



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN EL SECTOR
CAMARONERO DURANTE EL PERIODO 1975 – 2022 CANTÓN
HUAQUILLAS – EL ORO**

**AUTOR
ENCARNACIÓN CASTRO VICTOR ANDRES**

**TUTORA
ING. GARZÓN REYES LILIAM STEPHANIA, MSc.**

**GUAYAQUIL, ECUADOR
2024**

**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **GARZON REYES LILIAM STEPHANIA**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN EL SECTOR CAMARONERO DURANTE EL PERIODO 1975 – 2022 CANTÓN HUAQUILLAS – EL ORO**, realizado por el estudiante **ENCARNACIÓN CASTRO VICTOR ANDRÉS**; con cédula de identidad N° **0706804663** de la carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, sede matriz “Dr. Jacobo Bucaram Ortiz”- **GUAYAQUIL**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Garzón Reyes Liliam Stephania, Msc.

Guayaquil, 19 de noviembre del 2024



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN EL SECTOR CAMARONERO DURANTE EL PERIODO 1975 – 2022 CANTÓN HUAQUILLAS – EL ORO** realizado por el estudiante **ENCARNACIÓN CASTRO VICTOR ANDRÉS**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. ARCOS JACOME DIEGO, MSc.
PRESIDENTE

Ing. PORTALANZA PERALTA
DIEGO, PhD.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. FUENTES VASQUEZ PEDRO,
MSc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. GARZÓN REYES LILIAM, MSc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 19 de noviembre del 2024

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios, por haberme dado la fortaleza, sabiduría y perseverancia para alcanzar este logro. A mis padres, quienes con su amor incondicional y sacrificios constantes me han apoyado en cada paso de mi vida. A mis hermanos, quienes con su energía y admiración me inspiran a ser un mejor ejemplo para ellos. A toda mi familia, por su apoyo, comprensión y palabras de aliento, que me han motivado a seguir adelante en los momentos más difíciles. A mis amigos y compañeros de la universidad, quienes han estado a mi lado brindándome su apoyo y amistad, y con quienes he compartido momentos de esfuerzo y alegría. Sin cada uno de ustedes, este sueño no sería posible.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios, por darme la fuerza, sabiduría y perseverancia necesarias para alcanzar este logro importante en mi vida. A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y los sacrificios que han hecho para que hoy pueda cumplir esta meta. A mis hermanos por su energía, compañía y por recordarme la importancia de ser un buen ejemplo para ellos. Un agradecimiento especial para mi tutora de tesis, Ing. Liliam Garzón Reyes, MSC, por su valiosa guía, paciencia y dedicación durante todo el desarrollo de este trabajo. A mi familia en general, por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo en cada paso del camino. A mis amigos y compañeros de la Universidad, por su lealtad, amistad y ánimo durante los momentos más difíciles. Finalmente, extendiendo mi gratitud a todos los profesores de la universidad que me impartieron clases a lo largo de mi formación, cada uno de ellos ha dejado una huella importante en mi desarrollo académico y personal. Sin todos ustedes, este logro no habría sido posible.

**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Autorización de Autoría Intelectual

Yo **ENCARNACIÓN CASTRO VICTOR ANDRÉS**, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre **“ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN EL SECTOR CAMARONERO DURANTE EL PERIODO 1975 – 2022 CANTÓN HUAQUILLAS – EL ORO”** para optar el título de **INGENIERO AMBIENTAL**, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 19 de noviembre del 2024

ENCARNACIÓN CASTRO VICTOR ANDRÉS
C.I. 0706804663

RESUMEN

Este estudio analiza la variabilidad climática en el sector camaronero del cantón Huaquillas, provincia de El Oro, entre 1975 y 2022. El objetivo es comprender cómo los cambios en las temperaturas y precipitaciones han afectado la producción de camarón, dado que Huaquillas es una región vulnerable al cambio climático. El problema se enfoca en identificar las anomalías climáticas que han impactado la producción camaronera y en proponer medidas para mitigar estos efectos. El marco teórico aborda conceptos como el cambio climático, la variabilidad climática y fenómenos como El Niño, y revisa estudios que destacan los desafíos en la recopilación de datos climáticos en Ecuador. La metodología se basó en el análisis de datos meteorológicos oficiales mediante técnicas de estadística descriptiva para comparar dos períodos: 1975-1988 y 1999-2022, identificando tendencias de temperatura y precipitación, así como anomalías significativas. Los resultados evidencian un aumento considerable en la temperatura y variaciones en la precipitación que han impactado directamente el sector camaronero. Las conclusiones destacan la urgencia de implementar medidas de adaptación y mitigación, como la gestión eficiente del agua y planificación estratégica, para enfrentar los efectos de la variabilidad climáticas en Huaquillas.

Palabras clave: *variabilidad climática, cambio climático, Huaquillas, acuicultura, adaptación.*

ABSTRACT

This study analyzes climate variability in the shrimp farming sector of Canton Huaquillas, El Oro province between 1975 and 2022. The objective is to understand how changes in temperature and precipitation have affected aquaculture production. Huaquillas is a region known for its vulnerability to climate change. The research problem focuses on identifying the climate anomalies that have impacted shrimp production and proposing measures to mitigate these effects. The theoretical framework addresses concepts such as climate change, climate variability, and phenomena like El Niño, and reviews studies highlighting the challenges in collecting climate data in Ecuador. The methodology was based on the analysis of official meteorological data using descriptive statistics techniques to compare two periods: 1975-1998 and 1999-2022, identifying temperature and precipitation trends, as well as significant anomalies. The results show a considerable increase in temperature and variations in precipitation that have directly impacted the shrimp farming sector. The conclusions emphasize the urgency of implementing adaptation and mitigation measures, such as efficient water management and strategic planning, to address the effects of climate variability in Huaquillas.

Key words: *aquaculture, adaptation, climate change, Huaquillas, climate variability.*

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedente del problema	1
1.2 Planteamiento y formulación del problema	3
1.2.1 Planteamiento del problema	3
1.3 Formulación del problema.....	3
1.4 Justificación de la investigación	3
1.5 Delimitación de la investigación	4
1.6 Objetivo General	5
1.7 Objetivos específicos	5
1.8 Hipótesis	5
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Estado del arte	6
2.2 Descripción teórica	10
2.2.1 Cambio climático.....	10
2.2.1.1 Causas del cambio climática.....	11
2.2.1.2 Consecuencias del climático.....	13
2.2.2 Variabilidad climática.....	15
2.2.3 Variables meteorológicas	16
2.2.4 Precipitación	17
2.2.4.1 Precipitación Convectiva	17
2.2.4.2 Precipitación Orográfica.....	17
2.2.4.3 Precipitación Frontal	17
2.2.5 Temperatura.....	17
2.2.5.1 Temperatura máxima	17
2.2.5.2 Temperatura mínima	18
2.2.5.3 Temperatura promedio	18
2.2.6 Sectores económicos afectados por la variabilidad climática	18
2.2.7 Anomalía climática.....	19
2.2.8 Nivel socioeconómico	19
2.2.9 Medidas de mitigación	20
2.3 Marco legal	20

2.3.1 Constitución de la República del Ecuador, Registro Oficial 449 de 20 octubre de 2008	20
2.3.2 Código Orgánico del Ambiente, Registro oficial suplemento 983 de 12 de abril 2017.	21
2.3.3 Política de estado la estrategia nacional de Cambio Climático, Acuerdo Ministerial 95, Registro Oficial Edición Especial 9 de 17 junio del 2013.....	22
2.3.4 Convención del marco de la Organización de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 1992.	22
2.3.5 Acuerdo de París, 2015	23
3. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1 Enfoque de la investigación	25
3.1.1 Diseño de investigación	26
3.2 Metodología	26
3.2.1 Variables	26
3.2.1.1. Variable independiente.....	26
3.2.1.2. Variable dependiente.....	26
3.2.2 Matriz de operacionalización de variables	26
3.2.3 Recolección de datos.....	27
3.2.3.1 Recursos.....	27
3.2.3.2 Recursos financieros.....	28
3.2.3.3 Métodos y técnicas	28
3.2.3.3.1 Análisis las tendencias de precipitación y temperatura en el cantón Huaquillas entre 1975 y 2022 con datos provenientes de sitios web oficiales.....	29
3.2.3.3.2 Comparación de anomalías en las series temporales de precipitación y temperatura de dos períodos de tiempo 1975 a 1998 y 1999 a 2022.....	30
3.2.3.3.3 Propuesta de medidas para mitigar los efectos de la variabilidad climática en el sector camaronero del cantón Huaquillas.	30
3.2.4 Análisis estadístico	31
3.2.4.1 Estadística descriptiva.....	31
4. RESULTADOS	33
4.1 Análisis las tendencias de precipitación y temperatura en el cantón Huaquillas entre 1975 y 2022 con datos provenientes de sitios web oficiales.	33

4.2 Comparación las anomalías en las series temporales de precipitación y temperatura de dos periodos de tiempo 1975 a 1998 y 1999 a 2022.	35
4.3 Medidas para mitigar los efectos de la variabilidad climática en el sector camaronero del cantón Huaquillas.	43
5. DISCUSIÓN	49
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
6.1 Conclusiones	51
6.2 Recomendaciones	52
7. BIBLIOGRAFÍA	53
8. ANEXOS	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tendencias de precipitación y temperatura en la provincia del Oro, cantón Huaquillas, Ecuador (1975 - 2022).....	33
Figura 2. Correlación de los datos observados (INAMHI) y modelados (NASA POWER) de temperaturas en el periodo 2002-2012.....	34
Figura 3. Precipitación anual en la provincia del Oro, cantón Huaquillas, Ecuador (1975 - 1998).....	35
Figura 4. Precipitación anual en la provincia del Oro, cantón Huaquillas, Ecuador (1999 - 2022).....	36
Figura 5. Temperatura media anual en la provincia del Oro, cantón Huaquillas, Ecuador (1975 - 1998).....	37
Figura 6. Temperatura media anual en la provincia del Oro, cantón Huaquillas, Ecuador (1999 - 2022).....	37
Figura 7. Índice de Oscilación del Sur (SOI).....	38
Figura 8. Índice del Niño Oceánico (ONI).....	39
Figura 9. Anomalías - Temperatura	40
Figura 10. Anomalías - Precipitación.....	40
Figura 11. Correlación de Pearson	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de Variable Independiente	26
Tabla 2. Matriz de variable dependiente	27
Tabla 3. Detalle financiero para el desarrollo del proyecto.....	28
Tabla 4. Sitios web que se utilizaran para la extracción de información meteorológica.....	29
Tabla 5. Sitio web que se utilizaran para la extracción de información meteorológica.	29
Tabla 6. Primera medida propuesta para la gestión ambiental en el sector camaronero.	43
Tabla 7. Segunda medida propuesta para la gestión ambiental en el sector camaronero.	44
Tabla 8. Tercera medida propuesta para la gestión ambiental en el sector camaronero.	45
Tabla 9. Cuarta medida propuesta para la gestión ambiental en el sector camaronero.	46
Tabla 10. Quinta medida propuesta para la gestión ambiental en el sector camaronero.	47
Tabla 11. Sexta medida propuesta para la gestión ambiental en el sector camaronero.	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1. Mapa de ubicación del cantón Huaquillas.....	58
Anexo N° 2. Media anual de temperaturas (°C) durante el periodo 1975 – 2022 del cantón Huaquillas – El Oro.	58
Anexo N° 3. Promedio anual de precipitaciones (mm) durante el periodo 1975 – 2022 del cantón Huaquillas – El Oro.	59
Anexo N° 4. <i>Datos utilizados para correlación de Pearson.</i>	59

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedente del problema

El clima es la combinación de las variaciones de elementos atmosféricos con la interacción de los componentes bióticos y abióticos, físicos y químicos. Estos factores, considerados en un marco temporal prolongado, confieren a una región geográfica determinada una serie de atributos que definen su entorno ambiental. Es decir, el clima representa el conjunto de condiciones promedio que exhiben las diferentes variables atmosféricas en una zona específica, las cuales tienen un papel determinante en las actividades y el desarrollo humano. Estas condiciones climáticas pueden influir en una variedad de aspectos, desde la agricultura y la disponibilidad de recursos naturales hasta las pautas de asentamiento humano y las actividades económicas (Lozano, 2018)

La variabilidad climática abarca un conjunto de cambios en el estado medio del clima y en otras características estadísticas, incluyendo a la desviación típica y eventos extremos, que se manifiestan a lo largo de escalas temporales y espaciales. Esta variabilidad climática no solo representa una gama de fluctuaciones en el clima, sino que también desempeña un papel fundamental en la comprensión de las causas subyacentes de los eventos climáticos extremos. De esta manera, su análisis proporciona una valiosa comprensión de la respuesta de la naturaleza frente a la presión ejercida por los procesos de industrialización y, en general, por las actividades antropogénicas (Ortiz, Ruiz, & Rodríguez, 2017).

El cantón Huaquillas posee un clima tropical mega térmico semiárido característico de la región tropical donde se encuentra ubicado. Este clima se caracteriza por tener temperaturas medias anuales alrededor de 24 CCC, se distingue por una sola temporada lluviosa que se extiende de enero a abril, con precipitaciones anuales que no superan los 500mm, debido a la influencia de la corriente fría de Humboldt. Cuando se presenta el fenómeno de El Niño se observan lluvias abundantes en la zona. El sector primario de Huaquillas comprende Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca, representando el 11% de las actividades económicas del cantón. Los cambios en los patrones de lluvia y temperatura pueden influir significativamente en la productividad de los cultivos, y la salud de las especies de producción animal. La falta de lluvias regulares o la presencia de sequías prolongadas pueden dar lugar a problemas de seguridad

alimentaria y económicos para las comunidades dependientes de los sectores de producción primaria (Arcentales & Flores, 2021).

El término cambio climático se refiere a las transformaciones a largo plazo en las temperaturas y en los patrones climáticos. Estos cambios pueden surgir de manera natural, derivados de variaciones en la actividad solar o erupciones volcánicas de gran envergadura. No obstante, desde el siglo XIX, las acciones humanas han sido la principal fuerza impulsora del cambio climático, principalmente debido a la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas. Dando como resultado la emisión de gases de efecto invernadero que actúan como una cobertura alrededor de la Tierra, reteniendo el calor solar y elevando la temperatura (Ortiz, Ruiz, & Rodríguez, 2017).

Los principales gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático son el dióxido de carbono y el metano. Estos se originan a partir del uso de gasolina o diésel en vehículos. La deforestación y la conversión de tierras también pueden liberar dióxido de carbono, mientras que la agricultura y las actividades relacionadas con el petróleo y el gas representan fuentes importantes de emisiones de metano. La energía, la industria, el transporte, la agricultura y el uso del suelo se encuentran entre los principales contribuyentes a estas emisiones (Organización de las Naciones Unidas, 2020).

El fenómeno del cambio climático constituye un desafío de alcance global que conlleva consecuencias de índole regional, ejerciendo un impacto significativo tanto en los sistemas naturales como en los antrópicos. La concentración creciente de gases de efecto invernadero se destaca como uno de los factores primordiales que impulsa este proceso. Los efectos resultantes de estos cambios en el clima se han manifestado a través de alteraciones y perturbaciones en el entorno natural, dando lugar a desequilibrios en los ecosistemas, así como también en los recursos naturales que dependen de ellos. Como consecuencia, se ha despertado una creciente inquietud en torno a las repercusiones actuales y futuras del cambio climático, lo cual ha motivado a la instauración de diversas iniciativas a nivel social, político y científico con el propósito de abordar y mitigar estas problemáticas de manera integral (Virgen, Gómez, Borja, Ramírez, & Monterroso, 2022).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

La región del cantón Huaquillas, ubicada en la costa suroeste de Ecuador, se caracteriza por tener un clima tropical mega térmico semiárido, lo que la hace particularmente vulnerable a los impactos del cambio climático y la variabilidad climática. Durante las últimas décadas, los habitantes de este cantón han experimentado una serie de transformaciones climáticas significativas que han generado impactos importantes en la producción agrícola, la disponibilidad de recursos hídricos, la salud pública y la estabilidad económica de la región (Vargas, 2016).

La falta de un análisis completo de la variabilidad climática ha dificultado la implementación de estrategias efectivas de adaptación y mitigación, lo que ha dejado a la región vulnerable a eventos climáticos extremos, sequías prolongadas y otros fenómenos meteorológicos que afectan negativamente la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible (Ichazo, 2021).

Este trabajo de investigación tiene como objetivo principal comprender y evaluar en detalle las tendencias, patrones y fenómenos climáticos observados en el cantón, de manera que se puedan comparar las variables meteorológicas de temperatura y precipitación de dos períodos de tiempo 1975 a 1998, y 1999 a 2022, e identificar anomalías climáticas.

1.3 Formulación del problema

¿El sector camaronero del cantón Huaquillas se ha visto afectado por la variabilidad climática en el período 1975 – 2022?

1.4 Justificación de la investigación

Huaquillas es una ciudad ecuatoriana fronteriza, localizada al suroeste de la región litoral, limita su frontera con Perú, exactamente con el distrito Aguas Verdes perteneciente a la provincia de Zarumilla. Con recurrentes temperaturas altas y pocas precipitaciones en el año. Su principal actividad económica es el comercio (Mayón, 2020).

La variabilidad climática engloba las alteraciones en el estado medio y otras características estadísticas del clima, como la desviación típica y los eventos extremos, a lo largo de diversas escalas temporales y espaciales. En este contexto, su presencia permite esclarecer las razones detrás de los sucesos climáticos extremos, brindando la posibilidad de comprender la respuesta de la naturaleza

ante la presión originada por la industrialización y, en general, los procesos antropogénicos. De esta manera, la variabilidad climática presenta dos manifestaciones, una interna vinculada a los procesos naturales del sistema climático, y otra externa, que está asociada a las variaciones provocadas por las acciones antropogénicas (Rosero, 2018).

La variación del climática plantea interrogantes acerca de cómo se desenvuelve el comportamiento humano en términos de consumo, interacciones sociales, aprovechamiento y distribución de los recursos naturales. Por consiguiente, entender los procesos de variabilidad climática a lo largo del tiempo y el espacio, junto con la percepción de la población, se convierte en la base para diseñar políticas públicas dirigidas a desarrollar estrategias de mitigación y la gestión de los recursos naturales en microrregiones (García, Pérez, Martínez, & Gutiérrez, 2021).

El estudio de análisis estadístico de la variabilidad climática del cantón Huaquillas, provincia de El Oro, durante los periodos 1975-2022, se justifica por su significativa relevancia para la comunidad local y la toma de decisiones a nivel gubernamental. Comprender las tendencias climáticas y las anomalías en los patrones de precipitación y temperatura es esencial para adaptar políticas y estrategias que aborden los impactos. El análisis de estos datos contribuirá al avance del conocimiento científico sobre la variabilidad climática en un contexto específico, ofreciendo información valiosa que puede ser aplicada para promover la sostenibilidad y la resiliencia en la región de Huaquillas.

Además, este estudio posee una relevancia que trasciende lo local, ya que los desafíos asociados con la variabilidad climática son una preocupación global. Los resultados obtenidos podrían tener implicaciones a nivel nacional e internacional, ayudando a entender mejor los patrones climáticos en una región que, como muchas otras, enfrenta un contexto de cambio climático. La información generada será de gran utilidad tanto para las autoridades locales como para la comunidad científica y permitirá tomar decisiones más informadas para abordar los desafíos climáticos que afectan al cantón Huaquillas.

1.5 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** Cantón Huaquillas, Provincia de El Oro (-80.2308400, -3.4752300)
Ver Anexos.
- **Tiempo:** 4 meses

- **Población:** 56303 personas (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2022).

1.6 Objetivo General

Analizar la variabilidad climática en el sector camaronero del cantón Huaquillas – El Oro, durante el periodo 1975 – 2022 mediante evaluación de series temporales.

1.7 Objetivos específicos

- Analizar las tendencias de precipitación y temperatura en el cantón Huaquillas entre 1975 y 2022 con datos provenientes de sitios web oficiales.
- Comparar las anomalías en las series temporales de precipitación y temperatura de dos períodos de tiempo 1975 a 1998, y 1999 a 2022.
- Proponer medidas para mitigar los efectos de la variabilidad climática en el sector camaronero del cantón Huaquillas.

1.8 Hipótesis

La variabilidad climática en el cantón Huaquillas se relaciona con la producción del sector camaronero en el periodo 1975 – 2022.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

En el artículo científico de Cadilhac et al. (2019), sobre “Desafíos para la investigación sobre el cambio climático en Ecuador” (pág. 170), postula que el análisis de los sucesos de variabilidad climática y cambio climático son un verdadero desafío para la planificación y el desarrollo sostenible del país, así como también es un reto generar base de datos sólidas que definan claramente el entendimiento de las variables ligadas a las anomalías climáticas y sus consecuencias.

En 2014, la Subsecretaría de Cambio Climático junto con la Unidad de Investigación Ambiental del Ministerio del Ambiente, de la mano de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, y la Universidad Regional Amazónica IKIAM, dieron comienzo a un conjunto de acciones enfocadas en el diseño e implementación de líneas investigativas relativas al cambio climático en el Ecuador (Cadilhac, Torres, Calles, Vanacker, & Calderón, 2019). En este encuentro se definieron los siguientes objetivos:

1. Identificar el desarrollo de la investigación en materia de cambio climático en el Ecuador.
2. Evaluar las condiciones pertinentes para que se pueda coordinar de mejor manera con la academia.
3. Realizar un mapeo previo acerca de las necesidades de investigación en materia.

En el artículo científico presentado por los autores Rueda et al. (2019), sobre Identificación de patrones de variabilidad climática a partir de análisis de componentes principales, Fourier y clúster k-medias, para el manejo de la información se asimilaron datos pertenecientes a una base de datos de la NOAA. En esta asimilación se escalaron los datos satelitales a los puntos de estudio por medio de un análisis de regresión lineal, en un período de tiempo de 30 años.

Se llevó a cabo un pronóstico basado en el análisis de Fourier, en el cual se descomponen series de tiempo en ondas regulares con fase, amplitud y período determinado, por medio de funciones seno y coseno. Puesto que la variabilidad climática se presenta en oscilaciones y cambios de patrones atmosféricos, se puso en práctica esta técnica. Por medio de este análisis se pudieron reconocer patrones

de variabilidad en distintas escalas, diaria, mensual, trimestral, anual, 2 años y 6 años, las que pueden estar íntimamente ligadas a fenómenos climáticos como El Niño.

Para identificar patrones de asociación bivariado se realizó un análisis de cluster k-medias, el cual consiste en una técnica multivariante que pretende agrupar variables, con la finalidad de conseguir la mayor homogeneidad posible en los grupos. Esta metodología se puede trabajar en conjunto con otras como el ACP para reducir la cantidad de componentes no correlacionados, y así finalmente realizar un análisis cluster sobre los componentes obtenidos.

En el estudio científico de Hernández y Santos (2021), acerca de “Análisis de la variabilidad climática de la costa ecuatoriana”, se afirma que en el año 2004 el Panel Intergubernamental en Cambio Climático (IPCC), divulgó que los niveles crecientes de contaminación industrial provocan de manera directa el calentamiento global, incrementando la temperatura a nivel mundial, causando que se derritan los glaciales de los polos y que como resultado suba el nivel del mar, se presenten olas de calor, lluvias extremas y sequías.

Un claro ejemplo de variabilidad climática es el fenómeno de El Niño, que se origina en Sudamérica, afectando gravemente a la población de la región, sin embargo, este suceso también afecta al planeta entero. Siendo uno de los más devastadores el que ocurrió entre los años 1982 y 1983.

La temperatura media del planeta tierra ha aumentado en aproximadamente 0.6 °C, tan solo en el siglo XX. Esta variabilidad climática se viene presentado de manera heterogénea en distintas regiones del mundo, provocando que en algunas regiones haya habido temperaturas más elevadas que en otras.

En el artículo científico de Hidalgo (2019), acerca de “Variabilidad climática interanual sobre Ecuador asociada a ENOS”, se menciona que Ecuador se encuentra ubicado en paralelo 0 del globo terraqueo, por lo que se ve afectado directamente por sistemas sinópticos encargados de la regulación climática y su variabilidad, provocando eventos climáticos durante todo el año, siendo el incremento de las precipitaciones la manifestación principal. El aumento de las lluvias ha ido ocurriendo desde principios del siglo XXI, afectando gravemente al nivel socioeconómico del país.

Los registros meteorológicos señalan que las precipitaciones en en el Ecuador han aumentado o disminuido, debido a la variabilidad climática vinculada

con la Oscilación del Sur (ENOS), siendo su fase caliente el denominado fenómeno de El Niño y la fría llamada La Niña. El ENOS ha sido analizado de manera extensa por sus graves efectos adversos y afectaciones a escala global.

En base a los resultados de la investigación se demostró que en la región litoral, la época lluviosa se presenta de manera unimodal, a diferencia de las regiones sierra y oriente donde se suscita de forma bimodal. También se confirmó que ante eventos climáticos provocados por el fenómeno de La Niña, la temperatura del aire en la costa disminuye, sin embargo, en el fenómeno de El Niño no se puede determinar esta variación de temperatura.

Según la investigación de Chiles (2020), en Ecuador no hay una base de datos meteorológicos adecuada para analizar la variabilidad climática de manera pertinente. Siendo de gran necesidad, debido a que el país tiene altas posibilidades de verse afectado por las consecuencias adversas del cambio climático, ya que se encuentra localizado en los Andes Tropicales.

Para recopilar información se debe recurrir tanto a páginas web de entidades nacionales como el INAMHI e internacionales como la base de datos meteorológicos de la NASA, verificando que cuenten con los datos suficientes para el estudio, así como también artículos científicos, libros e informes.

En el artículo científico de Tiscornia, Cal, y Giménez (2021), se afirma que la variabilidad climática y los fenómenos extremos como inundaciones y sequías representan en grandes afectaciones para el sector de producción agropecuaria, necesitando varios años para recuperarse económicamente de estos sucesos.

La metodología que se utilizó para analizar la variabilidad climática se basó en 3 dimensiones:

- a) Tendencia a largo plazo
- b) Tendencial decadal
- c) Variabilidad interanual

Estas 3 dimensiones hacen referencia a la variación meteorológica causada por factores antropogénicas que se relacionan de manera directa con el cambio climático, así como también a factores de baja y alta frecuencia de la variación climática natural, asociada con eventos ENOS.

Según el estudio realizado por Ludeña y Wilk (2020), sobre “Ecuador: Mitigación y Adaptación al Cambio Climático”, la economía del Ecuador se encuentra en una posición sumamente vulnerable ante las alteraciones de

temperatura y precipitación. Esto se debe a que la economía ecuatoriana se basa en un alto porcentaje del sector agrícola primario.

Ecuador debe reducir su vulnerabilidad económica frente al cambio climático y avanzar en el camino del desarrollo sostenible, disminuyendo las emisiones de carbono. Las acciones a implementar frente a la adaptación y mitigación del cambio climático son de gran valor para sostener la economía nacional.

Se plantean 5 lineamientos de acción para luchar contra el cambio climático:

- a) Fortalecer los conocimientos de las condiciones climáticas.
- b) Fortalecer las instituciones y la acción de los sectores público y privado.
- c) Desarrollar instrumentos para integrar el Cambio Climático en las operaciones financiadas por el BID.
- d) Expandir el crédito en sectores clave.
- e) Escalar en materia de inversiones.

En el libro de Aguirre et al. (2019), acerca de Vulnerabilidad al cambio climático en la Región Sur del Ecuador: Potenciales impactos en los ecosistemas, producción de biomasa y producción hídrica, se afirma que las actividades económicas de la provincia de El Oro están completamente ligadas a las condiciones climáticas, viéndose afectado principalmente la producción de camarón, banano y arroz.

La tasa de incremento de temperatura para la cuenca de Jubones que se encuentra en la provincia de El Oro, es de 0.31°C por década, siendo los puntos más críticos El Salado y Saraguro. El incremento de la temperatura y la variación de las precipitaciones puede provocar escasez de agua en los recursos hídricos, así como también, estrés en los cultivos y la vegetación natural. Además de los impactos negativos del cambio climático en el sector socioeconómico, también existen consecuencias para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

En el trabajo investigativo de Ichazo (2021), afirma que la percepción de los pescadores artesanales puede ser de suma utilidad para describir los efectos de la variabilidad climática, de manera que se pueden complementar con los estudios científicos. En base a la experiencia de los concheros y cangrejeros de los puertos pesqueros de la provincia de El Oro sobre los efectos de el fenómeno de El Niño, mencionan que el agua se calienta lo que provoca que la concha se entierre y sea difícil de sacar, también hay mayor número de agujeros por lo que la pesca se vuelve

más riesgosa, en cuanto al cangrejo, este también se entierra por el aumento de la temperatura del agua y el incremento del volumen de lodo.

Debido a estos efectos sobre el sector pesquero, los pescadores de la provincia de El Oro se ven obligados a cambiar su estrategia de captura, lo que representa pérdidas económicas y afectaciones sociales.

En el estudio científico de Benites (2019), sobre Variabilidad climática anual e interanual y su influencia en los indicadores socio-económicos en el Ecuador, menciona que el Ecuador es uno de los países con mayor afectación por los efectos climáticos que se presentan cada año, repercutiendo en las áreas de economía, salud, viviendas, producción y desarrollo.

La sociedad y las áreas de producción, en repetidas ocasiones se ven perjudicadas por hacer caso omiso a los pronósticos meteorológicos, siendo clave el hecho de que el desarrollo de las civilizaciones a nivel mundial se ha mantenido por su adaptación a climas previstos. Es por ello que se debe fomentar la investigación de la variabilidad climática tanto a nivel nacional como internacional, así como también promover la socialización de los resultados obtenidos.

Los principales efectos adversos de la variabilidad climática se pueden dividir en 4 áreas generales:

- **Daños materiales:** destrucción de infraestructuras.
- **Efectos biológicos:** migración y/o muerte de especies.
- **Efectos socioeconómicos:** pérdida de vidas humanas, destrucción de cultivos.
- **Efectos naturales:** fuertes oleajes, desbordes de ríos.

2.2 Descripción teórica

2.2.1 Cambio climático

El cambio climático engloba las transformaciones a largo plazo en las temperaturas y los patrones climáticos. Si bien estos cambios pueden tener causas naturales, como variaciones en la actividad solar o grandes erupciones volcánicas, desde el siglo XIX, las acciones humanas han sido la principal fuerza impulsora del cambio climático, principalmente a través de la combustión de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, [IPCC], 2007).

2.2.1.1 Causas del cambio climática

Según el estudio de Ponce y Cantú (2012), los combustibles fósiles, entre los que se incluyen al carbón, el petróleo y el gas, se erigen como los principales agentes impulsores del cambio climático a nivel mundial, siendo responsables de más del 75% de todas las emisiones globales de gases de efecto invernadero y aproximadamente el 90% de las emisiones totales de dióxido de carbono.

A continuación, se detallan las diferentes causas del cambio climático según la ONU (2020):

Generación de energía

La producción de electricidad y calor a partir de recursos de origen fósil conlleva la generación significativa de emisiones a nivel mundial. La mayor parte de la energía eléctrica todavía se genera mediante la quema de carbón o gas, lo cual resulta en la liberación de dióxido de carbono y óxido nitroso, dos potentes gases de efecto invernadero que se dispersan por la atmósfera terrestre y retienen el calor solar. A escala global, un poco más de una cuarta parte de la energía eléctrica procede de fuentes renovables como la energía eólica y solar, las cuales, a diferencia de los combustibles fósiles, emiten cantidades mínimas o nulas de gases o contaminantes al aire.

Industria

La actividad industrial y las plantas fabriles generan emisiones, principalmente derivadas de la combustión de combustibles fósiles para impulsar la producción de cemento, hierro, acero, componentes eléctricos, prendas de vestir y otros productos manufacturados. La minería y otros procedimientos industriales también producen gases, al igual que el sector de la construcción. La maquinaria empleada en los procesos de manufactura a menudo funciona con carbón, petróleo o gas, y ciertos materiales, como polímeros plásticos, los cuales contienen compuestos químicos que provienen de los combustibles fósiles.

Tala de los bosques

La deforestación, sea para la conversión de tierras en terrenos de cultivo o pastizales, u otros propósitos, ocasiona emisiones debido a la liberación de carbono almacenado en los árboles que son talados. Cada año se pierden alrededor de 12 millones de hectáreas de bosques. Dado que los bosques tienen la capacidad de absorber dióxido de carbono, su destrucción limita la capacidad natural del medio ambiente para retener estas emisiones y mantenerlas fuera de la atmósfera.

Transporte

La mayor parte de los vehículos de transporte, ya sea terrestres, marítimos o aéreos, operan con combustibles fósiles, lo que convierte al sector del transporte en uno de los mayores generadores de gases de efecto invernadero, especialmente en términos de emisiones de dióxido de carbono. El transporte representa aproximadamente una cuarta parte de las emisiones de dióxido de carbono, y se espera que esta tendencia continúe al alza en el uso de energía en el sector de transporte en los siguientes años.

Producción de alimentos

La producción de alimentos conlleva la emisión de metano, dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero, a través de diversas prácticas como la deforestación y la preparación de terrenos para la agricultura y la cría de ganado, la alimentación de los animales de producción, la fabricación y el uso de fertilizantes y productos para el cultivo, así como el consumo de energía en la maquinaria agrícola y los barcos de pesca, frecuentemente impulsados por combustibles fósiles. Todo ello contribuye a que la producción de alimentos se posicione como uno de los sectores de mayor impacto en el cambio climático.

La energía en los edificios

Globalmente, tanto los inmuebles residenciales como los comerciales son responsables de consumir más de la mitad del suministro total de electricidad. A medida que continúan utilizando fuentes como el carbón, los hidrocarburos y el gas natural para la calefacción y refrigeración, generan cantidades significativas de gases de efecto invernadero. El incremento de la demanda de estos sistemas de regulación térmica, sumado al aumento del consumo de electricidad por parte de equipos de iluminación y dispositivos electrónicos, ha impulsado un alza en las emisiones de dióxido de carbono provenientes de edificaciones en las últimas décadas.

Consumismo

Las elecciones en el hogar, el consumo de energía, los medios de transporte, la dieta y el nivel de desperdicio, todos estos factores influyen en la emisión de GEI. De manera similar, el consumo excesivo de ropa, dispositivos electrónicos y artículos plásticos también contribuye a estas emisiones. El estilo de vida de la sociedad actual tiene un impacto severo en el medio ambiente.

2.2.1.2 Consecuencias del climático.

Las consecuencias del cambio climático son extensas y severas en diversos aspectos de la vida en la Tierra. Las comunidades humanas, los sistemas naturales y los recursos vitales se enfrentan a una serie de amenazas y perturbaciones, la ONU (2020) ha enlistado y descrito las más significativas, las mismas que se detallan a continuación:

Aumento de la temperatura

El aumento de la concentración de GEI provoca directamente el aumento de la temperatura en la Tierra. Durante la última década, en el período comprendido desde 2011 hasta 2020, se ha registrado el calentamiento más pronunciado hasta la fecha. A partir de la década de 1980, cada periodo de 10 años ha sido más cálido que el anterior. Prácticamente en todas las regiones se han experimentado olas de calor y días con altas temperaturas. El aumento de la temperatura conlleva un incremento en las enfermedades vinculadas al calor y dificulta el trabajo al aire libre. Los incendios forestales son más propensos a desatarse y se propagan con mayor rapidez en climas más cálidos.

Tormentas más fuertes

Las tormentas devastadoras han adquirido una mayor intensidad y frecuencia en múltiples regiones. A medida que las temperaturas aumentan, la evaporación de una mayor cantidad de humedad conduce a inundaciones y precipitaciones extremas, lo que a su vez desencadena la ocurrencia de más tempestades destructivas. El calentamiento del océano también ejerce influencia en la frecuencia y la intensidad de las tormentas tropicales. Estos fenómenos atmosféricos suelen ocasionar la destrucción de hogares y comunidades completas (Gordillo, y otros, 2010).

Incremento de las sequías

Los patrones de disponibilidad de agua están siendo alterados por el cambio climático, lo que resulta en una mayor escasez de este recurso en diversas regiones. El fenómeno del calentamiento global está exacerbando la escasez de agua en áreas que ya padecen de sequías, y está intensificando el riesgo de sequías en la agricultura e incrementando la vulnerabilidad de los ecosistemas. Los desiertos están en proceso de expansión, lo que reduce la extensión de tierras adecuadas para cultivo.

Aumento del nivel del mar y calentamiento del agua

La mayor parte del calor generado por el calentamiento global es absorbida por los océanos. Durante los últimos 20 años, la velocidad a la que el calor se ha acumulado en los océanos ha experimentado un incremento notable en todas sus profundidades. A medida que el océano se calienta, su volumen aumenta gracias a la expansión del agua. El deshielo de las capas de hielo y los icebergs contribuye al aumento del nivel del mar, representando una amenaza para las comunidades costeras e insulares. Además, los océanos absorben dióxido de carbono, lo que impide su acumulación en la atmósfera.

Extinción de especies

El cambio climático representa una amenaza significativa para la supervivencia de las especies tanto terrestres como marinas, este riesgo se intensifica a medida que las temperaturas continúan en aumento. Como resultado de la aceleración del cambio climático, el mundo está presenciando tasas de extinción de especies que superan en 1000 veces cualquier registro conocido en la historia humana. Se estima que aproximadamente 1 millón de especies enfrentan el riesgo de extinción en los siguientes años. Si bien algunas especies podrán adaptarse a los cambios geográficos, otras podrían no ser capaces de hacerlo.

Falta de alimentos

Las transformaciones en el clima y el incremento de los fenómenos meteorológicos extremos son algunas de las causas que impulsan el aumento global de la desnutrición en las poblaciones más desfavorecidas. Los recursos pesqueros, agrícolas y ganaderos podrían sufrir una disminución en su disponibilidad o en su productividad. La continua acidificación de los océanos representa una amenaza para los recursos marinos que sustentan a millones de personas. Las modificaciones en las capas de nieve y hielo de los polos han perturbado el suministro de alimentos provenientes de la ganadería, la caza y la pesca.

Riesgos para la salud humana

El cambio climático representa la principal y más significativa amenaza para la salud de la población mundial. De hecho, este fenómeno ya está afectando a la salud humana a través de la contaminación, la propagación de enfermedades, los eventos climáticos extremos, los desplazamientos forzados, las tensiones en la salud mental, así como el incremento de la incidencia de hambre y desnutrición en áreas donde las personas tienen dificultades para producir o acceder a suficientes

alimentos. Los patrones del cambio climático están ampliando la propagación de enfermedades, mientras que los fenómenos climáticos extremos ocasionan un mayor número de muertes y dificultan la capacidad de los sistemas de atención médica.

Pobreza y migración

El cambio climático contribuye al incremento de los factores que empujan y mantienen a las personas en la pobreza. Las inundaciones pueden arrasarse barrios de bajos recursos, ocasionando la destrucción de viviendas y comunidades completas. Las altas temperaturas dificultan la realización de trabajos al aire libre, mientras que la escasez de agua puede afectar a la productividad de los cultivos. Durante los últimos 10 años, los eventos climáticos desplazaron a una cifra promedio anual de aproximadamente 23,1 millones de personas. Muchos de los desplazados provienen de naciones que son más vulnerables y tienen menos capacidad para adaptarse a los impactos del cambio climático.

2.2.2 Variabilidad climática

Según Alzate et al. (2015), la variabilidad climática hace referencia a las fluctuaciones del clima que a medida que pasan los años y desde épocas pasadas se han presentado en diferentes temporalidades y espacio. Estas variaciones son típicamente el resultado de cambios en la forma en que interactúan los diversos elementos del sistema climático. La variabilidad climática se observa en lapsos de tiempo relativamente cortos, lo que la distingue del cambio climático, y se refleja en los valores de variables climáticas como la temperatura y la precipitación, las cuales se comparan con un valor normal de referencia. Actualmente se han formulado las siguientes escalas de temporalidad en cuanto a la variabilidad climática:

a) Escala intra-estacional

En una escala más amplia que la sinóptica, se presentan oscilaciones estacionales que determinan las condiciones meteorológicas durante períodos de semanas e incluso de uno a dos meses. Dado que su magnitud es relativamente pequeña en comparación con la variación anual, la mayoría de las veces estas fluctuaciones pasan desapercibidas para el público en general. Entre las oscilaciones intra-estacionales, destaca una señal de naturaleza ondulatoria, conocida como la oscilación de 30-60 días, esta oscilación ha sido detectada en la actividad convectiva en el Pacífico Tropical Oriental y en los patrones de precipitación tanto en esta región como en la América Tropical. Se ha establecido

una asociación entre esta oscilación y las ondas de Madden-Julían, descubiertas en 1971 en el campo de la presión atmosférica en las regiones tropicales

b) Escala estacional

A esta escala, la variación del clima ocurre mensualmente. Identificar el ciclo anual de los elementos climáticos es una etapa crucial en la comprensión de la variabilidad climática a este nivel. En regiones de latitudes medias, la secuencia de estaciones que incluye invierno, primavera, verano y otoño es un patrón familiar para los residentes locales, y la planificación de sus actividades gira en torno a esta alternancia estacional. La planificación de actividades, especialmente en sectores como la agricultura, la energía y el transporte, dependen directamente del conocimiento de este tipo de patrones cíclicos.

c) Escala interanual

Las variaciones que se presentan en las variables climatológicas de año en año corresponden a la escala interanual. Usualmente podemos percibir que la precipitación durante la estación lluviosa en cierta región no siempre es la misma de un año en comparación con otro, sino que esta varía por encima o por debajo del nivel normal. La variabilidad en el marco de la escala interanual podría relacionarse con alteraciones en el balance global de radiación. Un claro ejemplo de variabilidad climática interanual son los fenómenos de El Niño y La Niña.

d) Escala interdecadal

A esta escala se observan variaciones climáticas a lo largo de décadas. En comparación con la escala interanual, la magnitud de estas oscilaciones es relativamente menor. Esta característica es una de las razones por las cuales este tipo de variabilidad no suele llamar la atención al público en general. Sin embargo, estas fluctuaciones a largo plazo ejercen una influencia significativa en las actividades de la sociedad en ciclos que abarcan varias décadas y son de gran importancia para determinar posibles tendencias en las variables climáticas

2.2.3 Variables meteorológicas

Según Rodríguez, Benito, y Portela (2004), las variables meteorológicas corresponden a una serie de magnitudes, las cuales varían en espacio como en tiempo, que permiten describir las condiciones atmosféricas. Estas se clasifican en:

- Temperatura
- Presión atmosférica
- Viento

- Radiación solar
- Humedad
- Precipitación

2.2.4 Precipitación

Según Ordoñez (2011), se llama precipitación a todo tipo de agua meteórica que se precipita sobre la superficie terrestre, ya sea de forma líquida como lluvia, o en estado sólido como nieve o granizo. Estas son causas por una variación de la temperatura o de la presión atmosférica. Para que se formen las precipitaciones se debe condensar el vapor de agua atmosférico. Existen diferentes tipos de precipitación:

2.2.4.1 Precipitación Convectiva.

Este tipo de precipitación resulta de un aumento rápido de las masas de aire en la atmósfera. Está asociada a las nubes *cúmulos* y *cumulonimbos*. La precipitación Convectiva generalmente es de carácter tempestuoso, tiene una duración relativamente corta de menos de 1 hora y su intensidad es elevada, pero con poca extensión espacial.

2.2.4.2 Precipitación Orográfica.

Esta clase de precipitación está ligada con la presencia de una barrera topográfica. Sus características dependen de la altitud, pendiente y su orientación en el espacio. Son de intensidad y frecuencia regular.

2.2.4.3 Precipitación Frontal.

Las precipitaciones frontales o del tipo ciclónico están asociadas con las superficies de contacto entre la temperatura del aire, el gradiente térmico vertical, la humedad y su recorrido, también denominado Frente. Los Frentes de carácter frío dan lugar a precipitaciones cortas pero intensas, y los Frentes cálidos provocan precipitaciones de larga duración, pero sin intensidad.

2.2.5 Temperatura

Según Acuña y Robles (2015), la temperatura es el factor que define la dirección del flujo de calor entre dos objetos, indicando que el objeto que transfiere calor al otro se encuentra a una temperatura más alta. La temperatura del aire se puede clasificar en:

2.2.5.1 Temperatura máxima.

Se refiere a la temperatura más alta del aire registrada en un lugar durante un día, en un mes o en un año. En condiciones normales, y sin considerar otros

elementos climáticos, las temperaturas máximas diarias generalmente se alcanzan en las primeras horas de la tarde. En la zona templada del hemisferio norte, las temperaturas máximas mensuales suelen ocurrir en julio o agosto, mientras que en el hemisferio sur ocurren en enero o febrero. Las temperaturas máximas absolutas dependen de factores como a insolación, la continentalidad, la humedad, los vientos y otros.

2.2.5.2 Temperatura mínima.

Se refiere a la temperatura más baja registrada en un lugar durante un día, un mes o año. De manera similar, en circunstancias normales, las temperaturas mínimas diarias se observan en las primeras horas de la mañana, mientras que las temperaturas mínimas mensuales suelen ocurrir en enero o febrero en el hemisferio norte y en julio o agosto en el hemisferio sur. Las temperaturas mínimas absolutas están influenciadas por una variedad de factores.

2.2.5.3 Temperatura promedio.

La temperatura promedio hace referencia a los cálculos estadísticos que involucran las temperaturas máximas y mínimas. Al considerar las temperaturas medias mensuales es el resultado promedio de las temperaturas diarias a lo largo del mes, de esta manera se genera un registro gráfico de las temperaturas promedio de un lugar durante un año específico. Al aplicar estos datos a lo largo de varios años, generalmente 30 o más, se obtiene un promedio estadístico de la temperatura en esa ubicación.

2.2.6 Sectores económicos afectados por la variabilidad climática

La variabilidad climática puede afectar a diversos sectores económicos de manera significativa. Algunos de los sectores más vulnerables a estos cambios climáticos incluyen (Rodríguez, Aguirre, & Chiriboga, 2016):

- **Sector agrícola:** Las variaciones en las condiciones climáticas, como patrones de lluvia irregulares, sequías o eventos extremos, pueden afectar la producción de cultivos y la salud de los suelos, impactando directamente la agricultura y la seguridad alimentaria.
- **Sector pesquero y acuicultura:** Cambios en las temperaturas del agua y en los patrones de corrientes pueden afectar la distribución y la reproducción de las especies marinas, impactando la pesca y la acuicultura.
- **Sectores con influencia de recursos Hídricos:** La variabilidad climática puede influir en la disponibilidad de agua, afectando la gestión de los

recursos hídricos, la generación de energía hidroeléctrica y el suministro de agua potable.

- **Sector turístico:** La variabilidad climática, incluyendo eventos climáticos extremos, puede impactar la atracción de destinos turísticos, afectando la industria del turismo y las comunidades dependientes de ella.
- **Sector financiero:** Eventos climáticos extremos pueden generar pérdidas económicas significativas, afectando a la industria de seguros y a los mercados financieros.

Estos impactos no solo afectan a los sectores directamente relacionados con la producción y gestión de recursos naturales, sino que también tienen efectos indirectos en toda la cadena económica y en la sociedad en general. La adaptación y la implementación de medidas de mitigación son esenciales para hacer frente a estos desafíos por anomalías climáticas y construir resiliencia en los diferentes sectores económicos (Valenzuela & Cabrera, 2024).

2.2.7 Anomalía climática

El clima representa uno de los elementos ambientales que ejerce influencia en diversos aspectos del entorno geográfico. Se observan periódicamente o de manera constante anomalías climáticas que tienen un impacto de diversa magnitud en los sistemas humanos establecidos en un área específica. Al analizar las secuencias registradas de anomalías de una variable meteorológica para un lugar determinado es posible darse cuenta de la ocurrencia de ciclos interpuestos que en períodos mensuales, anuales y decenios pueden evidenciar variabilidad climática en distintas escalas (Samaniego, y otros, 2017).

2.2.8 Nivel socioeconómico

El término “Nivel socioeconómico” se emplea para describir la posición social de individuos basándose en varios criterios, como el acceso al empleo, el estatus laboral, logros educativos, ingreso económico y el reconocimiento social en relación con otros individuos. Este concepto puede ser evaluado a nivel personal, familiar o comunitario (Aguilar, 2011).

Para determinar el nivel socioeconómico de una familia se deben considerar distintos aspectos, incluyendo los ingresos económicos de los miembros, el nivel educativo de los padres, el estatus social de la cabeza de familia, las ocupaciones de cada miembro, la posición social dentro de la comunidad y hasta el entorno residencial (Aguilongo & Garcés, 2020).

2.2.9 Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación, en el contexto ambiental, son estrategias formuladas para perfeccionar procesos específicos, buscando aumentar su eficiencia y sostenibilidad. Su principal objetivo es contrarrestar el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero, elementos cruciales en el cambio climático (Dávila & Morocho, 2022).

El surgimiento de medidas de mitigación se fundamenta en la imperativa necesidad de enfrentar los desafíos ambientales actuales. Estas iniciativas responden a la urgencia de reducir tanto emisiones contaminantes como el uso desmesurado de recursos en diversos procesos y organizaciones. Al abordar de manera proactiva aspectos como la eficiencia energética, el manejo de residuos y la optimización de recursos, las medidas de mitigación no solo pretenden limitar el impacto ambiental, sino también fomentar la sostenibilidad y la preservación de los recursos naturales para las generaciones futuras (Acuña & Robles, 2015).

2.3 Marco legal

2.3.1 Constitución de la República del Ecuador, Registro Oficial 449 de 20 octubre de 2008

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art.71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Art. 74.- Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir.

Art. 385.- El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad:

1. Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.
2. Recuperar, fortalecer y potenciar los saberes ancestrales.
3. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoran la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.

Art. 389.- El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.

Art. 391.- El Estado generará y aplicará políticas demográficas que contribuyan a un desarrollo territorial e intergeneracional equilibrado y garanticen la protección del ambiente y la seguridad de la población, en el marco del respeto a la autodeterminación de las personas y a la diversidad

2.3.2 Código Orgánico del Ambiente, Registro oficial suplemento 983 de 12 de abril 2017.

Art. 249.- Prioridades en la gestión del cambio climático. Las medidas y acciones para la gestión del cambio climático, considerarán prioritariamente reducir y minimizar las afectaciones causadas a las personas en situación de riesgo, grupos de atención prioritaria y con niveles de pobreza, a la infraestructura, proyectos nacionales y estratégicos, a los sectores productivos, a los ecosistemas y a la biodiversidad.

Art. 250.- De los instrumentos. La gestión del cambio climático se realizará conforme a la política y la Estrategia Nacional de Cambio Climático, y sus instrumentos que deberán ser dictados y actualizados por la Autoridad Ambiental Nacional.

Art. 252.- Planificación territorial y sectorial para el cambio climático. Deberán incorporarse obligatoriamente criterios de mitigación y adaptación al cambio climático, en los procesos de planificación, planes, programas, proyectos específicos y estrategias de los diferentes niveles de gobierno y sectores del Estado.

Art. 256.- Generación e intercambio de información. La Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación y articulación con los institutos nacionales de monitoreo e investigación competentes y todas las entidades públicas y privadas, gestionará el intercambio, desarrollo, archivo de información climática y otros asociados al cambio climático. Esta información deberá incorporarse al Sistema Único de Información Ambiental.

Art. 258.- Criterios para las medidas de adaptación. Para el desarrollo de las medidas de adaptación al cambio climático se tomarán en cuenta los siguientes criterios:

1. Precautelar la calidad de vida de la población y de los ecosistemas;
2. Considerar los escenarios actuales y futuros del cambio climático en los instrumentos de planificación territorial, el desarrollo de infraestructura, el desarrollo de actividades productivas y de servicios, los asentamientos humanos y en la protección de los ecosistemas;
3. Establecer escenarios óptimos y aceptables derivados de los modelos de variabilidad climática actual y futura que deberán incluirse en los planes de desarrollo nacionales y de los Gobiernos Autónomos Descentralizados para garantizar la calidad de vida de la población y la naturaleza; y, Otras que determine la Autoridad Ambiental Nacional.

2.3.3 Política de estado la estrategia nacional de Cambio Climático, Acuerdo Ministerial 95, Registro Oficial Edición Especial 9 de 17 junio del 2013.

ESTRUCTURA DE LA ESTRATEGIA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO

Enfrentar los desafíos que presenta el cambio climático a la sociedad en general requiere del trabajo coordinado y concurrente de diversos actores tanto a nivel nacional como a nivel internacional. El Gobierno del Ecuador ha visto necesario elaborar una Estrategia Nacional de Cambio Climático de carácter transversal a los distintos sectores, que oriente la acción concertada, ordenada y planificada, que promueva la internalización del tema en instancias públicas y privadas en todo el país y que considere el marco político, normativo e institucional correspondiente. Nueve principios guiarán la implementación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático para alcanzar la visión planteada para el año 2025.

- Articulación regional e internacional
- Consistencia con principios internacionales sobre cambio climático
- Énfasis en la implementación local
- Integridad ambiental
- Participación ciudadana
- Proactividad
- Protección de grupos y ecosistemas vulnerables
- Transversalidad e integralidad

Consistencia con principios internacionales sobre cambio climático.

Todas las acciones que se tomen deberán ser consistentes con los principios establecidos en los acuerdos internacionales sobre cambio climático en las que el país sea signatario, buscando articularlos con las prioridades nacionales y en fiel cumplimiento de la legislación nacional.

Integridad Ambiental

Todas las acciones derivadas de lo establecido en esta Estrategia serán definidas o aplicadas de tal manera que no causen ningún tipo de impacto ambiental y buscarán promover la aplicación efectiva de los derechos de la naturaleza, lo que significa asegurar que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Participación Ciudadana

Todos los ecuatorianos y ecuatorianas pueden contribuir a gestionar la respuesta al cambio climático; por tanto, se buscará que todas las personas y organizaciones se involucren activa y positivamente en la implementación de medidas y acciones de mitigación y adaptación al cambio climático.

2.3.4 Convención del marco de la Organización de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 1992.

Art. 5 Investigación y observación sistemática: Al llevar a la práctica los compromisos a que se refiere el inciso del párrafo 1 del artículo 4 las Partes:

- a) Apoyarán y desarrollarán aún más, según proceda, los programas y redes u organizaciones internacionales e intergubernamentales, que tengan por objeto definir, realizar, evaluar o financiar actividades de investigación, recopilación de datos y observación sistemática, tomando en cuenta la necesidad de minimizar la duplicación de esfuerzos;

- b) Apoyarán los esfuerzos internacionales e intergubernamentales para reforzar la observación sistemática y la capacidad y los medios nacionales de investigación científica y técnica, particularmente en los países en desarrollo, y para promover el acceso a los datos obtenidos de zonas situadas fuera de la jurisdicción nacional, así como el intercambio y el análisis de esos datos; y
- c) Tomarán en cuenta las necesidades y preocupaciones particulares de los países en desarrollo y cooperarán con el fin de mejorar sus medios y capacidades endógenas para participar en los esfuerzos a que se hace referencia en los apartados a) y b).

Art. 6 Educación, formación y sensibilización del público: Al llevar a la práctica los compromisos a que se refiere el inciso i) del párrafo 1 del artículo 4 las Partes:

- a) Promoverán y facilitarán, en el plano nacional y, según proceda, en los planos subregional y regional, de conformidad con las leyes y reglamentos nacionales y según su capacidad respectiva:
 - I. La elaboración y aplicación de programas de educación y sensibilización del público sobre el cambio climático y sus efectos;
 - II. El acceso del público a la información sobre el cambio climático y sus efectos;
 - III. La participación del público en el estudio del cambio climático y sus efectos y en la elaboración de las respuestas adecuadas; y
 - IV. La formación de personal científico, técnico y directivo;
- b) Cooperarán, en el plano internacional, y, según proceda, por intermedio de organismos existentes, en las actividades siguientes, y las promoverán:
 - I. La preparación y el intercambio de material educativo y material destinado a sensibilizar al público sobre el cambio climático y sus efectos; y
 - II. La elaboración y aplicación de programas de educación y formación, incluido el fortalecimiento de las instituciones nacionales y el intercambio o la adscripción de personal encargado de formar expertos en esta esfera, en particular para países en desarrollo.

2.3.5 Acuerdo de París, 2015

Art. 2. El presente Acuerdo, al mejorar la aplicación de la Convención, incluido el logro de su objetivo, tiene por objeto reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza, y para ello:

- a) Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático;
- b) Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos; y
- c) Situar los flujos financieros en un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.

Art. 8. Las Partes reconocen la importancia de evitar, reducir al mínimo y afrontar las pérdidas y los daños relacionados con los efectos adversos del cambio climático, incluidos los fenómenos meteorológicos extremos y los fenómenos de

evolución lenta, y la contribución del desarrollo sostenible a la reducción del riesgo de pérdidas y daños.

1. El Mecanismo Internacional de Varsovia para las Pérdidas y los Daños relacionados con las Repercusiones del Cambio Climático estará sujeto a la autoridad y la orientación de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Acuerdo, y podrá mejorarse y fortalecerse según lo que esta determine.
2. Por consiguiente, las esferas en las que se debería actuar de manera cooperativa y facultativa para mejorar la comprensión, las medidas y el apoyo podrán incluir:
 - a) Los sistemas de alerta temprana;
 - b) La preparación para situaciones de emergencia;
 - c) Los fenómenos de evolución lenta;
 - d) Los fenómenos que puedan producir pérdidas y daños permanentes e irreversibles;
 - e) La evaluación y gestión integral del riesgo;
 - f) Los servicios de seguros de riesgos, la mancomunación del riesgo climático y otras soluciones en el ámbito de los seguros;
 - g) Las pérdidas no económicas; y
 - h) La resiliencia de las comunidades, los medios de vida y los ecosistemas.
3. El Mecanismo Internacional de Varsovia colaborará con los órganos y grupos de expertos ya existentes en el marco del Acuerdo, así como con las organizaciones y los órganos de expertos competentes que operen al margen de este.

Artículo 12. Las Partes deberán cooperar en la adopción de las medidas que correspondan para mejorar la educación, la formación, la sensibilización y participación del público y el acceso público a la información sobre el cambio climático, teniendo presente la importancia de estas medidas para mejorar la acción en el marco del presente Acuerdo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

Este trabajo de investigación fue de carácter documental, de manera que se estructuró en base a documentos, informes y estudios previos relacionados con el clima regional de Huaquillas, lo cual permitió la identificación de anomalías, patrones climáticos pasados y eventos meteorológicos registrados en la literatura científica. y en informes de fuentes oficiales. El análisis de datos históricos implicó la revisión de registros climáticos antiguos, como bases de datos meteorológicos, para recopilar información detallada sobre variables climáticas clave en el cantón Huaquillas a lo largo del período comprendido entre 1975 - 2022, incluyendo temperatura y precipitación.

La información de eventos climáticos se recopiló a través de la búsqueda de datos de estaciones meteorológicas, así como de informes de desastres naturales, declaraciones de emergencia y otros documentos que describieron los impactos de fenómenos como temperaturas extremas, sequías o inundaciones. La evaluación de factores contribuyentes se basó en la consulta de documentos científicos que explican posibles causas de los cambios climáticos, incluyendo estudios sobre fenómenos globales, alteraciones en patrones de circulación atmosférica e influencias locales.

La revisión del marco normativo y las políticas locales relacionadas con la gestión del clima, incluyendo leyes, regulaciones y planes de acción climática implementados en la región, ofreció un contexto adicional para comprender y sintetizar los principales hallazgos en un informe consolidado sobre la variabilidad climática en el cantón Huaquillas durante el periodo mencionado.

En el contexto de la investigación científica sobre el presente tema de estudio, se empleó un enfoque descriptivo para presentar de manera detallada los datos climáticos recopilados. Este nivel de conocimiento implicó la organización clara y precisa de información, incluyendo variaciones mensuales, anuales y decadales de temperaturas, patrones de precipitación y eventos climáticos extremos. Se destacaron tendencias temporales y se documentaron eventos excepcionales, brindando una visión detallada de la variabilidad climática en la región a lo largo del período estudiado. Este enfoque descriptivo, fundamentado en la objetiva de datos climáticos, constituyó una base sólida para comprender la

dinámica climática en el cantón Huaquillas y sirvió como punto de partida esencial para análisis subsiguientes, incluyendo enfoques que exploran posibles conexiones entre variables climáticas o factores contribuyentes.

3.1.1 *Diseño de investigación*

Este proyecto de investigación fue de tipo no experimental, de manera que se estudió la variabilidad climática del período comprendido entre 1975 y 2022 en el cantón Huaquillas, analizando los datos históricos de las variables de temperatura y precipitación a través de la información obtenida de la base de datos meteorológicos de la NASA y la biblioteca INAMHI, con la finalidad de conocer el impacto climático en el sector camaronero del lugar de estudio.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variable independiente

- Temperatura (°C)
- Precipitación (mm)
- Periodos de tiempo
- Índice de Oscilación del Sur (SOI)
- Índice del Niño Oceánico (ONI)

3.2.1.2. Variable dependiente

- Variabilidad climática del cantón Huaquillas entre 1975 – 2022.
- Impacto en la producción camaronera

3.2.2 *Matriz de operacionalización de variables*

Tabla 1.

Matriz de Variable Independiente

Variables	Tipo	Nivel de medida	Descripción
Temperatura (°C)	Cuantitativa	Escala de Razón	Promedio anual de temperatura en Huaquillas, medido en grados Celsius.
Precipitación (mm)	Cuantitativa	Escala de Razón	Cantidad de precipitación anual, medida en milímetros, en Huaquillas.
Periodos de tiempo	Cualitativa	Nominal	Comparación entre los períodos 1975-1998 y 1999-2022 para análisis temporal.
Índice de Oscilación del Sur (SOI)	Cuantitativa	Nominal	Presencia o ausencia de eventos durante los períodos.
Índice del Niño Oceánico (ONI)	Cuantitativa	Nominal	Presencia o ausencia de eventos durante los períodos.

Elaborado por: El Autor, 2024

Tabla 2.
Matriz de variable dependiente

Variables	Tipo	Nivel de medida	Descripción
Variabilidad climática	Cuantitativa	Escala de intervalo	Cambios en las tendencias de temperatura y precipitación en Huaquillas entre 1975 y 2022.
Impacto en la producción camaronera	Cuantitativa	Escala de razón	Variación en la producción del sector camaronera de acuerdo con los cambios climáticos.

Elaborado por: El Autor, 2024

3.2.3 Recolección de datos

La recolección de datos meteorológicos para el análisis de la variabilidad climática en el cantón Huaquillas, durante el período 1975-2022, se llevó a cabo utilizando la base de datos de la NASA, que almacena información detallada sobre variables meteorológicas. Estos datos fueron fundamentales para comprender las tendencias climáticas y evaluar la variabilidad climática en la región de estudio. Además, se extrajo información meteorológica del INAMHI, complementando así la perspectiva con datos observados. Los satélites de la NASA, como el *Earth Observing System* (EOS), recopilaban mediciones precisas y continuas de diversas condiciones atmosféricas, mientras que las estaciones terrestres y boyas oceánicas contribuyeron con datos adicionales para obtener una visión integral del clima en la zona.

En el proceso de recolección de datos, se asegura la veracidad de la información obtenida, eliminando posibles errores, y los datos meteorológicos de entidades como NASA e INAMHI proporcionarán acceso a series temporales extensas que permitieron realizar análisis a largo plazo, ayudando a identificar los patrones climáticos, cambios estacionales y fenómenos extremos.

3.2.3.1 Recursos

La combinación efectiva de los recursos utilizados permitió realizar un análisis exhaustivo de la variabilidad climática en el cantón Huaquillas a lo largo de los años especificados, brindando información valiosa para comprender los patrones climáticos y abordar cuestiones relacionadas con el cambio climático en la región.

Los recursos necesarios se detallarán a continuación:

- Datos meteorológicos de Instituciones locales (INOCAR e INAMHI) y NASA.
- Computadora y teléfono inteligente.
- Programas de Microsoft y software libre (SIG).
- Artículos de revistas científicas.
- Normativa legal y libros relacionados.
- Acceso a internet.
- Páginas web institucionales.

3.2.3.2 Recursos financieros

Los recursos financieros fueron esenciales para cada etapa de este trabajo de investigación, desde la recopilación de datos hasta el análisis de los resultados. Sin un respaldo financiero adecuado, la calidad y el alcance de la investigación podrían haberse visto limitados, comprometiendo la capacidad de comprender y abordar los desafíos asociados con la variabilidad climática en el cantón Huaquillas. En la tabla a continuación se describieron de manera detallada los recursos financieros.

Tabla 3.

Detalle financiero para el desarrollo del proyecto

Cantidad	Descripción	Costo (USD)
1	Internet	35 00
1	Computadora	300 00
3	Programas de Microsoft	40 00
N/A	Documentos impresos	35 00
N/A	Gastos extra	50 00
Total, de gastos		460 00

Elaborado por: El Autor, 2024

3.2.3.3 Métodos y técnicas

Los métodos y técnicas que se pusieron en práctica en este trabajo de investigación estuvieron orientados a desarrollar los objetivos planteados inicialmente, abordando el análisis de precipitación y temperatura en el cantón Huaquillas utilizando datos climáticos históricos, de manera que se estimó la relación entre los índices climáticos. extremos y la afectación en el sector camaronero del lugar.

3.2.3.3.1 *Análisis las tendencias de precipitación y temperatura en el cantón Huaquillas entre 1975 y 2022 con datos provenientes de sitios web oficiales.*

Para obtener los datos climáticos históricos del período 1975 – 2022, se accedió a varios sitios web oficiales que proporcionarán información confiable, basada en datos recopilados por instrumentos meteorológicos, satélites y otras fuentes científicas. Cabe recordar que esta información cumplió con los estándares y protocolos establecidos por organismos meteorológicos y científicos.

Los sitios web de los que se obtuvo la información fueron los siguientes:

Tabla 4.

Primer sitio web para extracción de información meteorológica.

Nombre	Descripción	Link
NASA – Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER) project.	El proyecto Predicción de Recursos Energéticos Mundiales (POWER) se inició para mejorar los datos meteorológicos actuales y crear conjuntos mejorados de datos a partir de nuevos sistemas satelitales e información de modelado de pronóstico (NASA, 2021).	https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/

Elaborado por: El Autor, 2024

Tabla 5.

Segundo sitio web para extracción de información meteorológica.

Nombre	Descripción	Link
INAMHI.	El INAMHI es una entidad ecuatoriana con presencia tanto nacional como internacional, formando parte de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Se especializa en meteorología, hidrología y disciplinas relacionadas (INAMHI, 2023). Se obtendrá información de la estación meteorológica Hospital Público – Huaquillas, de código M5135.	https://inamhi.gob.ec/visor/estaciones

Elaborado por: El Autor, 2024

En cada página web se seleccionó el cantón Huaquillas como zona de estudio, el período de tiempo y las variables climáticas de temperatura y precipitación. Los datos se obtuvieron de manera mensual y anual. Una vez descargada la base de datos, se procedió con la revisión y limpieza de éstas para manejar posibles valores atípicos o errores.

Una vez obtenidos los datos en Excel, se realizó un análisis estadístico descriptivo, calculando la media y la desviación estándar de las precipitaciones y la

temperatura del área de estudio en el período mencionado, con el fin de obtener una visión general de las condiciones climáticas del cantón. Posteriormente, se utilizaron gráficos para visualizar las variaciones en las variables meteorológicas a lo largo del tiempo, incluyendo gráficos de tendencia y series temporales, los cuales fueron herramientas útiles para identificar índices climáticos. Con base en los gráficos, se desarrolló un análisis conciso que proporcionó conclusiones basadas en los resultados estadísticos.

Además, se utilizó el software R Studio para la verificación de la veracidad de los datos, empleando diagramas de Taylor, dado que, facilita la evaluación entre el dato modelado y el dato observado.

3.2.3.3.2 Comparación de anomalías en las series temporales de precipitación y temperatura de dos períodos de tiempo 1975 a 1998 y 1999 a 2022.

La comparación de las anomalías se realizó en base a los resultados obtenidos a través de la estadística descriptiva, de manera que se resaltaron las similitudes y diferencias entre ambos períodos definidos. Para una comparación adecuada, se utilizaron gráficos y tablas, y se construyeron 2 gráficas, desglosados de la siguiente manera:

- Un gráfico del período 1975 – 1998 que mostró las anomalías de temperatura.
- Un gráfico del período 1999 – 2022 que mostró las anomalías de temperatura.
- Un gráfico del período 1975 – 1998 que mostró las anomalías de precipitación.
- Un gráfico del período 1999 – 2022 que mostró las anomalías de precipitación.

A través de los gráficos, se visualizó de manera más comprensible todas las anomalías presentes en las series temporales. Se explicó en un análisis las posibles causas de las diferencias observadas y se discutió la relevancia de estos cambios en el contexto climático.

3.2.3.3.3 Propuesta de medidas para mitigar los efectos de la variabilidad climática en el sector camaronero del cantón Huaquillas.

La metodología establecida para abordar la variabilidad climática en el sector camaronero de Huaquillas se basó en un enfoque no experimental y utilizó fuentes bibliográficas, como se mencionó anteriormente. Se realizó una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica, focalizándose en estudios relevantes para la

acuicultura y en medidas de mitigación propuestas en contextos similares. Este paso sentó las bases para comprender los desafíos específicos que enfrenta el sector camaronero frente a la variabilidad climática.

Posteriormente, se realizó un diagnóstico del sector en Huaquillas, utilizando datos históricos de producción camaronera y eventos climáticos extremos disponibles en la literatura y en informes climatológicos. La información recopilada se utiliza para identificar medidas específicas de adaptación y mitigación en el contexto de Huaquillas. Este análisis permitió priorizar las medidas según su efectividad esperada y aceptación por parte de la comunidad, culminando en la elaboración de un plan teórico de implementación y recomendaciones finales para mitigar los efectos de la variabilidad climática en el sector camaronero de Huaquillas.

3.2.4 Análisis estadístico

Para este trabajo investigativo, se utilizó la estadística descriptiva, en la que se calculó la media y la desviación estándar de la temperatura y las precipitaciones en el período 1975 – 2022 en el cantón Huaquillas. Cabe mencionar que los cálculos estadísticos se realizaron a través del programa Microsoft Excel.

3.2.4.1 Estadística descriptiva

- **Media:** Se calculó la media de las variables de precipitación (mm) y de temperatura (°C) a partir de los datos obtenidos de los sitios web oficiales. La fórmula utilizada para el cálculo de los medios fue la siguiente:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{N}$$

Donde:

\bar{X} : Media aritmética

$\sum x$: Suma de cada valor

N : Número total de valores

- **Desviación estándar:** El cálculo de la desviación estándar fue esencial en este trabajo de investigación, ya que indicó qué tan variable fue la temperatura y las precipitaciones en el cantón Huaquillas en el período especificado, ayudando a identificar patrones en los datos climáticos históricos. La fórmula para calcular la desviación estándar fue la siguiente:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

Donde:

σ = Desviación estándar.

Σ = Representa la suma.

n = Número total de observaciones en el conjunto de datos.

x_i = Cada valor individual en el conjunto de datos.

\bar{X} = Media del conjunto de datos.

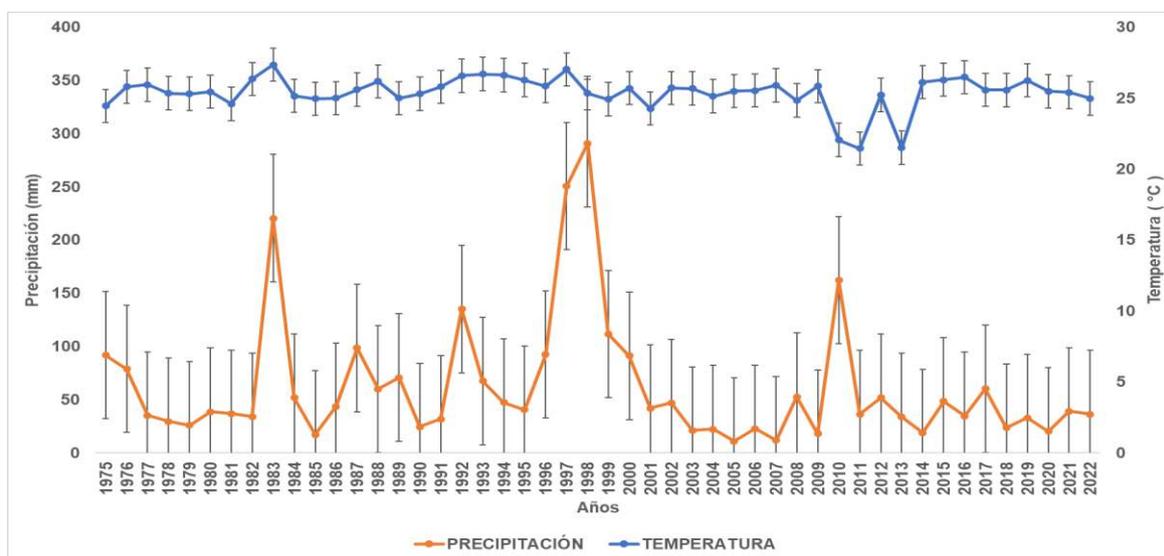
- **Diagrama de Taylor:** Los diagramas de Taylor son diagramas matemáticos diseñados para indicar gráficamente cuál de varias representaciones aproximadas de un sistema, proceso o fenómeno es más realista. Este diagrama, facilita la evaluación comparativa de diferentes modelos. Se utiliza para cuantificar el grado de correspondencia entre el comportamiento modelado y observado en términos de tres estadísticas: el coeficiente de correlación de Pearson, el error de raíz cuadrada media (RMSE) y la desviación estándar (Carslaw y Ropkins, 2012).

4. RESULTADOS

4.1 Análisis de las tendencias de precipitación y temperatura en el cantón Huaquillas entre 1975 y 2022 con datos provenientes de sitios web oficiales.

El análisis de las tendencias de precipitación y temperatura en el cantón Huaquillas durante el período 1975 – 2022 manifiesta fluctuaciones climáticas significativas que han impactado considerablemente al sector camaronero. Como se observa en la Figura 1, los datos revelan que, aunque la temperatura media se ha mantenido relativamente estable, oscilando entre 24.5°C y 26°C con ligeras variaciones, la precipitación ha experimentado una notable variabilidad, con picos destacados en los años 1983, 1997-1998 y 2010.

Figura 1. Tendencias de precipitación y temperatura en la provincia del Oro, cantón Huaquillas, Ecuador (1975 - 2022).

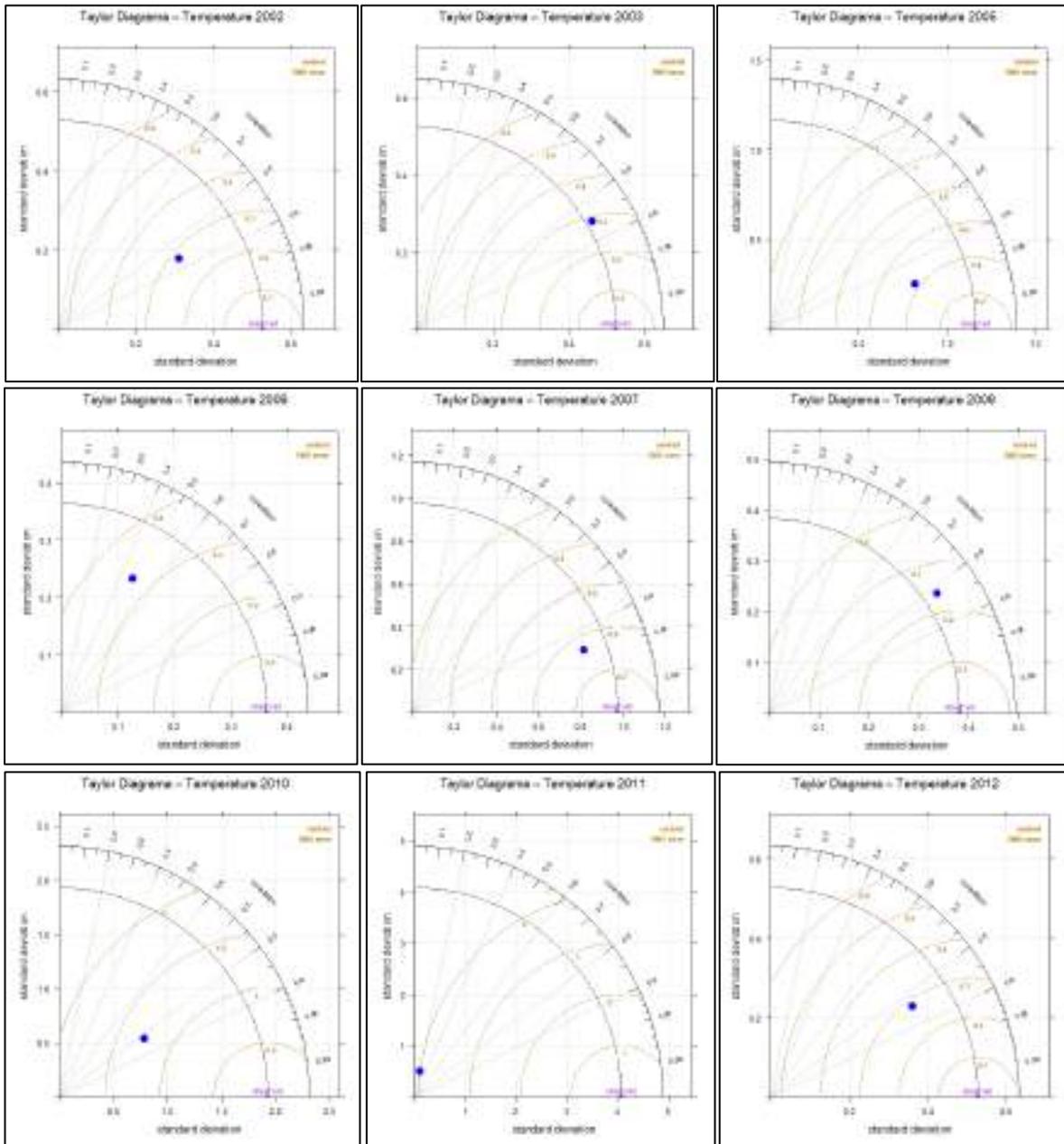


Elaborado por: El Autor, 2024

En 1983, la precipitación alcanzó aproximadamente 230 mm, lo que representa un aumento considerable en comparación con los años anteriores, en los que el promedio no superaba los 100 mm. Posteriormente, en 1997, se registró una variabilidad significativa en las lluvias de 250 mm, alcanzando un pico máximo de 300 mm en 1998. Para 2010, aunque la precipitación disminuyó aproximadamente 150 mm, este valor sigue siendo relevante, puesto que, alteró las condiciones de las piscinas de camarón, particularmente en comparación con años de baja precipitación. En contraste, entre 2003 y 2007, los niveles de precipitación descendieron por debajo de los 30 mm.

Para verificar la veracidad de los datos mostrados en la Figura 1, se utilizaron los Diagramas de Taylor para comparar los datos de temperatura observados y modelados en los años 2002 a 2012 (Figura 2). Estos diagramas permiten evaluar la precisión y estabilidad de los datos de temperatura, contrastando la desviación estándar y el error cuadrático medio entre ambos conjuntos de datos.

Figura 10. Correlación de los datos observados (INAMHI) y modelados (NASA POWER) de temperaturas en el periodo 2002-2012.



Nota. Diagramas de Taylor para la correlación de datos. Punto morado representa los datos observados (INAMHI). Punto azul representa los datos modelados. (NASA POWER).

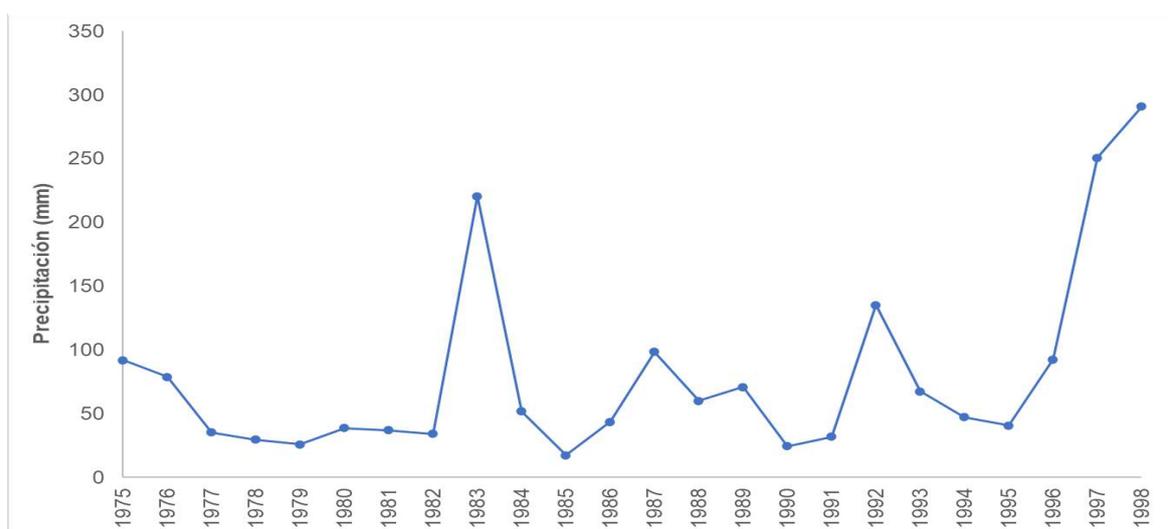
Elaborado por: El Autor, 2024.

Los Diagramas de Taylor de los años 2002 y 2003 muestran una alta similitud entre la temperatura observada y modelada, lo cual se refleja en desviaciones estándar bajas y correlaciones elevadas, sugiriendo que el modelo fue preciso en estos años. Este nivel de precisión indica que, durante este período, la temperatura en Huaquillas se mantuvo relativamente estable, proporcionando condiciones favorables para la actividad camaronera en la región. En contraste, en 2005, el diagrama revela un ligero aumento en la desviación estándar, lo que indica un incremento en la variabilidad de la temperatura en comparación con años anteriores.

Para los años 2006 a 2010, se observa una tendencia hacia una mayor variabilidad, especialmente en 2009 y 2010, cuando la desviación estándar y el error cuadrático medio aumentan significativamente, señalando una mayor inestabilidad climática que está relacionada con eventos globales, como el fenómeno de El Niño. En los últimos años del análisis, 2011 y 2012, los diagramas muestran un aumento notable en ambas métricas, lo que sugiere una disminución en la precisión del modelo y una mayor variabilidad en la temperatura.

4.2 Comparación las anomalías en las series temporales de precipitación y temperatura de dos periodos de tiempo 1975 a 1998 y 1999 a 2022.

Figura 19. Precipitación anual en la provincia del Oro, cantón Huaquillas, Ecuador (1975 - 1998).



Elaborado por: El Autor, 2024

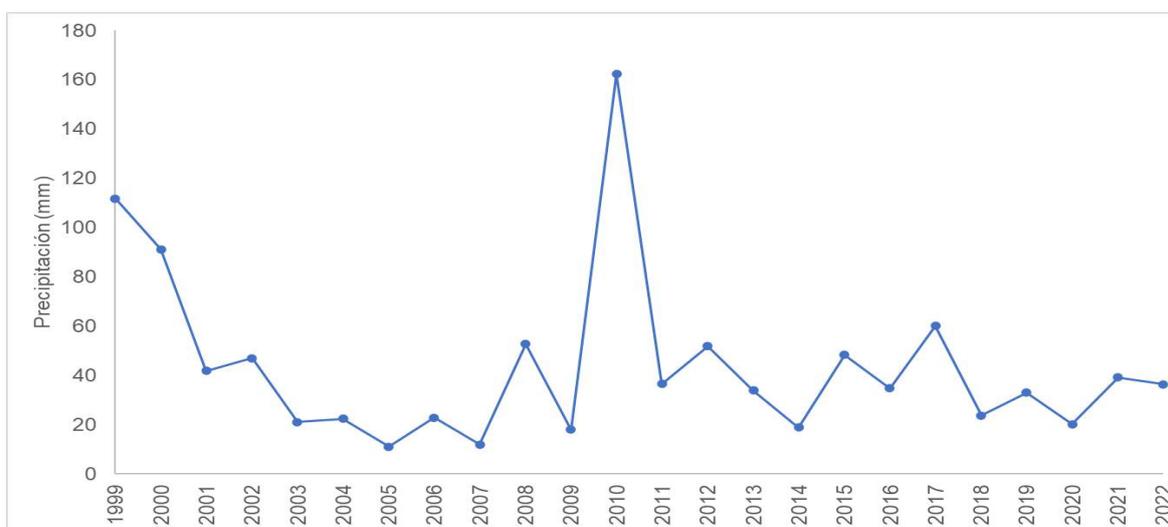
La Figura 3, muestra un análisis de la precipitación anual en el cantón Huaquillas, segmentado en dos períodos clave: 1975-1998 y 1999-2022. En el primer periodo la precipitación muestra una marcada variabilidad con varios picos

significativos, alcanzando valores cercanos a 250 mm en años como 1983 y 1997. Esta alta variabilidad indica la presencia de eventos climáticos extremos que, durante estos años, impactaron de manera directa la cantidad de agua que se acumuló en el área.

Durante los años 1997-1998, se registró uno de los eventos de el Niño-Oscilación del Sur más intensos en la historia, afectando severamente a la Provincia de El Oro. Este periodo de alta precipitación representó un desafío significativo para el sector camaronero, debido a la alta sensibilidad de estos ecosistemas a las variaciones ambientales. Las inundaciones incrementaron la entrada de agua dulce en las áreas de cría, alterando la salinidad y provocando fluctuaciones en el pH, lo que resultó en condiciones no óptimas para la salud y el crecimiento de los camarones.

Además, los efectos negativos de este fenómeno sobre el medio ambiente se vieron agravados por la intervención antropogénica, donde la deforestación y la erosión aumentaron los caudales y el arrastre de sedimentos en las zonas afectadas por las inundaciones. Los manglares, esenciales para la estabilidad de estos ecosistemas, sufrieron daños significativos debido a los cambios en la salinidad y el control de las inundaciones en los sistemas de producción camaronera, estos factores en conjunto, acentuaron los desafíos para mantener un entorno adecuado para la cría de camarones, poniendo en riesgo la sostenibilidad del sector.

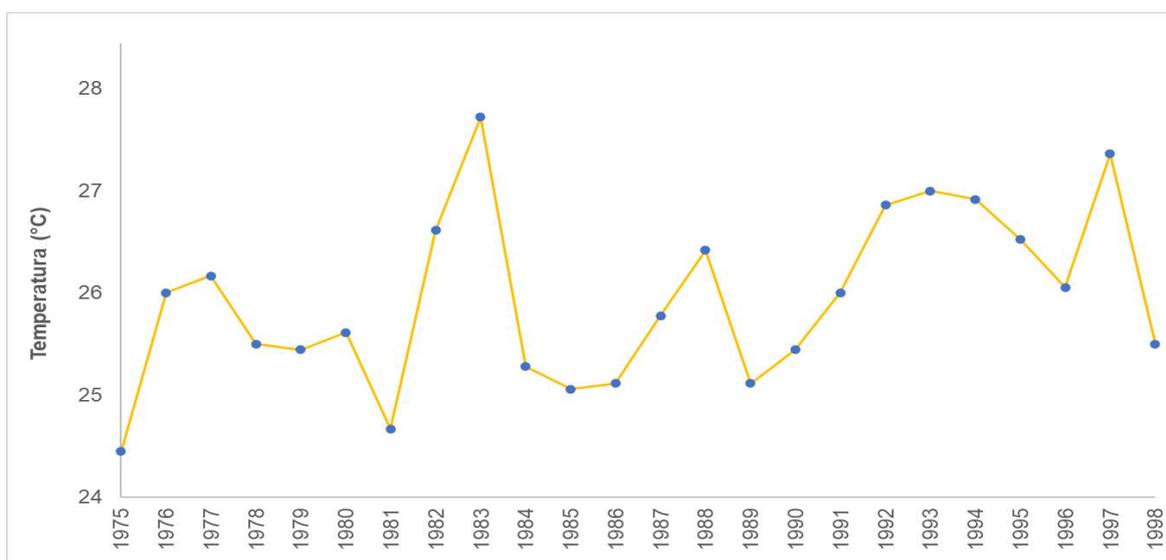
Figura 28. Precipitación anual en la provincia del Oro, cantón Huaquillas, Ecuador (1999 - 2022).



Elaborado por: El Autor, 2024.

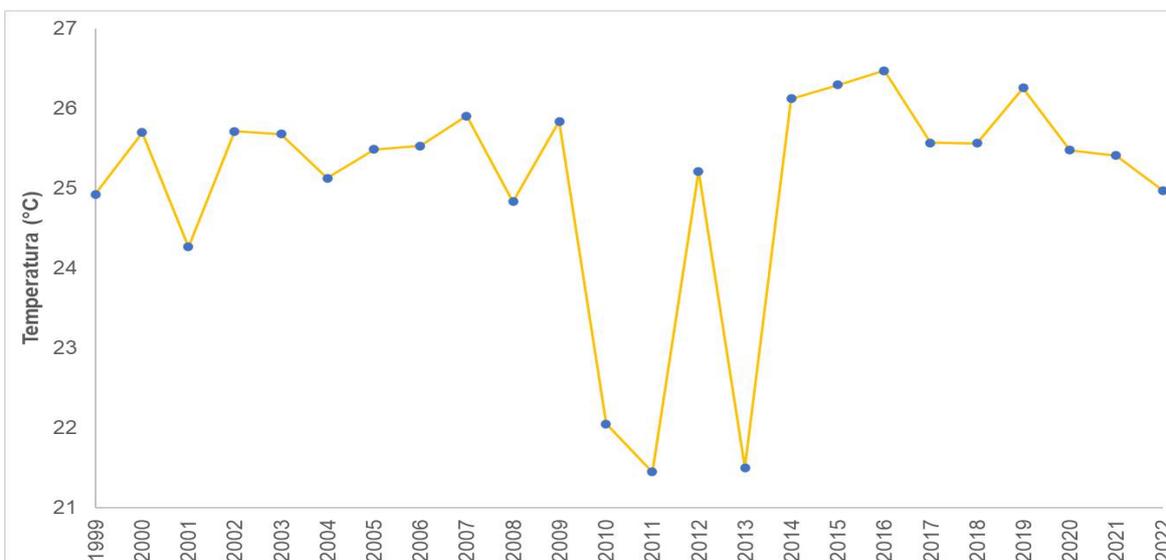
En contraste, el período de 1999-2022 presenta una disminución en la magnitud de las precipitaciones extremas. Aunque se observan picos, como en 2010, estos son menos pronunciados y frecuentes que en el periodo anterior. Esto refleja una tendencia hacia una menor frecuencia de eventos de precipitación extrema o una adaptación del clima local a nuevos patrones. Sin embargo, la estabilización relativa no elimina los riesgos, ya que las anomalías aun presentes generan desafíos relacionados con la gestión de recursos hídricos y la adaptación a cambios en los ciclos de lluvias.

Figura 37. Temperatura media anual en la provincia del Oro, cantón Huaquillas, Ecuador (1975 - 1998).



Elaborado por: El Autor, 2024.

Figura 45. Temperatura media anual en la provincia del Oro, cantón Huaquillas, Ecuador (1999 - 2022).

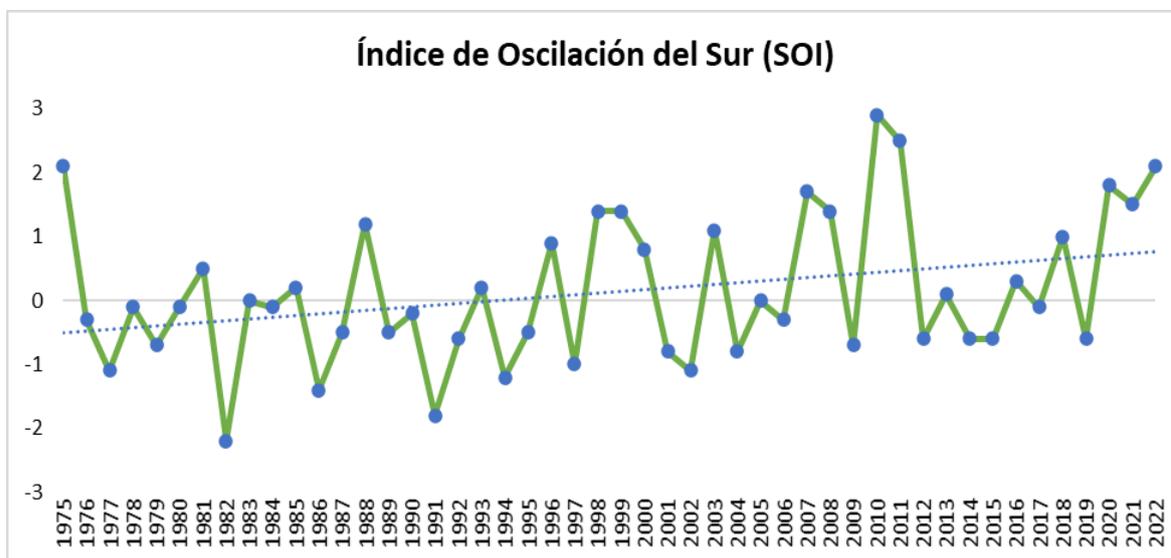


Elaborado por: El Autor, 2024.

En las Figuras 5 y 6, se evidencia la comparación de las anomalías en la temperatura media anual para los dos períodos. Durante 1975-1998, se observa una tendencia hacia un ligero aumento de las temperaturas, con anomalías que se sitúan entre 24°C y 27°C, por lo que, este aumento gradual evidencia un calentamiento moderado en la región, alineado con las tendencias globales observadas en aquella época.

En el segundo periodo 1999-2022, la temperatura muestra una variabilidad más pronunciada. Los años 2010, 2011 y 2013 registran anomalías por debajo de 22°C, mientras que los años 2014, 2015, 2016 y 2019 alcanzan los 27°C. Este patrón indica una mayor inestabilidad en la temperatura media anual en comparación con el periodo anterior, sin embargo, la mayor fluctuación en las temperaturas está asociada con un clima más volátil, influenciado por factores como el cambio climático, por ende, estos cambios en las anomalías térmicas tienen implicaciones importantes en la biología y los ciclos de vida de las especies acuáticas, incluyendo los camarones, que son sensibles a las variaciones de temperatura.

Figura 49. Índice de Oscilación del Sur (SOI)

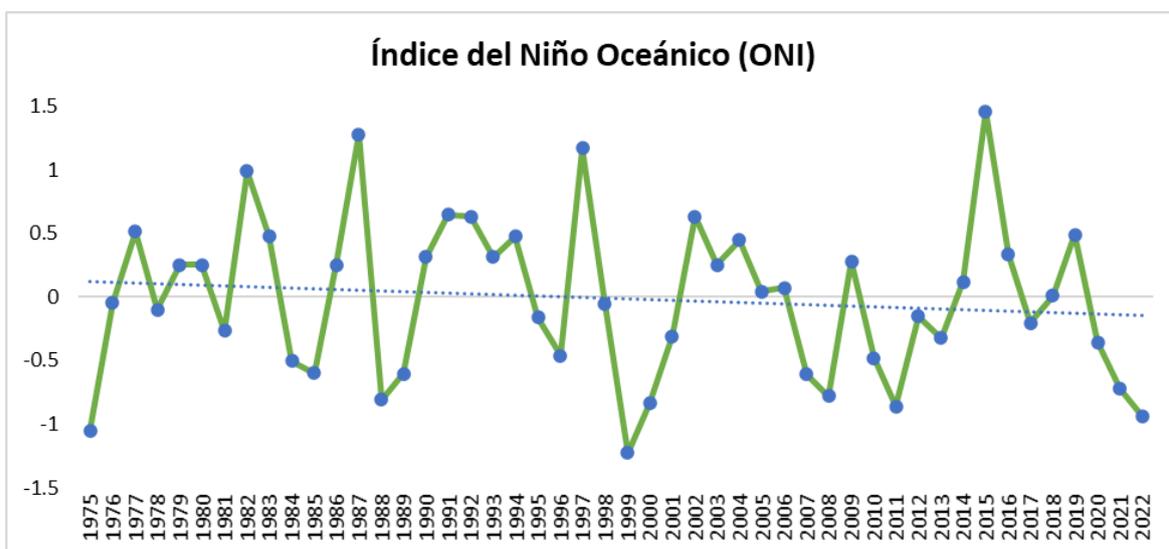


Elaborado por: El Autor, 2024.

El Índice de Oscilación del Sur (SOI) refleja fluctuaciones en la presión atmosférica entre Tahití y Darwin, con valores que oscilan entre -3 y 3 desde 1975 hasta 2021. Este indicador se relaciona estrechamente con la ocurrencia de los fenómenos de El Niño y La Niña. En la Figura 7 se puede observar que entre 1990 y 2010 predominan valores más cercanos al cero, lo que indica periodos con

condiciones climáticas más neutras. Sin embargo, a partir de 2011, se detecta un incremento en los picos positivos, alcanzando un valor cercano a 2 en 2021. Este aumento sugiere una mayor prevalencia o intensidad de eventos relacionados con La Niña en los últimos años. La línea de tendencia lineal, ligeramente ascendente, refuerza esta hipótesis de un cambio hacia condiciones más favorables para La Niña en el largo plazo. Los valores negativos significativos, aunque menos frecuentes, señalan episodios de El Niño durante el periodo analizado.

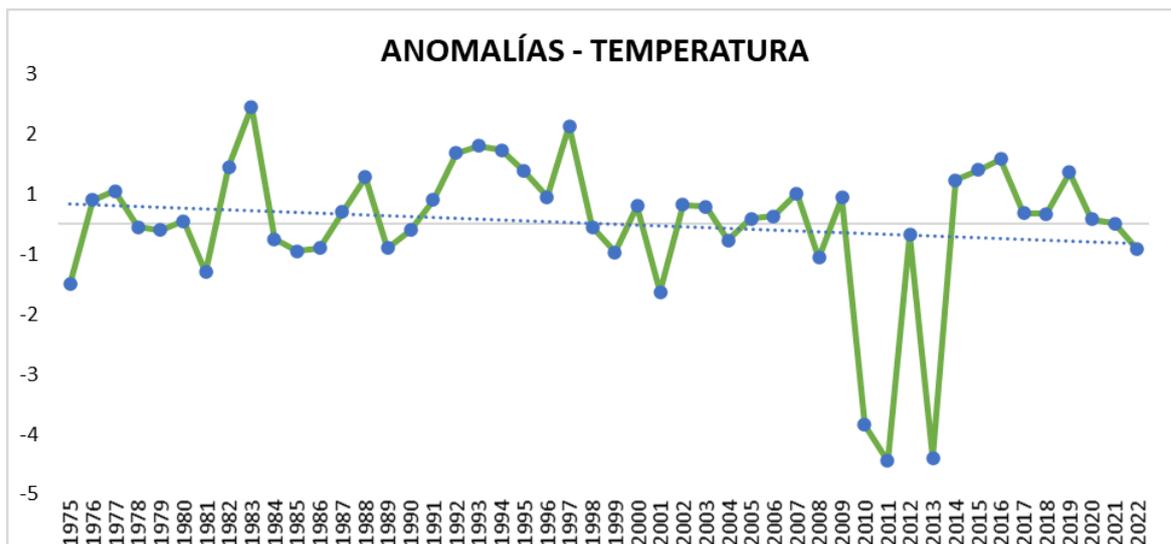
Figura 53. Índice del Niño Oceánico (ONI)



Elaborado por: El Autor, 2024.

La Figura 8, indica el Índice del Niño Oceánico (ONI), que mide las anomalías de la temperatura superficial del mar en la región ecuatorial del Pacífico central que oscila entre -1.5 y 1.5. Los eventos destacados en el gráfico corresponden a periodos fuertes de El Niño en 1983, 1997-1998 y 2015-2016, con valores aproximados a 1.5. Estas anomalías reflejan calentamientos extremos de la superficie del océano, que tienen efectos directos en las condiciones climáticas globales, como lluvias intensa y sequías. Por otro lado, los valores negativos, como los registrados en 1975, 1988-1989 y 2010-2011, corresponden a eventos significativos de La Niña, caracterizados por un enfriamiento en la misma región. Aunque las fluctuaciones son marcadas, la línea de tendencia permanece horizontal, lo que indica que no ha habido un cambio significativo en la magnitud promedio de los eventos de El Niño y La Niña a lo largo del tiempo.

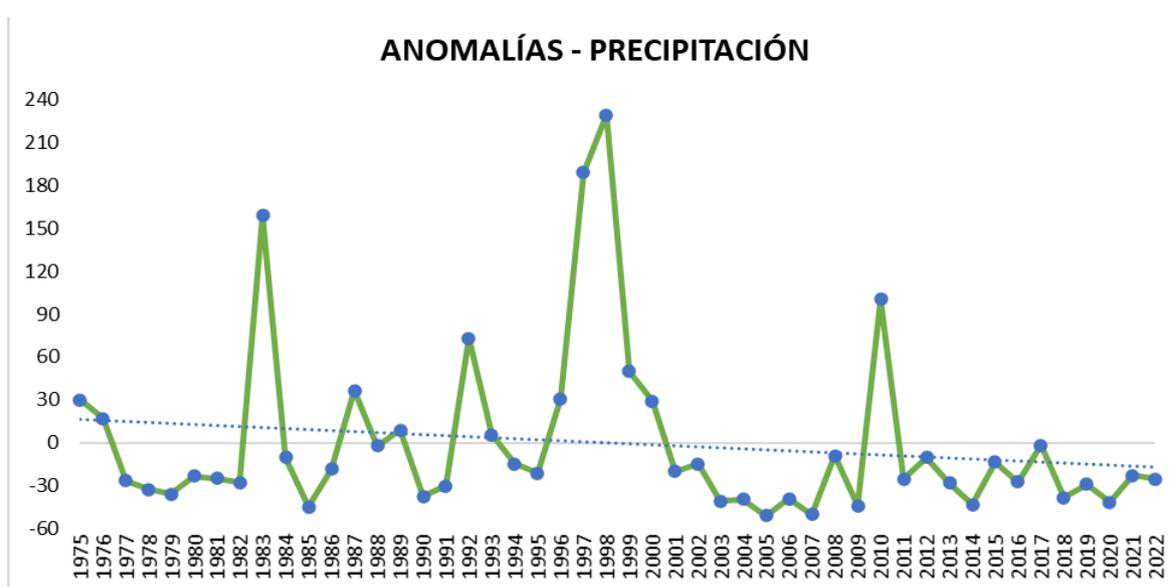
Figura 57. Anomalías - Temperatura



Elaborado por: El Autor, 2024.

La Figura 9, muestra oscilaciones entre -5 y 3, con un comportamiento variable a lo largo del tiempo. Se destacan eventos extremos, como el enfriamiento significativo registrado entre 2011 y 2015, donde las anomalías alcanzaron valores de -5 y -4, asociadas con eventos de La Niña o condiciones climáticas extremas. Los picos positivos, como los observados en 1983 y 1998, coinciden con fuertes eventos de El Niño, lo que refuerza la influencia de este fenómeno en el aumento de las temperaturas. A pesar de estas fluctuaciones, la línea de tendencia general es ligeramente descendente, lo que sugiere un enfriamiento promedio a lo largo de los años.

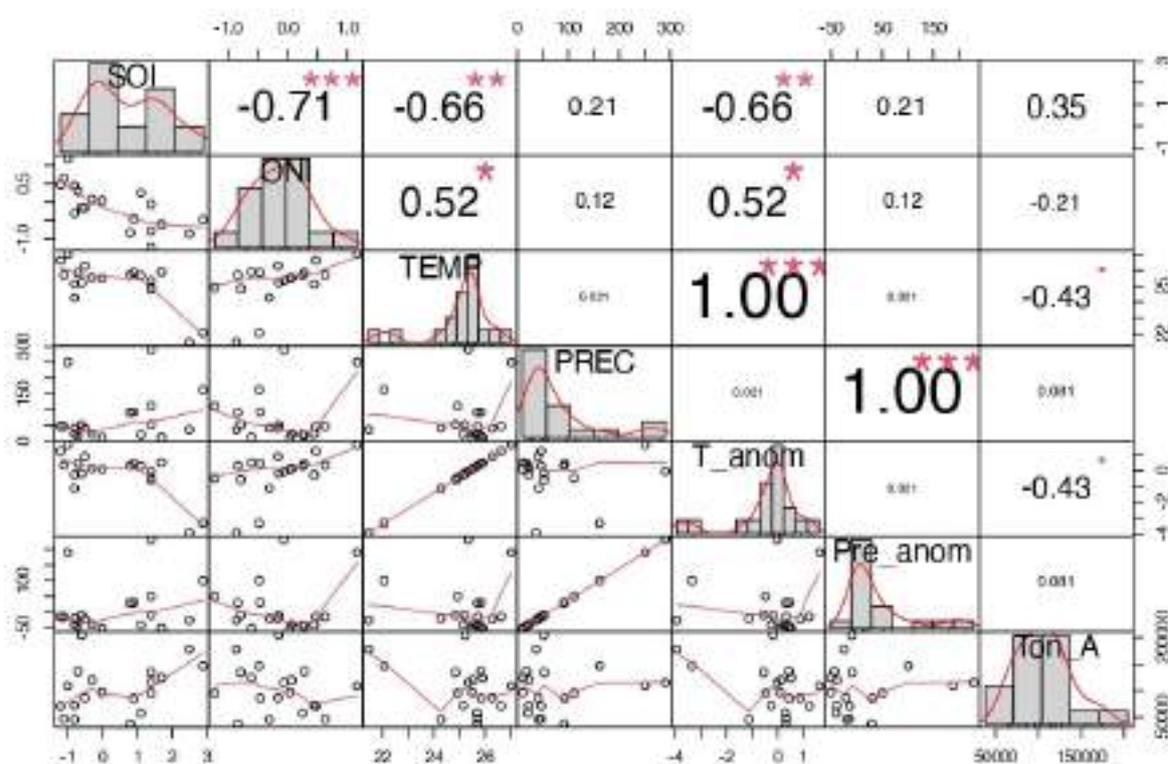
Figura 61. Anomalías - Precipitación



Elaborado por: El Autor, 2024.

La Figura 10, señala valores que van desde -60 hasta un máximo de 240. El evento más destacado corresponde a 1997-1998, un periodo asociado con un evento de El Niño muy fuerte, durante el cual las precipitaciones aumentaron drásticamente. Después del año 2000, las fluctuaciones en las anomalías de precipitación se moderaron, con valores generalmente dentro del rango de -50 a 50. Esto indica una disminución en la frecuencia o magnitud de eventos extremos de precipitación en las últimas décadas. La línea de tendencia muestra una disminución leve, lo que señala una reducción general en las anomalías de precipitación promedio. Este comportamiento refleja posibles cambios en los patrones de lluvia, influenciados tanto por factores naturales como por el impacto del cambio climático.

Figura 65. Correlación de Pearson



Elaborado por: El Autor, 2024.

La Figura 11, revela cómo las variables climáticas, muestran relaciones significativas que reflejan el impacto directo de las condiciones climáticas en la producción y comercialización de camarón. La correlación entre el SOI y las exportaciones de camarón es de -0.71, indicando una fuerte relación inversa. Esto implica que en períodos de aumento del SOI, característicos de eventos de La Niña, las exportaciones tienden a disminuir.

PI ONI presenta una correlación de -0.66 con las exportaciones, también de carácter inverso. Esto significa que los eventos de El Niño, que se asocian con un aumento del ONI, también afectan negativamente las exportaciones de camarón. Esto se debe a las alteraciones en la temperatura superficial del océano y en las condiciones climáticas, como el aumento de temperaturas y la reducción de nutrientes en las aguas costeras.

La relación entre la temperatura promedio y las exportaciones es de 0.21, positiva pero débil, lo que indica que las variaciones en la temperatura tienen un impacto limitado en la producción camaronera. La precipitación total muestra una correlación de -0.66 con las exportaciones, lo que señala un impacto negativo moderado. Este resultado sugiere que mayores precipitaciones afectan la calidad del agua y los hábitats costeros, lo cual influye directamente en los niveles de producción y, por ende, en las exportaciones.

Las anomalías de temperatura y la correlación con las exportaciones de camarón son prácticamente nulas que indican una correlación de 0.021. Esto sugiere que las fluctuaciones en las temperaturas fuera de lo normal no tienen un impacto significativo en la industria camaronera. En contraste, las anomalías de precipitación tienen una correlación de -0.43, lo que indica una relación inversa moderada. Esto evidencia que las precipitaciones extremas o atípicas pueden generar problemas en la producción, aunque su impacto es menor comparado con las precipitaciones totales.

4.3 Medidas para mitigar los efectos de la variabilidad climática en el sector camaronero del cantón Huaquillas.

En contexto a la investigación realizada y los desafíos identificados en los análisis previos de precipitación y temperatura se proponen las siguientes medidas:

Tabla 6.

Primera medida propuesta para la gestión ambiental en el sector camaronero.

Categoría	Detalles
Nombre de medida	Modelos climáticos predictivos
Tipo de Medida	Preventiva
Descripción	La implementación de modelos climáticos predictivos permite analizar datos históricos de temperatura, precipitación, humedad y otras variables climáticas que influyen directamente en el cultivo de camarón. A través de estos modelos, es posible anticipar condiciones extremas, como lluvias intensas, sequías prolongadas o cambios de temperatura que pueden afectar la productividad y la salud del camarón. Esta herramienta permite a los camaroneros planificar sus actividades de manera proactiva, ajustando el calendario de cosecha, la alimentación de los camarones y la gestión de los estanques según las previsiones climáticas.
Posibles Impactos Ambientales Negativos	Riesgos de producción por cambios climáticos imprevistos que afecten los ciclos productivos.
Acciones y Procedimientos	Revisión de datos históricos, actualización de modelos climáticos y capacitación del personal en la interpretación de los resultados para tomar decisiones informadas.
Documentos de Referencia	Estudios climatológicos, registros históricos de clima en la región, y protocolos de modelación climática.
Resultados Esperados	Reducción de riesgos asociados a eventos climáticos extremos, mejora en la planificación de actividades y optimización de recursos.
Impactos Mitigados	Fenómenos meteorológicos extremos que afectan la producción de camarones.
Etapas del Proyecto	Operación
Territorio/Población Afectada	Áreas camaroneras y comunidades cercanas que dependen del entorno natural para sus actividades.
Responsables de la Ejecución	Departamento de Planificación Ambiental y Climatología.

Elaborado por: El Autor, 2024

Tabla 7.

Segunda medida propuesta para la gestión ambiental en el sector camaronero.

Categoría	Detalles
Nombre de la medida	Fortalecimiento de diques y barreras
Tipo de Medida	Mitigación
Descripción	La intervención se centra en fortalecer las estructuras de contención que limitan la entrada de agua no deseada y protegen los estanques de posibles inundaciones. Esto incluye la elevación y consolidación de diques mediante materiales resistentes a la erosión, así como la construcción de barreras adicionales que se ajustan a las proyecciones de niveles de agua en escenarios de tormenta. La mitigación de riesgos asociados al cambio climático, como las lluvias intensas, se considera una prioridad, asegurando la sostenibilidad a largo plazo de las operaciones acuícolas.
Posibles Impactos Ambientales Negativos	Erosión de terrenos circundantes y posibles alteraciones en la flora y fauna local debido a la construcción.
Acciones y Procedimientos	Evaluación del estado actual de los diques, reforzamiento estructural y mantenimiento periódico. Se realizarán inspecciones para detectar deterioros.
Documentos de Referencia	Planos de construcción, estudios de impacto ambiental y normativas de construcción en zonas costeras.
Resultados Esperados	Mayor estabilidad de los estanques, control de niveles de salinidad y reducción del riesgo de inundación.
Impactos Mitigados	Inundaciones en estanques camaroneros y fluctuaciones de salinidad en el agua.
Etapas del Proyecto	Construcción y Operación
Territorio/Población Afectada	Estanques camaroneros y el entorno natural de la zona.
Responsables de la Ejecución	Equipo de Infraestructura y Mantenimiento.

Elaborado por: El Autor, 2024

Tabla 8.

Tercera medida propuesta para la gestión ambiental en el sector camaronero.

Categoría	Detalles
Nombre de medida	Manejo eficiente del agua
Tipo de Medida	Conservación
Descripción	La implementación de sistemas de tratamiento de agua en las piscinas incluye tecnologías avanzadas que permiten la filtración y purificación del agua utilizada en el proceso de cultivo. Estos sistemas pueden incluir tratamientos biológicos, físicos y químicos que eliminan contaminantes y mejoran la calidad del agua antes de ser recirculada en el sistema de producción. Además, se establecerán protocolos de monitoreo continuo para asegurar que los parámetros de calidad del agua se mantengan dentro de los límites óptimos, favoreciendo un ambiente saludable para el crecimiento de los organismos acuáticos.
Posibles Impactos Ambientales Negativos	Generación de lodos residuales que requieren tratamiento adecuado para evitar contaminación.
Acciones y Procedimientos	Instalación de sistemas de tratamiento, monitoreo continuo de calidad de agua, manejo adecuado de lodos generados y optimización de uso de agua.
Documentos de Referencia	Manuales de sistemas de tratamiento de agua, normativas ambientales y guías de calidad de agua.
Resultados Esperados	Reducción en el consumo de agua, mejora en la calidad de agua de los estanques y disminución de residuos generados.
Impactos Mitigados	Uso excesivo de agua y agotamiento de fuentes hídricas.
Etapas del Proyecto	Operación
Territorio/Población Afectada	Ecosistemas hídricos locales y comunidades cercanas.
Responsables de la Ejecución	Departamento de Recursos Hídricos y Gestión Ambiental.

Elaborado por: El Autor, 2024

Tabla 9.

Cuarta medida propuesta para la gestión ambiental en el sector camaronero.

Categoría	Detalles
Nombre de la medida	Restauración y conservación de ecosistemas costeros
Tipo de medida	Restauración
Descripción	La protección y restauración de manglares se centra en conservar las áreas existentes y rehabilitar aquellas que han sido degradadas. Esto incluye la reforestación con especies nativas de manglares, la restauración de la calidad del hábitat y la implementación de prácticas de manejo sostenible. Se llevarán a cabo evaluaciones periódicas para monitorear la salud de los ecosistemas restaurados y se desarrollarán campañas de sensibilización para educar a las comunidades locales sobre la importancia de estos ecosistemas.
Posibles Impactos Ambientales Negativos	Alteración de ecosistemas existentes debido a la introducción de especies vegetales nuevas.
Acciones y procedimientos	Reforestación con especies nativas, monitoreo constante de la biodiversidad y control de actividades que puedan afectar negativamente los ecosistemas.
Documentos de referencia	Plan de conservación ambiental, estudios de biodiversidad y normativas de protección costera.
Resultados esperados	Recuperación de áreas costeras degradadas, incremento en la biodiversidad y aumento en la capacidad de absorción de CO ₂ .
Impactos mitigados	Pérdida de biodiversidad y emisiones de CO ₂ .
Etapas del proyecto	Construcción y Operación
Territorio/Población Afectada	Ecosistemas costeros y fauna local.
Responsables de la Ejecución	Departamento de Conservación Ambiental y ONG asociadas.

Elaborado por: El Autor, 2024

Tabla 10.

Quinta medida propuesta para la gestión ambiental en el sector camaronero.

Categoría	Detalles
Nombre de medida	Uso de energías renovables
Tipo de medida	Sostenibilidad
Descripción	<p>La implementación de sistemas de energía renovable implica la instalación de paneles solares en las instalaciones de la camaronera, lo que permitirá generar electricidad a partir de recursos naturales inagotables. Este enfoque no solo contribuirá a reducir los costos operativos relacionados con la energía, sino que también minimizará la huella de carbono de las operaciones. Además, se considera la posibilidad de incorporar otras fuentes renovables, como turbinas eólicas, en función del potencial del sitio. Se establecerán planes de mantenimiento para asegurar el funcionamiento óptimo de los sistemas instalados y se llevará a cabo un seguimiento de los ahorros energéticos.</p>
Posibles Impactos Ambientales Negativos	<p>Aunque el uso de energías renovables tiene numerosos beneficios, la instalación de paneles solares puede tener impactos en el entorno local, como las alteraciones del hábitat durante la construcción y la posible afectación a la estética del paisaje. Además, se debe considerar el manejo adecuado de los residuos generados por el desmantelamiento de paneles al final de su vida útil.</p>
Acciones y procedimientos	<p>Instalación de equipos de energía renovable, capacitación del personal en el uso y mantenimiento, y manejo adecuado de residuos electrónicos generados.</p>
Documentos de referencia	<p>Manuales de operación de equipos, estudios de impacto ambiental normativo y residuos electrónicos.</p>
Resultados esperados	<p>Reducción de emisiones de CO₂, disminución de costos energéticos y sostenibilidad de las operaciones.</p>
Impactos mitigados	<p>Emisiones de gases de efecto invernadero y dependencia de fuentes no renovables.</p>
Etapas del proyecto	Operación
Territorio/Población Afectada	Infraestructura camaronera y áreas circundantes.
Responsables de la Ejecución	Departamento de Energía y Sostenibilidad.

Elaborado por: El Autor, 2024

Tabla 11.

Sexta medida propuesta para la gestión ambiental en el sector camaronero.

Categoría	Detalles
Nombre de la medida	Educación y capacitación ambiental
Tipo de medida	Educativa
Descripción	La educación y capacitación ambiental abarcará una serie de módulos teóricos y prácticos que incluirán temas como la gestión de residuos, el uso eficiente del agua, la conservación de la biodiversidad y las energías renovables. Se organizarán talleres, charlas y actividades interactivas para fomentar la participación activa de los trabajadores en la adopción de prácticas sostenibles. Además, se promoverá la sensibilización sobre la importancia de las normativas ambientales y las certificaciones que se pueden obtener a través del cumplimiento de estas prácticas. La capacitación se realizará de forma periódica para asegurar la actualización constante de los conocimientos del personal, lo que fomentará un ambiente de trabajo más consciente y responsable con el entorno.
Posibles Impactos Ambientales Negativos	Ninguno significativo.
Acciones y procedimientos	Realización de talleres, elaboración de materiales educativos y seguimiento en la aplicación de prácticas aprendidas.
Documentos de referencia	Manuales de capacitación, normativas ambientales y registros de asistencia y evaluación de competencias.
Resultados esperados	Mayor conciencia ambiental en los trabajadores, implementación de prácticas sostenibles y reducción de riesgos ambientales.
Impactos mitigados	Prácticas inadecuadas que afectan el ambiente y salud de los trabajadores.
Etapas del proyecto	Operación
Territorio/Población Afectada	Trabajadores y comunidad circundante.
Responsables de la Ejecución	Departamento de Recursos Humanos y Gestión Ambiental.

Elaborado por: El Autor, 2024

5. DISCUSIÓN

En el análisis de la variabilidad climática del cantón Huaquillas, se identificaron tendencias significativas tanto en la temperatura como en la precipitación durante el periodo de estudio de 1975 a 2022. Los resultados muestran un incremento sostenido de la temperatura promedio. Esta tendencia se alinea con los reportes de Aguirre et al. (2019), quienes observaron incrementos similares en la región sur de Ecuador, específicamente en la cuenca del río Jubones. El aumento de temperatura está estrechamente vinculado a los efectos del cambio climático, particularmente al calentamiento global y a eventos como el fenómeno El Niño, que exacerban las fluctuaciones térmicas. El análisis de series temporales reveló que, a partir de la década de 1990, se presentaron temperaturas más elevadas y un aumento de la frecuencia de eventos extremos, un comportamiento que también fue documentado por estudios como el de Hernández y Santos (2021), quienes indicaron que el calentamiento global ha intensificado las olas de calor y los eventos de temperaturas extremas en la costa ecuatoriana.

Se identificó periodos de sequías pronunciadas en los años de 1977 a 1982, 1985, 1990 y 1991, donde el promedio de precipitación no supera los 50mm, a diferencia de los años 1983, 1997, 1998 y 2010 donde hubo episodios de lluvias intensas, anomalías que se han intensificado durante el fenómeno de El Niño. Esto es consistente con los hallazgos de Hidalgo (2019), quien demostró que las precipitaciones en Ecuador tienden a incrementarse considerablemente durante las fases cálidas del ENOS, impactando de forma heterogénea las diferentes regiones del país. En Huaquillas, la variabilidad de las precipitaciones ha afectado directamente los ciclos hídricos locales, con repercusiones en la disponibilidad de agua para actividades acuícolas. Durante los eventos de El Niño, se observó un aumento en las lluvias, lo que provocó cambios en la salinidad del agua, condiciones que afectan el crecimiento y la reproducción de los organismos acuáticos. Estos patrones coinciden con los análisis realizados por Benites (2019), quien indicó que los cambios abruptos en la precipitación debido a eventos climáticos extremos tienen impactos significativos en los sectores económicos primarios de Ecuador.

Al comparar los periodos 1975-1998 y 1999-2022, se observa una clara diferencia en la intensidad y frecuencia de las anomalías climáticas. Los resultados muestran un aumento aproximado del 19% en las temperaturas promedio durante el segundo periodo, con un incremento en los años más cálidos. Además, la variabilidad interanual de la precipitación fue más pronunciada en el periodo (1975-1998) por la presencia del ENOS en años como 1983, 1997 y 1998, que son eventos de precipitación extremos, lo que se asemeja con lo mencionado por Chiles (2020).

En cuanto a la producción camaronera, los datos sugieren que las fluctuaciones climáticas han tenido un impacto directo en la productividad del sector. Se identificaron correlaciones entre las anomalías de temperatura y precipitación con los niveles de producción, especialmente durante los años de eventos de ENOS, cuando se observó una disminución del 29% en la producción frente a los años donde no hubo presencia del mismo, debido al aumento de la temperatura del agua y cambios en la salinidad. Este comportamiento es consistente con las observaciones de Ichazo (2021), quien documentó que el aumento de la temperatura del agua provoca que las especies acuáticas, cambien sus patrones de comportamiento, lo que afecta la productividad de la acuicultura en la región. Los resultados de este estudio refuerzan la idea de que las anomalías climáticas asociadas a eventos extremos, como El Niño, influyen negativamente en la producción camaronera de Huaquillas.

En términos de mitigación, se propusieron medidas enfocadas en la gestión eficiente de los recursos hídricos y la adaptación de los sistemas de producción acuícola a las condiciones cambiantes del clima. Estas propuestas se alinean con las estrategias sugeridas por Ludeña y Wilk (2020), quienes destacaron la necesidad de mejorar la capacidad adaptativa de los sectores productivos mediante el fortalecimiento del conocimiento climático y la implementación de políticas de adaptación. Las medidas incluyen la instalación de sistemas de control de calidad del agua en los estanques camaroneros y la implementación de prácticas de manejo que reduzcan el impacto de las fluctuaciones climáticas, tales como el ajuste de los tiempos de cultivo en función de las previsiones climáticas estacionales. Estas estrategias buscan reducir la vulnerabilidad del sector camaronero frente a eventos climáticos extremos y mejorar la resiliencia del sistema productivo a largo plazo.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La comparación entre los periodos 1975-1998 y 1999-2022 evidencia cambios significativos en la intensidad y frecuencia de las anomalías climáticas. Durante el segundo periodo, se registró un aumento aproximado del 19% en las temperaturas promedio, mientras que, la variabilidad interanual de la precipitación fue más pronunciada en el primer periodo debido a años con presencia de sequía entre 1977 a 1982, 1985, 1990 y 1991, donde el promedio de precipitación no supera los 50mm, en contraste, con los años con presencia del fenómeno ENOS, como los ocurridos en 1983, 1997 y 1998 alcanzando precipitaciones de hasta aproximadamente 300mm.

Al integrar los resultados de este estudio con las evidencias recopiladas en el marco teórico, se puede concluir que existe una relación clara entre la variabilidad climática y la producción del sector camaronero en Huaquillas. En los años con presencia de ENOS hubo una producción de exportación de 815.316.857 libras, mientras que, en los años sin presencia de este, la producción de exportación fue de 1.141.595.095 libras, lo que confirma la hipótesis planteada.

Las variables climáticas más relevantes que afectan las exportaciones de camarón son el SOI, el ONI y la precipitación total, todas con correlaciones inversas significativas. Esto evidencia que los fenómenos de El Niño y La Niña, junto con los cambios en los patrones de precipitación, tienen un impacto directo en la producción camaronera

Los patrones climáticos observados y su impacto en la productividad acuícola resaltan la necesidad de implementar estrategias efectivas de adaptación y mitigación frente a los desafíos del cambio climático en esta región. Estas medidas son fundamentales para garantizar la sostenibilidad del sector camaronero, que enfrenta riesgos asociados a las alteraciones en las condiciones ambientales. La comprensión de estas dinámicas climáticas permite diseñar acciones específicas que reduzcan la vulnerabilidad del sector y aseguren su viabilidad a largo plazo, promoviendo prácticas resilientes y sostenibles, de manera que, se busca equilibrar el desarrollo económico con la conservación del entorno.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda establecer estaciones de monitoreo climático local en Huaquillas que permitan registrar datos en tiempo real sobre temperatura y precipitación. Esto facilitará la detección temprana de anomalías y la toma de decisiones oportunas para mitigar los impactos en el sector camaronero.

Se sugiere adoptar prácticas de manejo eficiente del agua, como el control de la salinidad y la regulación de los niveles de agua durante los eventos de lluvia intensa. Esto ayudará a mantener condiciones óptimas para el cultivo de camarones y reducir el riesgo de mortalidad durante los eventos climáticos extremos.

Se propone capacitar a los productores camaroneros en estrategias de adaptación al cambio climático. Los programas de formación deben enfocarse en ajustar los tiempos de cultivo, implementar tecnologías de resiliencia acuícola y fomentar el uso de buenas prácticas ambientales. Esto permitirá a los acuicultores adaptarse mejor a las condiciones cambiantes del clima y garantizar la sostenibilidad de la producción camaronera en el futuro.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, D., & Robles, D. (2015). *Manual de Meteorología y de gestión de la Información Climática*. Huaraz: USAID. Obtenido de https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00N1N1.pdf
- Agualongo, D., & Garcés, A. (2020). El nivel socioeconómico como factor de influencia en temas de salud y educación. *Vínculos*, 5(2), 19-27. doi:10.24133/vinculosespe.v5i2.1639
- Aguilar, Y. (2011). *Impactos del cambio climático en la agricultura de america central y en las familias productoras de granos básicos*. Observación de la Sostenibilidad- Red Latinoamericana. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REN40134.pdf>
- Aguirre, N., Eguiguren, P., Maita, J., Coronel, V., Samaniego, N., Ojeda, T., & Aguirre, Z. (2019). *Vulnerabilidad al cambio climático en la Región Sur del Ecuador: Potenciales impactos en los ecosistemas, producción de biomasa y producción hídrica*. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/298753988_Vulnerabilidad_al_cambio_climatico_en_la_Region_Sur_del_Ecuador_Potenciales_impactos_en_los_ecosistemas_produccion_de_biomasa_y_produccion_hidrica
- Alzate, D., Rojas, E., Mosquera, J., & Ramón, J. (2015). Cambio climático y variabilidad climática para el período 1981-2010 en las cuencas de los ríos Zulia y Pamplonita, norte de Santander-Colombia. *Revista Luna Azul*(40), 127-153. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321733015010>
- Arcentales, T. A., & Flores, F. J. (2021). *Estudio de impacto ambiental para la construcción del malecón lineal de Huaquillas - provincia de El Oro, Ecuador*. [Tesis de grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. La libertad, Ecuador: UEPSE. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6939/1/UPSE-TIC-2022-0005.pdf>
- Benites, C. P. (2019). *Variabilidad climática anual e interanual y su influencia en los indicadores socio-económicos en el Ecuador*. [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Guayaquil: Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias de Mar. Obtenido de

- <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/54641/1/D-60023%20Benites%20Cardenas%2c%20Paulino.pdf>
- Cadilhac, L., Torres, R., Calles, J., Vanacker, V., & Calderón, E. (2019). Desafíos para la investigación sobre el cambio climático en Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 3(1), 168-181. doi:10.1080/23766808.2017.1328247
- Camara Nacional de Acuacultura. (2023). *Cámara Nacional de Acuacultura*. Obtenido de <https://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>
- Chiles, A. G. (2020). *Caracterización de la variabilidad climática de la cuenca hidrográfica del río Mira en el período 1981-2010, con base en la información hidrometeorológica disponible. [Tesis maestra, Universidad Andina Simón Bolívar]*. Universidad Andina Simón Bolívar, Área de Estudios Sociales y Globales. Quito: Repositorio Universidad Andina Simón Bolívar. Obtenido de <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/7782/1/T3369-MCCNA-Chiles-Characterizacion.pdf>
- Dávila, S. V., & Morocho, C. J. (2022). Plan de Acción Ambiental participativo para el Cantón Huaquillas, Provincia El Oro. *Universidad Católica de Loja*, 45-58. Obtenido de <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/2198>
- García, M., Pérez, A., Martínez, B., & Gutiérrez, V. (2021). Cambio de uso de suelo y variabilidad climática en Chiautzingo, Puebla México. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 6(11), 1295-1305. doi:10.5377/ribcc.v6i11.9421
- Gordillo, M. A., Cabrera, C., Hernández, M. M., Galindo, E., Otazo, E., & Prieto, F. (2010). Evaluación regional del impacto antropogénico sobre, aire, agua y suelo. *Revista Internacional de contaminación ambiental*, 26(3), 229-251. Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/evaluacin-regional-del-impacto-antropognico/17305420>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, [IPCC]. (2007). Cambio Climático 2007: Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad. (M. Parry, O. Canziani, Palutikof, P. v. Linden, & C. Hanson, Edits.) *Cambridge University Press*. Obtenido de https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/es/spms2.html
- Hernández, V. F., & Santos, J. L. (2021). Análisis de la variabilidad climática de la costa ecuatoriana. *Escuela Superior Politécnica del Litoral*, 1-6. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1767/1/3456.pdf>

- Hidalgo, P. M. (2019). Variabilidad climática interanual sobre el Ecuador asociada a ENOS. *CienciaAmérica*, 6(2), 32-37. Obtenido de <https://portal.amelica.org/ameli/journal/367/3671559006/html/>
- Ichazo, I. A. (2021). *Percepciones de los concheros y cangrejeros de la Provincia de El Oro sobre eventos naturales e impactos antropogénicos. [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]*. Guayaquil: Repositorio Universidad de Guayaquil. Obtenido de <https://repositorio.ug.edu.ec/items/2e1c30e0-e9e2-4bba-878b-30d823c3bf03>
- INAMHI. (2023). Obtenido de <https://inamhi.gob.ec/visor/estaciones>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022). *Censo Ecuador cuenta conmigo*. Quito. Obtenido de Censo Ecuador: https://www.censoecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2023/10/Presentacio%CC%81n_Nacional_1%C2%B0entre ga-4.pdf
- Lozano, R. W. (2018). *Clima, Hidrología y Meteorología para ciencias ambientales e Ingeniería* (Primera ed.). Bogotá, Colombia: Universidad Piloto de Colombia. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/William-Antonio-Lozano-Rivas/publication/328710413_Clima_hidrologia_y_meteorologia_Para_ciencias_ambientales_e_ingenieria/links/64de3137caf5ff5cd0c33e61/Clima-hidrologia-y-meteorologia-Para-ciencias-ambientales-e-ingen
- Ludeña, C., & Wilk, D. (2020). Ecuador: Mitigación y Adaptación al Cambio Climático. *Banco Interamericano de Desarrollo*, 1-29. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/viewer/Ecuador-Mitigaci%C3%B3n-y-adaptaci%C3%B3n-al-cambio-clim%C3%A1tico.pdf>
- Mayón, C. S. (2020). Canasta Comercial Transfronteriza y su aporte al dinamismo comercial del cantón Huaquillas en Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(4), 140-146. Obtenido de <https://orcid.org/0000-0001-6297-8512>
- Miller, T. G. (2007). *Ciencia ambiental: Desarrollo sostenible. Un enfoque integral*. México: Thomson. Obtenido de <http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/glosariogeografiaambiental.pdf>
- NASA. (2021). *The Power project*. Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/>

- Ordoñez, G. J. (2011). *Cartilla Técnica: Ciclo Hidrológico* (Primera ed.). (S. G. Lima, Ed.) Lima: Zaniel Goicochea. Obtenido de https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf
- Organización de las Naciones Unidas. (12 de Junio de 2020). *Acción por el Clima*. Obtenido de ¿Qué es el cambio climático?: <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- Ortiz, A. A., Ruiz, O. M., & Rodríguez, M. J. (2017). Planificación y gestión de los recursos hídricos: una revisión de la importancia de la variabilidad climática. *Revista Logos, Ciencia y Tecnología*, 9(1), 100-107. doi:10.22335/rict.v9i1.401
- Ponce, C. Y., & Cantú, M. P. (2012). Cambio Climático: Bases Científicas y Escepticismo. *Culcyt*(46), 5-12. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7056204.pdf>
- Rodríguez, C. G., Aguirre, L. G., & Chiriboga, C. F. (2016). La gestión ambiental empresarial, su función frente a cambios climáticos globales. Camaroneras, Caso: Manglares de Ecuador. *Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos*, 8(3), 43-50. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2218-36202016000300005
- Rodríguez, R., Benito, Á., & Portela, A. (2004). *Meteorología y Climatología*. Salamanca: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. Obtenido de <https://www.fecyt.es/es/system/files/publications/attachments/2014/11/meteorologiyclimatologia.pdf>
- Rosero, L. J. (2018). La aplicación de la canasta comercial transfronteriza como medida de reactivación comercial en Carchi – Ecuador. Un análisis de proyecciones con tendencia polinómica. *INNOVA Research Journal*, 3(10), 47-58. doi:10.33890/innova.v3.n10.2018.656
- Rueda, B. J., Elles, P. C., Sánchez, C. E., González, A. Á., & Rivillas, O. G. (2019). Identificación de patrones de variabilidad climática a partir de análisis de componentes principales, Fourier y Clúster k-medias. *Tecnura: Tecnología y cultura, afirmando el conocimiento*, 20(50), 55-68. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/2570/257049511006/html/>

- Samaniego, J. L., Galindo, L. M., Mostacedo, M. S., Ferrer, J. C., Alatorre, J. E., & Reyes, O. (2017). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad de América Latina. *Naciones Unidas*, 1-17. Obtenido de https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/sintesis_pp_cc_cc_y_sus_efectos_en_la_biodiversidad.pdf
- Tiscornia, G., Cal, A., & Giménez, A. (2021). Análisis y caracterización de la variabilidad climática en algunas regiones de Uruguay. *Revista de investigaciones agropecuarias*, 42(1), 66-71. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/864/86445998013.pdf>
- Valenzuela, O. L., & Cabrera, S. G. (2024). Lineamientos generales para la clasificación climática de Köppen-Geiger del continente americano en los siglos XVI y XVII. *Revista de Historia de América*(167), 253-279. doi:10.35424/rha.167.2024.4715
- Vargas, G. J. (2016). *Migrantes Climáticos, entre los desplazamientos forzados y las políticas para su protección en el Ecuador. [Tesina, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales]*. Quito: Departamento de Sociología y Estudios de Género. Obtenido de <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/9543/1/TFLACSO-2016JOVG.pdf>
- Virgen, G., Gómez, J., Borja, M., Ramírez, A., & Monterroso, A. (2022). Sistema de monitoreo meteorológico en un bosque templado a partir de análisis del paisaje. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 13(74), 145-173. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322022000600145&script=sci_abstract

8. ANEXOS

Anexo N° 5.

Mapa de ubicación del cantón Huaquillas.

Elaborado por: El Autor, 2024.

Anexo N° 9.

Media anual de temperaturas (°C) durante el periodo 1975 – 2022 del cantón Huaquillas – El Oro.

AÑOS	TEMPERATURAS (°C)	AÑOS	TEMPERATURAS (°C)	AÑOS	TEMPERATURAS (°C)
1975	24.45	1991	25.80	2007	25.91
1976	25.80	1992	26.58	2008	24.84
1977	25.95	1993	26.70	2009	25.84
1978	25.35	1994	26.63	2010	22.05
1979	25.30	1995	26.28	2011	21.45
1980	25.45	1996	25.85	2012	25.22
1981	24.60	1997	27.03	2013	21.50
1982	26.35	1998	25.35	2014	26.12
1983	27.35	1999	24.93	2015	26.30
1984	25.15	2000	25.70	2016	26.48
1985	24.95	2001	24.27	2017	25.57
1986	25.00	2002	25.71	2018	25.57
1987	25.60	2003	25.68	2019	26.26
1988	26.18	2004	25.13	2020	25.48
1989	25.00	2005	25.49	2021	25.41
1990	25.30	2006	25.53	2022	24.97

Elaborado por: El Autor, 2024

Anexo N° 10.

Promedio anual de precipitaciones (mm) durante el periodo 1975 – 2022 del cantón Huaquillas – El Oro.

AÑOS	PRECIPITACIÓN (mm)	AÑOS	PRECIPITACIÓN (mm)	AÑOS	PRECIPITACIÓN (mm)
1975	91.95	1991	31.86	2007	11.87
1976	78.88	1992	135.07	2008	52.73
1977	35.26	1993	67.49	2009	18.02
1978	29.49	1994	47.23	2010	162.28
1979	26.00	1995	40.61	2011	36.47
1980	38.73	1996	92.52	2012	51.86
1981	36.87	1997	250.73	2013	33.84
1982	34.08	1998	290.98	2014	18.90
1983	220.57	1999	111.74	2015	48.34
1984	51.76	2000	91.22	2016	34.72
1985	17.34	2001	41.88	2017	60.16
1986	43.62	2002	47.02	2018	23.73
1987	98.53	2003	21.09	2019	32.96
1988	59.97	2004	22.41	2020	20.22
1989	70.79	2005	10.99	2021	39.18
1990	24.48	2006	22.85	2022	36.45

Elaborado por: El Autor, 2024

Anexo N° 11.

Datos utilizados para correlación de Pearson.

AÑOS	SOI	ONI	TEMP	PREC	ANOMALÍA TEMPERATURA	ANOMALÍA PRECIPITACIÓN	EXPORTACIÓN CAMARÓN
1994	-1.2	0.475	26.63	47.23	1.23	-14.56	156200837.0
1995	-0.5	-0.16	26.28	40.61	0.88	-21.18	190862764
1996	0.9	-0.46	25.85	92.52	0.45	30.73	188541533
1997	-1	1.17083333	27.03	250.73	1.63	188.94	240004270
1998	1.4	-0.0575	25.35	290.98	-0.05	229.19	252985907
1999	1.4	-1.225	24.93	111.74	-0.47	49.95	209040500
2000	0.8	-0.83583333	25.70	91.22	0.30	29.43	82955793
2001	-0.8	-0.30833333	24.27	41.88	-1.13	-19.92	99801296
2002	-1.1	0.63083333	25.71	47.02	0.31	-14.77	103033746
2003	1.1	0.25083333	25.68	21.09	0.28	-40.70	126750834
2004	-0.8	0.44666667	25.13	22.41	-0.27	-39.38	158460630
2005	0	0.04083333	25.49	10.99	0.09	-50.80	212575213

2006	-0.3	0.07166667	25.53	22.85	0.13	-38.94	264361763
2007	1.7	-0.6075	25.91	11.87	0.51	-49.93	273137769
2008	1.4	-0.78166667	24.84	52.73	-0.56	-9.06	294733588
2009	-0.7	0.28166667	25.84	18.02	0.44	-43.77	299333918
2010	2.9	-0.47916667	22.05	162.28	-3.35	100.49	322326680
2011	2.5	-0.86083333	21.45	36.47	-3.95	-25.32	392464787
2012	-0.6	-0.15083333	25.22	51.86	-0.18	-9.93	449796390

Elaborado por: El Autor, 2024.