



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA

TÍTULO:

COMPORTAMIENTO DE LOS PARÁMETROS
FÍSICOQUÍMICOS Y SU RELACIÓN CON EL EVENTO EL NIÑO
EN CUATRO ESTACIONES DE LA COSTA ECUATORIANA,
2010-2020.

TRABAJO PRÁCTICO

Previo a la obtención del título de:

Biólogo

AUTOR:

CARMEN FÁTIMA ROSALES GONZÁLEZ

TUTOR:

BLGO. CARLOS ANDRADE RUÍZ, M.Sc.

La Libertad – Ecuador

2021

TRIBUNAL DE GRADO



**Blgo. Richard Duque Marín, Mgt.
DECANO DE LA FACULTAD**



**Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.
DIRECTOR DE ESCUELA**



**Blgo. Carlos Andrade Ruiz, M.Sc.
DOCENTE TUTOR**



**Blga. Yadira Solano Vera, Mgt.
DOCENTE DE ÁREA**

DECLARACIÓN EXPRESA

Los datos y resultados expresados en el presente trabajo de tesina denominado: "Comportamiento De Los Parámetros Físicoquímicos Y Su Relación Con El Evento EL NIÑO En Cuatro Estaciones De La Costa Ecuatoriana, 2010-2020" corresponden exclusivamente a nuestra autoría y el patrimonio intelectual del mismo a la Universidad Estatal Península De Santa Elena.



Srta. Carmen Rosales González

CI.2450100884



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

BIBLIOTECA

Formato No. BIB-009

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

La Libertad, 30 de enero 2022

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

001-TUTOR CEAR-2022

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado "**Comportamiento de los Parámetros Físico-químicos y su relación con el Evento El Niño en cuatro Estaciones de la Costa ecuatoriana, 2010-2020.**", elaborado por la estudiante **Rosales González Carmen Fátima**, egresada de la Carrera de Biología, de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio **URKUND**, luego de haber cumplido los requerimientos exigidos de valoración, el presente proyecto ejecutado, se encuentra con **6%** de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

Andrade Ruiz Eufredo Carlos

C.I.: 0910798750

DOCENTE TUTOR



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

BIBLIOTECA

Formato No. BIB-009

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

Reporte Urkund.

URKUND

Documento [TESINA CORREGIDA CARMEN FATIMA ROSALES GONZALEZ-27-01-2022_.docx](#) (D126551663)

Presentado 2022-01-30 11:48 (-05:00)

Presentado por ANDRADE RUIZ CARLOS EUFREDO (ceandrade@upse.edu.ec)

Recibido ceandrade.upse@analysis.arkund.com

6% de estas 53 páginas, se componen de texto presente en 6 fuentes.

Fuentes de similitud

Lista de fuentes Bloques ANDRADE RUIZ CARLOS EUFREDO (ceandrade@upse.edu.ec)

⊕ Categoría	Enlace/nombre de archivo	☑
⊕ >	Tesis CUASAPAZ 19.09.2018.pdf	☑
⊕	1431726756_Cuerpo_CC copia.docx	☑
⊕	1429669629_tesis 20-04-2015.docx	☑
⊕	Rodriguez_Antonio_Tesis_Maestría_ESPOL_18abril17.docx	☑
⊕	1592070706_246__EL_NIÑO.docx	☑
⊕	1578276559_59__Tarea_ONI_1.pdf	☑
⊕	Fuentes alternativas	
⊕	Fuentes no usadas	

⚠ 1 Advertencias. ↺ Reiniciar 🔗 Compartir ?



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

BIBLIOTECA

Formato No. BIB-009

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

80% #1 Activo

Archivo de registro Urkund: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE / Tesis CUASAPAZ 19.09.2018.pdf 80%

Figura 3. Regiones El Niño con fines de seguimiento y vigilancia de los fenómenos del Ciclo ENOS. Fuente: NOAA/NCEP/CAC, USA. 17

INDICE DE TABLAS Tabla 1.Registro mensuales del Índice ONI durante los años 2010 - 2020. 20

Tabla 2.Clasificación de Intensidad de anomalías de eventos cálidos. 22

INDICE DE GRÁFICOS Gráfico 1.Índices de ENOS. a) SOI tradicional (Azul) y SOI ecuatorial (Rojo). Fuente: Rosales, 2021. 18

Gráfico 2 Anomalia del Índice de Niño Oceánico (ONI) durante 2010-2020. Fuente: Rosales, 2021. 20 Gráfico 3. Vientos Alisios y TMS de la estación de Esmeradas, correspondiente a tres zonas. La gráfica indica: a) región del Pacífico ecuatorial occidental, b) Pacífico ecuatorial central y c) el pacífico ecuatorial oriental. Fuente: Rosales, 2021. 23 Gráfico 4. Vientos Alisios y TMS de la estación de La Libertad, correspondiente a tres zonas. La gráfica indica: a) región del Pacífico ecuatorial occidental, b) Pacífico ecuatorial central y c) el pacífico ecuatorial oriental. Fuente: Rosales, 2021. 27 Gráfico 5. Vientos Alisios y TMS de la estación de Manta, correspondiente a tres zonas. La gráfica indica: a) región del Pacífico ecuatorial occidental, b) Pacífico ecuatorial central y c) el

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme dado las fuerzas suficientes para seguir adelante y luchar por mis sueños. A mis padres y a mi familia por haberme permitido tener una buena educación, por haberme criado con buenos principios y valores desde casa, también por el apoyo moral y económico que me brindaron para seguir con mi carrera, ya que es un logro y puedo cumplir con mis metas gracias a ustedes que son mi mayor fortaleza día a día.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena por haberme dado la oportunidad de formar parte de la comunidad estudiantil y poder formarme profesionalmente, también agradezco a la Facultad de Ciencias de Mar, a los directivos y docentes quienes me impartieron sus conocimientos académicos durante mis años de Estudio.

A mi tutor Blgo. Carlos Andrade Ruíz y a la Blga. Mayra Cuenca Zambrano y a la Blga. María Herminia Cornejo quienes desde un inicio estuvieron predispuestos a ayudarme y me orientaron de la mejor manera en la elaboración de mi Tesina.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo principalmente a mis abuelos que me cuidan y protegen desde el cielo, en especial a mi Abuelo Pascual Rosales a quién le hice una promesa y la cumplí con orgullo.

A mi familia que siempre me animaron para no rendirme. A mis amigos que a pesar de la distancia siempre están para mí en todo momento. Al grupo musical BTS (Bangtan Sonyeondan), por ver estado en los tiempos difíciles me ayudaron a enfrentar las adversidades y problemas, me enseñaron a amarme a mí misma y ser feliz bajo cualquier circunstancia, la vida continua y vendrán tiempos mejores.

ABREVIATURAS

BAC: Boletín de Alerta Climático

ENSO: El Niño-Southern Oscillation (Oscilación del Sur El Niño)

ERFEN: Estudio Regional del Fenómeno El Niño

INOCAR: Instituto Oceanográfico de la Armada

ml/l: mililitro por litro

m: metro

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration (EE.UU.)

TSM: Temperatura superficial del mar

OD: Oxígeno Disuelto

ONI: Índice Oceánico Niño

SOI: Índice de Oscilación del Sur

ups: Unidades prácticas de salinidad

μmol/l: Medida de la cantidad de una sustancia, equivalente a una millonésima de mol.

°C: Grado Celsius

ÍNDICE

RESUMEN.....	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUCCIÓN:	1
2. JUSTIFICACIÓN:	3
3. OBJETIVOS:	4
3.1 OBJETIVO GENERAL:.....	4
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	4
4. MARCO TEÓRICO:	5
4.1 CAMBIO CLIMÁTICO Y EL NIVEL DEL MAR	5
4.2 FENÓMENO DEL NIÑO.....	6
4.3 IMPACTO DEL FENÓMENO DEL NIÑO.....	7
4.4 EL ROL DEL OCÉANO	8
4.5 EL MAR ECUATORIANO.....	9
4.6 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y EL NIÑO.	10
4.6.1 TEMPERATURA	10
4.6.2 SALINIDAD	11

4.6.3 OXÍGENO.....	11
4.6.4 NUTRIENTES.....	12
4.6.5 TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR	13
4.6.6 VIENTOS ALISIOS	13
5. METODOLOGÍA.....	15
5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	15
5.2. ÁREA DE ESTUDIO	15
5.3. METODOLOGÍA DE CAMPO.....	16
5.4. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE DATOS.....	17
6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	18
6.1. ÍNDICES DE MEDICIÓN.....	18
6.1.1. ÍNDICE DE OSCILACIÓN DEL SUR (SOI)	18
6.1.2. ÍNDICE DE MEDICIÓN: ÍNDICE DEL NIÑO OCEÁNICO (OCEANIC NIÑO INDEX) ONI.....	20
6.2. RELACIÓN ENTRE LOS VIENTOS ALISIOS Y LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR	22
6.2.1. VIENTO ZONAL Y LA TMS EN LA ESTACIÓN DE ESMERALDAS.....	22
6.2.2. VIENTO ZONAL Y LA TMS EN LA ESTACIÓN DE LA LIBERTAD	26
6.2.3. VIENTO ZONAL Y LA TMS EN LA ESTACIÓN DE MANTA.....	29

6.2.4. VIENTO ZONAL Y LA TMS EN LA ESTACIÓN DE PUERTO BOLÍVAR	32
6.3. COMPORTAMIENTO DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS	35
6.3.1. SALINIDAD	35
6.3.2. OXÍGENO DISUELTO.....	36
6.3.3. NUTRIENTES: FOSFATO Y NITRATO	37
7. CONCLUSIONES.....	39
8. BIBLIOGRAFÍA.....	41
9. ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. a) Océano Pacífico en condiciones neutras o normales. b) El océano Pacífico durante el Fenómeno El Niño. Fuente: IRI, 2016.	7
Figura 2. Ubicaciones estacionales 10 millas costa Afuera INOCAR. Fuente: INOCAR, 2014.....	15
Figura 3. Regiones El Niño con fines de seguimiento y vigilancia de los fenómenos del Ciclo ENOS. Fuente: NOAA/NCEP/CAC, USA.....	17

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Registro mensuales del Índice ONI durante los años 2010 – 2020.	20
Tabla 2. Clasificación de Intensidad de anomalías de eventos cálidos.	22

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Índices de ENOS. a) SOI tradicional (Azul) y SOI ecuatorial (Rojo). Fuente: Rosales, 2021.	18
Gráfico 2 Anomalía del Índice de Niño Oceánico (ONI) durante 2010-2020. Fuente: Rosales, 2021.	20
Gráfico 3. Vientos Alisios y TMS de la estación de Esmeraldas, correspondiente a tres zonas. La gráfica indica: a) región del Pacífico ecuatorial occidental, b) Pacífico ecuatorial central y c) el pacífico ecuatorial oriental. Fuente: Rosales, 2021.	23
Gráfico 4. Vientos Alisios y TMS de la estación de La Libertad, correspondiente a tres zonas. La gráfica indica: a) región del Pacífico ecuatorial occidental, b) Pacífico ecuatorial central y c) el pacífico ecuatorial oriental. Fuente: Rosales, 2021.	27
Gráfico 5. Vientos Alisios y TMS de la estación de Manta, correspondiente a tres zonas. La gráfica indica: a) región del Pacífico ecuatorial occidental, b) Pacífico ecuatorial central y c) el pacífico ecuatorial oriental. Fuente: Rosales, 2021.	30
Gráfico 6. Vientos Alisios y TMS de la estación de Puerto Bolívar, correspondiente a tres zonas. La gráfica indica: a) región del Pacífico ecuatorial occidental, b) Pacífico ecuatorial central y c) el pacífico ecuatorial oriental. Fuente: Rosales, 2021.	33
Gráfico 7. Comportamiento de la Salinidad en las cuatro Estaciones ubicadas a 10 millas de la costa. Fuente: Rosales, 2021.	35

Gráfico 8. Variación espacial y temporal del Oxígeno Disuelto a 50 metros a la superficie en las estaciones de Esmeraldas, Manta, La Libertad y Puerto Bolívar entre 2010 y 2020. **Fuente:** Rosales, 2021. 36

Gráfico 9. Variación espacial y temporal del Nitrato y Fosfato a 50 metros a la superficie en las estaciones de Esmeraldas, Manta, La Libertad y Puerto Bolívar entre 2010 y 2020. **Fuente:** Rosales, 2021. 37

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Anomalías de las cuatro regiones de la temperatura superficial del mar, periodo 2010-2020..... 47

Anexo 2. Índices de ENOS. a) SOI tradicional y SOI Ecuatorial 48

Anexo 3. Componente Zonal de los vientos Alisios (IZVA) en el Pacífico ecuatorial. 49

Anexo 4. Salinidad en las cuatro Estaciones costeras..... 50

Anexo 5. Temperatura superficial del mar en las cuatro estaciones costeras. 51

COMPORTAMIENTO DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y SU RELACIÓN CON EL EVENTO EL NIÑO EN CUATRO ESTACIONES DE LA COSTA ECUATORIANA, 2010-2020.

Autor: Carmen Fátima Rosales González

Tutor: Blgo. Carlos Andrade Ruíz, M.Sc.

RESUMEN

El mar ecuatoriano se caracteriza por la presencia de eventos naturales que cada vez son más notorios debido al cambio climático, uno de ellos es el fenómeno del NIÑO. Este evento está relacionado con los cambios océano-atmosféricos y al incremento de la temperatura del mar, con el fin de evaluar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos y su relación con este fenómeno se recolectó información Bibliográfica de monitoreos oceanográficos realizados por el INOCAR, en cuatro estaciones: Esmeraldas, Manta, Libertad y Puerto Bolívar ubicadas a 10 millas de la Costa, durante el período 2010-2020. Los resultados mostraron que los parámetros fisicoquímicos mantuvieron promedios de 25.3 °C de TSM, Salinidad de 33.6 ups, el OD de 3.9 ml/l, el Nitrato de 0.56 $\mu\text{mol/l}$ y Fosfato de 0.81 $\mu\text{mol/l}$. El Índice SOI y ONI identificaron la ocurrencia de tres eventos en año 2010, 2014-2016 y en el 2018/2019. Los vientos alisios del Pacífico Ecuatorial Occidental, Central y Oriental mostraron anomalías negativas junto con TMS cálidas lo cual indica un debilitamiento de estos vientos Alisios. La presencia de estos eventos es inevitable, pero conocer su comportamiento a lo largo de los años nos ayuda a fortalecer su conocimiento en el área oceanográfica.

Palabras claves: Fenómeno del NIÑO, INOCAR, TMS, Parámetros, Costa.

ABSTRACT

The Ecuadorian Sea is characterized by the presence of natural events that are increasingly notorious due to climate change, one of them is the NIÑO phenomenon, this event is related to ocean-atmospheric changes and the increase in sea temperature, In order to evaluate the behavior of the physicochemical parameters and their relationship with this phenomenon, bibliographic information was collected from oceanographic monitoring carried out by INOCAR in four stations: Esmeraldas, Manta, Libertad, and Puerto Bolívar located 10 miles from the coast, during the 2010-2020 period. The results showed that the physical-chemical parameters-maintained averages of 25.3 °C of SST, Salinity of 33.6 ups, OD of 3.9 ml / l, Nitrate of 0.56 $\mu\text{mol} / \text{l}$ and Phosphate of 0.81 $\mu\text{mol} / \text{l}$. The SOI and ONI index identified the occurrence of three events in 2010, 2014-2016 and in 2018/2019. The western, central, and eastern equatorial Pacific trade winds showed negative anomalies along with a warm TMS indicating a weakening of these trade winds. The presence of these events is inevitable but knowing their behavior over the years helps us to strengthen our knowledge in the oceanographic area.

Keywords: ``El Niño`` phenomenon, INOCAR, TMS, Parameters, Coast.

1. INTRODUCCIÓN:

El Océano es uno de los principales recursos naturales que alberga una inmensa cantidad de especies que se relacionan con el medio acuático, el mismo está sujeto a variaciones debido a la influencia del clima y a la presencia de fenómenos Naturales. Sin embargo, todos estos cambios se encuentran estrechamente vinculados con el Cambio Climático (Martínez & Patiño, 2012).

Uno de los fenómenos de mayor relevancia de estudio es la presencia del fenómeno del Niño en la Costa Ecuatoriana, cabe destacar que este fenómeno es conocido como un evento oceánico-atmosférico que ocurre aproximadamente cada tres a cuatro años, pero no siempre tienen la misma intensidad ni duración (Martelo, 1998).

Por lo cual la presencia de este fenómeno es resultado de la interacción entre el océano y la atmósfera en la región oceánica, además produce fuertes perturbaciones sobre la circulación atmosférica global y sus efectos climáticos tienen grandes implicaciones tanto socioeconómicas como ambientales en los ecosistemas costeros e insulares del Ecuador (Villamar & Gonzalez, 2003).

(Carrillo, P, 2013), Menciona que el comportamiento de parámetros físicos químicos durante eventos ENOS ayuda a caracterizar químicamente las masas de agua en zonas costeras ecuatorianas permitiendo entender de mejor manera la presencia de estos fenómenos y sus consecuencias en el clima.

El propósito del presente trabajo es evaluar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos y su relación con el fenómeno ``El NIÑO`` mediante la recolección de data obtenida de los monitoreos oceanográficos realizados por el INOCAR principalmente en cuatro estaciones fijas ecuatorianas ubicadas a 10 millas, en las ciudades de La Libertad, Manta, Esmeraldas y

Puerto Bolívar. Aportando a mejorar los conocimientos en el área oceanográfica y así demostrar el impacto que tiene el fenómeno del NIÑO en la Costa Ecuatoriana.

2. JUSTIFICACIÓN:

A lo largo del tiempo, se han venido desencadenando grandes cambios en el mundo debido al calentamiento global y estos cambios tienen un gran efecto principalmente en los océanos (Duarte et al., 2006). El ser humano hasta la actualidad no ha realizado ningún acto de cambio para reducir el impacto principalmente en el medio acuático, el cual alberga una infinita gama de la flora y fauna del planeta. En General, todo forma parte de ciclos y de procesos tanto físico como químicos que se relacionan con los mares, acompañado también de diversos fenómenos naturales. En el Ecuador el Fenómeno del Niño es uno de los eventos que mayor impacto tiene en la costa, así como puede beneficiar la presencia de este fenómeno para ciertas especies acuáticas, también puede causar fuertes precipitaciones las cuales provocan inundaciones y desastres en diferentes sectores tanto urbanos como agrícolas, además la presencia de este fenómeno puede traer consigo enfermedades perjudiciales para la salud (Hijar et al., 2016). El hombre es responsable de la alta contaminación y emisión de gases de efecto invernadero, el cual provoca el incremento de la temperatura del nivel del mar, afectando de manera directa a las especies marinas. Tanto la distribución y reproducción de estos organismos se ve influenciada por la temperatura, por lo cual el análisis del comportamiento de los parámetros fisicoquímico como la temperatura superficial del nivel del mar brindara información más detallada de cómo se han manifestado estos cambios con la presencia del fenómeno El NIÑO. Además, se considera que esta información servirá de base para futuros estudios relacionados con el área oceanográfica.

3. OBJETIVOS:

3.1 OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos que tienen gran impacto en el fenómeno del niño en cuatro estaciones de la costa ecuatoriana proporcionando información más amplia de los procesos físicos que presenta el océano por medio de la recopilación de Datos Satelitales y Oceanográficos, durante el período 2010-2020.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar la ocurrencia del fenómeno del niño mediante el Índice de la Oscilación Sur (SOI) y el Índice Oceánico de “El Niño” ONI.
- Determinar la relación entre los vientos alisos y la temperatura superficial del mar durante el evento cálido en las cuatro estaciones en base a la información bibliográfica registrada de monitoreos oceanográficos.
- Detallar el comportamiento de los parámetros físicos (salinidad, oxígeno disuelto y nitratos) en las cuatro estaciones mediante registros y datos bibliográficos satelitales del INOCAR.

4. MARCO TEÓRICO:

4.1 CAMBIO CLIMÁTICO Y EL NIVEL DEL MAR

(Miller, 2007) Afirma que el cambio climático son las modificaciones en cualquier aspecto del clima del planeta, tales como la temperatura, precipitación, es por ello por lo que el cambio climático ocupa hoy uno de los primeros lugares entre los problemas que afectan a la humanidad, por los efectos medioambientales y principalmente por el incremento de los gases de efecto invernadero, resultantes de las actividades humanas.

El cambio climático considera como una variabilidad climática el aumento de las temperaturas, precipitaciones, elevaciones del nivel del mar y también la creciente frecuencia de fenómenos climáticos extremos la cual se ve reflejada en el mundo debido a que se producen cada día con mayor frecuencia (Fernández J. L., 2013).

Los modelos climáticos actuales predicen un calentamiento mundial cerca de 1.4-5.8 grados Celsius entre los años 1990 a 2100, proyecciones que se basan en el crecimiento poblacional y el cambio tecnológico, pero a pesar de describir este tipo de panoramas no realizan nada para reducir las emisiones de Dióxido de Carbono las cuales son las que mayor daño hacen al planeta, así como la presencia de gas metano e hidruros de metano (Díaz, 2012).

El incremento de la temperatura global es ocasionado por el efecto invernadero el cual es responsable del aumento del nivel del mar, de la disminución de las capas de nieve y hielo, así como del cambio de tendencia en las precipitaciones, todo ello afecta a los sistemas naturales e hidrológicos como también a la calidad de las aguas. De la misma manera a sistemas biológicos marinos y de agua dulce, a la productividad agrícola y forestal, en

efecto el aumento de nivel del mar y el desarrollo humano están contribuyendo a la pérdida de humedales costeros, así como manglares y todo esto causa un creciente deterioro en zonas conteras por inundaciones (Díaz, 2012).

4.2 FENÓMENO DEL NIÑO

El Fenómeno EL NIÑO conocido también como la Oscilación del Sur (ENOS) es un evento climático natural que se desarrolla en el océano Pacífico ecuatorial central. La fase cálida de ENOS se manifiesta por un aumento de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) y una disminución de los vientos alisios en el lado Este del Océano Pacífico. Este tipo de condiciones anómalas genera fuertes precipitaciones, así como cambios notables en el clima y en las pesquerías tanto en el Pacífico Sudoriental como en otras partes del planeta (Maturana et al., 1997).

Particularmente es un evento de variabilidad climática que consiste en un aumento sustancial de la temperatura de las aguas superficiales del Pacífico ecuatorial central y oriental, sobre las costas de Ecuador, Perú y sur de Colombia. Además, se caracteriza por un debilitamiento a gran escala de los vientos alisios. Como se observa en la **Figura 1**. a) En condiciones normales o neutras, los vientos alisios circulan desde las zonas del Pacífico con alta presión atmosférica (Pacífico ecuatorial oriental) hacia las zonas del océano con baja presión atmosférica (Pacífico ecuatorial occidental). Mientras que en condiciones del Niño b) los vientos alisios se debilitan o se revierten, esto hace que las aguas superficiales cálidas permanezcan en el Pacífico ecuatorial oriental y cambien las condiciones de temperatura y presión del océano (Melo et al., 2017).

En general, la fase cálida del ciclo ENOS (El Niño) es considerada como uno de los eventos más fuertes en relación con la precipitación debido a que el aumento o la disminución de esta, que está asociada a los cambios en la

circulación atmosférica que a su vez es causada por anomalías en la temperatura superficial del mar y de los vientos tropicales (Bocanegra et al., 2000).

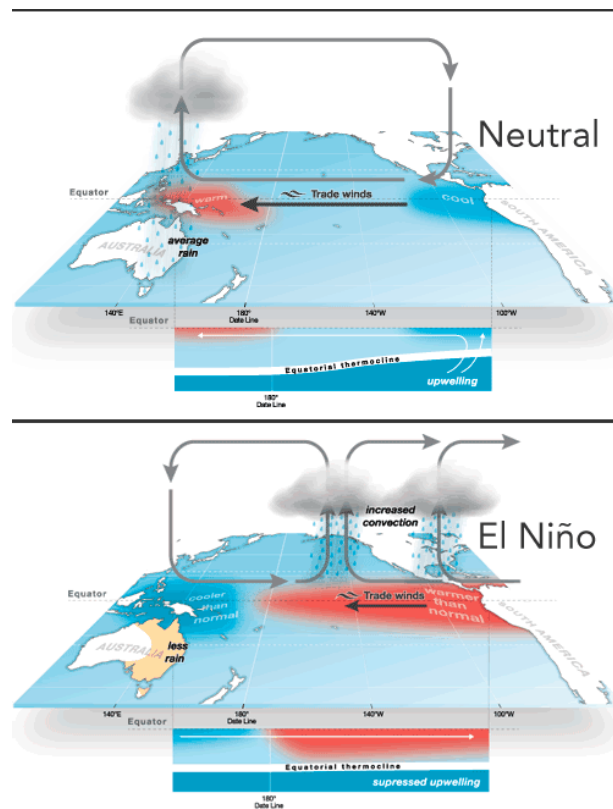


Figura 1. a) Océano Pacífico en condiciones neutras o normales. **b)** El océano Pacífico durante el Fenómeno El Niño. **Fuente:** IRI, 2016.

4.3 IMPACTO DEL FENÓMENO DEL NIÑO

Este fenómeno dura aproximadamente entre 8-10 meses, pero también pueden presentar apariciones en intervalos irregulares que oscilan aproximadamente entre los 3 y 7 años. Cabe señalar que, durante los años en los que se manifiesta la fase cálida del ciclo ENOS, se genera un fortalecimiento de "la corriente de El Niño" a causa de anomalías positivas de TSM (Melo et al., 2017).

Como resultado de este fenómeno se presentan fuertes impactos en las condiciones meteorológicas a nivel mundial. Los sucesos asociados al fenómeno de El Niño causan precipitaciones intensas en Ecuador y Perú, a la vez que en Australia e Indonesia predominan condiciones anómalas de aridez. En África Oriental y Meridional, El Niño provoca sequías, mientras que en Centroamérica y el Caribe se sufren condiciones de alta humedad (Martínez et al., 2017).

Las regiones, poblaciones y comunidades más pobres y vulnerables sufren a menudo sus impactos y consecuencias por las fuertes lluvias que van ocasionando inundaciones. Las aguas estancadas traen por consiguiente la presencia de enfermedades infecciosas como dengue, leptospirosis, chikungunya, conjuntivitis, infecciones respiratorias y de la piel, infecciones diarreicas (producto de aguas estancadas y escasez de agua potable) (Rueda & García, 2002).

Los desastres son eventos generalmente repentinos e imprevistos que ocasionan daños, pérdidas y paralización temporal de diferentes actividades, principalmente en el sector agropecuario siendo perjudicados tanto productores medianos y pequeños. En el Ecuador son afectados cultivos como la papa, maíz, etc. Pero esto se debe a las altas temperaturas y exceso de humedad. Sin embargo, todo esto de alguna forma resulta en pérdidas económicas (Hijar et al., 2016).

4.4 EL ROL DEL OCÉANO

Alrededor del 97% del agua se encuentra en los océanos el cual juega un papel muy importante en la determinación del clima mundial y a la vez también participa de múltiples procesos tanto físicos como químicos, proporciona una fuente de humedad para la atmósfera y lleva un control del régimen global de

precipitaciones y evaporación. Es el principal reservorio de calor por lo que encarga el transporte y de redistribución de calor para la atmósfera. Sin embargo, el rango de variación estacional de la temperatura es mínimo sobre las zonas costeras, debido a la gran capacidad calorífica del Océano (Pourrut & Gómez, 1998).

A pesar de su importancia, aún no se conocen todas las características físicas y biogeoquímicas de los océanos y cómo es posible que sea uno de los mayores reguladores de ecosistemas marinos y terrestres. El papel vital del océano en el sistema Tierra adquiere una mayor relevancia debido a los cambios climáticos, su elevada capacidad reguladora es capaz de amortiguar la intensidad y velocidad del cambio. Tanto las variables físicas y biogeoquímicas que caracterizan al medio marino, con importantes debido a que se relacionan con circulación oceánica y nivel medio del mar, así como a su temperatura, salinidad y nutrientes inorgánicos (Rodríguez & Reimer, 2014).

4.5 EL MAR ECUATORIANO

El mar ecuatoriano está invadido por Agua Superficial Tropical (ATS) del Pacífico Norte que se presentan Cálidas y poco salinas, las cuales se extienden normalmente en latitud desde la línea ecuatorial hasta 13°N con temperaturas mayores de 25 °C y salinidad menores a 33.5 Ups. En la zona costera del Ecuador se ha identificado dos fases climatológicas bien definidas. La etapa de lluvias que se manifiesta de enero a abril y asociada a la humedad, a altas temperaturas y a una nubosidad compuesta principalmente de cúmulos y extracúmulos. Además, acompañado de un debilitamiento de los vientos del sur y un ligero aumento de aquellos provenientes del norte. Después en los meses restantes es la etapa seca donde las lluvias desaparecen, la

temperatura disminuye y los vientos del sur aumentan en fuerza y se forma una capa de nubes estratos que cubren la costa (Burgos, 2004).

4.6 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y EL NIÑO.

Los efectos del fenómeno del Niño causan alteraciones de los parámetros fisicoquímicos normales que ocurren en el océano, tales como la temperatura, la salinidad, la concentración de nutrientes, el oxígeno disuelto, las corrientes marinas y las ondas oceánicas. La respuesta de la diversidad de los recursos pesqueros a los cambios en las condiciones ecológicas de su hábitat tiene repercusiones en su hábitat, distribución, abundancia, reproducción, migración y permanencia, así como también causan efectos económicos y sociales de alto impacto para estos ecosistemas (Fernández & Ramírez, 1991).

Para comprender el funcionamiento de los océanos no basta con conocer el medio físico oceánico, se debe tomar en cuenta su composición química, es decir los elementos inorgánicos y orgánicos que se encuentran en forma disuelta y particulada y las transformaciones químicas y biológicas que estos elementos experimentan en el mar (Quispe, 2017).

4.6.1 TEMPERATURA

La temperatura del agua es una de las características físicas más importantes del ambiente marino, ya que ejerce una influencia en varios eventos físicos, químicos, geoquímicos y biológicos. La temperatura controla la tasa en la cual se realizan procesos y reacciones químicas y biológicas, además determina parcialmente la concentración de gases disueltos en el agua de mar, lo que incluye el oxígeno y el dióxido de carbono, los cuales influyen en la distribución y reproducción de las especies marinas (Alvarado & Aguilar, 2009).

4.6.2 SALINIDAD

La salinidad es una propiedad física muy fundamental del agua de mar, que puede afectar las funciones fisiológicas de los organismos, esto se manifiesta al modificar su balance osmótico afectando así a la distribución y comportamiento de muchas especies acuáticas. Las variaciones en la temperatura y la salinidad combinadas determinan la densidad del agua de mar, la cual influye en el movimiento vertical y horizontal de las masas de agua con consecuentes cambios en los eventos químicos y biológicos de la columna de agua (Alvarado & Aguilar, 2009).

4.6.3 OXÍGENO

El oxígeno presenta un comportamiento cíclico en el océano, se encuentra como componente en la atmósfera y llega al mar al disolverse en el agua, de donde lo toman los vegetales y los animales para su respiración. Con las corrientes y el oleaje la cantidad de oxígeno en el agua aumenta más, las plantas marinas también contribuyen a incrementar su cantidad. Durante el proceso de fotosíntesis, fijan el carbono y desprenden el oxígeno, como resultado de las reacciones químicas que efectúan, completándose el ciclo del oxígeno en el mar. La cantidad de oxígeno disuelto en el agua del mar es inversamente proporcional a la profundidad, por ello algunos fondos marinos suelen encontrarse zonas sin oxígeno (Cifuentes, 2003).

El Oxígeno está presente en el dióxido de carbono, en los carbohidratos y en el agua. Todo el oxígeno de la atmósfera es biogénico; esto significa que es liberado desde el agua mediante la fotosíntesis de los organismos autótrofos, para liberar el 21 % de oxígeno de la atmósfera actual le llevo 2 millones, lo que permitió a organismos complejos a sintetizar de la misma manera cantidades mayores de oxígeno para poder desarrollarse (Burgos, 2004).

El oxígeno disuelto es uno de los gases más importantes en la dinámica y caracterización de los sistemas acuáticos, el cual es necesario para la supervivencia de la gran mayoría de animales marinos si se llega a presentar niveles muy bajos, puede ser indicativo de altas concentraciones bacterianas. Su solubilidad aumenta cuando disminuye la temperatura y la salinidad por lo que se ve afectado el porcentaje de saturación óptimo de oxígeno en un cuerpo (Alvarado & Aguilar, 2009).

4.6.4 NUTRIENTES

Los organismos acuáticos al expulsar sus desechos de su metabolismo o al morir, se convierten en materia orgánica en las capas superficiales, que al hundirse por gravedad llega a las profundidades donde las bacterias y la actividad química la descomponen, liberándose así los nutrientes los cuales pueden ser utilizados nuevamente por otros vegetales (Graco et al., 2007).

Los nutrientes que intervienen de manera básica en la vida de los océanos son indispensables para la producción de alimento para otros organismos. Están compuestos a base de nitrógeno, fósforo, sílice, manganeso, cobre y hierro. En su ciclo intervienen una serie de procesos químicos y biológicos que determinan su concentración en las diferentes capas del agua del mar (Graco et al., 2007).

Cuando los nutrientes salen nuevamente a la superficie por corrientes de agua ascendentes se producen cambios de temperatura en las diferentes masas de agua, también llamadas zonas de surgencia o afloramiento, donde los nutrientes son tomados por pequeños vegetales que forman el fitoplancton, los que al usar la energía solar y el dióxido de carbono vuelven a elaborar sustancia orgánica (Burgos, 2004).

El principal elemento de estos nutrientes es el nitrógeno, cuyo ciclo en el mar es muy complejo. Este elemento se encuentra en estado gaseoso en la atmósfera y parte de él disuelto en el agua del mar, al ser un compuesto estable permite una multitud de reacciones químicas y biológicas, encontradas en forma de nitritos y de nitratos, además, el nitrógeno asimilado representa el 35 % del total en el océano y el 65 % se presenta en manera de nitrógeno gaseoso (Luengas, 2013).

4.6.5 TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

La temperatura superficial del mar (TSM) es una de las variables oceanográficas más utilizadas como indicador ambiental, se encuentra relacionada con aspectos físicos como corrientes marinas, intensidad de los vientos superficiales, dinámica de la capa de mezcla, precipitación e intensidad de la radiación solar, surgencias y cambios del nivel del mar, también está vinculada a los ciclos de vida, metabolismo y población, en general con toda la variabilidad biológica que se presente en el mar (Bernal et al., 2006).

Los cambios de los vientos en la superficie son un factor que contribuye a la variabilidad general en la TSM, aunque no es el único factor, ya que variaciones en la fuerza y la localización del Frente Ecuatorial también pueden contribuir a esta alteración. Así como el flujo de calor vertical en el océano, procesos de advección y el aumento de la profundidad de la capa superficial son también otros factores que pueden ocasionar cambios en la temperatura (Ruperti et al., 2015).

4.6.6 VIENTOS ALISIOS

Los vientos alisios son la característica más sobresaliente de la circulación atmosférica en ambos hemisferios. El nombre de estos vientos se deriva de su persistencia. Los franceses los llamaban "vents alizés", de una vieja palabra

francesa "alis" que significa regular. Estos son los responsables de la surgencia de aguas subsuperficiales frías, que tiene lugar en los márgenes orientales de todos los giros subtropicales como en las costas de Perú y gran parte de Chile, así como en la Península Ibérica y la Cuenca de Canarias. Estos vientos pueden aumentar como resultado del incremento en temperatura de la tierra con respecto al océano (Fernández & Ramírez, 1991).

5. METODOLOGÍA

5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo es una investigación descriptiva enfocada a un ámbito exploratorio debido a que permite hacer una evaluación del comportamiento de los parámetros fisicoquímicos y su relación con el evento EL NIÑO, con base a información bibliográfica existente de estudios oceanográficos desarrollados durante los años 2010-2020.

5.2. ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo se realizó con base a la información obtenida en cuatro estaciones fijas costeras ecuatorianas, cuya ubicación es 10 millas costa afuera frente a:

- ✓ Esmeraldas a Lat. $0^{\circ}59'00''$, Long. $79^{\circ}39'00''$
- ✓ Manta a Lat. $0^{\circ}52'60''$, Long. $80^{\circ}49'60''$
- ✓ La Libertad a Lat. $02^{\circ}03'55''$, Long. $81^{\circ}07'15''$
- ✓ Puerto Bolívar a Lat. $03^{\circ}16'0''$, Long. $80^{\circ}00'0''$

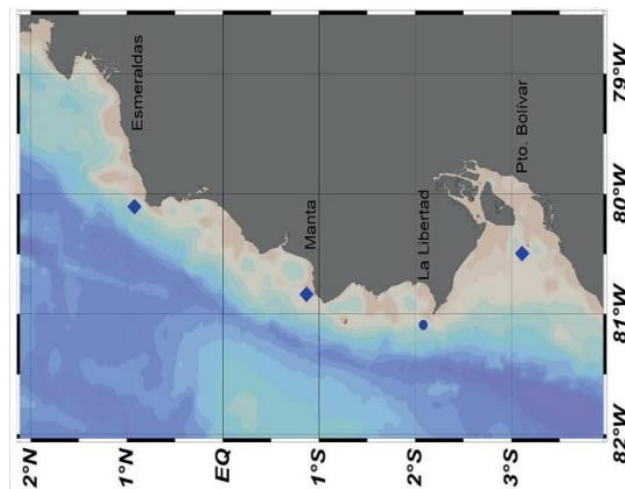


Figura 2. Ubicaciones estacionales 10 millas costa Afuera INOCAR. **Fuente:** INOCAR, 2014.

5.3. METODOLOGÍA DE CAMPO

Se recopiló información de la NOA y de boletines oceanográficos ERFEN y BAC durante los años 2010 – 2020, obtenidos del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador. El presente trabajo se enfocó en cuatro estaciones costeras localizadas en la Libertad, Manta, Puerto Bolívar y Esmeraldas, ubicadas a 10 millas costa afuera. Mensualmente en estas estaciones se recolectaron datos de los principales parámetros físicos-químicos como temperatura, salinidad, oxígeno, nitrato, fosfato.

Para la obtención de los diferentes parámetros físicos y químicos (oxígeno disuelto, nutrientes inorgánicos) se tomaron los datos obtenidos de las muestras de agua en las estaciones de muestreo, para ello se utilizó una botella Van Dorn, la misma que se lanzó de forma manual desde la superficie hasta los 100 m. de profundidad. Los valores de salinidad y temperatura se obtuvieron mediante la utilización de CTD SEA BIRD el mismo que toma los datos de bajada y subida en la columna de agua, dicha información es tratada con el programa SEASOFT para ser interpretada y observar el comportamiento de las masas de agua (Carrillo, P, 2013; Carrillo, P, 2013).

También se obtuvieron datos de las boyas oceánicas, localizadas en 0° de latitud y 140°W del programa Tropical Ocean Global Atmosphere (TOGA) de la NOAA. La Administración Nacional de Océano y Atmósfera (NOAA) ha desarrollado un Índice Oceánico de El Niño (ONI), el cual se basa en las anomalías medias de Temperatura Superficial del Mar (TSM) en la región Niño 3.4, siendo la medida principal para el seguimiento, evaluación y predicción del ENSO, por ello se tomaron datos registrados por estas boyas, para identificar su comportamiento en los últimos diez años.

5.4. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE DATOS

Los diferentes datos obtenidos de boletines Oceanográficos y de la NOA, fueron tabulados en una hoja de Excel, en donde se realizó gráficos de líneas de tiempo para analizar el comportamiento de la temperatura del nivel del mar y el fenómeno El Niño en relación con el índice ya estandarizado por la NOA, así mismo gráficos de líneas para observar cómo se han manifestado los parámetros físico-químicos en las cuatro estaciones y su variabilidad por estación, este estudio tiene un mayor enfoque descriptivo del comportamiento del fenómeno El Niño a lo largo del año 2010 hasta el 2020 principalmente en la costa Ecuatoriana. EL fenómeno El Niño ocurre en una escala interanual de 3 a 7 años lo que hace relevancia al desarrollo del Ciclo El Niño – Oscilación del Sur – ENOS, en el Océano Pacífico. Por ello se analizó la distribución espacial y temporal de las temperaturas ecuatoriales del Océano Pacífico Tropical. Cabe destacar que (Larkin & Harrison, 2005) las dividieron en cuatro regiones: NIÑO 1.2, NIÑO 3, NIÑO 4 y NIÑO 3.4 para el seguimiento de nuevos estudios que estén relacionados con este fenómeno, por lo cual se toma de referencia la región NIÑO 3.4 (**Figura 4**) para el análisis del comportamiento del fenómeno El Niño.

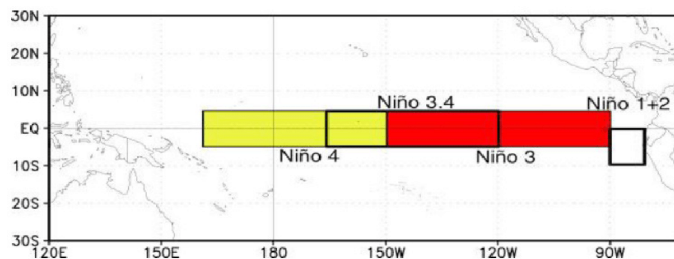


Figura 3. Regiones El Niño con fines de seguimiento y vigilancia de los fenómenos del Ciclo ENOS. **Fuente:** NOAA/NCEP/CAC, USA.

- Región Centro-occidental (Región Niño 3-4): Entre las Latitudes 5° Norte y 5° Sur y las Longitudes 120° y 170° Oeste.

6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Para determinar la presencia del Fenómeno El Niño se tomó como dato principal las anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (Niño 3.4). Estas anomalías son obtenidas de la diferencia entre el valor real de la TSM en un determinado mes y el valor que se esperó que tome en dicho mes la TSM (Sanchez & Ramirez, 2002).

6.1. ÍNDICES DE MEDICIÓN

6.1.1. ÍNDICE DE OSCILACIÓN DEL SUR (SOI)

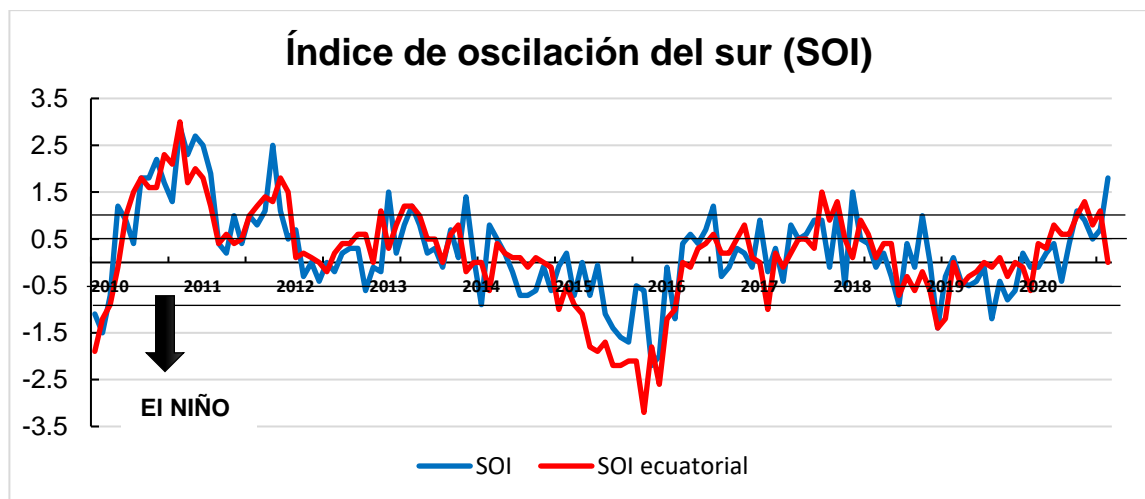


Gráfico 1. Índices de ENOS. a) SOI tradicional (Azul) y SOI ecuatorial (Rojo). **Fuente:** Rosales, 2021.

El SOI se calcula aritméticamente a partir de las fluctuaciones mensuales de los valores de la presión del aire entre la isla de Tahití (Polinesia Francesa) y la ciudad de Darwin (Australia). El SOI ecuatorial, en cambio, se calcula como la anomalía estandarizada de la diferencia entre la presión mensual promedio del nivel del mar en un área del Pacífico ecuatorial oriental y un área sobre Indonesia. La existencia de valores negativos debajo de -1 corresponden a las

condiciones de un Niño intenso y valores entre -0.5 y -1.0 se inclinan hacia un Niño moderado, valores -0.50 a 0.50 hacen referencia a condiciones Normales (Jiménez, 2011). En el **Gráfico 1**. El SOI tradicional (línea azul) muestra igual similitud que el SOI ecuatorial (línea roja). Sin embargo, se observan máximas elevaciones de la línea roja que fluctúa a -3.5 en el índice ecuatorial.

A inicios del 2010 se presentaron valores de -1.5 del SOI mientras que del SOI Ecuatorial llegaron hasta -1.9 estableciéndose como un niño intenso. En el periodo 2015 al 2016 se manifestaron valores negativos variando de -1.7 a 0 en el SOI Tradicional y en SOI ecuatorial de -3.2 a 0.5 siendo así un niño intenso el cual al transcurrir el tiempo se volvió moderado posteriormente retomo condiciones normales. En el año 2018 y 2019 se presentó un SOI de hasta -1.4 clasificado como un Niño intenso (**Gráfico 1**). Estas variaciones señalan un calentamiento del Pacífico tropical central y del este, así como una disminución en la intensidad de los vientos del Pacífico. Por lo cual La fase negativa del SOI representa una presión de aire por debajo de lo normal en Tahití y una presión de aire por encima de lo normal en Darwin. La serie de tiempo del SOI y las temperaturas de la superficie del mar en el Pacífico ecuatorial oriental indican que se manifestaron 3 episodios del Fenómeno del Niño (finalizo en el 2010, 2014/16 y 2018/19).

6.1.2. ÍNDICE DE MEDICIÓN: ÍNDICE DEL NIÑO OCEÁNICO (OCEANIC NIÑO INDEX) ONI

Tabla 1. Registro mensuales del Índice ONI durante los años 2010 – 2020.

ONI	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2010	1.5	1.2	0.8	0.4	-0.2	-0.7	-1	-1.3	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1	-1.1	-1
2012	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7
2015	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.9	2.2	2.4	2.6	2.6
2016	2.5	2.1	1.6	0.9	0.4	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	-0.1	-0.4	-0.7	-0.8	-1
2018	-0.9	-0.9	-0.7	-0.5	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.8	0.9	0.8
2019	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-1.2	-1.3	-1.2

Fuente: NOAA, 2021.

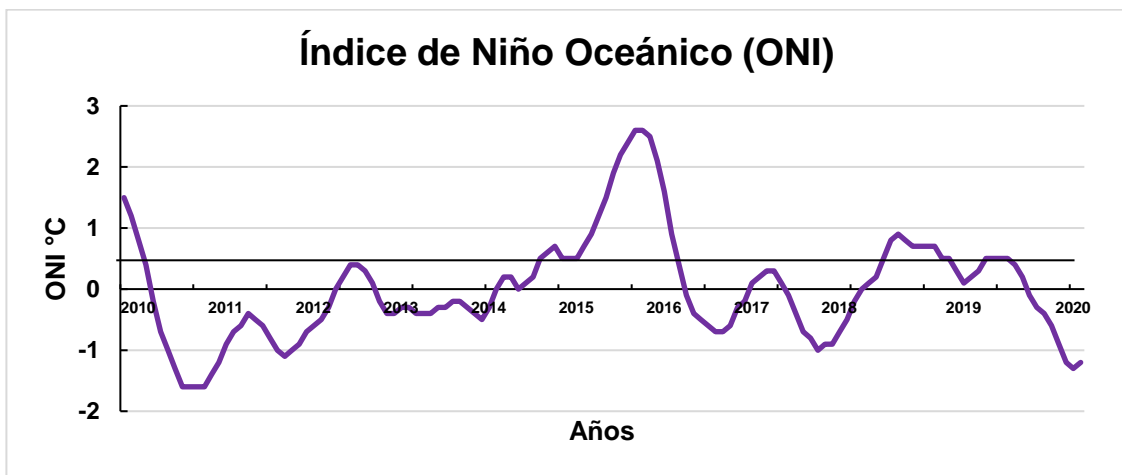


Gráfico 2 Anomalia del Índice de Niño Oceánico (ONI) durante 2010-2020. Fuente: Rosales, 2021.

En la **Tabla 1**. Se muestran los valores registrados mensualmente desde el año 2010 al 2020 del índice ONI y los números en rojo reflejan los periodos cálidos. Específicamente la región Niño 3.4 la cual utilizada para el cálculo del índice ONI, el mismo que describe el evento el Niño cuando las anomalías son iguales o mayores a +0.5.

Para el análisis de intensidad de las anomalías de la TMS se consideró como eventos débiles a anomalías entre ± 0.5 °C y ± 0.9 °C, moderados entre ± 1.0 °C y ± 1.4 °C, fuertes entre ± 1.5 °C y ± 1.9 °C y muy fuertes como mayores/menores a ± 2.0 °C (NOA, 2021).

En el **Gráfico 2**. Se identificaron anomalías positivas indicando la presencia de eventos cálidos, en el caso del año 2010 se obtuvieron anomalías positivas de 1.5 °C a 0.8 °C confirmando la presencia del fenómeno El Niño en ese año, siendo así un evento moderado. A finales del año 2014 se presentaron anomalías positivas de 0.5 °C a 0.7 °C considerándose como un evento débil, el cual comenzó a tomar mayor fuerza a mediados del año 2015 manteniéndose así hasta inicios del año 2016 con anomalías positivas de 0.5 °C a 2.6 °C estableciéndose así un evento fuerte con un valor superior a 2 °C. También se observó anomalías positivas a finales del año 2018 e inicios del 2019 con valores de 0.5 °C a 0.9 °C considerada como débiles (**Tabla 2**).

Todos los datos presentados ayudaron a corroborar la eficacia de los índices para detectar el tipo de eventos principalmente en la costa ecuatoriana en comparación con el índice SOI el cual también mostró las mismas condiciones en el lapso de los diez años de estudio confirmando así la ocurrencia del evento cálido El NIÑO una vez de manera muy fuerte y dos veces de manera débil como se observa en la tabla 2.

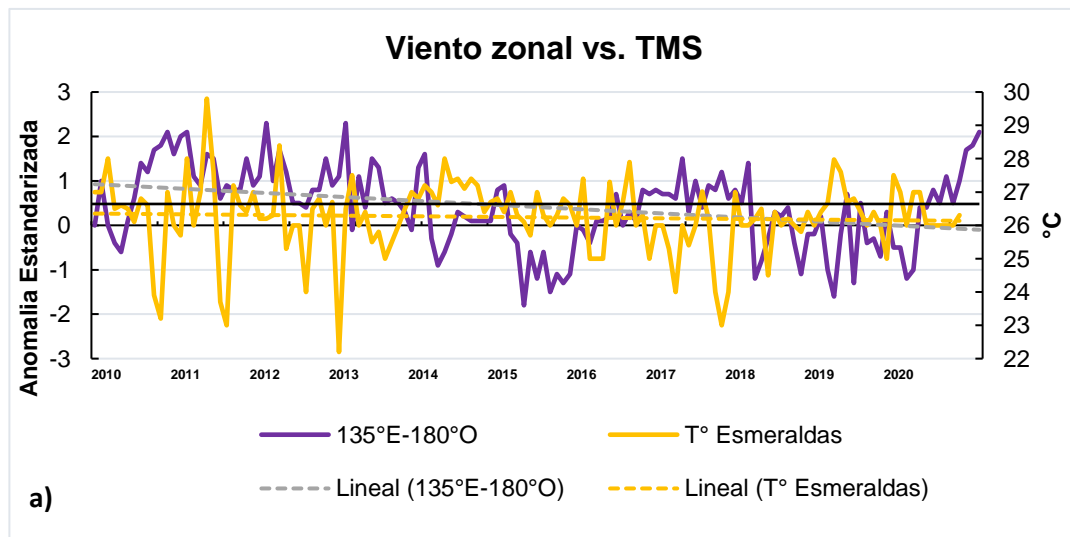
Tabla 2. Clasificación de Intensidad de anomalías de eventos cálidos.

AÑO	MESES	EL NIÑO	OBSERVACIÓN
2010	Primeros 3 meses	Débil	En el año 2019 se presentó de manera moderada por lo cual el evento finalizó en el 2010
2014-2015	Octubre de 2014 hasta abril del 2016	Débil	
2015-2016		Muy Fuerte	
2018-2019	Septiembre del 2018 a junio del 2019	Débil	

Fuente: Rosales, 2021.

6.2. RELACIÓN ENTRE LOS VIENTOS ALISIOS Y LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

6.2.1. VIENTO ZONAL Y LA TMS EN LA ESTACIÓN DE ESMERALDAS



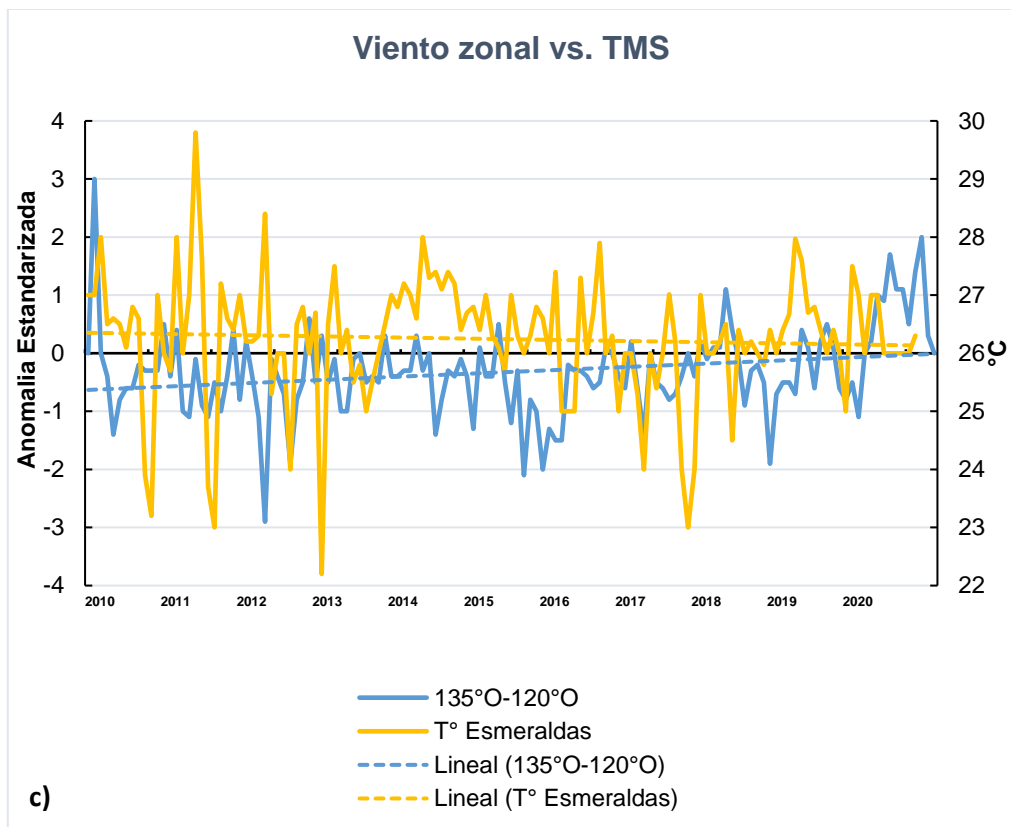
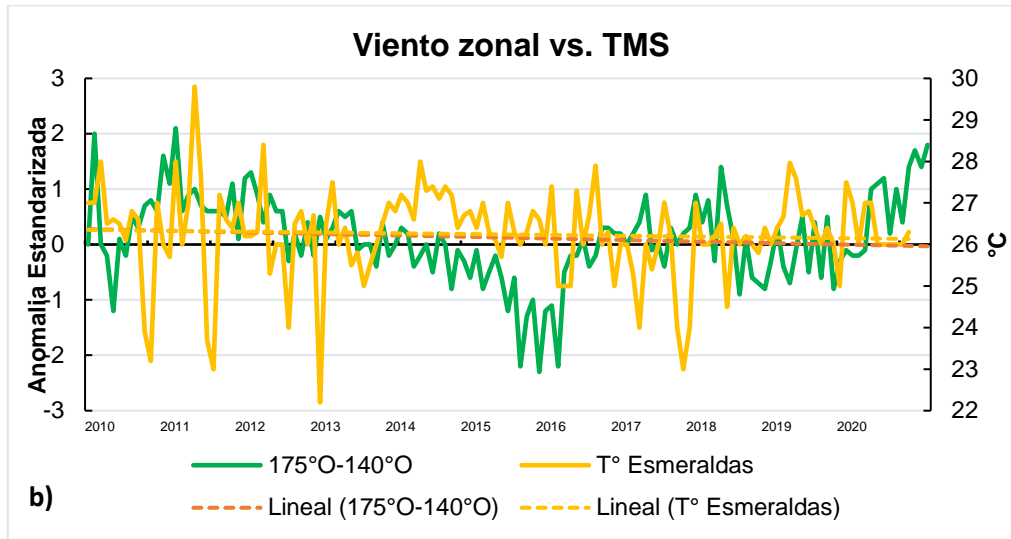


Gráfico 3. Vientos Alisios y TMS de la estación de Esmeraldas, correspondiente a tres zonas. La gráfica indica: **a)** región del Pacífico ecuatorial occidental, **b)** Pacífico ecuatorial central y **c)** el pacífico ecuatorial oriental. **Fuente:** Rosales, 2021.

En la **Gráfica 3**. El Índice estandarizado zonal de los vientos alisios del Pacífico Ecuatorial muestra en la gráfica (a, b y c) una línea de color morado, verde y azul las cual indica la intensidad de los vientos alisios en la región occidental, central y oriental, los valores positivos indican vientos alisios más intensos de lo normal y valores negativos indican vientos más débiles. La línea amarilla muestra los valores de temperatura superficial del mar en la estación de Esmeraldas por lo cual con relación a los vientos alisios tomamos de relevancia los valores negativos que indican la presencia del evento cálido EL NIÑO.

En el año 2010 en el Pacífico ecuatorial occidental (a) se observaron anomalías negativas que fluctuaron de -0.4 a -0.6 presenciando vientos alisios más débiles en el mes de febrero, con temperaturas de 27 °C a 28 °C siendo las más altas de todo el Año. A diferencia de la región del Pacífico ecuatorial central (b) que fue de -0.2 a -1.2 presentando la anomalía máxima en el mismo mes, mientras que en la región oriental (c) fue de -0.2 a -1.4. Cabe destacar que en las tres regiones se presentaron vientos débiles de mayor intensidad en el mes de febrero con temperaturas cálidas de hasta 28 °C por lo que al disminuir los vientos alisios y aumentar la TMS se identifica la presencia del fenómeno del NIÑO.

En el año 2011 las temperaturas variaron de 23 °C a 29 °C, en el 2012 de 24 °C a 28 °C y en el 2013 de 25 °C a 28 °C, pero en relación con los vientos alisios estos mantuvieron anomalías positivas en la región occidental y central. Mientras que en la región oriental en el año 2011 fue de -0.1 a -1.1, en el 2012 de -0.1 a -2 y en el año 2013 de -0.1 a -1, los vientos alisios no fueron tan débiles y la temperatura fue muy variable por lo que no se presentó un evento cálido.

En el año 2014 se presentaron temperaturas de 26.4 °C a 28 °C con anomalías negativas en las tres regiones, en la región occidental a) de -0.2 a -0.9, en la región central (b) de -0.2 a -0.8 y en la oriental (c) de -0.1 a -1.4, por lo cual se presentó un debilitamiento de los vientos alisos con un mantenimiento de la temperatura de hasta 28 °C, mostrando así el inicio de la presencia de un NIÑO débil.

En el año 2015 se manifestaron temperaturas de 25.7 °C a 28 °C y los vientos alisos en la región occidental (a) presentaron anomalías negativas de -0.1 a -1.8 en la región central b) de -0.2 a -2.3 mientras que en la región oriental (c) de -0.3 a -2.1 en este año los vientos alisos se debilitaron más en las tres regiones del Pacífico ecuatorial evidenciado la presencia un evento cálido fuerte.

En el año 2016 la TMS fluctuó de 25 °C a 27.9 °C y en relación con los vientos alisos en la región occidental a) solo se presentó un valor negativo de -0.4 en el primer mes posteriormente se mantuvieron anomalías positivas, en la región central b) valores de -0.2 a -2.2 y en la región oriental (c) de -0.2 a -1.5 se identifican vientos débiles con mayor intensidad en las dos últimas regiones mencionadas y las temperaturas fue disminuyendo por lo cual el evento el niño solo se manifestó durante la mitad del año.

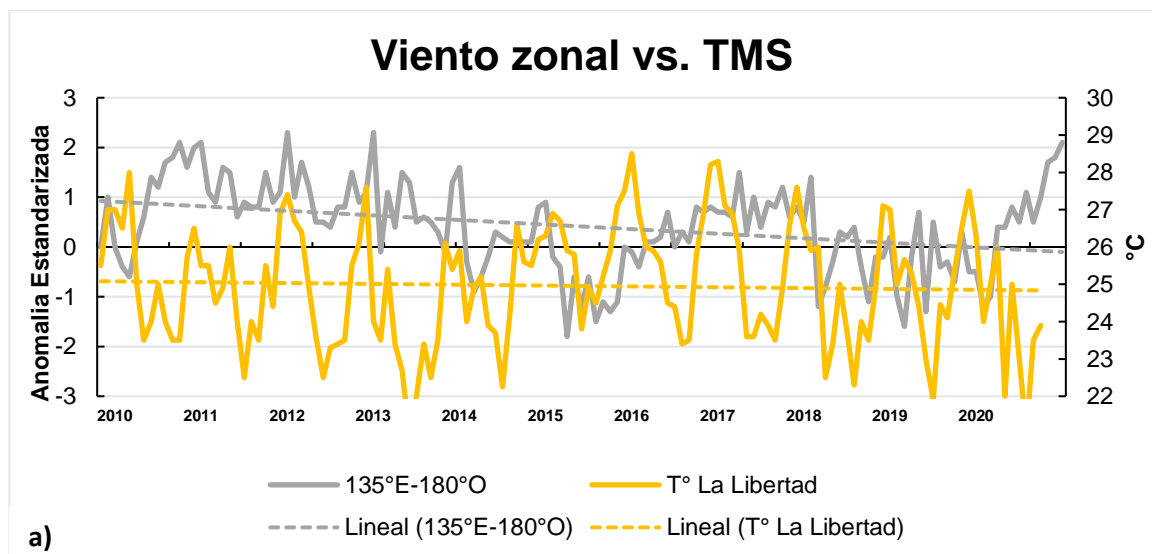
En el año 2017 se presentaron temperaturas de 23 °C a 27 °C y los vientos alisos en la región occidental a) se mantuvieron con anomalías positivas, en la región central b) de igual manera únicamente 2 meses se mantuvieron de -0.1 y -0.4 después volvieron a tornar valores positivos, en región oriental (c) de -0.4 a -1.4. En el año 2018 se mantuvieron las mismas temperaturas que el año 2017 y con anomalías positivas y negativas en la región occidental a) de -0.2 a -1.2, en la región central b) de -0.3 a -0.9 y en la región oriental (c) de -

0.1 a -1.9 por lo cual se mantuvieron leves vientos débiles con menor intensidad.

En el año 2019 la TMS fluctuó de 26 °C a 28 °C y se mantuvieron anomalías positivas y negativas en la región occidental a) de -0.2 a -1.6 en la región central b) de -0.1 a -0.8 y en la oriental (c) de -0.5 a -1.1 por lo cual se mantuvieron leves vientos débiles con menor intensidad siendo un Niño débil.

En el año 2020 se identificaron temperaturas de 25 °C a 27.5 °C y en la región occidental a) se presentaron en los 2 primeros meses valores negativos -0.5 a -1.2 mientras que el resto del año se mantuvieron anomalías positivas. En la región central (b) se manifestó de la misma manera de -0.1 a -0.2 y en la región oriental (c) en el primer mes de -1.1 posteriormente se mantuvieron anomalías positivas por lo cual no evidencio un evento cálido.

6.2.2. VIENTO ZONAL Y LA TMS EN LA ESTACIÓN DE LA LIBERTAD



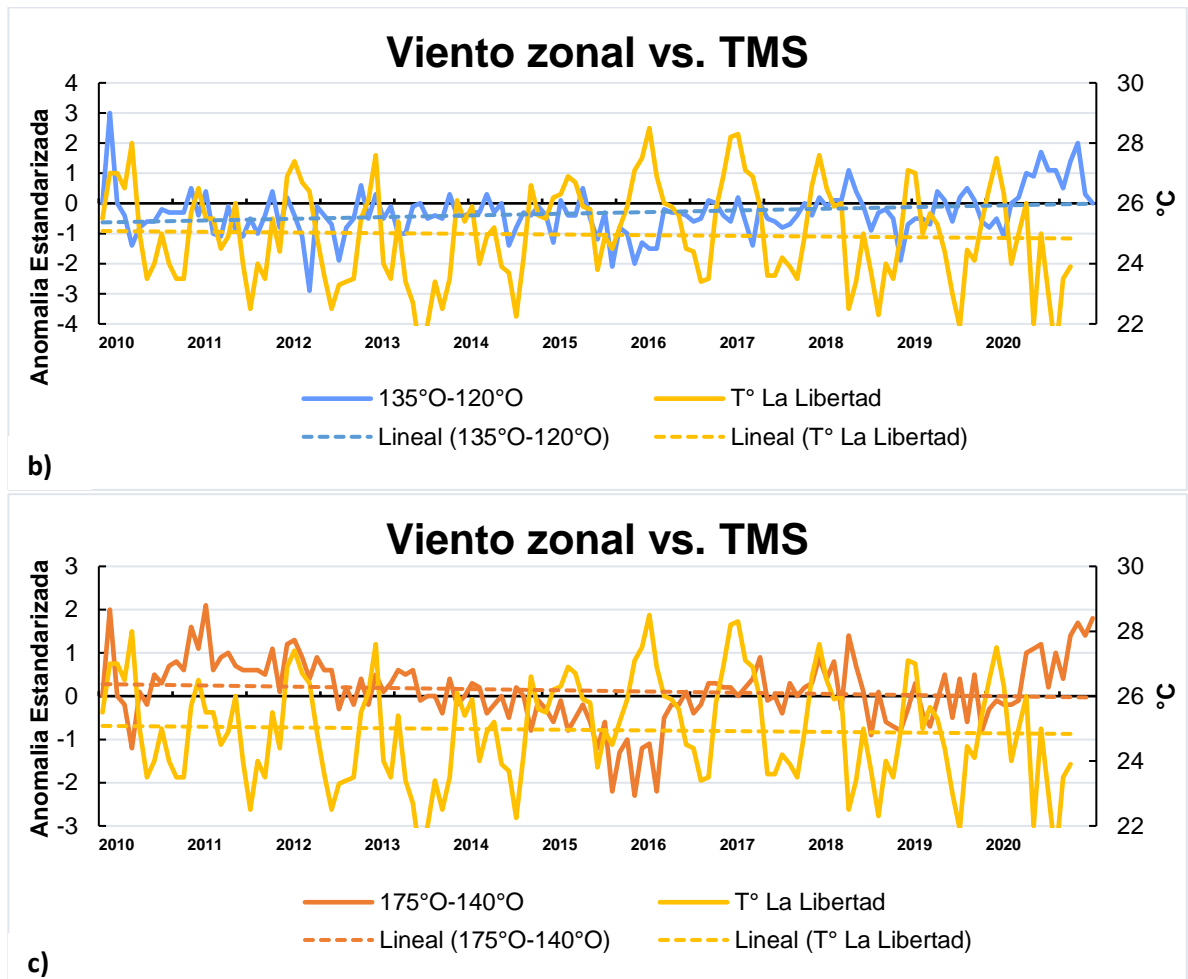


Gráfico 4. Vientos Alisios y TMS de la estación de La Libertad, correspondiente a tres zonas. La gráfica indica: **a)** región del Pacífico ecuatorial occidental, **b)** Pacífico ecuatorial central y **c)** el pacífico ecuatorial oriental. **Fuente:** Rosales, 2021.

En la **Gráfica 4.** El Índice estandarizado zonal de los vientos alisios del Pacífico Ecuatorial muestra en la gráfica (a, b y c) una línea de color plomo, azul y anaranjado las cuales indican la intensidad de los vientos alisios en la región occidental, central y oriental, los valores positivos indican vientos alisios más intensos de lo normal y valores negativos indican vientos más débiles. La línea amarilla muestra los valores de temperatura superficial del mar en la estación de La Libertad por lo cual en relación con los vientos alisios tomamos de

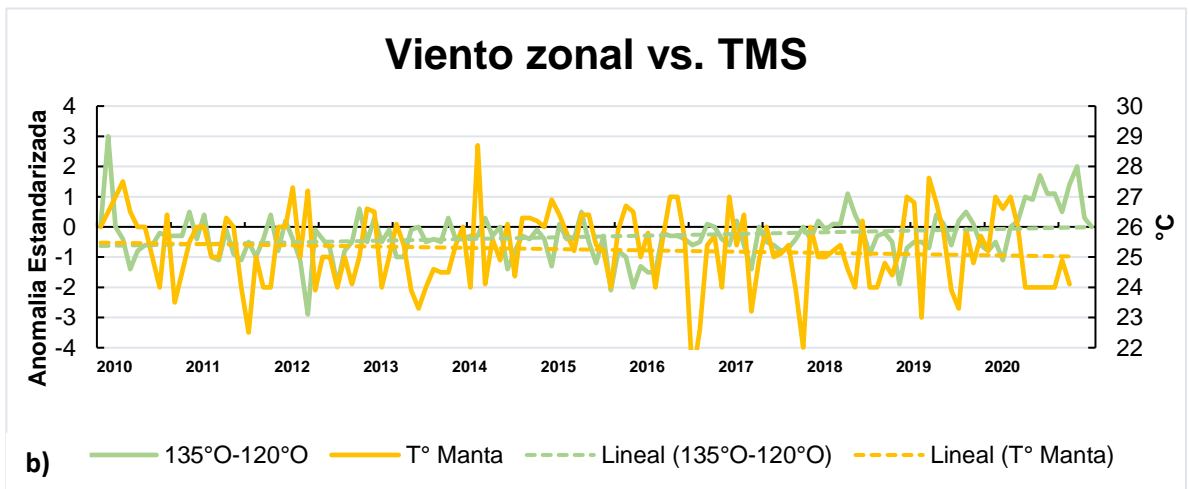
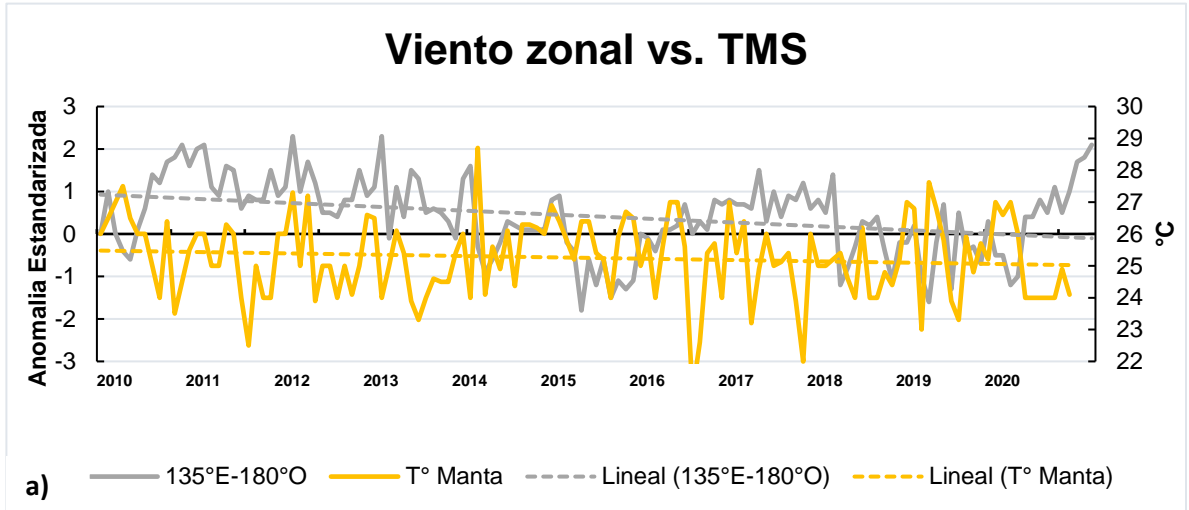
relevancia los valores negativos que indican la presencia del evento cálido EL NIÑO.

En el año 2010 la TMS de la estación de La Libertad fue de 23.5 °C a 28 °C, el comportamiento de la temperatura y los vientos alisos se manifestaron de la misma forma como en estación de Esmeraldas. En el año 2011 variaron de 22.5 °C a 26.5 °C, mientras que en el año 2012 fue de 22.5 °C a 27.4 °C, en el 2013 de 21 °C a 27.6 °C, variando durante todo el año. Mientras que el 2014 la temperatura fluctuó de 22.2 °C a 26.6 °C a diferencia de la estación de Esmeraldas donde la temperatura llegó a 28 °C, pero se presentaron vientos alisos débiles por lo cual el fenómeno del niño se evidenció en esta región.

En el año 2015 se manifestaron temperaturas de 24.5 °C a 26.9 °C y los vientos alisos en las tres regiones se debilitaron presenciando así un evento cálido fuerte. Mientras que el año 2016 la TMS fluctuó de 23.4 °C a 28.5 °C y en relación con los vientos alisos se mantuvieron anomalías positivas y negativas en la región central y oriental. En el año 2017 se presentaron temperaturas de 23.5 °C a 28.3 °C y los vientos alisos se manifestaron con valores de -0.1 y -0.4, pero con anomalías mayormente positivas durante todo el año. En el 2018 la TMS fue de 22.3 °C a 27.6 °C, con anomalías positivas y negativas manteniéndose así vientos débiles con menor intensidad.

En el año 2019 la TMS fluctuó de 21.9 °C a 27.1 °C y se mantuvieron anomalías positivas y negativas en la región occidental, central y oriental por lo cual se mantuvieron leves vientos débiles con menor intensidad siendo así un niño débil. En el 2020 se identificaron temperaturas de 21 °C a 27.5 °C, además se presentaron más anomalías positivas que negativas por lo cual no evidencio un evento cálido.

6.2.3. VIENTO ZONAL Y LA TMS EN LA ESTACIÓN DE MANTA



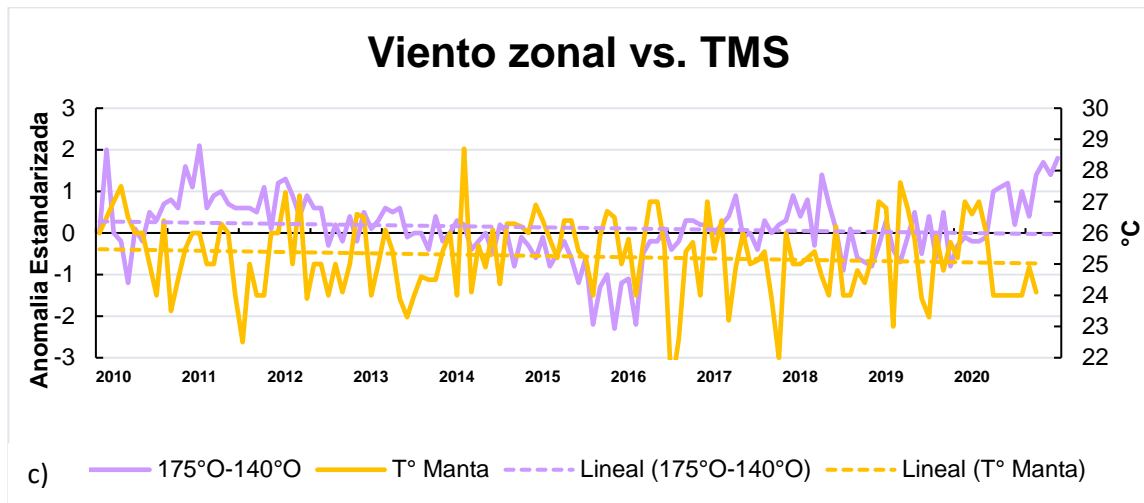


Gráfico 5. Vientos Alisios y TMS de la estación de Manta, correspondiente a tres zonas. La gráfica indica: **a)** región del Pacífico ecuatorial occidental, **b)** Pacífico ecuatorial central y **c)** el pacífico ecuatorial oriental. **Fuente:** Rosales, 2021.

En la **Gráfica 5.** El Índice estandarizado zonal de los vientos alisios del Pacífico Ecuatorial muestra en la gráfica (a, b y c) una línea de color plomo, verde y morado las cuales indican la intensidad de los vientos alisios en la región occidental, central y oriental, los valores positivos indican vientos alisios más intensos de lo normal y valores negativos indican vientos más débiles. La línea amarilla muestra los valores de temperatura superficial del mar en la estación Manta por lo cual en relación con los vientos alisios tomamos de relevancia los valores negativos que indican la presencia del evento cálido EL NIÑO.

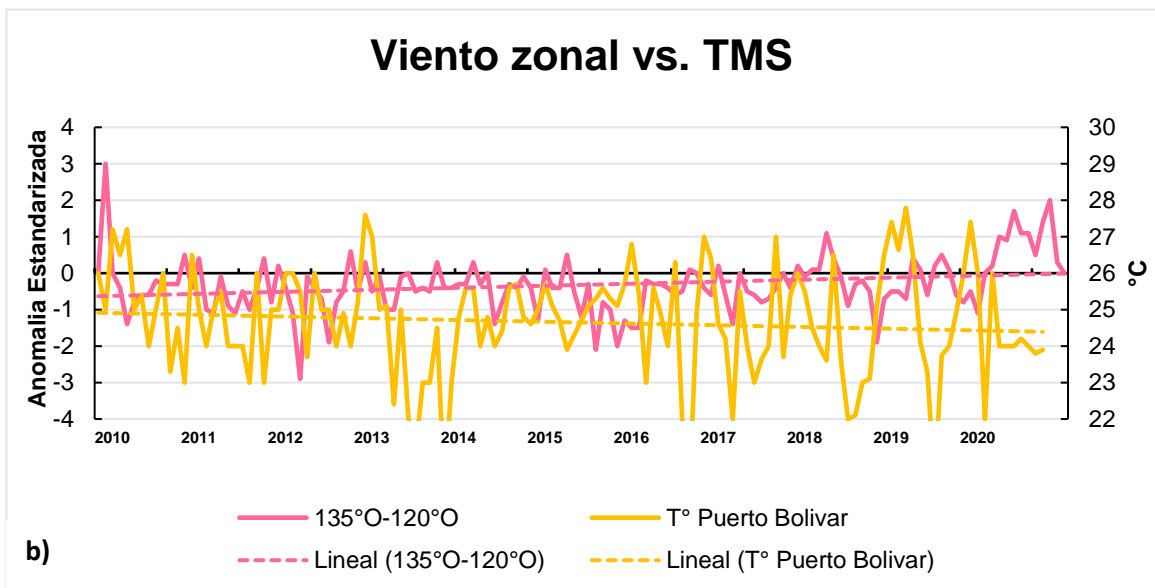
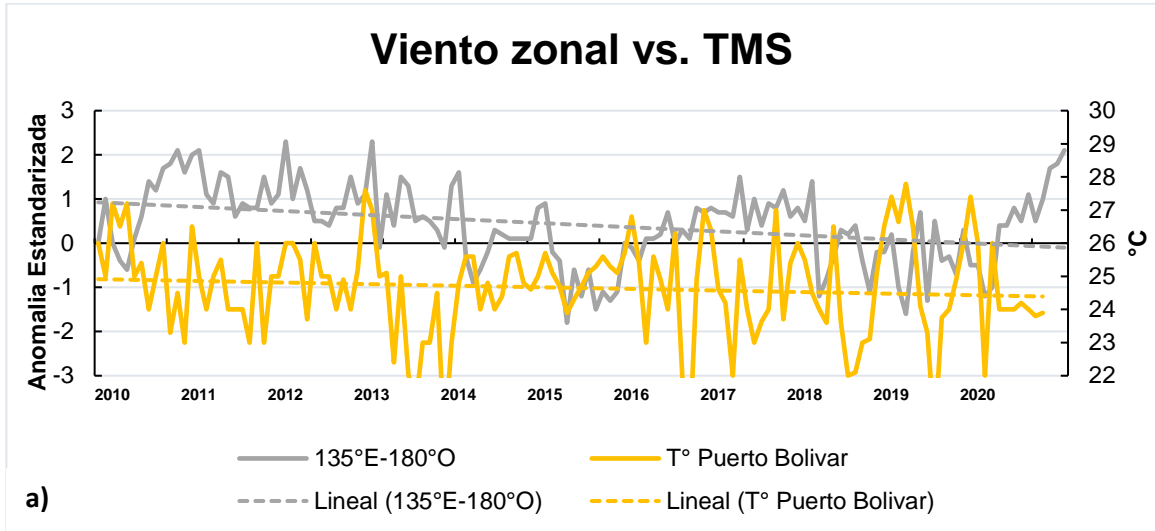
En el año 2010 la TMS de la estación de La Manta fue de 23.5 °C a 27.5 °C y los vientos alisios se manifestaron de la misma manera en la estación de Esmeraldas y La Libertad. En el año 2011 variaron de 22.5 °C a 26.3 °C, mientras que en el año 2012 fue de 23.9 °C a 27.3 °C, en el 2013 de 23.3 °C a 26.6 °C, siendo muy variables durante todo el año. Mientras que el 2014 la temperatura fluctuó de 24.1 °C a 28.7 °C aumento en comparación con la

estación de Esmeraldas y Libertad, por lo cual se presentaron vientos alisios débiles indicando así un evento cálido.

En el año 2015 se manifestaron temperaturas de 24 °C a 26.9 °C y en relación con los vientos alisios en las tres regiones se debilitaron presenciando así un evento cálido fuerte. Mientras que el año 2016 la TMS fluctuó de 21 °C a 27 °C y en relación con los vientos alisios se mantuvieron anomalías positivas y negativas en la región central y oriental. En el año 2017 se presentaron temperaturas de 23.2 °C a 27 °C y los vientos alisios variaron de -0.1 y -0.4 pero con anomalías mayormente positivas durante casi todo el año. En el 2018 la TMS fue de 24 °C a 26.2 °C, con anomalías positivas y negativas manteniéndose así vientos débiles con menor intensidad.

En el año 2019 la TMS fluctuó de 23 °C a 27.6 °C y se mantuvieron anomalías positivas y negativas en la región occidental, central y oriental siendo así vientos débiles con menor intensidad con estas condiciones es considerado como un niño débil. En el 2020 se identificaron temperaturas de 24 °C a 27 °C, además se presentaron más anomalías positivas que negativas por lo cual no evidencio la presencia de un evento cálido.

6.2.4. VIENTO ZONAL Y LA TMS EN LA ESTACIÓN DE PUERTO BOLÍVAR



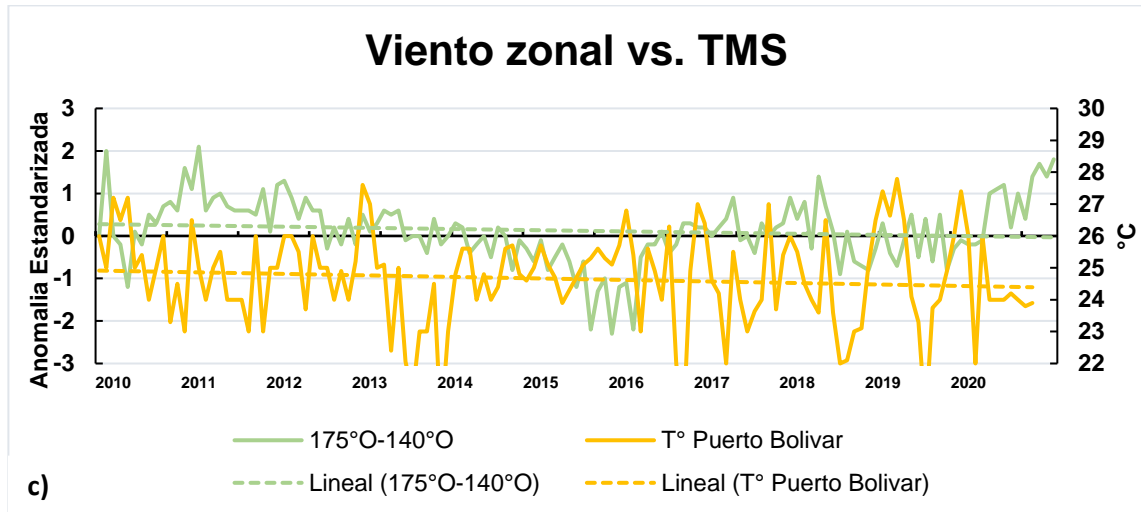


Gráfico 6. Vientos Alisios y TMS de la estación de Puerto Bolívar, correspondiente a tres zonas. La gráfica indica: **a)** región del Pacífico ecuatorial occidental, **b)** Pacífico ecuatorial central y **c)** el pacífico ecuatorial oriental. **Fuente:** Rosales, 2021.

En la **Gráfica 6.** El Índice estandarizado zonal de los vientos alisios del Pacífico Ecuatorial muestra en la gráfica (a, b y c) una línea de color plomo, rosado y verde las cuales indican la intensidad de los vientos alisios en la región occidental, central y oriental, los valores positivos indican vientos alisios más intensos de lo normal y valores negativos indican vientos más débiles. La línea amarilla muestra los valores de temperatura superficial del mar en la estación de Puerto Bolívar por lo cual en relación con los vientos alisios tomamos de relevancia los valores negativos que indican la presencia del evento cálido EL NIÑO.

En el año 2010 la TMS de la estación de Puerto Bolívar fue de 24 °C a 27.2 °C y los vientos alisios se manifestaron de la misma forma en las tres estaciones de Esmeraldas, Manta y La Libertad. En el año 2011 variaron de 23 °C a 26.5 °C, mientras que en el año 2012 fue de 23.7 °C a 26 °C, en el 2013 de 21 °C a 27.6 °C, siendo muy variables durante todo el año. Mientras que el 2014 la temperatura fluctuó de 20 °C a 25.6 °C disminuyo en comparación con las

otras estaciones manteniendo un promedio de 25 °C a su vez se presentaron vientos alisios débiles indicando así un evento cálido.

En el año 2015 se manifestaron temperaturas de 23.9 °C a 25.7 °C y en relación con los vientos alisios en las tres regiones se debilitaron presenciando así un evento cálido fuerte. Mientras que el año 2016 la TMS fluctuó de 20 °C a 26.8 °C y en relación con los vientos alisios se mantuvieron anomalías positivas y negativas en la región central y oriental. En el año 2017 se presentaron temperaturas de 22 °C a 27 °C y los vientos alisios variaron de -0.1 y -0.4 pero con anomalías mayormente positivas durante casi todo el año. En el 2018 la TMS fue de 22 °C a 26.5 °C, con anomalías positivas y negativas manteniéndose así vientos débiles con menor intensidad.

En el año 2019 la TMS fluctuó de 20.2 °C a 27.8 °C y se mantuvieron anomalías positivas y negativas en la región occidental, central y oriental siendo así vientos débiles con menor intensidad con estas condiciones es considerado como un niño débil. En el 2020 se identificaron temperaturas de 22 °C a 27.4 °C, con un promedio de 24 °C. Además, se presentaron más anomalías positivas que negativas por lo cual no evidencio la presencia de un evento cálido.

6.3. COMPORTAMIENTO DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS

6.3.1. SALINIDAD

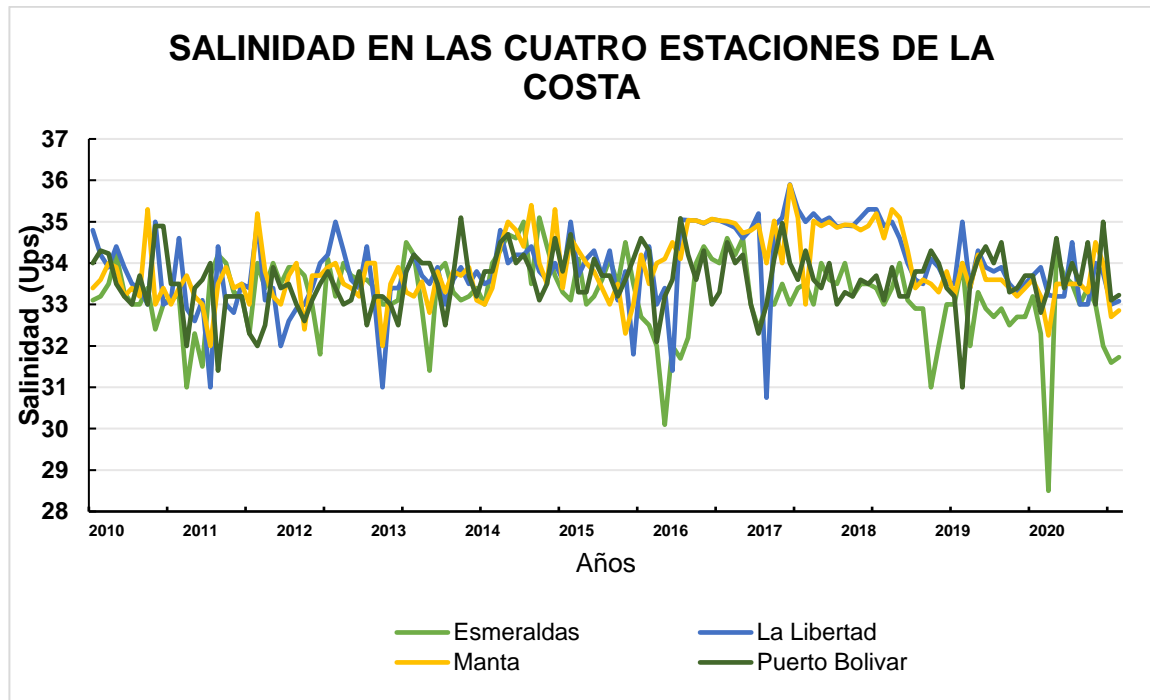


Gráfico 7. Comportamiento de la Salinidad en las cuatro Estaciones ubicadas a 10 millas de la costa. **Fuente:** Rosales, 2021.

La salinidad en la estación de Esmeraldas fluctuó de 28.5 ups a 35.1 ups, con un promedio de salinidad de 33.2 ups. Mientras que en la estación de Manta mantuvo un promedio de 33.8 ups, en la estación de La Libertad vario de 30.7 ups a 35.1 ups, con un promedio de 33.8 ups, en cambio, en Puerto Bolívar la salinidad fluctuó de 31 ups a 35.1 ups y el promedio fue de 33.5 ups. En la **Gráfica 7** se puede observar un leve aumento de salinidad en la estación de Manta (línea amarilla) y La Libertad (línea Azul), y a la vez una leve disminución (línea de verde claro), también se mantuvieron promedios casi estables en las cuatro estaciones costeras. En los años que observo un evento cálido las salinidades se mantuvieron en un rango de 33 ups y 35 ups en las

cuatro estaciones, por lo cual las diferentes variaciones de salinidad se deben a muchos factores ya sea por la temperatura o el medio en general.

6.3.2. OXÍGENO DISUELTO

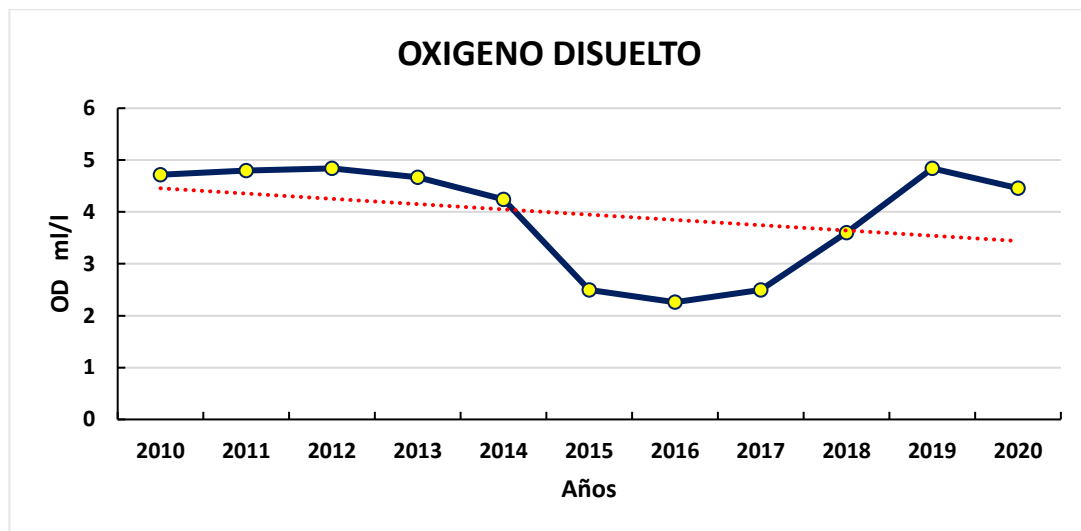


Gráfico 8. Variación espacial y temporal del Oxígeno Disuelto a 50 metros a la superficie en las estaciones de Esmeraldas, Manta, La Libertad y Puerto Bolívar entre 2010 y 2020. **Fuente:** Rosales, 2021.

El Oxígeno Disuelto en las 4 estaciones costeras presento un promedio de 3.9 ml/l durante los años 2010-2020 y los niveles de oxígeno fluctuaron de un promedio de 2.26 ml/l a 4.8 ml/l el cual fue el valor máximo presentado desde los 50 metros a la superficie, en (**Gráfica 8**) se observa que empieza con valores altos desde el año 2010, posteriormente hay una leve disminución en los años 2015, 2016, 2017 después comenzaron a incrementarse estos promedios hasta el año 2019. De manera general el oxígeno disuelto se presenta en mayor concentración en eventos el Niño, a excepción del tiempo En que se haya manifestado en mayor intensidad, lo cual podría deberse a que el oxígeno al ser un gas pudo haberse liberado a la atmósfera al encontrarse con temperaturas superiores.

6.3.3. NUTRIENTES: FOSFATO Y NITRATO

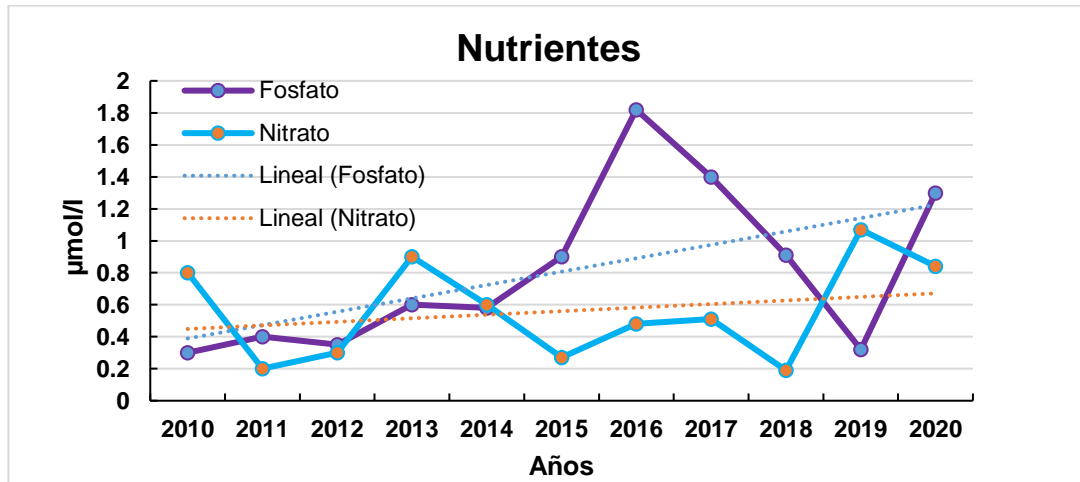


Gráfico 9. Variación espacial y temporal del Nitrato y Fosfato a 50 metros a la superficie en las estaciones de Esmeraldas, Manta, La Libertad y Puerto Bolívar entre 2010 y 2020. **Fuente:** Rosales, 2021.

En la **Gráfica 9** se observa el comportamiento del fosfato (línea morada) y el Nitrato (línea celeste). El nitrato presentó un promedio de $0.19 \mu\text{mol/l}$ a $1.07 \mu\text{mol/l}$, siendo el mínimo en el año 2018, también se presentaron valores mínimos en el año 2011, 2012 y 2015 y los máximos en el año 2013 y 2019, además en las cuatro estaciones se evidenció un promedio general de $0.56 \mu\text{mol/l}$.

El Fosfato durante los años 2010 a 2020 tuvo un promedio de $0.81 \mu\text{mol/l}$ en las cuatro estaciones de muestreo y a su vez mantuvo promedios que fluctúan de $0.3 \mu\text{mol/l}$ a $1.82 \mu\text{mol/l}$ desde los 50 metros a la superficie. En la (**Gráfica 9**) se observa niveles bajos que se mantiene de $0 \mu\text{mol/l}$ a $1 \mu\text{mol/l}$ desde el 2010 y se incrementan en 2015 con un pico máximo en el 2016, posteriormente un descenso en el 2019 y un incremento en el 2020.

Los parámetros fisicoquímicos analizados como la TSM muestra una relación directa con el fenómeno del Niño, el aumento o disminución de la misma tendrá

una influencia en la salinidad, Oxígeno Disuelto y en los diferentes nutrientes, cabe destacar que los promedios de TMS fueron de 25.3 °C, mientras que la Salinidad fue de 33.6 ups, el OD de 3.9 ml/l, el Nitrato de 0.56 $\mu\text{mol/l}$ y Fosfato de 0.81 $\mu\text{mol/l}$ prevaleciendo valores promedios normales el lapso de los 10 años de análisis en las cuatro estaciones.

7. CONCLUSIONES

- El evento cálido El Niño presentó una ocurrencia de tres periodos, el primero finalizó a mediados del mes de mayo del año 2010 y fue considerado como un Niño Débil, el segundo se presentó en octubre del 2014 hasta abril del 2016, en el cual se consideró en 2 etapas un periodo débil y otro muy fuerte, y el tercer evento se produjo en el mes de septiembre del año 2018 y finalizó en junio del 2019, la presencia de estos eventos fueron comprobados con el Índice SOI y ONI los cuales permiten detectar la presencia de este tipo de fenómenos naturales.
- El mar en la costa ecuatoriana se encuentra influenciado por diferentes parámetros tanto físicos como químicos que pueden ocasionar cambios de Temperatura y salinidad, así como pequeñas variaciones en el oxígeno disuelto, nitrato y fosfatos. Pese a que los parámetros químicos fueron muy variables en los años 2010-2020 se mantuvieron en rangos estables, los promedios de TSM fueron de 25.3 °C, mientras que la Salinidad fue de 33.6 ups, el OD de 3.9 ml/l, el Nitrato de 0.56 $\mu\text{mol/l}$ y Fosfato de 0.81 $\mu\text{mol/l}$ en las cuatro estaciones costeras.
- Al ser un evento cálido, tiene una alta relación con los vientos y parámetros atmosféricos como la TSM, por ello se reflejaron condiciones normales de los vientos alisios acordes al tiempo en que se presentó el evento del Niño en las tres regiones correspondiente a la zona del Pacífico Ecuatorial Occidental, Central y Oriental, en relación con el aumento de la TSM, se observaron temperaturas más cálidas junto con anomalías negativas en los años 2010 y (2014/2016) posteriormente (2018/2019), lo cual se debe al debilitamiento de estos vientos Alisios.
- Cabe destacar que la medición de estos parámetros y sobre todo las temperaturas superficiales de los mares, ayudan a proporcionar

información más detallada de las anomalías del océano, pudiendo detectar a tiempo la presencia de diferentes eventos naturales, y así estar mejor preparados para reducir el impacto de estos en la costa.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, J., & Aguilar, J. (2009). Batimetría, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto en aguas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 57,19-29.
- Andrade, C. (2014). Variación Estacional de la Medusas y Sifonóforos en las Estaciones Fijas 10 Millas Costa Afuera de La Libertad y Manta Durante el 2013. *Acta Oceanográfica Del Pacífico:INOCAR*, 19(2), 43-62.
- BAC. (2010-2020). Estudio Regional del Fenómeno el Niño. Boletín de Alerta Climático. BAC.Nro. 232-363. Obtenido de <http://www.inocar.mil.ec>.
- Bernal, G., Poveda , G., Roldán, P., & Andrade, C. (2006). Patrones de variabilidad de las temperaturas superficiales del mar en la costa Caribe colombiana. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 30(115), 195-208.
- Bocanegra, J., Edgar, J., & Caicedo, J. (2000). La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño-La Niña-Oscilación del Sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. *Meteorología Colombiana*, 2, 7-21.
- Bucheli, R. (2016). *Comportamiento temporal del plancton ante factores oceanográficos y eventos climáticos en las estaciones de Esmeraldas, Puerto López y Salinas (Master's thesis, Facultad de Ciencias Naturales.)*.Universidad de Guayaquil.
- Bucheli, R. (2018). Comportamiento temporal del plancton ante factores oceanográficos en las estaciones de Esmeraldas, Puerto López y Salinas. *Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR*, 22(1): 15-34.

- Bucheli, R., Cajas, J., & Hidalgo, P. (2019). ¿ Es Calanus chilensis un indicador de la Corriente de Humboldt en el Pacífico ecuatoriano? *Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR.*, 23(1): 27-44.
- Burgos, L. L. (2004). *Estudio temporo-espacial de las condiciones hidroquímicas en el mar ecuatoriano: valor pronostico en eventos climáticos (Bachelor's thesis, Universidad De Guayaquil Facultad de Ciencias Químicas).*
- Carrillo, P. (2013). *Características químicas de las masas de Aguas Costeras Ecuatorianas, durante el evento "LA NIÑA".* 18(1):33-40: *Acta Oceanografica del Pacífico. INOCAR.*
- Carrillo, P. (2013). Comportamiento del oxígeno disuelto en la columna de agua de las estaciones fijas ecuatorianas 1988-2013. *Acta Oceanográfica Del Pacífico: INOCAR*, 18(1), 41-48.
- Carrillo, P. (2012). Comportamiento del oxígeno disuelto en dos estaciones costeras La Libertad y Manta, como aporte al conocimiento del fenómeno" El Niño. *Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR*, 17(1):21-29.
- Carrillo, P., & Zambrano, E. (2012). Las estaciones costeras y la vigilancia de "El Niño" en el Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR*, 17, 155-161.
- Cifuentes, J. T. (2003). El Océano y sus recursos II. *Las Ciencias del Mar, México, Segunda Edición, Editorial Fondo de Cultura Económica*, p.9,130-154.

- Connolley, W. M. (2006). *Mapa de varias regiones del índice utilizado para medir la fuerza de un ENOS*.
- Cruz, M. N. (2010). Especies planctónicas marinas como bioindicadoras de masas de agua frente a la costa ecuatoriana durante el evento El Niño 2009-2010. *Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR* , 16 (1), p. 11-23.
- Del Salto, M. G. (2013). Análisis del Comportamiento Climático de los Últimos 30 Años, en las Costas de Esmeraldas, Manta y Puerto Bolívar Durante la Época Húmeda. *Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR*, 18(1):9-19.
- Díaz, C. G. (2012). El cambio climático. *Ciencia y sociedad*.
- Duarte, C. M., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., & Pardo, B. &. (2006). *Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Madrid: CSIC. Consejo superior de investigaciones científicas.
- ERFEN. (2010-2020). Boletines mensuales ERFEN. Obtenido de www.inocar.mil.ec
- Fernández, J. L. (2013). El cambio climático: sus causas y efectos medioambientales. *Anales de la real academia de medicina y cirugía de Valladolid* , (50),71-98.
- Fernández, W., & Ramírez, P. (1991). El Niño, la Oscilación del Sur y sus efectos en Costa Rica: una revisión. *Tecnología en Marcha*, 11(1), 3-10.
- González Narváez, M. &. (2015). Análisis del comportamiento de la temperatura del mar en las estaciones 10 millas costa afuera de Manta

y La Libertad de Inocar, para los años 1992-2014 . *Acta Oceanográfica Del Pacífico:INOCAR*, (20), 29-4.

Graco, M., Ledesma, J., Flores, G., & Girón, M. (2007). Nutrientes, oxígeno y procesos biogeoquímicos en el sistema de surgencias de la corriente de Humboldt frente a Perú. *Revista peruana de biología*, 14(1),117-128.

Hijar, G., Bonilla, C., Munayco, C., Gutierrez, E., & Ramos, W. (2016). *Fenómeno el niño y desastres naturales: intervenciones en salud pública para la preparación y respuesta*. 33, 300-310: *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*.

IRI. (2016). *Enso Essentials. What do we mean by "El Niño"*. Obtenido de <https://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/enso/enso-essentials/>

Larkin, N. K., & Harrison, D. E. (2005). On the definition of El Niño and associated seasonal average US weather anomalies. *Geophysical Research Letters*, 32(13).

Luengas, C. N. (2013). *El ciclo del nitrógeno, propuesta para ciclo tres de educación media rural. Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales*.

Martelo, M. (1998). El Fenómeno del Niño. Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales Renovables. *Venezuela COMUNIICA*, 3 (9) .48-55.

Martínez, P., & Patiño, C. (2012). Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. *Tecnología y ciencias del agua*, 3(1), 5-20.

- Martínez, R., Zambrano, E., Nieto, J., Hernández, J., & Costa, F. (2017). Evolución, vulnerabilidad e impactos económicos y sociales de El Niño 2015-2016 en América Latina. *Investigaciones geográficas*, (68),65-78.
- Maturana, J., Bello, M., & Manley, M. (1997). Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur. *El Niño-La Niña, 2000*, 13-27.
- Melo, S., Riveros, L., Romero, A., Giraldo, C., & Calderon, S. (2017). Efectos económicos de futuras sequías en Colombia: Estimación a partir del Fenómeno El Niño 2015. *Archivos de Economía*, 466, 1-34.
- Miller, G. (2007). Ciencia ambiental: Desarrollo sostenible, un enfoque integral,8va edición,. *Editores Internacional Thomson, México*.
- NOA. (Abril de 1 de 2021). *Climate Prediction Center:Cold & Warm Episodes by Season*. Obtenido de https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php
- Perugachi, S. C. (2013). Análisis de cambios en los afloramientos en el Pacífico ecuatorial este, durante eventos El Niño Oscilación del Sur. *Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR*, 18(1):21-32.
- Pourrut, P., & Gómez, G. (1998). El Ecuador al cruce de varias influencias climáticas. Una situación estratégica para el estudio del fenómeno El Niño. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 27(3).
- Quiroz Torres, S. D. (2018). *Análisis Comparativo de Variables Oceanográficas de Sensores Remotos y datos in situ en la costa del Ecuador para periodos de tiempo entre 1996-2014 (Bachelor's thesis)*.

- Quispe, L. M. (2017). Estudio del comportamiento del oxígeno disuelto y parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la Bahía Interior de Puno.
- Rodríguez, T., & Reimer, J. (2014). Introducción a la química marina: importancia de los principales nutrientes inorgánicos en el océano. *INVESTIGACIONES COSTERAS*, 9.
- Rueda, V., & García, C. (2002). Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos. *Gaceta ecológica*, (65),7-23.
- Ruperti, H., Carroll, D., & Breaker, L. (2015). Tendencias en la variabilidad de la temperatura superficial del mar en la costa de Ecuador. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, (15), 100-113.
- Sampieri, R., & Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación (Vol. 4)*. México^ eD. F DF: McGraw-Hill Interamericana.
- Sanchez, R., & Ramirez, J. (2002). *Proyecto: un modelo de series temporales para el fenomeno de el niño (Bachelor's thesis)*.
- Tomalá, F. J. (2015). *Distribución espacio-temporal de Cladóceros Penilia avirostris y Evadne tergestina a 10 millas costa afuera La Libertad durante Marzo del 2008 a Marzo del 2012 (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Elena, 2015.)*.
- Villamar, R., & Gonzalez, M. (2003). *Incidencia del fenómeno El Niño en la actividad económica del Ecuador: Un análisis de series de tiempo (Bachelor's thesis)*.

9. ANEXOS

Anexo 1. Anomalías de las cuatro regiones de la temperatura superficial del mar, periodo 2010-2020.

AÑO	NIÑO 1+2	NIÑO 3	NIÑO 4	NINO3.4	
	ANOM	ANOM	ANOM	ANOM	
2010	0.3	1	1.21	1.5	
	-0.06	0.75	1	1.22	
	-0.4	0.6	1.02	1.08	
	0.45	0.55	0.74	0.59	
	0	-0.11	0.24	-0.17	
	-0.27	-0.68	-0.21	-0.65	
	-1.54	-1.09	-0.71	-1.13	
	-1.37	-1.12	-1.2	-1.32	
	-1.44	-1.26	-1.56	-1.65	
	-1.73	-1.66	-1.6	-1.68	
	-1.34	-1.64	-1.6	-1.62	
	-0.44	-1.32	-1.58	-1.64
		0.08	-0.82	-1.15	-1.27
		-0.43	-0.75	-0.77	-0.98
		0.16	-0.32	-0.64	-0.76
		-0.6	-0.95	-0.72	-0.97
		-0.8	-1.09	-0.77	-1.05
	0.4	
2020	0.02	0.2	0.93	0.53	
	0.35	0.24	0.98	0.41	
	0.38	0.24	0.89	0.55	
	0.32	0.4	0.61	0.44	
	-0.22	-0.36	-0.01	-0.36	
	-0.87	-0.79	0.05	-0.47	
	-1.23	-0.66	-0.13	-0.44	
	-0.97	-0.62	-0.35	-0.69	
	-0.85	-1.26	-0.49	-0.96	
	1.07	-1.34	-0.87	-1.42	
	-0.61	-1.23	-0.86	-1.42	
	-0.6	-0.83	-0.95	-1.12	

Fuente: NOA, 2021. Elaborado por: Rosales, 2021.

Anexo 2. Índices de ENOS. a) SOI tradicional y SOI Ecuatorial

	SOI	SOI Ecuatorial
2010	-1.1	-1.9
	-1.5	-1.2
	-0.7	-0.9
	1.2	-0.1
	0.9	1
	0.4	1.5
	1.8	1.8
	1.8	1.6
	2.2	1.6
	1.7	2.3
	1.3

2019	0	-0.6
	-1.4	-1.4
	-0.3	-12
	0.1	0
	-0.4	-0.5
	-0.5	-0.3
	-0.4	-0.2
	-0.1	0
	-1.2	-0.1
	-0.4	0.1
	-0.8	-0.3
	-0.6	0
	2020	0.2
-0.1		-0.6
-0.1		0.4
0.2		0.3
0.4		0.8
-0.4		0.6
0.4		0.6
1.1		1
0.9		1.3
0.5		0.8
0.7		1.1
1.8		0

Fuente: NOA, 2021. **Elaborado por:** Rosales, 2021.

Anexo 3. Componente Zonal de los vientos Alisios (IZVA) en el Pacífico ecuatorial.

Anomalía Estandarizada			
	135°E-180°O	175°O-140°O	135°O-120°O
2010	-0.4	-0.2	-0.4
	-0.6	-1.2	-1.4
	0.1	0.1	-0.8
	0.6	-0.2	-0.6
	1.4	0.5	-0.6
	1.2	0.3	-0.2
	1.7	0.7	-0.3
	1.8	0.8	-0.3
	2.1	0.6	-0.3
	1.6	1.6	0.5
	2	1.1	-0.4
	2.1	2.1	0.4
2011	1.1	0.6	-1
	0.9	0.9	-1.1
	1.6	1	-0.1
	1.5	0.7	-0.9
	-1.1	-0.7	-0.5
	-0.2	-0.8	-1.9
	-0.2	-0.3	-0.7
	0.2	0.3	-0.5
.....	-1.2	-0.2	0
	-1	-0.1	0.2
	0.4	1	1
	0.4	1.1	0.9
	0.8	1.2	1.7
	0.5	0.2	1.1
	1.1	1	1.1
	0.5	0.4
2020	1	1.4	1.4
	1.7	1.7	2
	1.8	1.4	0.3
	2.1	1.8

Fuente: BAC, 2010-2021. Elaborado por: Rosales, 2021.

Anexo 4.. Salinidad en las cuatro Estaciones costeras.

Año	Ups	Salinidad			
	Mes	Esmeraldas	Manta	La Libertad	Puerto Bolivar
2010	Enero	33.1	33.4	34.8	34
	Febrero	33.2	33.6	34.2	34.3
	Marzo	33.5	34	33.9	34.23
	Abril	34.2	33.9	34.4	33.5
	Mayo	33.3	33.2	33.9	33.2
	Junio	33	33.4	33.5	33
	Julio	33	33.2	33.4	33.7
	Agosto	33.4	35.3	33	33
	Septiembre	32.4	33	35	34.9
	Octubre	33	33.4	33	34.9
	Noviembre	33.2	33	33.1	33.5
	Diciembre	33.2	33.4	34.6	33.5
.....
2020	Enero	33.2	33.6	33.7	33.7
	Febrero	32.3	33.2	33.9	32.8
	Marzo	28.5	32.25	33.23	33.4
	Abril	34.2	33.5	33.2	34.6
	Mayo	33.7	33.5	33.2	33.4
	Junio	33.5	33.5	34.5	34
	Julio	33	33.5	33	33.5
	Agosto	33.4	33.3	33	34.5
	Septiembre	33	34.5	34	33
	Octubre	32	34	33.75	35
	Noviembre	31.6	32.7	33	33.1
	Diciembre	31.73	32.86	33.08	33.23

Fuente: ERFEN, 2010-2021. **Elaborado por:** Rosales, 2021.

Anexo 5. Temperatura superficial del mar en las cuatro estaciones costeras.

TMS					
Año	Mes	Esmeraldas	Manta	La Libertad	Puerto Bolivar
2010	Enero	27	26	25.5	26
	Febrero	27	26.5	27	25
	Marzo	28	27	27	27.2
	Abril	26.5	27.5	26.5	26.5
	Mayo	26.6	26.5	28	27.2
	Junio	26.5	26	25	25
	Julio	26.1	26	23.5	25.4
	Agosto	26.8	25	24	24
	Septiembre	26.6	24	25	25
	Octubre	23.9	26.4	24	26
	Noviembre	23.2	23.5	23.5	23.3
	Diciembre	27	24.5	23.5	24.5
2020	Enero	25	25.2	26.5	26
	Febrero	27.5	27	27.5	27.4
	Marzo	27	26.6	26.3	26
	Abril	26	27	24	22
	Mayo	27	26	25	26
	Junio	27	24	26	24
	Julio	26	24	22	24
	Agosto	26	24	25	24
	Septiembre	26	24	23	24.2
	Octubre	26	24	21	24
	Noviembre	26	24.9	23.5	23.8
	Diciembre	26.3	24.1	23.9	23.9

Fuente: ERFEN, 2010-2021. **Elaborado por:** Rosales, 2021.