	0.3976

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

En el Cuadro 10 se muestran los cuatro modelos estimados de regresión por MCO con el ajuste de error estándar robusto, los cuales se describen a continuación:

Modelo 01, se aprecia que la CAU2, TMIN2 Y TSMPPMIN2, no cumplen con la condición de ser negativa (para que pueda dar forma de U invertida a la función de producción); además, la significancia de cada variable es superior al 10 por ciento, por lo tanto, se procede a retirar dichas variables del modelo.

Modelo 02, se observó que la significancia de las variables TSMPPMAX y TSMPPMAX2 es superior al 70 por ciento, por lo tanto, se procedió a retirarlas.

Modelo 03, el coeficiente de la variable presi y presi2 su significancia es superior al 65 por ciento, por lo tanto, se procedió a retirarlas.

Modelo 04, muestra que la TMAX y TMAX2 se comporta como se esperaría para dar forma la función de producción de U invertida, cabe indicar que TMAX es una variable importante

en la identificación y presencia del Fenómeno El Niño (Gráfico 9); además, la significancia individual de las variables es menor al 1 por ciento, por lo tanto son significativas, así como la significancia del modelo que es menor al 5 por ciento, el error estándar robusto ayudó a corregir los problemas de heteroscedasticidad que presentaban las variables.

Sin embargo, como los modelos 2 y 4 (Cuadro 9) además de tener problemas de heteroscedasticidad presentan problemas de autocorrelación, se planteó corregirlos con el ajuste de Newey-West.

**Cuadro 11:** Comparación de modelos de producción para la extracción de conchas negras de regresión lineal simple (Corregido Newey –West)<sup>34</sup>.

VARIABLES	2	4
	Corregido Newey –West tmb	Corregido Newey –West tmb
CAU		
CAU2		
PRESI	0.0282282 (0.0270963)	
PRESI2	05.71e-06 (5.65e-06)	
TMAX	41.64462 -39,33551	75.25162 (35.92538)
TMAX2	0.9922978 (0.8135775)	01.68576 (0.7182803)
TMIN		
TMIN2		
TSMPPMAX		
TSMPPMAX2		
TSMPPMIN	6.846066 (22.62084)	
TSMPPMIN2	0,224051 -0,5525681	
NINO	10..54353 (14.89339)	34.15451 (10.32887)
CONSTANT	0376.6581 (589.6982)	0722.7218 (439.4874)

<sup>34</sup> Anexo 6

« Continuación »

	2	4
	Corregido Newey –West	Corregido Newey –West
VARIABLES	tmb	tmb
Observations	39	39
R-squared		

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

En el Cuadro 11, se muestran dos modelos corridos de regresión por MCO corregido por Newey –West, los cuales se describen a continuación:

Modelo 02, para este modelo se observó que la significancia de las variables TSMPMIN y TSMPMIN2 es superior al 35 por ciento, por lo tanto, se procedió a retirarlas.

Modelo 04, este modelo muestra que la TMAX y TMAX2 se comporta como se esperaría para dar forma la función de producción de U invertida, cabe indicar que TMAX es una variable importante en la identificación y presencia del Fenómeno El Niño; además, la significancia individual de las variables es menor al 1 por ciento, por lo tanto son significativas, así como la significancia del modelo que es menor al 5 por ciento, el estimador consistente de Newey-West permitió corregir los problemas de heterosedasticidad y autocorrelación que presentaban los modelos.

Como los modelos presentaban problemas de heterosedasticidad y otros de autocorrelación, se evaluó el mejor modelo entre los corregidos por Errores Estándar Robustos (Cuadro 10) y Newey-West (Cuadro 11), siendo el modelo 4, para ambos métodos de corrección, el elegido para representar la función de producción de variables física que explicaría los efectos de El Fenómeno El Niño sobre la extracción de conchas negras, en ambos casos coincidieron que la temperatura máxima era la variable representativa de la función; además, los coeficientes de las variables regresoras y autónoma son iguales, y poseen la misma significancia global (F-statistic), el criterio decisor fue la significancia individual de ambos modelos, obtenido como mejor modelo el corregido por los errores estándares robustos en los estimadores (Gráfico 10).

```
. reg tmb tmax tmax2 NINO, robust
```

Linear regression

```
Number of obs =    39
F( 3, 35) =    21.14
Prob > F      =    0.0000
R-squared     =    0.3915
Root MSE     =    26.985
```

tmb	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
tmax	75.25162	28.81472	2.61	0.013	16.75462	133.7486
tmax2	-1.68576	.5787279	-2.91	0.006	-2.86064	-.51088
NINO	31.15451	9.927571	3.14	0.003	11.00047	51.30855
_cons	-722.7218	351.0736	-2.06	0.047	-1435.439	-10.00452

**Gráfico 10:** Estimación del mejor modelo de producción.

Significancia Individual:

De las tres variables regresoras todas son significativas y también el intercepto ya que su probabilidad es menor al 5 por ciento.

Significancia Grupal:

El modelo es significativo globalmente por presentar una probabilidad (F- statistic) < 5 por ciento, es decir en conjunto las variables regresoras explican el modelo.

R cuadrado:

El R2 indica que el 39.15 por ciento de la extracción de concha negra se debe a la temperatura máxima y la variable *dummy*. Donde, el porcentaje restante del R2 serían las variables omitidas que no se pudieron incluir en el modelo, como la de salinidad y biomasa de conchas negras, ya que no existían datos de las mismas, para el pedido de estudios de la tesis; y al usar las *proxy* el modelo pierde peso; sin embargo, se puede apreciar que el incremento de la temperatura máxima afecta de manera negativa a la extracción de conchas negras.

Donde la función de extracción de conchas negras sería la siguiente:

$$TMB = -722.7 + 75.25 TMAX - 1.686 TMAX^2 + 31.15 NIÑO + \varepsilon$$

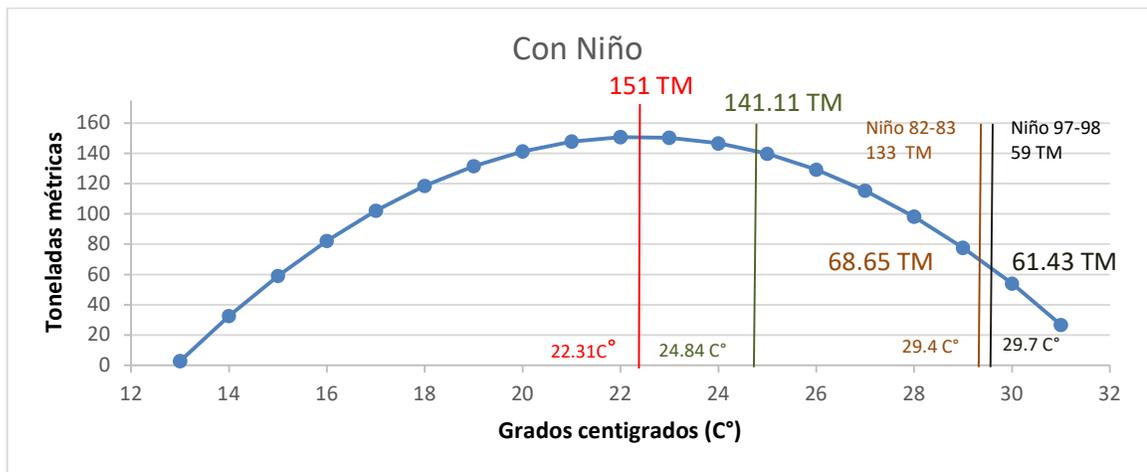
### 4.3. RESULTADO DEL OBJETIVO GENERAL

La función de producción de variables físicas obtenida como resultado del segundo objetivo específico es la siguiente:

$$TMB = -722.7 + 75.25 TMAX - 1.686 TMAX^2 + 31.15 NIÑO + \epsilon,$$

La muestra que la variable temperatura máxima (TMAX) influye de manera negativa en la extracción de conchas negras, cuya función resultó cóncava como se esperaba (según los planteado por la CEPAL (2010b) y Loyola y Orihuela (2009)), y aplicando la primera derivada a la función<sup>35</sup>, se obtiene que la temperatura máxima para obtener la mayor cantidad de extracción sería de 22.31 C°.

Según el valor de temperatura máxima estimado y bajo la presencia de un Fenómeno El Niño extremo (variable *dummy* valor de 1), se puede estimar en la función, que la máxima cantidad de extracción sería de 151 TM de conchas negras (Gráfico 11).



**Gráfico 11:** Extracción de conchas negras vs temperatura.

Por otro lado, es importante señalar que durante El Niño 1982-83 y del 1997-98, las temperaturas máximas en promedio fueron de 29.4 y 29.7 C°, respectivamente, ubicándose en la parte decreciente de la curva, y según los registros de extracción de Pro Naturaleza (2000), se extrajo durante El Niño 1982-83 133.0 TM de conchas negras cantidad que supera al óptimo según la temperatura durante ese periodo (29.4 C°); caso contrario ocurrió durante

<sup>35</sup>Condición de obtención del punto óptimo de la función, a través de la primera derivada  $\frac{\partial TMB}{\partial TMAX} = 0$

El Niño 1997-98, extrayéndose 59 TM, cantidad inferior a las 61.43 TM que hubieran sido extraídas como máximo en base a la temperatura de 29.7 C° durante dicho periodo.

Es importante mencionar que la temperatura promedio máxima desde 1971 al 2009 fue de 24.84 C°, cuyo valor en la función de producción representa 141.11TM, que si se analiza en base a la función estimada sería la cantidad máxima que se podría extraer de conchas negras al año dentro del manglar, siempre y cuando no ocurra un evento El Niño, ya que esta cantidad podría disminuir.

Finalmente, la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2007) la temperatura promedio en el manglar de Tumbes se encuentra entre 23 y 25 C°, por lo que se podría extraer entre 147.306 y 135.95 TM de conchas negras, respectivamente, siendo este un posible umbral de extracción.

#### **4.4. RESPUESTA A LA HIPÓTESIS PLANTEADA**

En base al modelo seleccionado de producción de variables físicas, se estima que a temperaturas superiores a 22.32 C° pueden ocasionar una disminución en la extracción de conchas negras; sin embargo, en el resultado de este objetivo el modelo no puede probar que el incremento de las otras variables físicas pueda ocasionar disminución en la extracción de conchas negras, ya que estas no fueron significativas con el mismo.

#### **Discusiones:**

De lo revisado en CEPAL (2010a y 2010b), De Salvo et al. (2013), Gbetibouo y Hassan (2005), Seo y Mendelsohn (2007) y Loyola y Orihuela (2009), analizan el impacto del cambio climático a través de la función de producción y el efecto Ricardiano; sin embargo, no señalan como el cambio climático afecta la agricultura y ganadería, solo realizan una caracterización del clima y no del impacto. A diferencia las investigaciones mencionadas en esta tesis se buscó no solo describir el impacto a través de una función, sino también en base a estudios, investigaciones, tesis y resultados de proyectos se buscó mostrar el impacto del Fenómeno El Niño sobre el manglar y sus recursos.

Es necesario resaltar que el tipo de función de producción (U invertida) ha sido usada en productos agrícolas y pecuarios, como en CEPAL (2010a y 2010b), De Salvo et al. (2013),

Gbetibouo y Hassan (2005), Seo y Mendelsohn (2007) y Loyola y Orihuela (2009); sin embargo, para productos hidrobiológicos se recomienda usar el modelo bioeconómico, como en Dresdner et al. (2010) y Sobenes y Chávez (2009); sin embargo, por el tipo de datos que se tenía para desarrollar esta tesis no se pudo aplicar dicho modelo, ya que no se contaba con información necesaria, como: número de pescadores, medida de los botes, cantidad de biomasa del recurso, precios, entre otras que Hannesson (1993) y Anderson y Seijo (2010) mencionan como necesarias e importantes para la estimación del modelo bioeconómico.

Asimismo, para cumplir los objetivos de la tesis la función tipo U invertida es la mejor opción, ya que De Salvo et al. (2013), utilizaron una función de producción cuasilineal la cual le permitió poder desarrollar el enfoque Ricardiano; sin embargo, este tipo de función no permitió estimar los umbrales, por lo tanto, se vio necesario usar la función tipo U invertida.

Al no poder usar el modelo bioeconómico y en base a los datos y la revisión de trabajos pasado, se optó por utilizar la forma funcional de U invertida para estimar los impactos del Fenómeno de El Niño sobre las conchas negras; debido también, a que esta forma funcional fue usada para producción pecuaria por Seo y Mendelsohn (2007). Como para los casos de productos agrarios y pecuarios no se incluye los factores de producción como: fertilizantes, rendimientos de la tierra, trabajo, medicamento, entre otros; se vio conveniente utilizar esta forma funcional, la cual representó los impactos del Fenómeno de El Niño (a través de la temperatura máxima) como negativo para la extracción de conchas negras; también, porque la concha negra es un recurso altamente sensible a cualquier cambio físico en el ecosistema, y estos cambios son ocasionados por alteraciones en el clima, que afecto a los caudales, sedimentos y salinidad respectivamente. Asimismo, se espera que el modelo resultante presente problemas de colinealidad debido a que todas las variables independientes tienen el mismo comportamiento; sin embargo, la función cuadrática contempla este problema y se acepta para este tipo de trabajos (Cuadro 1).

Referente a los datos con los que se trabajó, es posible que se hubiera tenido un mejor modelamiento, evitando problemas de heteroscedasticidad por ejemplo, si los datos hubieran estado distribuidos de manera mensual; sin embargo, la variable dependiente (TMB) no se pudo obtener en ese periodo de tiempo, y por tal motivo se decidió trabajar con todos los datos en periodo anual, ocasionando incremento en la desviación estándar de las variables

CAU y PRESI, ya que estas son la sumatoria acumulada por todo el años, y para las variables de TMAX, TMIN, TSMPMAX y TSMPMIN, se trabajó con promedios anuales, lo que ocasiono no poder mostrar de una mejor manera el aumento de temperatura durante un Fenómeno de El Niño ya que este al ser anual se ve suavizado por los meses que ya no se tiene temperaturas elevadas.

Es importante aclarar que el modelo no busca imponer que el manglar debería estar a una temperatura de 22.32 C° para poder extraer la mayor cantidad de conchas negras; ya que eso sería imposible, porque las variables climáticas no se pueden controlar o regular como si fueran componentes de producción. Si no, todo lo contrario en primer lugar busca señalar que ante un evento El Niño se debería cuidar el recurso (regular su extracción) ya que como muestra el modelo incremento de temperatura afecta de manera negativa la cantidad de extracción (debido a que afecta al desarrollo del recurso); segundo, la cantidad extraída debería ser regulada en base a la temperatura y tercero, este modelo se debería tomar como un acercamiento al impacto de un evento El Niño, ya que existen variables que faltan incluir como biomasa y salinidad y que las variables deberían estar a nivel mensual.

Finalmente, el pasado verano del 2017 el norte del Perú sufrió el embate del Fenómeno de El Niño Costero, hubiera sido interesante usar el dato de temperatura máxima, durante dicho periodo, para estimar la cantidad máxima de extracción y poder compararla con la que se obtuvo; sin embargo, el SERNANP-Tumbes no cuenta con un registro de la cantidad extraída del SNLMT, el único registro que tienen es cuando realizan patrullaje para fiscalizar si se está extrayendo sobre la talla mínima (3.5 cm) (IGP 2013), por dicha razón solo se tiene información de extracción de concha negra hasta el año 2009 (Pro Naturaleza 2000; MEDA Subsidiary Perú 2009 e INEI 2009 y 2010), a partir de ese año ya no existen registros oficiales.

## V. CONCLUSIONES

1. De todas las variables físicas potenciales (TSMPMAX, TSMPMIN, CAU, TMIN y PRESI) que podrían impactar en la disminución de la extracción de conchas negras, la temperatura máxima (TMAX) fue la única que cumplió con todas las condiciones planteadas para poder estimar una función cuadrática tipo U invertida; además, la TMAX y TMAX2 en el modelo estimado tuvieron una significancia menor a 5 por ciento.
2. La función de producción de variables físicas, que permite observar los impactos del fenómeno de El Niño sobre la extracción de conchas negras (tipo U invertida), resultante es la siguiente:  $TMB = -722.7 + 75.25 TMAX - 1.686 TMAX^2 + 31.15 NIÑO + \epsilon$ , la cual nos muestra que a temperaturas máximas (TMAX) elevadas se espera una disminución en la extracción de conchas negras, esta función cuenta con un grado de significancia total de 0 por ciento y las variables con significancia menor al 5 por ciento, asimismo cumple con el supuesto de que la variable elevada al cuadrado sea negativa. En base a esta función estimada se pudo obtener que la temperatura máxima para obtener la mayor cantidad de extracción sería de 22.31 C° y en base a esa temperatura se podría extraer 151 TM.
3. Asimismo, como la extracción de conchas negras (TMB) es la variable *proxy* de la biomasa, la presencia de un Fenómeno El Niño y el aumento de temperatura afecta a la población de conchas negras, disminuyéndolas, por tal motivo se puede afirmar que durante el evento El Niño de 1982 – 83, se extrajo aproximadamente 64 TM de conchas negras más de las que se debió extraer, ocasionando una disminución significativa en la extracción y a partir de esos años el recurso como tal, no se pudo recuperar.
4. La temperatura al ser usada como una de las variables *proxy* para representar la salinidad, se puede decir que a mayor temperatura disminuye la salinidad; ya que ante incrementos de la temperatura se generan las lluvias y estas a su vez incrementan los caudales y la cantidad de sedimentos en los esteros, impidiendo y/o disminuyendo el ingreso de agua

de mar (agua salada) al manglar; lo que finalmente ocasiona la disminución en la salinidad.

5. El ecosistema manglar es uno de los ecosistemas con mayor sensibilidad ante cambio en sus parámetros físicos, especialmente los ocasionados por el clima (cambio y variabilidad climática), ya que cambios en la temperatura, nivel del mar, precipitaciones, entre otras; alteran las funciones, servicios y extensión del ecosistema. Específicamente durante la ocurrencia de un Fenómeno El Niño, se incrementa la temperatura atmosférica y superficial del mar, que ocasionan mayores precipitaciones; las que incrementan los caudales y sedimentos en los esteros, que disminuyen el nivel de salinidad, los que a su vez alteran la distribución y desarrollo de los mangles; y todos estos cambios en conjunto ocasionan la disminución en la extracción de conchas negras.

## VI. RECOMENDACIONES

El SERNANP-Tumbes debería consolidar una base de datos climáticos, biológicos y sociales; además, de estudios, investigaciones tesis, entre otros, sobre del ecosistema manglar y las actividades que se desarrollan dentro y en los alrededores, para cuando se hagan posteriores estudios se tengan información consolidada y facilite la elaboración de los mismos.

Cabe señalar que no existen estudios donde se midan los efectos del Fenómeno El Niño sobre los servicios ecosistémicos del ecosistema manglar de Tumbes y más aún sobre sus recursos hidrobiológicos; a excepción del realizado por Ordinola et al. (2007) y el Proyecto Manglares - IGP, por lo tanto es pertinente que se empiecen a realizar estudios donde se midan la influencia e impactos de eventos extremos como el Fenómenos de El Niño sobre el manglar de Tumbes, desde la parte biológica por ejemplo, ya que según Power, et al. (2013), la frecuencia e intensidad de este se incrementara hacia el 2100, debido a un aumento de temperatura causado por altas concentraciones de CO<sub>2</sub> en el ambiente.

Para complementar los resultados de la tesis, se debería aplicar los rezagos econométricos a la variable *dummy*, ya que los impactos del Fenómeno no son inmediatos; asimismo, realizar un análisis de rendimientos de escala a la función de producción resultante en la investigación, ya que estos permitirían analizas y determinar la variación en la cantidad extraída de conchas a medida que las variables físicas varían, los cuales pueden ser desarrollados en otras tesis de investigación.

De los efectos del cambio climático se conoce poco, ya que se requiere de periodos largos de tiempo para estimar un pronóstico y aseverar la existencia del mismo, ha diferencias de los eventos extremos (variabilidad climática) ya que se conoce, estudia y principalmente se tiene identificados sus impactos; por tal motivo se puede recomendar que se debe invertir recursos en este tipo de estudios ya que estudiar los eventos extremos, es la mejor aproximación que se podría esperar ante el cambio climático.

Basados en el Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM, en el promueve la investigación dentro de las áreas naturales protegidas del estado, se debería replicar este tipo de estudios para estimar los impactos no solo del Fenómeno El Niño, sino también de otros eventos extremos, como: heladas, sequías, entre otros, sobre los ecosistemas y sus recursos, en los diferentes ecosistemas que tiene el país.

Finalmente, se debería incorporar el Fenómeno de El Niño como una de las amenazas sobre el manglar dentro Plan Maestro del SNLMT, lo que permitiría tomar acciones necesarias para contribuir con la conservación; mediante: vedas, estimación de cuotas de extracción, reducir el número de extractores, entre otros; además, de incentivar el desarrollo de investigaciones relacionadas a los impactos del Fenómeno El Niño.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson, LG, y Seijo, JC. 2010. Bioeconomics of Fisheries Management. 1ra ed. USA. Wiley-Blackwell. 305p.

CEPAL (Sede subregional México de la Comisión Económica para América Latina y El Caribe). 2010a. Costa Rica efectos del cambio climático sobre la agricultura. México.

CEPAL (Sede subregional México de la Comisión Económica para América Latina y El Caribe). 2010b. Belice efectos del cambio climático sobre la agricultura. México.

De salvo, M., Raffaelli, R. y Moser, R. 2013. The impact of climate change on permanent crops in an Alpine region: A Ricardian analysis. *Agricultural Systems*

Díaz, A., y Ortlieb, L. 1993. El Fenómeno “El Niño” y los moluscos de la costa peruana. [Online] Disponible en: [http://sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/Informacion\\_Fenomeno\\_Ni%C3%B1o/pdf/spa/doc9278/doc9278-a.pdf](http://sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/Informacion_Fenomeno_Ni%C3%B1o/pdf/spa/doc9278/doc9278-a.pdf) [Accesado el 15 de diciembre de 2016].

Dresdner, J., Campos, N. y Chávez, C. 2010. The impact of individual quotas on technical efficiency: does quality matter. *Environment and Development*.

ENFEN (Estudio Nacional del Fenómeno El Niño). 2012. Definición operacional de los eventos el niño y la niña y sus magnitudes en la costa del Perú. [Online] Disponible en: [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe\\_comenf\\_not\\_tecni\\_enfen\\_09abr12.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_comenf_not_tecni_enfen_09abr12.pdf) [Accesado el 4 de julio de 2014].

FAO (Food and Agriculture Organization of The United Nations). 2007. Los manglares de América del Sur 1980-2005.

Gbetibouo, G.A. y Hassan, R.M. 2005: Measuring the economic impact of climate change on major South African field crops: a Ricardian approach. *Global and Planetary Change*.

Hannesson, R. 1993. *Bioeconomics analysis of fisheries*. 1 ed. IT. Oxford-United Kingdom. 138p

Hocquenghem, AM. 1998. *Para vencer la muerte: Piura y Tumbes. Raíces en el bosque seco y en la selva alta - horizontes en el Pacífico y en la Amazonía*. Segunda edición. Perú: Centro nacional de la investigación científica: Programa internacional de cooperación científica 125 - Institut français d'études andines (IFEA) - Instituto de la naturaleza y el conocimiento ambiental humano (INCAH).

Hurtado, J. 2000. *Metodología de la Investigación Holística*. 3 ed. Caracas, Venezuela. 613p.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2013. *Cambio Climático 2013 Bases físicas*. [Online] Disponible en: [http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/docs/WG1AR5\\_SPM\\_brochure\\_es.pdf](http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/docs/WG1AR5_SPM_brochure_es.pdf) [Accesado el 7 de junio de 2014].

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. [Online] Disponible en: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4\\_wg2\\_full\\_report.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4_wg2_full_report.pdf) [Accesado el 04 de agosto de 2015].

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. [Online] Disponible en: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGII\\_TAR\\_full\\_report-2.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGII_TAR_full_report-2.pdf) [Accesado el 04 de agosto de 2015].

IGP (Instituto Geofísico del Perú). 2015. *Gestión sostenible de recursos naturales en el ecosistema de manglares de Tumbes*. Perú.

IGP (Instituto Geofísico del Perú). 2014. *Avances en la ciencia de El Niño*, Colección de artículos de divulgación científica 2014. Perú.

IGP (Instituto Geofísico del Perú). 2013. Identificación de servicios ecosistémicos en el Santuario Nacional los Manglares de Tumbes, Informe Técnico 2013. Perú.

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2010. Compendio estadístico departamental 2009 - 2010. Perú

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2009. Compendio estadístico departamental 2008 - 2009. Perú.

INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales). 2007. Plan Maestro del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes 2007-2011. Perú.

INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales). 2002. Manglares del Peru Revisión Histórica 1942 - 2002. Perú.

Instituto Nacional de Recursos Naturales, 1996. Propuesta para su designación como sitio RAMSAR, Fichas técnica, Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes. [Online] Disponible en: < <https://rsis Ramsar.org/RISapp/files/RISrep/PE883RIS.pdf>> [Accesado el 20 de abril de 2016].

kathiresan, K., y Bingham, BL. 2001. Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems. Advances in marine biology.

Loyola, R. y Orihuela, C. 2009. El costo económico del cambio climático en la agricultura peruana: el caso de la región Piura y Lambayeque. Lima - Perú.

MAPA (Maipo Plan de Adaptación). 2014. Escenarios de Cambio Climático para la cuenca del río Maipo. [Online] Disponible en: <http://maipoadaptacion.cl/glossary/escenarios-rcp/> [Accesado el 22 de enero de 2014].

Malca, CG. 2005. Ordenamiento de la actividad extractiva de los recursos hidrobiológicos del santuario nacional los manglares de tumbes. Lima – Perú: INRENA

MEDA Subsidiary Perú. 2009. Línea base del contrato de administración del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes 2009. Perú.

Mora, E. y Moreno, J. s.f. Estado de la pesquería del recurso conchas (*Anadara tuberculoda* y *A. Similis*) en la costa ecuatoriana. Ecuador: Instituto Nacional de Pesca.

Nicholson, W. 2004. Teoría microeconómica. Principios básicos y ampliaciones. 8 ed. Madrid España. Thomson. 761p.

Ordinola, E., Montero, P., Alemán, S. y Llanos, J. 2007. Prospección del recurso Concha Negra (*Anadara Tuberculosa*) en los manglares de Tumbes. Perú.

Parra Paitán, CC. 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 Biólogo. Lima – Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 127p.

Peña, M. 2012. El Agua y Tensores Del Manglar de Tumbes. [online] Disponible en: <<http://www.scribd.com/doc/97264697/El-Agua-y-Tensores-Del-Manglar-de-Tumbes>> [Accesado el 20 de enero de 2014].

Peña, GM., y Vásquez, PG. 1985. Un relicto de manglar en San Pedro (Piura): Estudio Preliminar. Lima: UNALM

Pérez, A., Gutiérrez, D., Saldarriega, M. y Sanders, C. 2017. Hydrological controls on the biogeochemical dynamics in a Peruvian mangrove forest. *Hydrobiologia*.

Power, S., Delage, F., Chung, C., Kociuba, G. y Keay, K. 2013. Robust twenty-frist-century projections of El Niño and related precipitation variability. *Nature*.

Pro Naturaleza. 2000. Aportes para un manejo sostenible de los Manglares de Tumbes. Perú, Informes y productos finales del proyecto manejo y uso integral de los manglares de la costa norte del Perú – Proyecto Manglares. Perú.

Prom-Perú (Comisión de Promoción del Perú). 1999. Perú El Niño: Aprendiendo de la

Naturaleza. Perú.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2014. El Fenómeno El Niño en el Perú. [online] Disponible en: < [https://issuu.com/senamhi\\_peru/docs/el\\_nino](https://issuu.com/senamhi_peru/docs/el_nino) > [Accesado el 17 de marzo de 2015].

Seo, S. y Mendelsohn, R. 2007. Measuring impacts and adaptation to climate change: a structural Ricardian model of Africa livestock management. *Agricultural Economics*.

Sobenes, C. y Chávez, C. 2009. Determinants of economic performance for coastal managed areas in central-southern Chile. *Environment and Development*.

Spalding, M., Kainuma, M. y Collins, L. 2010. Atlas mundial de los manglares. Estados Unidos: Farthscan.

Takahashi, K., Martínez, A. 2015. Informe técnico final: Impacto de la variabilidad y cambio climático en el ecosistema manglares Tumbes, Perú. Perú: IGP.

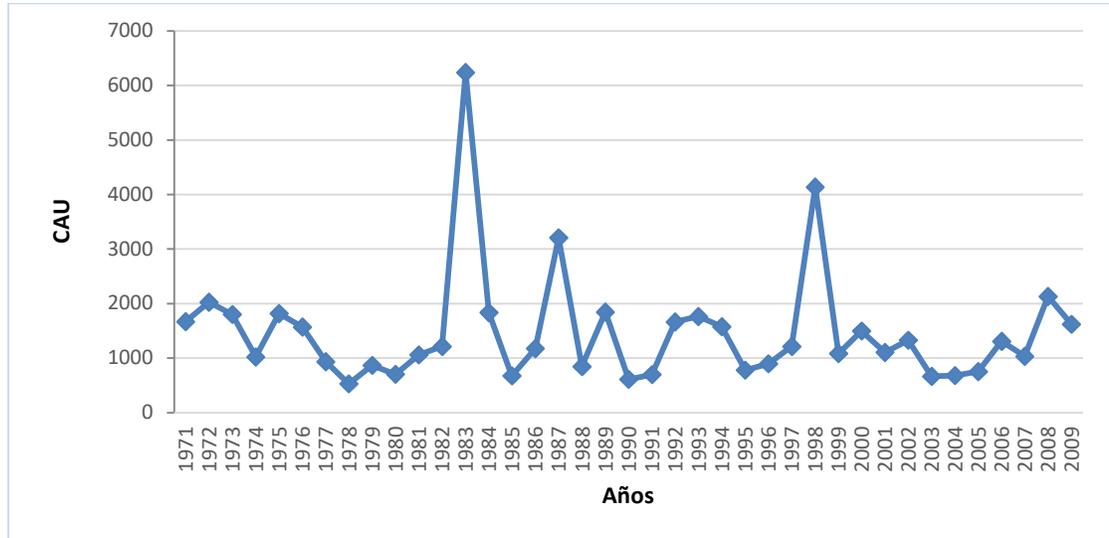
Quinn, W., Neal, V., y Antunez de Mayolo, S. 1987. El Niño Occurrences Over the Past and a Half Centauries. *Journal of Geophysical Research*.

UK-NEA (United Kingdom National Ecosystem Assessment). 2011. Technical Report 2011 [online] Disponible en: <<http://uknea.unep-wcmc.org/Resources/tabid/82/Default.aspx>> [Accesado el 21 de mayo de 2015].

Van Lavieren, H., Spalding, M., Alongi, D., Kainuma, M., Clüsener-Godt, M. y Adeel, Z. 2012. Policy Brief: Securing the future of mangroves [Online] Disponible en: < <http://collections.unu.edu/eserv/UNU:2667/Securingfuturemangroves.pdf> > [Accesado el 12 de junio de 2014].

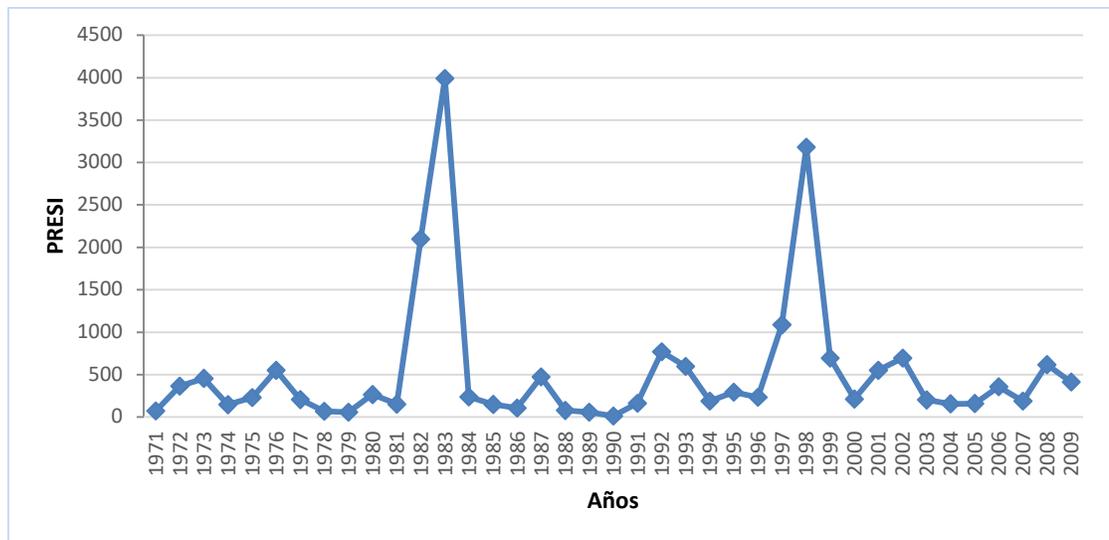
## VIII. ANEXOS

**Anexo 1:** Gráficos de variables independientes



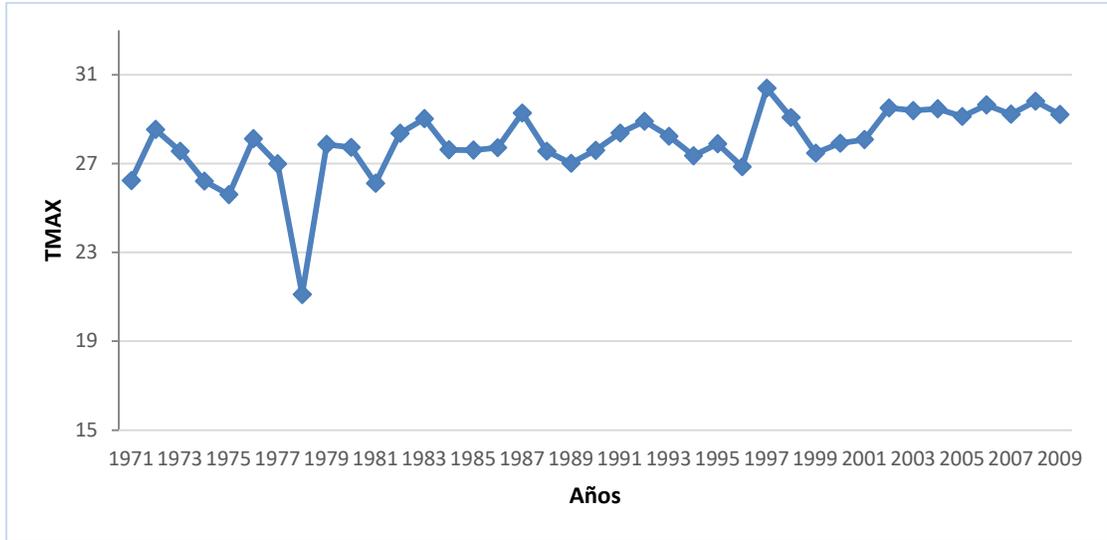
**Gráfico 12:** Caudales de la estación el Tigre en el SNLMTM en m<sup>3</sup>/s.

**FUENTE:** SENAMHI.



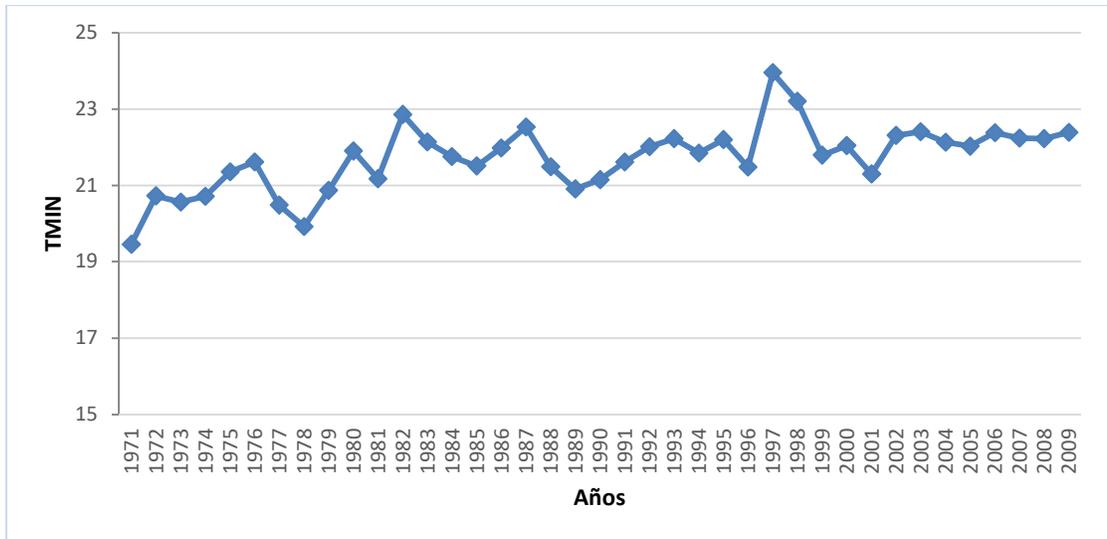
**Gráfico 13:** Precipitaciones en Tumbes

**FUENTE:** SENAMHI.



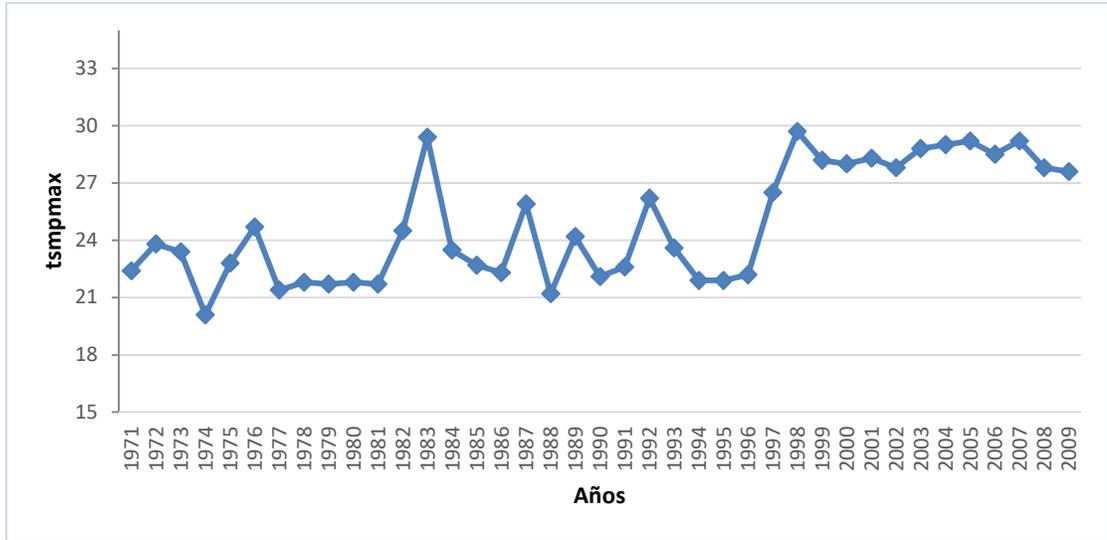
**Gráfico 14:** Temperatura máxima en Tumbes en C°.

**FUENTE:** SENAMHI.



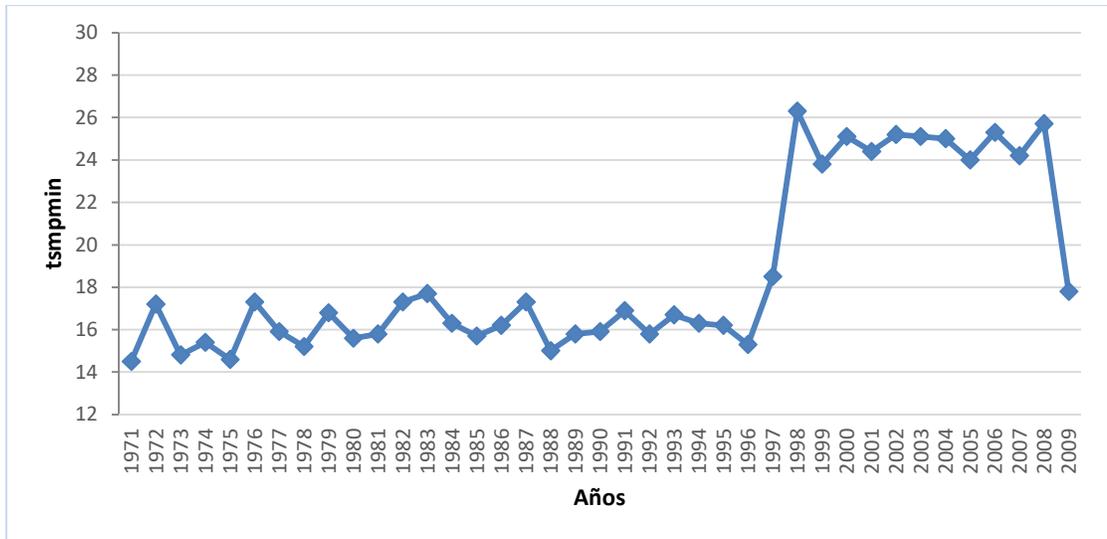
**Gráfico 15:** Temperatura mínima en Tumbes en C°.

**FUENTE:** SENAMHI.



**Gráfico 16:** Temperatura superficial del mar en C°.

**FUENTE:** SENAMHI, DHN e IGP.



**Gráfico 17:** Temperatura Mínima superficial del mar en C°.

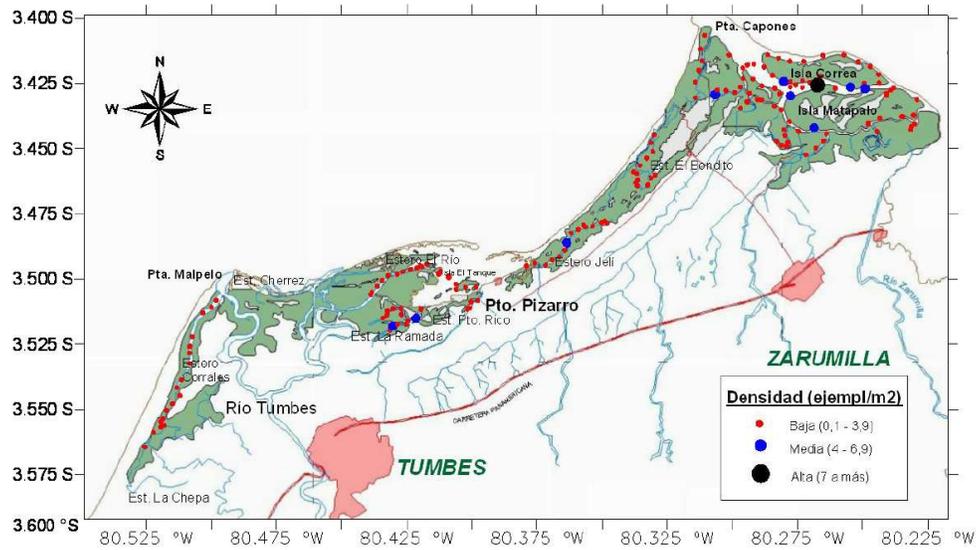
**FUENTE:** SENAMHI, DHN e IGP.

**Cuadro 12:** Estimación de variable “Dummy”, para Niños fuertes y extraordinarios.

	MESES												Dummy
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
AÑOS	1972			X	X	X	X	X	X	X	X	X	1
	1973	X	X										0
	1976					X	X	X	X	X			1
	1982							X	X	X	X	X	1
	1983	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		1
	1986											X	0
	1987	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1
	1991									X	X	X	0
	1992	X	X	X	X	X	X						1
	1993			X	X	X	X	X	X				1
	1994										X	X	0
	1995	X											0
	1997			X	X	X	X	X	X	X	X	X	1
	1998	X	X	X	X	X	X	X					1
	2002			X	X	X				X	X	X	1
	2003	X									X	X	0
	2004	X								X	X	X	0
	2006								X	X	X	X	0
	2007	X	X										0
	2008							X	X	X			0
2009					X	X	X	X	X			1	

FUENTE: ENFEN (2012).

Anexo 2: Zonas de estudio del informe de Ordinola *et al.* (2007)



**Gráfico 18:** Distribución de las zonas y estaciones de muestro en el ecosistema de los manglares de tumbes (febrero 2007)

**FUENTE:** Ordinola *et al.* (2007).



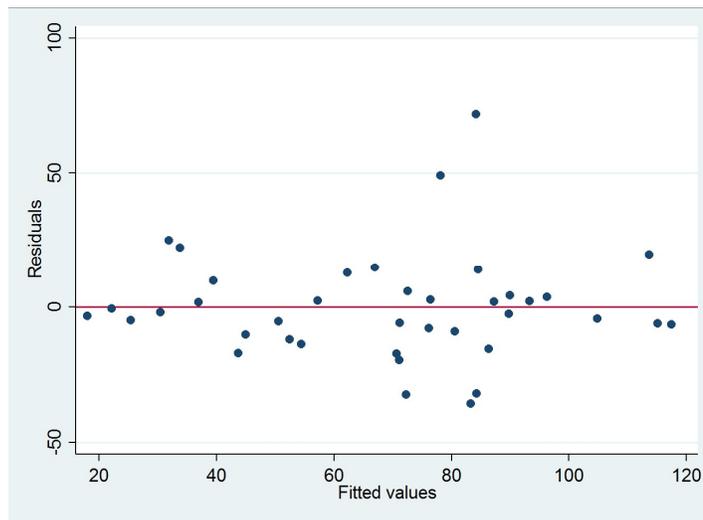
#### Anexo 4: Estimación econométricas de regresión lineal simple.

```
reg tmb cau cau2 presi presi2 tmax tmax2 tmin tmin2 tsmppmax tsmppmin2 tsmppmin tsmppmax2 NINO
```

Source	SS	df	MS	Number of obs =	39
Model	26775.1166	13	2059.62436	F( 13, 25) =	3.41
Residual	15109.6086	25	604.384345	Prob > F =	0.0041
				R-squared =	0.6393
				Adj R-squared =	0.4517
Total	41884.7252	38	1102.22961	Root MSE =	24.584

tmb	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
cau	-.0467598	.024443	-1.91	0.067	-.0971011 .0035815
cau2	7.55e-06	5.90e-06	1.28	0.212	-4.59e-06 .0000197
presi	.0552675	.0393005	1.41	0.172	-.0256734 .1362083
presi2	-.0000126	.0000141	-0.90	0.379	-.0000416 .0000164
tmax	60.25478	67.54651	0.89	0.381	-78.85986 199.3694
tmax2	-1.20859	1.340513	-0.90	0.376	-3.969428 1.552248
tmin	-163.5515	197.0766	-0.83	0.414	-569.4384 242.3355
tmin2	3.292687	4.621973	0.71	0.483	-6.226446 12.81182
tsmppmax	45.43414	56.86559	0.80	0.432	-71.68272 162.551
tsmppmin2	.0995014	.7272476	0.14	0.892	-1.398293 1.597296
tsmppmin	-2.603927	29.9291	-0.09	0.931	-64.24407 59.03622
tsmppmax2	-.9910524	1.154795	-0.86	0.399	-3.369397 1.387293
NINO	25.68591	18.89968	1.36	0.186	-13.23871 64.61052
_cons	851.446	1796.704	0.47	0.640	-2848.936 4551.828

**Gráfico 20:** Modelo 1, regresión lineal simple.



**Gráfico 21:** Análisis de residuos para el Modelo 1

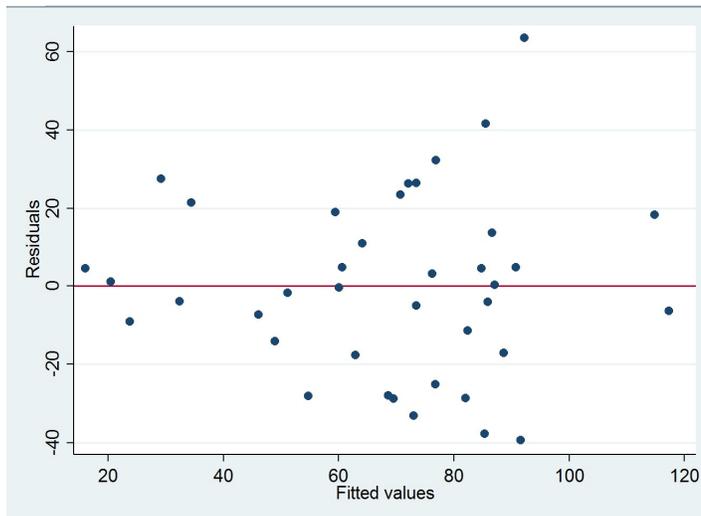
```
. reg tmb cau cau2 presi presi2 tmax tmax2 tsmppmax tsmppmax2 NINO
```

Source	SS	df	MS	Number of obs =	39
Model	21709.2054	9	2412.13394	F( 9, 29) =	3.47
Residual	20175.5198	29	695.707579	Prob > F =	0.0051
				R-squared =	0.5183
				Adj R-squared =	0.3688
Total	41884.7252	38	1102.22961	Root MSE =	26.376

tmb	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
cau	-.0362611	.0204546	-1.77	0.087	-.0780955 .0055733
cau2	5.84e-06	5.05e-06	1.16	0.257	-4.48e-06 .0000162
presi	.0346404	.0404181	0.86	0.398	-.0480239 .1173046
presi2	-8.12e-06	.0000148	-0.55	0.587	-.0000384 .0000221
tmax	65.02443	54.57555	1.19	0.243	-46.5951 176.644
tmax2	-1.433574	1.074526	-1.33	0.193	-3.631227 .764078
tsmpmax	32.54475	52.66514	0.62	0.541	-75.16755 140.257
tsmpmax2	-.7064257	1.040093	-0.68	0.502	-2.833654 1.420803
NINO	23.92031	17.25635	1.39	0.176	-11.37288 59.2135
_cons	-975.0371	926.5963	-1.05	0.301	-2870.139 920.0651

**Gráfico 22:** Modelo 2, regresión lineal simple.



**Gráfico 23:** Análisis de residuos para el Modelo 2.

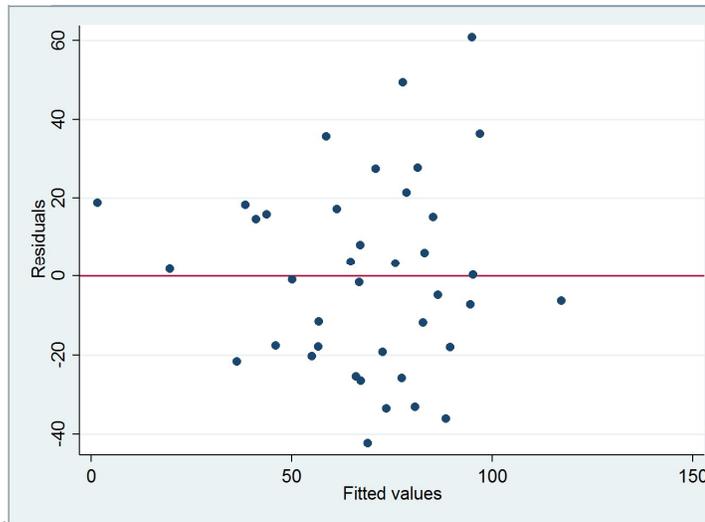
```
. reg tmb cau cau2 tmax tmax2 NINO
```

Source	SS	df	MS	Number of obs = 39		
Model	19445.216	5	3889.0432	F( 5, 33) =	5.72	
Residual	22439.5092	33	679.985128	Prob > F	= 0.0007	
Total	41884.7252	38	1102.22961	R-squared	= 0.4643	
				Adj R-squared	= 0.3831	
				Root MSE	= 26.077	

tmb	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
cau	-.0311179	.0148484	-2.10	0.044	-.0613273	-.0009085
cau2	4.22e-06	2.23e-06	1.89	0.068	-3.24e-07	8.76e-06
tmax	97.8779	43.718	2.24	0.032	8.932963	186.8228
tmax2	-2.111943	.8338115	-2.53	0.016	-3.808346	-.4155412
NINO	43.84447	12.75044	3.44	0.002	17.9035	69.78543
_cons	-992.584	569.1736	-1.74	0.090	-2150.576	165.4085

**Gráfico 24:** Modelo 3, regresión lineal simple.



**Gráfico 25:** Análisis de residuos para el Modelo 3.

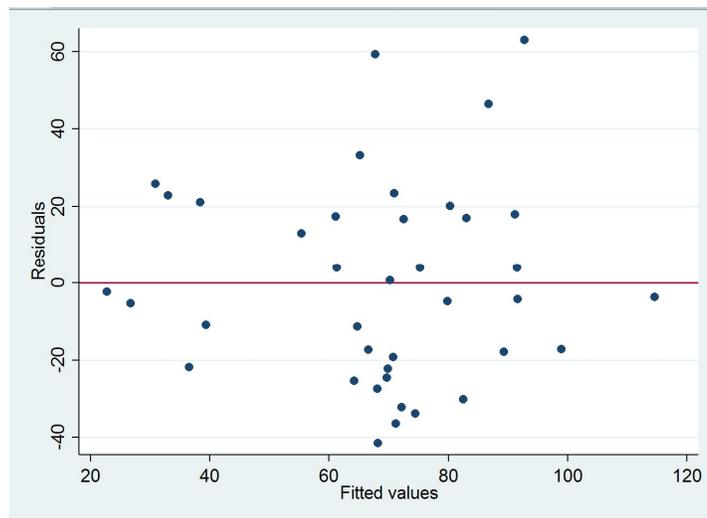
```
. reg tmb tmax tmax2 NINO
```

Source	SS	df	MS			
Model	16397.6202	3	5465.8734	Number of obs =	39	
Residual	25487.105	35	728.203001	F( 3, 35) =	7.51	
Total	41884.7252	38	1102.22961	Prob > F =	0.0005	
				R-squared =	0.3915	
				Adj R-squared =	0.3393	
				Root MSE =	26.985	

tmb	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
tmax	75.25162	43.86727	1.72	0.095	-13.80367	164.3069
tmax2	-1.68576	.8373073	-2.01	0.052	-3.385584	.0140642
NINO	31.15451	10.99141	2.83	0.008	8.840759	53.46827
_cons	-722.7218	574.038	-1.26	0.216	-1888.081	442.6372

**Gráfico 26:** Modelo 4, regresión lineal simple.



**Gráfico 27:** Análisis de residuos para el Modelo 4.

Anexo 5: Estimaciones econométricas de regresión lineal simple (errores robustos)

```
. reg tmb cau cau2 presi presi2 tmax tmax2 tmin tmin2 tsmppmax tsmppmin2 tsmppmin tsmppmax2 NINO, robust
```

```
Linear regression                               Number of obs =      39
                                                F( 13,   25) =    17.31
                                                Prob > F       =    0.0000
                                                R-squared     =    0.6393
                                                Root MSE     =    24.584
```

tmb	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
cau	-.0467598	.0227957	-2.05	0.051	-.0937084	.0001888
cau2	7.55e-06	5.24e-06	1.44	0.162	-3.24e-06	.0000183
presi	.0552675	.0339979	1.63	0.117	-.0147526	.1252875
presi2	-.0000126	.0000125	-1.01	0.322	-.0000383	.0000131
tmax	60.25478	57.61717	1.05	0.306	-58.41001	178.9196
tmax2	-1.20859	1.185825	-1.02	0.318	-3.650842	1.233663
tmin	-163.5515	73.69294	-2.22	0.036	-315.3249	-11.77804
tmin2	3.292687	1.727663	1.91	0.068	-.2655021	6.850875
tsmppmax	45.43414	36.3499	1.25	0.223	-29.42987	120.2982
tsmppmin2	.0995014	.6831225	0.15	0.885	-1.307416	1.506419
tsmppmin	-2.603927	28.32541	-0.09	0.927	-60.94121	55.73335
tsmppmax2	-.9910524	.7290599	-1.36	0.186	-2.492579	.5104747
NINO	25.68591	9.930513	2.59	0.016	5.233632	46.13818
_cons	851.446	772.5681	1.10	0.281	-739.6877	2442.58

Gráfico 28: Modelo 1, regresión lineal simple (errores robustos).

```
. reg tmb presi presi2 tmax tmax2 tsmppmax tsmppmax2 NINO, robust
```

```
Linear regression                               Number of obs =      39
                                                F( 7,   31) =     9.50
                                                Prob > F       =    0.0000
                                                R-squared     =    0.4507
                                                Root MSE     =    27.242
```

tmb	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
presi	.0208303	.0270374	0.77	0.447	-.0343129	.0759735
presi2	-3.00e-06	6.10e-06	-0.49	0.627	-.0000154	9.45e-06
tmax	27.90635	33.38633	0.84	0.410	-40.18552	95.99822
tmax2	-.6986622	.6908044	-1.01	0.320	-2.107567	.7102426
tsmppmax	9.609445	38.42372	0.25	0.804	-68.75624	87.97513
tsmppmax2	-.2747055	.7653674	-0.36	0.722	-1.835683	1.286272
NINO	15.65452	13.59807	1.15	0.258	-12.07893	43.38797
_cons	-243.5382	541.493	-0.45	0.656	-1347.92	860.844

Gráfico 29: Modelo 2, regresión lineal simple (errores robustos).

```
. reg tmb presi presi2 tmax tmax2 NINO, robust
```

Linear regression

Number of obs = 39  
 F( 5, 33) = 11.84  
 Prob > F = 0.0000  
 R-squared = 0.3976  
 Root MSE = 27.652

tmb	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
presi	.0140295	.0312278	0.45	0.656	-.0495038	.0775629
presi2	-2.90e-06	6.94e-06	-0.42	0.679	-.000017	.0000112
tmax	76.75439	30.52876	2.51	0.017	14.64316	138.8656
tmax2	-1.72227	.6188159	-2.78	0.009	-2.981261	-.46328
NINO	25.60006	12.67749	2.02	0.052	-.1924972	51.39261
_cons	-739.2579	370.1865	-2.00	0.054	-1492.408	13.89225

**Gráfico 30:** Modelo 3, regresión lineal simple (errores robustos).

```
. reg tmb tmax tmax2 NINO, robust
```

Linear regression

Number of obs = 39  
 F( 3, 35) = 21.14  
 Prob > F = 0.0000  
 R-squared = 0.3915  
 Root MSE = 26.985

tmb	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
tmax	75.25162	28.81472	2.61	0.013	16.75462	133.7486
tmax2	-1.68576	.5787279	-2.91	0.006	-2.86064	-.51088
NINO	31.15451	9.927571	3.14	0.003	11.00047	51.30855
_cons	-722.7218	351.0736	-2.06	0.047	-1435.439	-10.00452

**Gráfico 31:** Modelo 4, regresión lineal simple (errores robustos).

Anexo 6: Estimaciones econométricas de regresión lineal simple (corregido Newey-West)

```
. newey tmb tmax tmax2 presi presi2 tsmppmin2 tsmppmin NINO, lag (1)

Regression with Newey-West standard errors      Number of obs =      39
maximum lag: 1                                F( 7, 31) =      7.87
                                              Prob > F      =      0.0000
```

tmb	Newey-West		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
tmax	41.64462	39.33551	1.06	0.298	-38.58067	121.8699
tmax2	-.9922978	.8135775	-1.22	0.232	-2.6516	.6670044
presi	.0282282	.0270963	1.04	0.306	-.027035	.0834915
presi2	-5.71e-06	5.65e-06	-1.01	0.320	-.0000172	5.82e-06
tsmppmin2	-.224051	.5525681	-0.41	0.688	-1.351021	.902919
tsmppmin	6.846066	22.62084	0.30	0.764	-39.28944	52.98157
NINO	10.54353	14.89339	0.71	0.484	-19.83175	40.91881
_cons	-376.6581	589.6982	-0.64	0.528	-1579.355	826.0392

**Gráfico 32:** Modelo 2, regresión lineal simple (corregido newey-west).

```
. newey tmb tmax tmax2 NINO, lag (1)

Regression with Newey-West standard errors      Number of obs =      39
maximum lag: 1                                F( 3, 35) =     19.76
                                              Prob > F      =      0.0000
```

tmb	Newey-West		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
tmax	75.25162	35.92538	2.09	0.044	2.319222	148.184
tmax2	-1.68576	.7182803	-2.35	0.025	-3.143947	-.2275734
NINO	31.15451	10.32887	3.02	0.005	10.1858	52.12323
_cons	-722.7218	439.4874	-1.64	0.109	-1614.929	169.4851

**Gráfico 33:** Modelo 4, regresión lineal simple (corregido newey-west).