



TESIS

**“MEDICIÓN DE LA VULNERABILIDAD SOCIOECONOMICA Y CLIMÁTICA
DE COMUNIDADES COSTERAS- CASO ECUADOR”**

**Previa la obtención del Título de:
MAGISTER EN CIENCIAS ECONÓMICAS**

**Presentado por:
ARIEL MATHÍAS HAAS MENDOZA**

Guayaquil - Ecuador

2025

DEDICATORIA

Hay una frase de un autor argentino que siempre me ha acompañado: “*No estoy seguro si realmente existo. Soy todos los autores que he leído, toda la gente que he conocido, todas las mujeres que he amado, todas las ciudades que he visitado (...)*”.

Nuestra individualidad no surge de manera aislada ni espontánea. Se construye, se pule, se cura a partir de innumerables fragmentos: las palabras que nos marcaron, los gestos que imitamos sin darnos cuenta, los valores heredados, las risas compartidas, los aprendizajes, incluso los silencios y ausencias que nos enseñaron a mirar distinto. Somos un mosaico de pequeñas piezas, de costumbres y detalles que, al entrelazarse, dan forma a nuestra identidad.

En ese sentido, reconocernos en los demás es un acto de humildad y gratitud. Que alguien más deje en nosotros una huella, que una característica ajena se convierta en parte de lo que somos, es quizá una de las formas más hermosas de rendir tributo a la vida compartida.

A todas esas personas que son parte de mí, les dedico este trabajo, porque en mí vive, de alguna manera, cada instante que compartimos.

Mathias Haas

AGRADECIMIENTO

A Alisha, por su apoyo incondicional y sin quien la maestría no hubiera podido materializarse

A Ugavi, María José, Katherine, Julio, Cristhian y Juan, los MECEamigos

A mi familia, porque alguna vez me dijeron que sería economista y no les creí

A Liliana, José Gabriel, Leonardo, Iván, Gonzálo V. y Gonzálo S., Pablo, Manuel, Samuel y Fabricio, por la profunda paciencia que implica darme clases.

A Lorena, por la compañía, la terapia, los consejos y el café

Gabriela, Carla, Lady, María Alejandra, Milton, Irlanda, Martín, Daniela y Panchito, por las risas compartidas en el camino

A mis gatas, que me acompañaron estudiando hasta en las madrugadas más profundas

Mathias Haas

COMITÉ DE EVALUACIÓN

Ph.D Liliana Alexandra Alencastro López

Tutor de la Tesis

Ph.D Andrea Isabel Molina Vera

Evaluador 1

Ph.D. Pedro Fabricio Zanzzi Díaz

Evaluador 2

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo Ariel Mathias Haas Mendoza acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autor/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 15 de septiembre del 2025.

Ariel Mathias Haas

Mendoza

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	1
ÍNDICE DE GRÁFICOS	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	5
1.1 Antecedentes y justificación de esta investigación	6
1.2 Descripción del problema	8
1.3 Objetivos.....	9
1.3.1 Objetivo general.....	9
1.3.2 Objetivos específicos.....	10
CAPITULO 2 REVISIÓN DE LITERATURA	11
2.1 Estado del arte	11
2.2 Vulnerabilidad.....	11
2.2.1. Vulnerabilidad Climática	13
2.2.2 Vulnerabilidad Sectorial.....	14
2.2.3 Vulnerabilidad Zonas Costeras.....	15
2.2.4 Vulnerabilidad en comunidades pesqueras	16
2.3 Estado de la cuestión	17
2.4 Avances recientes en la medición de vulnerabilidad en pesquerías a pequeña escala	18
2.5 Marco teórico	20
2.5.1 Exposición.....	20
2.5.2 Sensibilidad.....	20
2.5.3 Capacidad adaptativa.....	20
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	21
3.1 Diseño y enfoque metodológico	21
3.2 Datos y métodos de análisis	22
3.2.1 Exposición.....	22
3.2.2 Sensibilidad.....	27
3.2.3 Capacidad adaptativa.....	29
3.3 Índice de vulnerabilidad por método aditivo	30

3.3.1 Nivel individual	31
3.3.2 Nivel provincial (agregado)	32
3.3.3 Estimación individual	33
3.3.4 Agregación por provincia y mes	34
3.4 Normalización, validación cruzada y análisis de consistencia.....	34
3.4.1 Normalización final.....	34
3.4.2 Herramientas de validación cruzada	35
3.4.3 Criterios de consistencia metodológica	35
CAPÍTULO 4: RESULTADOS	36
4.1 Resultados del índice tradicional	37
4.2 Resultados del índice factorial (CFA)	40
4.3 Comparación entre el método aditivo y el CFA.....	45
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	50
ANEXOS	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Principales tipos de indicadores utilizados en estudios recientes de vulnerabilidad en pesquerías a pequeña escala.....	18
Tabla 2.1. Coordenadas geográficas seleccionadas por provincia para la extracción de datos oceanográficos en Copernicus.....	23
Tabla 4.1. Índice de vulnerabilidad - método tradicional (promedios provinciales).....	37
Tabla 4.2. Índice de vulnerabilidad - método CFA (promedios provinciales).....	40
Tabla 4.3. Resultados del análisis factorial confirmatorio (CFA) para el índice de vulnerabilidad.....	41

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1. Exposición climática - método tradicional (promedios provinciales).....	35
Gráfico 4.2. Sensibilidad socioeconómica - método tradicional (promedios provinciales).....	36
Gráfico 4.3. Capacidad adaptativa - método tradicional (promedios provinciales).....	36
Gráfico 4.4. Vulnerabilidad total - método tradicional (promedios provinciales).....	37
Gráfico 4.5. Exposición climática - CFA (promedios provinciales).....	38
Gráfico 4.6. Sensibilidad socioeconómica - CFA (promedios provinciales).....	39
Gráfico 4.7. Capacidad adaptativa - CFA (promedios provinciales).....	39
Gráfico 4.8. Vulnerabilidad total - CFA (promedios provinciales).....	40

RESUMEN

El presente trabajo evalúa la vulnerabilidad socioeconómica y climática de las comunidades pesqueras artesanales del Ecuador, considerando su exposición a amenazas ambientales y su capacidad de respuesta frente al cambio climático. Se aplica un enfoque metodológico mixto que combina marcos conceptuales internacionales, como los del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), con técnicas estadísticas avanzadas. A partir de datos provenientes de encuestas de hogares y fuentes satelitales, se construyeron índices de vulnerabilidad que integran tres dimensiones fundamentales: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.

El análisis se realiza para el período 2022–2024, con cobertura provincial y parroquial en el litoral ecuatoriano. En una primera fase se desarrolló un índice aditivo mediante normalización min–max, mientras que en una segunda fase se implementó un modelo de análisis factorial confirmatorio (CFA) como estrategia de validación estadística. Los resultados muestran diferencias significativas entre provincias costeras en los niveles de vulnerabilidad, destacando a Manabí y Esmeraldas como las zonas más expuestas y con menor capacidad adaptativa.

El estudio aporta una herramienta empírica para la comprensión de los riesgos que enfrentan las comunidades pesqueras ante los efectos del cambio climático y propone una base técnica para orientar políticas públicas de adaptación, sostenibilidad y resiliencia en el sector pesquero artesanal ecuatoriano.

Palabras clave: vulnerabilidad, cambio climático, pesca artesanal, Ecuador, adaptación.

ABSTRACT

This research assesses the socioeconomic and climatic vulnerability of Ecuador's small-scale fishing communities, focusing on their exposure to environmental hazards and their adaptive capacity to climate change. The methodological framework combines international conceptual models, such as those proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), with advanced statistical techniques. Using household survey data and satellite-based indicators, vulnerability indices were developed encompassing three main dimensions: exposure, sensitivity, and adaptive capacity.

The analysis covers the period 2022–2024 at both provincial and parish levels along Ecuador's coastal region. In the first stage, an additive index was constructed using min–max normalization, followed by a confirmatory factor analysis (CFA) model as a validation approach. Results reveal significant disparities among coastal provinces, with Manabí and Esmeraldas showing higher vulnerability levels due to greater exposure and lower adaptive capacity.

The study provides an empirical basis for understanding the climate-related risks faced by artisanal fishing communities and offers technical insights for designing public policies aimed at adaptation, sustainability, and resilience in Ecuador's small-scale fisheries sector.

Keywords: vulnerability, climate change, small-scale fisheries, Ecuador, adaptation.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

El presente trabajo propone enfocarse en la vulnerabilidad climática de las comunidades costeras dedicadas a la pesca artesanal. La medición y evaluación de la vulnerabilidad de un sistema frente al cambio climático permite entender y señalar los riesgos e identificar las áreas e individuos vulnerables ante estos fenómenos (FAO, 2019).

La evaluación de la vulnerabilidad frente al calentamiento global ayuda a definir la magnitud de la amenaza y permite establecer un punto de partida para la determinación de medios efectivos para proponer soluciones (Kelly & Adger, 2000). Asimismo, el entendimiento de la vulnerabilidad ante el cambio climático responde múltiples propósitos que abarcan adaptación, planificación, evaluación de riesgos y oportunidades y proponen acciones focalizadas y efectivas de adaptación (FAO, 2015). Por tanto, dada la relevancia del aporte de la pesca artesanal e industrial en la economía ecuatoriana resulta imperativo entender y medir la vulnerabilidad de las comunidades pesqueras del Ecuador ante el cambio climático, para proteger este sector de los potenciales efectos negativos en el contexto en el que se desarrollan las comunidades pesqueras.

La investigación se circscribe a las comunidades pesqueras artesanales del litoral ecuatoriano, con énfasis en las provincias de Guayas, Manabí y Esmeraldas, que concentran la mayor actividad pesquera del país. El período de análisis abarca los años 2022 a 2024, de acuerdo con la disponibilidad de información climática y socioeconómica en encuestas de hogares y registros satelitales. Temáticamente, el estudio se enfoca en la construcción de índices de vulnerabilidad socioeconómica y climática, sin abordar de manera directa aspectos de gobernanza institucional o de política pesquera, aunque estos se discuten como marco contextual.

En cuanto a la estructura del documento, el **Capítulo 2** presenta la revisión de la literatura y el marco conceptual que sustentan la investigación, incluyendo las definiciones de vulnerabilidad, exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. El **Capítulo 3** desarrolla la metodología empleada para la construcción y validación del índice de vulnerabilidad, detallando las fuentes de información, el proceso de estandarización de indicadores y los métodos estadísticos aplicados. El **Capítulo 4** expone los resultados empíricos y la interpretación de los patrones espaciales y temporales de vulnerabilidad en las comunidades pesqueras artesanales del Ecuador. Finalmente, el **Capítulo 5** reúne las principales conclusiones del estudio y formula

recomendaciones orientadas a fortalecer la gestión y reducción de la vulnerabilidad climática en el sector pesquero artesanal.

1.1 Antecedentes y justificación de esta investigación

La vulnerabilidad como tema de investigación ha experimentado una gran evolución en las últimas dos décadas, pasando de ser una conceptualización limitada, a ser un factor de debate clave en el desarrollo de los países (FAO, 2015). Actualmente el concepto de vulnerabilidad abarca distintas escalas (individuos, hogares, comunidades), actividades (agricultura, pesquerías, acuacultura, etc.), lugares (lagos, ríos, costas, etc.) y potenciales amenazas como los desastres naturales o el cambio climático (FAO, 2015).

A nivel mundial, las pesquerías son un medio de vida, fuentes de alimento y de ingreso para muchas economías (FAO, 2015). En torno a este contexto, de acuerdo con la FAO (2024) , entre finales de la década de 1980 hasta la actualidad, la producción global de pesca ha permanecido oscilante entre las 86 y 94 toneladas anuales. Asimismo, la FAO menciona que, en 2022, el sector pesquero global alcanzó un volumen total de 92.3 millones de toneladas, cuyo valor monetario estimado fue cercano a los 160 mil millones de USD. Del volumen total mencionado, 79.7 millones de toneladas corresponden a la pesca en el mar y el valor restante corresponde a la pesca dentro del continente (ríos, lagos, etc.) y a la pesca/producción de algas. La FAO también señala que el consumo global de alimentos acuáticos ha mostrado un crecimiento sostenido, dado que la cifra de consumo anual per cápita de estos alimentos ha evolucionado de 9.1 kg en 1961 a 20.7 kg en 2022. Todo esto refuerza la hipótesis de la relevancia económica y social del sector pesquero marítimo a nivel mundial.

Desde otra perspectiva, la FAO (2024) señala que, si bien los volúmenes de producción pesquera son estables, la sostenibilidad de los recursos pesqueros plantea preocupaciones significativas pues, por ejemplo, la proporción de poblaciones marinas explotadas de manera biológicamente sostenible disminuyó al 62.3%, significando una caída de 2.3% en comparación con 2019. A pesar de que el 76.9% de los embarques provino de poblaciones sostenibles, la tendencia a la baja refleja la urgencia de implementar políticas efectivas de manejo pesquero para revertir el deterioro y recuperar la proporción de las poblaciones marinas explotadas de manera sostenible.

En particular, las pesquerías de pequeña escala, o el sector pesquero artesanal, es el responsable del 40% de la pesca mundial, y representan una parte importante tanto del sector global, como de las economías de los países, sobre todo los que están en vías de desarrollo, los cuales a su vez, son especialmente vulnerables (FAO, 2024).

Desde el área de la seguridad alimentaria la FAO (2024) señala que los alimentos acuáticos son esenciales para la seguridad alimentaria debido a su aporte nutricional, pues representan el 15% de las proteínas animales consumidas y el 6% del total mundial de proteínas consumidas, incluyendo también la ingesta de nutrientes clave (ácidos grasos omega-3, minerales y vitaminas). Además, el incremento de la demanda de productos acuáticos, señalado en el párrafo anterior, demuestra la creciente dependencia de estos alimentos, lo cual a su vez subraya la necesidad de expandir la producción sostenible y así garantizar océanos, ríos y lagos saludables para que puedan seguir contribuyendo a la seguridad alimentaria mundial.

En cuanto al rubro de empleo, la FAO (2024) señala que las pesquerías de pequeña escala juegan un papel indispensable en la generación de empleos y el sustento de millones de personas. El sector pesquero artesanal o de pequeña escala no solamente representa el 40% de la captura global, tal cual mencionado anteriormente, sino que también da soporte al 90% de la fuerza laboral pesquera, destacando una proporción significativa de participación femenina, las cuales ocupan el 40% de los puestos de trabajo dentro de la cadena de valor. Alrededor de 500 millones de personas dependen de las actividades pesqueras de pequeña escala como forma de sustento, incluyendo 53 millones de personas involucradas en la pesca de subsistencia, de los cuales el 45% son mujeres.

Al depender de recursos naturales, este sector enfrenta un riesgo climático importante a nivel global con una particularidad orientada a las comunidades pesqueras de pequeña escala (FAO, 2015, 2024). El cambio climático perturba la distribución y productividad de las especies de peces en el mar, afecta los procesos estacionales biológicos y biofísicos, incrementa los riesgos del bienestar humano, de la infraestructura y de los procesos pesqueros en la cadena de producción a través de factores estresantes como la acumulación de gases de efecto invernadero, el incremento del nivel del mar, la acidificación de los océanos, la perturbación de la salinidad y las precipitaciones (FAO, 2015).

En Ecuador, de acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, UNDP por sus siglas en inglés, el sector pesquero es clave en las exportaciones, fuentes de trabajo y alimento para millones de familias (2022). En 2022, el sector pesquero de Ecuador exportó 491 mil toneladas de productos pesqueros a mercados internacionales, significando un poco más de 1.9 mil millones de dólares americanos (Cámara Nacional de Pesquería, 2024). En 2023, este rubro alcanzó 445 mil toneladas y 1.8 mil millones de dólares americanos, lo cual, a comparación del PIB del Ecuador en 2023 (118 mil millones de dólares) significa cerca del 1.5% (Banco Central del Ecuador, 2024a). De acuerdo con la Información Estadística Mensual del Banco Central del Ecuador(2024b), en el rubro de exportaciones no petroleras tradicionales (Banano, Café, Camarón, Cacao y Atún/Pescado) y no tradicionales, los productos pesqueros tienen un rol relativamente menor, en comparación a, por ejemplo, banano y el camarón. Sin embargo, su rol en las exportaciones también es importante. Entre 2019 y 2023, la proporción de las exportaciones pesqueras por sobre las exportaciones totales abarcó el 1.26%. Mientras que la proporción de las exportaciones de pesca (sin incluir camarón) corresponden al 1.82% frente a las exportaciones no petroleras y 3.17% frente a las exportaciones tradicionales.

A su vez, la industria pesquera ecuatoriana depende, en menor medida, de las comunidades pesqueras artesanales, sobre todo en los rubros de exportaciones de pescado fresco congelado y en el abastecimiento de la demanda interna (Herrera et al., 2013). A nivel artesanal, hasta septiembre de 2021 se registraron 414 organizaciones pesqueras artesanales, con cerca de 28.5 mil pescadores registrados en Ecuador (MPCEIP, 2022). A diferencia de la pesca industrial, que opera a gran escala y con tecnología avanzada, la pesca artesanal depende de métodos tradicionales y de menor escala, lo que podría incrementar la vulnerabilidad de esta profesión a los cambios ambientales y económicos.

1.2 Descripción del problema

El cambio climático representa uno de los mayores desafíos contemporáneos para los sistemas productivos costeros, al modificar la distribución de las especies marinas, alterar los ciclos biológicos y generar impactos socioeconómicos sobre las comunidades que dependen de la pesca artesanal. En Ecuador, estas comunidades enfrentan riesgos crecientes asociados a variaciones de temperatura, aumento del nivel del mar, alteraciones

en los patrones de precipitación y disminución de la productividad marina, factores que afectan directamente sus medios de vida y su seguridad alimentaria.

A pesar de que el sector pesquero constituye una fuente importante de empleo y aporte económico nacional, las comunidades artesanales suelen operar en condiciones de alta vulnerabilidad: con escaso acceso a infraestructura, limitada diversificación económica, bajos ingresos y reducida capacidad institucional para adaptarse a los cambios ambientales. Estas condiciones, sumadas a la falta de información sistemática sobre su exposición y capacidad adaptativa, impiden diseñar políticas efectivas de mitigación y resiliencia territorial.

En este contexto, la investigación busca responder a una pregunta central: ¿cómo las condiciones socioeconómicas y ambientales determinan la vulnerabilidad climática de las comunidades pesqueras artesanales del Ecuador durante el período 2022–2024?

El estudio se concentra en las provincias que tienen contacto directo con el mar, específicamente El Oro, Guayas, Manabí, Esmeraldas y Galápagos. El análisis abarca el período 2022 a 2024, en función de la disponibilidad de datos climáticos y socioeconómicos recientes. La información se examina a escala provincial para identificar diferencias territoriales y patrones temporales que ayuden a entender de manera integral la vulnerabilidad de este sector.

1.3 Objetivos

Los objetivos de esta investigación orientan el desarrollo metodológico y analítico del estudio. Su formulación busca establecer un marco claro para la medición y comprensión de la vulnerabilidad climática en comunidades pesqueras artesanales, articulando la selección de indicadores, la construcción de índices y la interpretación de los resultados. En este sentido, los objetivos permiten vincular el enfoque conceptual con la aplicación empírica, garantizando coherencia entre las preguntas planteadas, el método utilizado y los resultados esperados.

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la vulnerabilidad socioeconómica y climática de las comunidades pesqueras artesanales en Ecuador mediante la construcción y contraste de índices basados en marcos conceptuales internacionales y métodos estadísticos avanzados, con el propósito de identificar los factores que determinan dicha vulnerabilidad y aportar

evidencia útil para el diseño de políticas públicas y estrategias de adaptación en el sector pesquero artesanal.

1.3.2 Objetivos específicos

- Seleccionar y sistematizar indicadores de vulnerabilidad a partir de la literatura reciente, para su aplicación en comunidades pesqueras artesanales del Ecuador
- Construir índices de vulnerabilidad climática mediante la aplicación de metodologías complementarias para la validación de su consistencia.
- Identificar patrones espaciales y temporales de vulnerabilidad a nivel provincial y parroquial en el país

CAPITULO 2 REVISIÓN DE LITERATURA

El presente capítulo desarrolla la revisión de literatura que sustenta conceptualmente la investigación. En primer lugar, se aborda la evolución del concepto de **vulnerabilidad** y su relación con el cambio climático, destacando los principales enfoques teóricos propuestos por organismos internacionales y autores clave en el campo. Posteriormente, se examinan los **marcos analíticos** utilizados para medir la vulnerabilidad socioeconómica y climática, con énfasis en las dimensiones de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.

Asimismo, se incluyen referencias a **estudios empíricos** aplicados en contextos similares, que permiten identificar metodologías, indicadores y resultados relevantes para la construcción del índice propuesto en este trabajo. Finalmente, el capítulo concluye con una **síntesis conceptual** que vincula los aportes de la literatura con el enfoque metodológico adoptado, estableciendo las bases teóricas sobre las cuales se estructura el análisis de vulnerabilidad para las comunidades pesqueras artesanales del Ecuador.

2.1 Estado del arte

El estudio de la vulnerabilidad socioeconómica y climática ha evolucionado considerablemente en las últimas décadas, impulsado por la creciente preocupación por los efectos del cambio climático sobre los sistemas humanos y naturales. Esta subsección presenta los principales aportes teóricos y empíricos que han guiado la comprensión de la vulnerabilidad, desde sus definiciones iniciales hasta los enfoques contemporáneos que integran dimensiones sociales, económicas, ambientales e institucionales.

Se revisan los modelos conceptuales propuestos por organismos como el **Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC)** y la **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)**, así como las contribuciones de autores clave en la formulación de índices y metodologías de evaluación. Además, se examinan estudios recientes aplicados a comunidades costeras y pesqueras, que ofrecen referentes comparativos para contextualizar el presente análisis.

2.2 Vulnerabilidad

En términos simples, Almeida et al. (2013) define al término de vulnerabilidad desde su etimología, señalando que deriva del Latín “Vulnus” que significa “herida” y

describe la vulnerabilidad, desde un punto de vista moderno, como la fragilidad e inseguridad inherente a los seres humanos, la cual se manifiesta en distintas perspectivas (éticas, naturales, culturales, sociales, entre otras). Además, señala que para entender y atender la vulnerabilidad es necesario obtener evidencia científica. Sin embargo, la *vulnerabilidad* es un término complejo y multidimensional que ha atraído a los académicos y profesionales del desarrollo en todas las disciplinas (FAO, 2015; FAO, 2019). Sus múltiples interpretaciones y escalas (por ejemplo, a nivel individual, comunitario, ecosistémico, nacional y continental) han llevado a la proposición de un amplio abanico de formas y medios con los cuales la vulnerabilidad podría estudiarse, caracterizarse y entenderse (FAO, 2015).

Actualmente, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático señala que la vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos, pero la define como la propensión o la predisposición de ser afectado adversamente (IPCC, 2023b). Esta definición comprende también tres dimensiones: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa y se evalúa en función al carácter, magnitud y nivel de variación climática al cual el sistema: está expuesto, es sensible y cómo puede adaptarse (IPCC, 2001; IPCC, 2019), así mismo, siendo multidimensional y compleja, está ligada a locaciones y contextos específicos (FAO, 2019).

La *vulnerabilidad* también comprende factores ambientales, económicos, sociales, políticos y geográficos (FAO, 2015; FAO, 2019) y se relaciona estrechamente con el cambio climático, desastres naturales, globalización, desarrollo económico y cambios en el sistema social-ecológico (FAO, 2015). La FAO (2019) señala que la literatura en los campos de investigación relacionados al desarrollo se ha enfocado en la evaluación de la vulnerabilidad, direccionando sus objetivos hacia los riesgos naturales, seguridad alimentaria y pobreza, medios de vida sostenible, entre otros.

En relación con esto último, Patt et al. (2009) y O'Brien et al (2011) mencionan que, la medición de vulnerabilidad ha encontrado hogar en la semántica del cambio climático y que el término ha tenido un creciente protagonismo en las ciencias ambientales, ecología, administración de recursos y desarrollo y que, en términos generales, engloba los fenómenos relevantes del cambio global y el sistema de la tierra. Es decir, la evaluación de la vulnerabilidad es un asunto relativamente moderno.

Kelly y Adger (2000) demuestran que la conceptualización de la vulnerabilidad debe ser realizada a través de la arquitectura de los derechos, el acceso a los recursos con el objetivo de proveer un marco efectivo para el análisis, llevando a conclusiones y recomendaciones relevantes.

2.2.1. Vulnerabilidad Climática

La vulnerabilidad, en el contexto del cambio climático, se define como el grado en que un sistema es susceptible o incapaz de enfrentar los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad y los extremos climáticos. Esta vulnerabilidad es una característica intrínseca de un sistema, y está determinada por su exposición a las variaciones climáticas, su sensibilidad ante dichas variaciones y su capacidad adaptativa (IPCC, 2001). Es, por tanto, una función de la interacción entre estos tres factores: exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.

Esta definición es fundamental en la investigación sobre el cambio climático, ya que permite entender cómo los sistemas sociales y ecológicos responden a los múltiples desafíos globales, como la sobreexposición a eventos climáticos extremos, y cómo estas respuestas pueden aumentar o disminuir su vulnerabilidad a futuro (Adger, 2006).

Además, la vulnerabilidad no solo se manifiesta en las regiones menos desarrolladas; incluso en los países desarrollados, los grupos marginados soportan una carga desproporcionada de los impactos climáticos (Kovats et al., 2005; O'brien, 2006; Poumadère et al., 2005; Stott et al., 2004). Entre estos efectos negativos están el cambio de la temperatura oceánica, la reducción del hielo oceánico, el incremento del nivel del mar, eventos climáticos extremos o surgimiento de tormentas, patrones de precipitación variables, el cambio de la temperatura atmosférica, la acidificación de los océanos, la disolución reducida del oxígeno, el blanqueamiento de los corales, cambios ecosistémicos, especies invasivas, sobre pesca, degradación de los hábitats, polución y basura, entre muchos otros (Bennett et al., 2016).

Por otra parte, la vulnerabilidad climática está asociada a muchas consecuencias negativas, como desastres poblacionales, agrícolas o infraestructurales, causados, por el incremento de precipitaciones pluviales, mayores descargas hídricas fluviales, inundaciones, entre otras (Aguilar, 2020). Asimismo, está relacionada a la inseguridad alimentaria y reducción de la capacidad de aliviar la pobreza. (Alam et al., 2017)

Para Ludeña y Yoon (2015) y Ludeña et al. (2015) la vulnerabilidad climática, desde un punto de vista socioeconómico, se conceptualiza a través del nivel de sensibilidad de un sistema ante los peligros ambientales y cuán eficazmente las comunidades o personas afectadas pueden reducir los efectos perjudiciales del cambio climático.

Actualmente, el IPCC (2023a) señala que la vulnerabilidad ante el cambio climático tiene un impacto inter e intra regional y es impulsado por patrones de desarrollo económico interseccionales, gobernanza, uso insostenible de recursos naturales, inequidad, marginalización, patrones históricos y actuales de inequidad, como el colonialismo. Blasiak et al. (2017) señala que el impacto del cambio climático en el contexto de la vulnerabilidad es variable entre países. De igual forma, está también presente en contextos de género, donde se afirma que la vulnerabilidad climática es mayor en el sexo femenino, pues, junto con otros factores, desencadena desigualdades socioeconómicas acceso limitado a ser propietarias de tierras, acceso a crédito deplorable, acceso reducido a información y extensiones formales (Barooah et al., 2023).

2.2.2 Vulnerabilidad Sectorial

Füssel (2009) señala que la evaluación de las implicaciones climáticas a nivel agregado en indicadores heterogéneos tienen fallas conceptuales, metodológicas y empíricas y que, a nivel general, no son un criterio suficiente para determinar políticas climáticas internacionales. Además, indicadores a nivel nacional y global, que pretenden evaluar la vulnerabilidad de los países y el mundo ante el cambio climático, generalmente no capturan completamente la magnitud del problema, sobre todo porque la adaptación y las soluciones propuestas se realizan a nivel local (Ludeña & Won Yoon, 2015).

Eakin y Luers (2006) señalan que las evaluaciones que parecen ser más exitosas o relevantes tienen como característica que son diseñados para sistemas humano-ambiente en lugares particulares, para actores interesados y que la evaluación de la vulnerabilidad no puede ser reducida a una sola receta. Sumado a esto, hacer evaluaciones sectoriales de la vulnerabilidad ante el cambio climático puede resultar necesario para mitigar los impactos negativos del mismo, así también para incrementar la resiliencia en los sectores evaluados (Mallari & Ezra, 2016).

La propuesta de soluciones adaptativas generalmente están hechas a nivel local por parte de administradores de recursos, planificadores municipales e individuales y las

evaluaciones de vulnerabilidad que están basadas en análisis cualitativos del cambio son más eficientes y precisas cuando se toman en cuenta los atributos de las comunidades afectadas, de los sectores y magnitud del impacto climático (Ludeña et al., 2015; Ludeña & Won Yoon, 2015). Los autores también señalan que la evidencia empírica muestra que el éxito relativo varía de caso en caso y depende de factores como la ubicación geográfica, atributos comunales y sectores industriales.

En principio, la evaluación de la vulnerabilidad, dadas las condiciones y características heterogéneas de las comunidades y sistemas en cuestión, requiere que se haga tomando en cuenta tres elementos: la escala, la dinámica y la diversidad, con ello, se puede identificar distintos elementos de vulnerabilidad a nivel, por ejemplo, sectorial, como por ejemplo, el de las zonas costeras o el de los bosques (Ludeña et al., 2015). En relación a esto, por mencionar un ejemplo, Babanawo et al. (2022) analiza comunidades del sureste de Ghana y demuestran que las comunidades tienen distintos niveles de vulnerabilidad, como resultado de la heterogeneidad en las dimensiones de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.

De acuerdo con los autores citados previamente, la vulnerabilidad no debe ser evaluada a nivel agregado bajo una fórmula con elementos estándar, sino como una propuesta ajustada y específica a las necesidades y características de los individuos, comunidades, sectores y sistemas que se quiera analizar (Babanawo et al., 2022; Eakin & Luers, 2006; Füssel, 2009; Ludena et al., 2015; Ludeña & Won Yoon, 2015). Amplificando la idea, es plausible mencionar que, por ejemplo, la vulnerabilidad de las zonas altas de la sierra frente a la amenaza del incremento del nivel del mar es baja o nula en comparación a la vulnerabilidad de las zonas costeras ante la misma amenaza.

2.2.3 Vulnerabilidad Zonas Costeras

La vulnerabilidad en las zonas costeras frente al cambio climático es desproporcionada y está sujeta a un amplio rango de impactos (Abuodha & Woodroffe, 2006; Cinner, McClanahan, Graham, Maina, et al., 2012) y consecuentemente con esto, la evaluación de la vulnerabilidad en las zonas costeras representa una perspectiva relevante, dado que las zonas costeras representan recursos ecológicos, económicos y sociales. (Borg et al., 2014).

Si bien la evaluación de la vulnerabilidad de las zonas costeras está enfocado en características físicas, como la erosión costera y el incremento del nivel del mar (Abuodha

& Woodroffe, 2006), la evidencia sugiere que el cambio climático tiene alto impacto en las comunidades y los ecosistemas costeros, y esto, a su vez tiene un impacto ecológico, económico y social (Borg et al., 2014).

2.2.4 Vulnerabilidad en comunidades pesqueras

Los impactos del cambio climático en las comunidades pesqueras tienen impactos potenciales negativos en un amplio rango de factores socioeconómicos, como seguridad alimenticia, medios de vida y salud pública (Blasiak et al., 2017). Sin embargo, Blasiak et al. (2017) menciona que la vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático en las pesquerías están directamente vinculadas con los niveles de desarrollo de los países respectivos. De igual forma, Gianelli et al. (2021) señala que las comunidades pesqueras, en específico las de pequeña escala en regiones en vías de desarrollo, son particularmente vulnerables al cambio climático.

Los efectos climáticos afectan las dimensiones humanas de los sistemas socio-ecológicos, impidiendo que los pescadores logren su sustento a tiempo completo y restringiendo el potencial económico de la pesca (Gianelli et al., 2021).

De acuerdo con Daw et al. (2012), la vulnerabilidad de las global comunidades pesqueras se ve exacerbada por los impactos combinados de la sobrepesca, la degradación de los ecosistemas y el cambio climático, mientras que las políticas de conservación añaden presión a sus medios de vida.

Las respuestas adaptativas de los pescadores ante estas amenazas, como abandonar la pesca en busca de otros medios de subsistencia, juegan un papel crucial en determinar su nivel de vulnerabilidad, así como en la capacidad de reducir el esfuerzo pesquero y mantener la sostenibilidad de las pesquerías. La disposición y capacidad para adaptarse, como salir de una pesquería en declive, dependen de factores económicos, culturales e institucionales que influyen a diferentes escalas, desde los pescadores individuales hasta las economías nacionales (Daw et al., 2012).

A nivel biofísico, los efectos derivados del cambio climático a los que las comunidades pesqueras están expuestos son, entre muchos otros, inundaciones frecuentes, incremento del nivel del mar, incremento de la intensidad y tormentas, cambio en los flujos hidrológicos, cambio en los patrones de la lluvia, cambios en la temperatura del océano, acidificación del océano, degradación de los hábitats debido a factores como

la sobre pesca, entre muchos otros (Adelekan & Fregene, 2015; Bennett et al., 2016; Norman et al., 2019).

En el contexto socioeconómico, la vulnerabilidad es un poco más general, como una relación directa entre las comunidades pesqueras y los recursos marinos de los que dependen (Colburn et al., 2016). En este contexto, Bennett et al. (2016) señala que la exposición frente al cambio climático de las comunidades pesqueras depende de elementos como la gentrificación, la migración, deterioros en la salud, los costos de vida, el desarrollo costero, la infraestructura turística, el estado de la ley, entre muchas otras.

2.3 Estado de la cuestión

La pesca artesanal en Ecuador es una actividad profundamente arraigada en la cultura local y juega un rol esencial en la seguridad alimentaria y el sustento de comunidades vulnerables (Zambrano-Campoverde, J.; Guachichullca-Ordóñez, L.; Valdiviezo-Cacay, 2021). Aunque estas comunidades mantienen métodos tradicionales y ecosistémicos, la presión de un mercado global cada vez más exigente genera tensiones entre la conservación ambiental y la necesidad de obtener rentabilidad.

Desde el punto de vista socioeconómico, la pesca artesanal sigue siendo una fuente crucial de empleo en zonas costeras, pero enfrenta serias limitaciones estructurales. La dependencia de técnicas tradicionales, la falta de infraestructura adecuada y las restricciones para acceder a tecnología y capacitación han dejado al sector en desventaja frente a actividades como la acuacultura, que han recibido un mayor impulso institucional. Además, la disparidad en la percepción de la competitividad entre pescadores, comerciantes y armadores complica la elaboración de políticas públicas efectivas (Menéndez Delgado et al., 2021)

Por otro lado, los factores ambientales y climáticos agravan la vulnerabilidad de estas comunidades. Fenómenos como El Niño y La Niña alteran la disponibilidad de especies y, junto a la sobreexplotación de los recursos, impactan directamente en la estabilidad económica del sector. La incidencia de desechos plásticos marinos, que afecta a casi la mitad de los pescadores, genera pérdidas económicas significativas y reduce la productividad de los hogares pesqueros, evidenciando un impacto negativo en los ingresos, especialmente en Ecuador (Vélez Santana et al., 2024; Llerena et al., 2025).

Finalmente, es fundamental reconocer que las pesquerías de pequeña escala (SSF) aportan de manera multidimensional al desarrollo sostenible, no solo por su

contribución en términos de capturas y nutrición, sino también por su papel en sostener medios de vida en contextos de altos índices de vulnerabilidad. La falta de datos precisos, la inversión insuficiente y la marginación social hacen imperativo repensar la gobernanza del sector. Se requieren estrategias inclusivas que integren aspectos económicos, ambientales y de género para fortalecer la resiliencia de estas comunidades frente a los desafíos de la globalización y el cambio climático (Basurto et al., 2025).

2.4 Avances recientes en la medición de vulnerabilidad en pesquerías a pequeña escala

La literatura reciente sobre medición de vulnerabilidad en pesquerías artesanales refleja la coexistencia de dos grandes corrientes metodológicas. Por un lado, los estudios que siguen el marco del IPCC, organizados en torno a exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, han dado lugar a índices ampliamente utilizados como el LVI-IPCC y el Vulnerability Index (Alencastro, L.; Peñafiel, D.; Haas-Mendoza, M.; Proaño, n.d.). Por otro, se han desarrollado enfoques socio-ecológicos y sociales más amplios, que incorporan indicadores ecológicos, institucionales y culturales, con mayor riqueza conceptual pero menor estandarización.

Tabla 1.1 Principales tipos de indicadores utilizados en estudios recientes de vulnerabilidad en pesquerías a pequeña escala.

Enfoque	Dimensiones	Indicadores frecuentes	Observaciones
Marco IPCC (n≈40)	Sensibilidad	Dependencia de pesca en ingresos, pobreza, desempleo, seguridad alimentaria, perfil demográfico (edad, género)	Alta comparabilidad entre países, base de LVI-IPCC y VI
	Capacidad adaptativa	Acceso a educación, infraestructura (agua, electricidad, salud), diversificación de medios de vida,	Facilita identificar fortalezas y debilidades comunitarias

		capital social, acceso a crédito	
	Exposición	Eventos climáticos extremos (inundaciones, ciclones), variabilidad climática (temperatura, precipitación, salinidad), degradación de hábitats marinos	Usa datos ambientales y registros históricos
Enfoques socio-ecológicos / sociales (n≈25)	Ecológicos	Cobertura coralina, biomasa, diversidad de especies, complejidad del hábitat	Conectan vulnerabilidad humana con resiliencia ecosistémica
	Institucionales / Gobernanza	Participación comunitaria, cogestión, acceso a financiamiento, capital social, redes de cooperación	Resaltan la importancia de arreglos sociales y políticos
	Sociales ampliados	Migración, género, cohesión cultural, salud, movilidad laboral, conectividad	Amplían la mirada, pero con menor estandarización

Fuente: Elaboración propia a partir de Alencastro, L., Peñafiel, D., Haas-Mendoza, M., & Proaño, A. (n.d.).

Environmental and Sustainability Indicators: A systematic review of vulnerability indicators used to assess small-scale fisheries confronted with climate change.

2.5 Marco teórico

La evaluación de la vulnerabilidad de las zonas costeras frente al cambio climático requiere considerar múltiples dimensiones e indicadores. El concepto de vulnerabilidad ha sido ampliamente utilizado en la investigación interdisciplinaria para explicar el grado en que los sistemas socioeconómicos y ambientales se ven afectados por el cambio climático (Smit, B., Skinner, 2002; Smit et al., 1999). A continuación, se presenta un marco teórico que sistematiza los principales componentes e indicadores propuestos en la literatura para analizar la vulnerabilidad costera:

2.5.1 Exposición

La exposición se refiere a la naturaleza y el grado en que un sistema está expuesto a variaciones climáticas significativas (IPCC, 2007). Klein y Nicholls (1999) señalan que las zonas costeras están altamente expuestas a amenazas derivadas de impactos climáticos adversos y actividades socioeconómicas.

2.5.2 Sensibilidad

La sensibilidad se define como el grado en que un sistema se ve afectado, ya sea de manera adversa o beneficiosa, por la variabilidad o el cambio climático (IPCC, 2008). Desde una perspectiva socioeconómica, es el resultado de cuán sensible es un sistema a los peligros ambientales y cuán efectivamente pueden actuar las personas afectadas para reducir los efectos perjudiciales del cambio estructural en el clima (Adger, 1999).

2.5.3 Capacidad adaptativa

La capacidad adaptativa se refiere al potencial de un sistema para ajustarse a los cambios climáticos (incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos), a fin de moderar los daños potenciales, aprovechar las consecuencias positivas, o soportar las consecuencias negativas (IPCC, 2008). Smit y Skinner (2002) señalan que las adaptaciones pueden ser llevadas a cabo por individuos, grupos u organizaciones en múltiples niveles, ya sea de manera coordinada como una acción colectiva o de forma individual y no coordinada

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1 Diseño y enfoque metodológico

Este capítulo describe el marco metodológico utilizado para evaluar la vulnerabilidad socioeconómica y climática de las comunidades pesqueras artesanales del Ecuador. Se presentan los principios conceptuales que sustentan el diseño de investigación, las fuentes de información empleadas, la selección de indicadores y las técnicas estadísticas utilizadas para la construcción y validación de los índices de vulnerabilidad. Además, se detallan los criterios de agregación, normalización y contraste de resultados, así como las herramientas empleadas para el análisis espacial y temporal.

El estudio adopta un **diseño cuantitativo, no experimental y de alcance descriptivo-analítico**, orientado a medir y comparar niveles de vulnerabilidad entre unidades territoriales. Se fundamenta en un enfoque modular que integra componentes ambientales y socioeconómicos dentro de un mismo marco analítico. La estrategia metodológica se basa en el marco conceptual propuesto por el **Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2001; IPCC, 2019)**, el cual descompone la vulnerabilidad en tres dimensiones fundamentales: **exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa**.

Según este enfoque, la exposición representa el grado en que un sistema está sujeto a perturbaciones climáticas; la sensibilidad recoge el nivel de impacto potencial frente a dichas perturbaciones; y la capacidad adaptativa refleja la habilidad de los hogares o territorios para responder y recuperarse. La combinación de estos elementos permite obtener una medida compuesta de vulnerabilidad, expresada formalmente como:

$$\text{Vulnerabilidad} = \text{Exposición} + \text{Sensibilidad} - \text{Capacidad Adaptativa}$$

Bajo esta estructura, el presente trabajo construye indicadores empíricos para cada dimensión a partir de microdatos de hogares (ENEMDU 2022-2024) y variables climáticas procesadas desde modelos oceánicos (CMEMS). La medición se realiza inicialmente a nivel individual, y posteriormente se agregan los resultados por provincia y mes. Además, se implementa un modelo de análisis factorial confirmatorio (CFA) como validación alternativa. Esta formulación sigue la estructura del Livelihood Vulnerability Index adaptado al marco IPCC (LVI-IPCC), ampliamente utilizado en la literatura para comunidades pesqueras ((Bucherie et al., 2022; Fernandez et al., 2015; Hahn M.B. &

Foster, 2009). En este enfoque, la capacidad adaptativa actúa como un factor que reduce la vulnerabilidad total.

La ENEMDU no fue diseñada con representatividad estadística específica para comunidades pesqueras de pequeña escala, ni a nivel nacional ni provincial. No obstante, su cobertura y detalle permiten identificar de forma sistemática los hogares vinculados a la pesca artesanal mediante variables ocupacionales y de actividad económica. Este enfoque posibilita un **análisis comparativo de carácter exploratorio**, orientado a examinar **patrones relativos de vulnerabilidad** entre provincias costeras. La distribución de observaciones por provincia y mes se presenta en el Anexo 4, con el fin de transparentar la base empírica utilizada.

3.2 Datos y métodos de análisis

La base empírica combina datos de dos fuentes principales: (i) microdatos de la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU) para los años 2022 a 2024, y (ii) series climáticas mensuales extraídas del sistema Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS), en formato netCDF. Se consideraron únicamente los hogares pertenecientes a comunidades pesqueras en el software Stata. El código puede ser observado en el Anexo 1.

Cada indicador fue inicialmente transformado mediante estandarización tipo z-score (media cero, desviación estándar uno), con el fin de asegurar comparabilidad entre dimensiones heterogéneas. Luego, los valores estandarizados fueron reescalados al rango [0,1] mediante normalización min-max. Esta doble transformación permitió construir índices compuestos consistentes, comparables e interpretables en términos relativos de vulnerabilidad.

3.2.1 Exposición

Los indicadores de la dimensión de exposición al riesgo integran variables oceanográficas y ecológicas clave. Entre estas destacan:

- La temperatura superficial del mar (TSM)
- La variación del nivel del mar
- La salinidad del mar

Estas variables representan factores críticos para la biodiversidad costera y la estructura de los ecosistemas pesqueros (Cinner, McClanahan, Graham, Maina, et al.,

2012; Hidalgo et al., 2022; Salik et al., 2015). Estas variables inciden directamente en las actividades económicas de las comunidades costeras, ya que regulan la distribución de especies y la productividad biológica. Los datos provienen del Servicio Marino Copernicus (CMEMS), en archivos tipo netCDF con frecuencia mensual desde junio 2022 hasta diciembre de 2024.

Adicionalmente, la variabilidad térmica, el ascenso del nivel marino y la salinidad se consideran variables críticas de exposición (McDowall et al., 2023; Stafford & Abramowitz, 2017). Su relevancia radica en su doble impacto: por un lado, alteran los hábitats marinos y las cadenas tróficas; por otro, modifican la productividad pesquera, afectando directamente los medios de subsistencia de las poblaciones que dependen de este sector. Estos fenómenos generan no solo desafíos ecológicos, sino también socioeconómicos, al comprometer la rentabilidad y sostenibilidad de las actividades extractivas.

Las variables oceanográficas se obtuvieron del **Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)**, que ofrece información global y continua sobre condiciones del mar. La elección de esta fuente responde a dos razones: (i) los datos del **Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada (INOCAR)** no presentan disponibilidad pública ni cobertura homogénea para todo el litoral ecuatoriano, y (ii) Copernicus proporciona registros con **resolución espacial de aproximadamente 0.05° (≈5.5 km)** y frecuencia mensual, suficientes para caracterizar la variabilidad térmica costera.

En el caso de **Galápagos**, se amplió el radio de extracción para capturar condiciones oceanográficas representativas de las islas habitadas y sus zonas de pesca artesanal. Este ajuste fue necesario debido a la dispersión geográfica del archipiélago, garantizando consistencia metodológica con las provincias continentales.

Cabe destacar que la **temperatura superficial del mar (TSM)** no se interpreta aquí como un indicador directo de productividad biológica, pues su efecto difiere según la especie (por ejemplo, condiciones cálidas favorecen especies como el dorado, sardinas, carita, pámpano, hojita; mientras que las temperaturas frías, pez espada, gacho, banderón, la albacora y wahoo). En cambio, se la considera una **medida de exposición térmica**, donde valores más altos reflejan estrés ecológico y potenciales alteraciones en la disponibilidad de recursos.

Finalmente, se elaboraron tabulados descriptivos mensuales de TSM, nivel del mar y salinidad por provincia (véase **Anexo 5**), con sus valores promedio, mínimos y máximos para el período 2022–2024, con el fin de validar la consistencia temporal de las series empleadas.

Para asociar las condiciones oceanográficas a las zonas de pesca artesanal, se seleccionaron **tres puntos de referencia por cada provincia costera y para Galápagos**, ubicados en áreas de alta concentración de actividad pesquera. Estos puntos no representan observaciones de hogares, sino **centroídes geográficos de referencia** que permiten vincular las series satelitales de temperatura superficial del mar, nivel medio y salinidad a cada provincia. Dado que la ENEMDU no incluye coordenadas de los hogares, se asume que los pescadores artesanales residen y operan dentro de un **radio de influencia cercano a dichos puntos**, lo que constituye un **supuesto espacial razonable pero no verificable empíricamente**. Este supuesto se reconoce dentro de las limitaciones metodológicas del estudio (véase Capítulo 5). Estas coordenadas fueron:

Tabla 2.1 Coordenadas geográficas seleccionadas por provincia para la extracción de datos oceanográficos en Copernicus

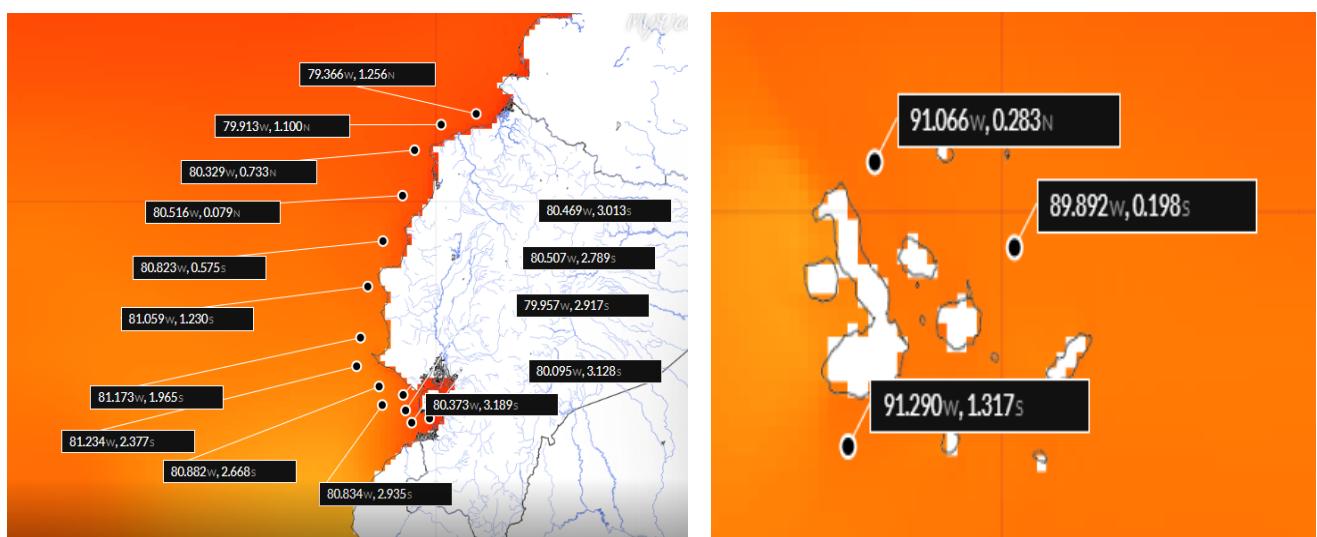
Provincia	Latitud	Longitud
Esmeraldas	1.256	-79.366
	1.1	-79.913
	0.733	-80.329
Manabí	0.079	-80.516
	-0.575	-80.823
	-1.230	-81.059
Santa Elena	-1.965	-81.173
	-2.377	-81.234
	-2.668	-80.882
Guayas	-2.935	-80.834
	-3.189	-80.373
	-2.789	-80.507
El Oro	-2.917	-79.957
	-3.013	-80.469
	-3.128	-80.095

	-91.066	0.283
Galápagos	-89.892	0.198
	-91.290	-1.317

Fuente: Copernicus Marine System. Extraído en junio de 2025.

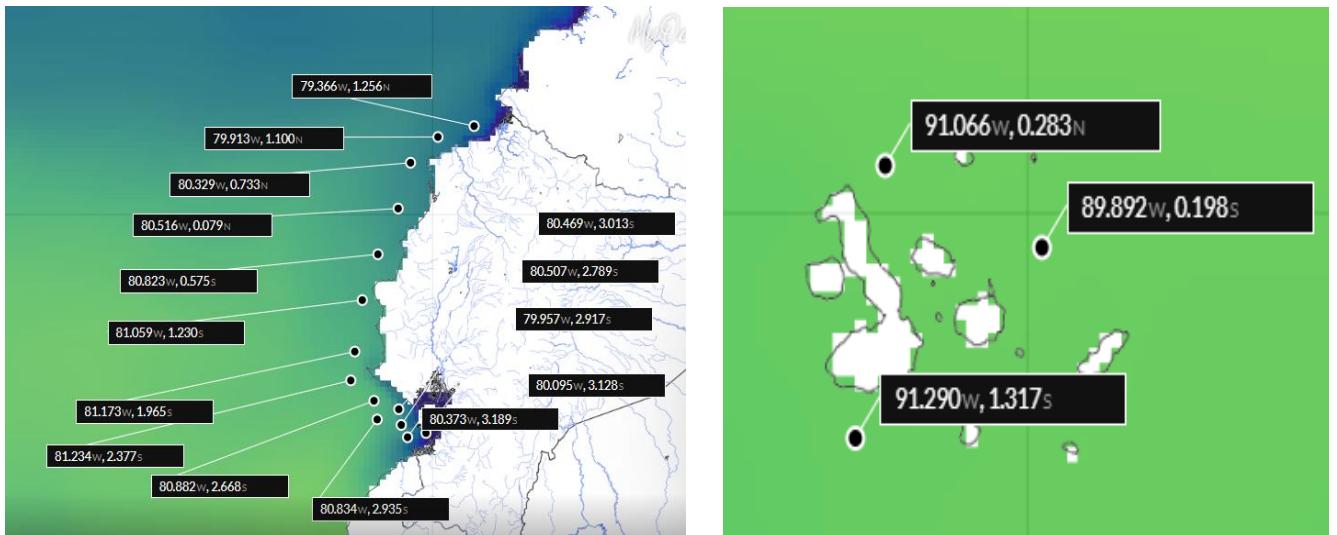
Las siguientes figuras presentan la distribución geográfica de los puntos de extracción seleccionados para cada variable que compone la dimensión de exposición climática. Aunque las coordenadas utilizadas son las mismas para todas las variables, el sistema CMEMS permite visualizar de manera diferenciada las condiciones oceanográficas predominantes en cada zona. La intensidad del color está acorde al alto nivel de las variables. Es decir, mientras más alto es el nivel de la variable observada, mayor es la densidad de color. Se observa, por ejemplo, que durante el período de estudio se registran temperaturas superficiales del mar más elevadas en el norte de Manabí y a lo largo de la costa de Esmeraldas (Figura 2.1), así como en el golfo de Guayaquil. Asimismo, se advierte una correlación espacial entre los niveles de temperatura y los de salinidad (Figura 2.2), ambos concentrados en las zonas antes mencionadas. La Figura 2.3 complementa el análisis con la visualización de la altura del nivel del mar, que aporta otra dimensión clave para evaluar la exposición de las comunidades costeras.

Figura 2.1. Localización de puntos de extracción para la temperatura superficial del mar



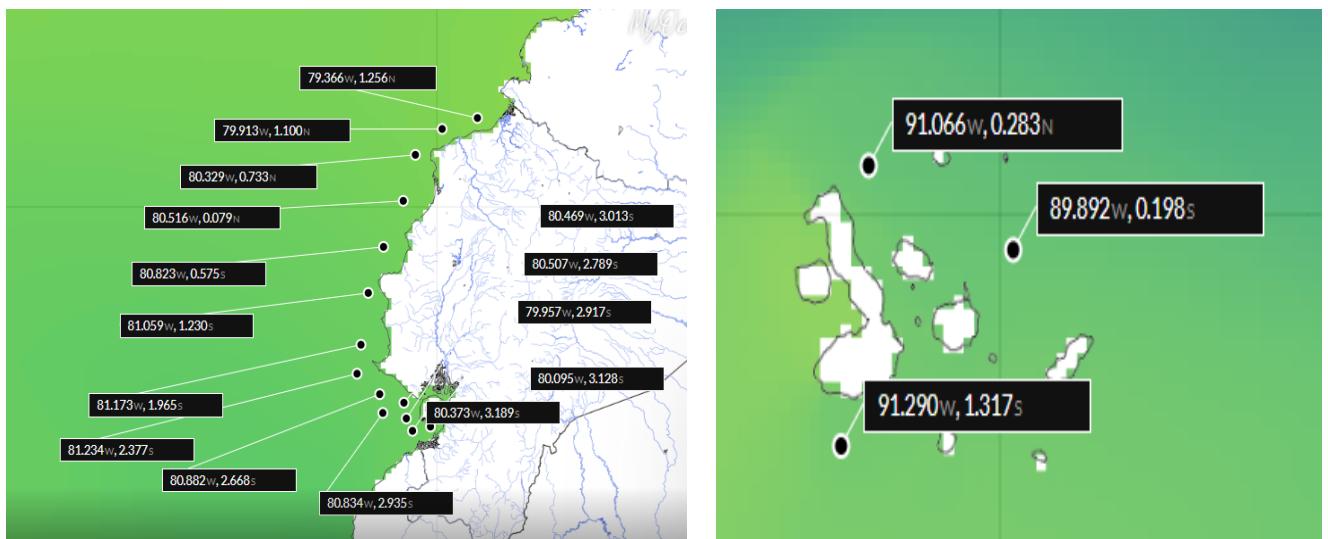
Fuente: Copernicus Marine System. Extraído en junio de 2025.

Figura 2.2. Representación espacial de la salinidad marina en puntos costeros seleccionados



Fuente: Copernicus Marine System. Extraído en junio de 2025.

Figura 2.3. Distribución geográfica de la altura del nivel del mar en zonas de pesca artesanal



Fuente: Copernicus Marine System. Extraído en junio de 2025.

Dado que los archivos NetCDF utilizados provienen de modelos oceánicos con resolución espacial discreta, no todos los puntos definidos coinciden exactamente con nodos de la malla. Por ello, se aplicó el método de interpolación espacial al punto más cercano disponible (method='nearest') al momento de extraer los datos. Esto permitió mantener la localización geográfica de interés sin comprometer la integridad estructural de las series temporales. Para asegurar trazabilidad, se registraron las coordenadas reales

utilizadas, constatando que las desviaciones fueron mínimas y se mantuvieron dentro de un rango aceptable de proximidad.

A partir de estas coordenadas, se extrajeron las series temporales para cada variable, usando interpolación espacial al punto más cercano. Se trabajó con múltiples archivos mediante la librería *xarray*, procesando las variables sobre la capa superficial cuando se disponía de profundidad (Cinner, McClanahan, Graham, Daw, et al., 2012; McDowall et al., 2023).

Cada variable fue agregada mensualmente por provincia: la altura del mar mediante su **valor máximo mensual**, la TSM también mediante el **máximo**, y la salinidad mediante la **desviación estándar mensual**, como proxy de inestabilidad oceánica (Stafford & Abramowitz, 2017). La elección del valor máximo en lugar del promedio responde al propósito de **capturar los eventos extremos** que definen la exposición climática en un sentido de riesgo. Es decir, los picos térmicos y de nivel marino que pueden generar condiciones de estrés ecológico y económico, mientras que los promedios tenderían a suavizar estas fluctuaciones.

Como paso previo a la estandarización y agregación de las variables, se elaboraron **tabulados descriptivos** de temperatura superficial, nivel medio del mar y salinidad, incluyendo sus valores promedio, mínimos y máximos por provincia. Estos resultados, presentados en el **Anexo 5**, permiten verificar la consistencia temporal y espacial de las series y respaldan la validez de su incorporación en el índice compuesto de exposición climática.

$$Exposición_{it} = \frac{1}{3} [Z(Altura_{max}) + Z(Salinidad_{SD}) + Z(TSM_{max})]$$

El índice se exportó en una base mensual por provincia, para el período 2022-2025.

3.2.2 Sensibilidad

La dimensión de sensibilidad se construyó a partir de variables socioeconómicas derivadas de la **ENEMDU (2022–2024)**, las cuales reflejan condiciones estructurales de desventaja o dependencia económica frente a impactos climáticos. A diferencia de un enfoque puramente agregado, los indicadores se calcularon a **nivel individual**, pero

incorporan información contextual del hogar al que pertenece cada persona. Esto permite capturar la **sensibilidad de los individuos considerando su entorno familiar**, sin perder la granularidad micro de la encuesta.

En términos operativos, para cada individuo se calcularon o asignaron los siguientes indicadores de sensibilidad socioeconómica:

- **Diferencia absoluta con la edad de referencia (35 años)**: se identifica al principal perceptor de ingresos del hogar (ingrl) y se calcula la desviación absoluta entre su edad (p03) y 35 años, replicando este valor en los demás miembros del hogar. Este indicador aproxima el desajuste etario dentro del ciclo económico familiar.
- **Nivel educativo promedio de los adultos del hogar (p10b)**: número promedio de años aprobados entre los miembros de 18 años o más, replicado para cada individuo del hogar, como medida del capital humano disponible.
- **No asistencia a clases (p07)**: variable dicotómica igual a 1 si el individuo no asiste a clases, y 0 en caso contrario.
- **Condición de no empleo (p20)**: variable dicotómica igual a 1 si el individuo adulto (≥ 18 años) no trabajó la semana previa a la encuesta, y 0 si trabajó.
- **Recepción de transferencias (p75)**: variable dicotómica igual a 1 si algún miembro del hogar recibe el Bono de Desarrollo Humano, y 0 en caso contrario.
- **Inversa de la diversificación de ingresos (ingrl)**: variable igual a 1 si el hogar tiene un solo perceptor laboral (lo que refleja menor resiliencia económica) y 0 si tiene dos o más perceptores.

Todas las variables fueron codificadas de modo que valores más altos indiquen **mayor sensibilidad o vulnerabilidad relativa**. Los indicadores que dependen de la estructura del hogar (educación, bono, diversificación e edad alejada) se calcularon agrupando a los individuos por identificador de hogar (id_hogar) y período (periodo o ym), mediante operaciones de agregación intrahogar, de forma que cada individuo conserve su observación, pero refleje las condiciones promedio o dominantes de su hogar.

Posteriormente, los indicadores fueron agregados a nivel **mensual y provincial**, estandarizados mediante el método **z-score**, y combinados en un **índice compuesto** que resume la sensibilidad relativa de los individuos en cada provincia y período:

:

$$Sensibilidad_{it} = \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 Z(S_{j,it})$$

Este índice permite capturar la vulnerabilidad relativa de los hogares frente a perturbaciones climáticas, considerando tanto el acceso limitado a educación y empleo como la dependencia de ayudas estatales y la baja autonomía económica. La selección metodológica se respalda en estudios previos que incorporan indicadores de pobreza multidimensional, capital humano y vulnerabilidad estructural en contextos de cambio climático (Islam et al., 2014; Ngu et al., 2023; Paul et al., 2023).

La evolución temporal y la variabilidad de las variables que integran la dimensión de sensibilidad se resumen en las **Tablas S1 y S2** (ver Anexos). La **Tabla S1** presenta los estadísticos descriptivos mensuales de cada indicador para el período 2022–2024, mientras que la **Tabla S2** muestra los promedios anuales correspondientes al mes de diciembre, lo que permite observar su estabilidad o variación interanual. Estas tablas complementan la interpretación del índice, evidenciando los rangos de variación y los valores extremos que subyacen al comportamiento general de la sensibilidad socioeconómica en los hogares pesqueros.

3.2.3 Capacidad adaptativa

Para evaluar la capacidad adaptativa se utilizó la base de microdatos de hogares ENEMDU (2022-2024), de la cual se extrajeron variables infraestructurales del hogar codificadas bajo el prefijo *vi*. Estas variables incluyen calidad del techo, piso y pared, acceso a baño, fuente y tipo de agua, acceso a electricidad y pertenencia a juntas de agua (Bucherie et al., 2022; Cinner, McClanahan, Graham, Daw, et al., 2012; Fernandez et al., 2015; Hahn M.B. & Foster, 2009).

Cada variable fue recodificada en escalas ordinales de calidad creciente, de acuerdo con la literatura (Hahn M.B. & Foster, 2009; Salik et al., 2015), asignando mayores valores a condiciones que reflejan mejor infraestructura y mayor capacidad de resiliencia. El detalle completo de los criterios de recodificación utilizados se presenta en el **Anexo 2**.

Aunque las variables de capacidad adaptativa son binarias (0,1), se transformaron mediante estandarización z-score con el propósito de **mantener la**

coherencia estadística del modelo y permitir comparaciones relativas entre provincias. Este procedimiento no altera la naturaleza de las variables, pero centra sus valores en torno al promedio provincial y los expresa en unidades de desviación estándar. De esta manera, se facilita la interpretación de diferencias relativas en capacidad adaptativa respecto al promedio nacional y se garantiza compatibilidad con las demás dimensiones del índice (exposición y sensibilidad), que también fueron estandarizadas con el mismo método.

En el caso particular de la variable “junta de agua”, esta se refiere a los hogares que reciben el servicio de abastecimiento a través de organizaciones comunitarias o juntas locales, una modalidad frecuente en zonas rurales costeras. Dado que este tipo de provisión refleja una mayor dependencia comunitaria y una menor infraestructura pública formal, su contribución se considera negativa a la capacidad adaptativa. En consecuencia, la variable fue tratada en sentido inverso (una mayor proporción de hogares con acceso por juntas implica menor capacidad adaptativa relativa).

Las variables recodificadas fueron luego agregadas a nivel provincial y mensual, y posteriormente estandarizadas mediante el método *z-score*. Luego, se construyó un índice compuesto mediante el promedio de los valores estandarizados:

$$\text{Capacidad Adaptativa}_{it} = \frac{1}{8} \sum_{k=1}^8 Z(X_{k,it})$$

Este índice refleja la resiliencia infraestructural de los hogares frente a amenazas climáticas. La base resultante incluye una observación mensual por provincia, sin duplicación de unidades.

Finalmente, el índice fue normalizado a una escala de 0 a 1, donde valores cercanos a 0 reflejan baja capacidad adaptativa (es decir, hogares con condiciones precarias de infraestructura y servicios), mientras que valores cercanos a 1 representan una mayor resiliencia estructural frente a amenazas climáticas. La base resultante incluye una observación mensual por provincia, sin duplicación de unidades (**Anexo 3**).

3.3 Índice de vulnerabilidad por método aditivo

Esta sección describe el procedimiento utilizado para construir el índice de vulnerabilidad bajo un enfoque aditivo, basado en la combinación de las tres dimensiones definidas por el IPCC: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. El método busca integrar información proveniente de variables heterogéneas (sociales, económicas,

ambientales y de infraestructura) en una medida compuesta que permita comparar niveles relativos de vulnerabilidad entre individuos, provincias y períodos de análisis.

Se presentan los pasos seguidos para la construcción del índice a nivel individual y su posterior agregación a nivel provincial. En primer lugar, se detalla la normalización de las variables y la forma en que cada dimensión fue calculada; luego, se explica el proceso de agregación y el reescalamiento final que garantiza la comparabilidad entre unidades territoriales.

3.3.1 Nivel individual

Una vez construidas las dimensiones de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa para cada individuo, se procedió a escalarlas al rango [0,1] mediante la técnica de normalización min-max. Este re-escalamiento se aplicó **de forma independiente** a cada dimensión, de manera que:

- *Exposición_{it}*: valores cercanos a 1 representan mayor exposición relativa al resto de individuos de la muestra.
- *Sensibilidad_{it}*: valores cercanos a 1 indican mayor fragilidad socioeconómica.
- *Capacidad adaptativa_{it}*: valores cercanos a 1 reflejan mejor dotación de infraestructura y servicios (mayor resiliencia).

A partir de estas dimensiones normalizadas se calculó el índice compuesto de vulnerabilidad climática siguiendo la expresión propuesta por el IPCC (2001, 2008), integrando las tres dimensiones con pesos iguales, bajo la expresión:

$$\text{Vulnerabilidad}_{it} = \text{Exposición}_{it} + \text{Sensibilidad}_{it} - \text{CapacidadAdaptativa}_{it}$$

Donde:

- *Exposición_{it}*: corresponde al índice provincial mensual de exposición climática vinculado al individuo *i* según su lugar de residencia.
- *Sensibilidad_{it}*: es el promedio normalizado de las seis variables socioeconómicas que reflejan fragilidad estructural.
- *Capacidad adaptativa_{it}*: es el promedio normalizado de las ocho variables de infraestructura y servicios básicos del hogar.

Dado que esta operación podía generar valores fuera del rango [0,1], se aplicó nuevamente la normalización min-max sobre el resultado, obteniendo así un índice final individual estrictamente acotado entre 0 y 1.

La base de datos resultante conserva, para cada individuo y mes del periodo 2022-2024:

- Los tres componentes normalizados (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa)
- El índice de vulnerabilidad normalizado

Este diseño permite analizar tanto el valor agregado del índice como el aporte relativo de cada dimensión.

3.3.2 Nivel provincial (agregado)

Para facilitar la comparación territorial, los valores individuales fueron agregados por provincia y mes mediante promedios simples. El procedimiento fue:

1. Se agruparon las observaciones individuales por variables, provincia y periodo (año/mes).
2. Se calculó el promedio de las cuatro variables en escala [0,1].
3. Se exportó una base final con la serie mensual de vulnerabilidad promedio para cada provincia.

La expresión utilizada es:

$$Vulnerabilidad_{pt} = \frac{1}{N_{pt}} \sum_{i \in (p,t)} Vulnerabilidad_{it}$$

donde $Vulnerabilidad_{pt}$ representa el valor medio del índice en la provincia p durante el mes t y N_{pt} es el número de individuos observados en esa provincia y mes.

Este procedimiento permitió construir una **serie de panel provincial mensual** de vulnerabilidad compuesta, compatible con ejercicios descriptivos, mapas temáticos y análisis econométricos posteriores.

3.4 Validación metodológica mediante análisis factorial confirmatorio (CFA)

Esta sección presenta la validación del índice de vulnerabilidad construido mediante el método aditivo, a través de un análisis factorial confirmatorio (CFA). El objetivo es contrastar la consistencia interna de las dimensiones utilizadas (exposición,

sensibilidad y capacidad adaptativa) y evaluar si responden empíricamente a una estructura común. Este procedimiento permite verificar la solidez estadística del índice y ofrecer una medida alternativa de vulnerabilidad basada en factores latentes.

Se describe el modelo factorial especificado, las variables utilizadas como indicadores observables, el proceso de estandarización y la estimación a nivel individual y agregado. Finalmente, se presentan los criterios de ajuste y la interpretación de los resultados, con el fin de comparar la coherencia entre ambos enfoques metodológicos.

3.3.3 Estimación individual

Con el objetivo de validar el índice aditivo de vulnerabilidad y explorar una estrategia alternativa de construcción, se implementó un **modelo de análisis factorial confirmatorio (CFA)**, asumiendo que la vulnerabilidad es una condición latente no observable directamente, pero que se manifiesta empíricamente a través de indicadores de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.

En esta fase, se estimó un modelo de **un solo factor latente** que resume las tres dimensiones previamente construidas, utilizando como variables observadas sus respectivas versiones estandarizadas a nivel individual. Para alinear las tres dimensiones conceptualmente en una misma dirección (valores más altos = mayor vulnerabilidad), se procedió a invertir la escala de la capacidad adaptativa, multiplicándola por -1:

$$\text{Capacidad Adaptativa Invertida}_{it} = -1 \cdot \text{Capacidad Adaptativa}_{it}$$

Posteriormente, se estandarizaron las tres dimensiones mediante z-score, y se definió el modelo factorial:

$$\begin{aligned} & \text{Vulnerabilidad}_{it} \\ & \leftarrow Z(\text{Exposición}_{it}), Z(\text{Sensibilidad}_{it}), Z(\text{Capacidad Adaptativa Invertida}_{it}) \end{aligned}$$

Este modelo fue estimado mediante la función *sem* en Stata, y permitió obtener para cada individuo i en el mes t un **puntaje latente de vulnerabilidad** basado en la varianza común entre las tres dimensiones. Este puntaje representa una estimación alternativa del índice, en la que los pesos de cada componente son determinados estadísticamente en lugar de ser asignados de forma equitativa, como en el enfoque aditivo.

El resultado fue posteriormente **escalado al rango [0,1]** mediante normalización min-max para facilitar su interpretación y su comparación con el índice compuesto aditivo.

3.3.4 Agregación por provincia y mes

Al igual que en el caso del índice aditivo, los puntajes latentes de vulnerabilidad generados por el CFA fueron **agregados por provincia y mes**, mediante promedios simples. Este proceso dio lugar a una segunda base de datos provincial mensual, con una medida alternativa de vulnerabilidad territorial.

La agregación se implementó con la siguiente expresión:

$$VulnerabilidadCFA_{pt} = \frac{1}{N_{pt}} \sum_{i \in (p,t)} \widehat{Factor}_{it}$$

Donde \widehat{Factor}_{it} es el puntaje latente individual de vulnerabilidad estimado por el modelo CFA, y N_{pt} representa el número de individuos observados en la provincia p y periodo t .

Este índice agregado permite evaluar si los patrones territoriales de vulnerabilidad se mantienen consistentes bajo un esquema estadístico alternativo. La comparación entre ambos métodos (aditivo vs. CFA) se presenta en el capítulo siguiente.

3.4 Normalización, validación cruzada y análisis de consistencia

Una vez obtenidos los índices de vulnerabilidad (tanto mediante el método aditivo como mediante análisis factorial confirmatorio (CFA)), se implementó una serie de procedimientos metodológicos para facilitar su comparación estructural y evaluar su comportamiento relativo bajo distintas estrategias de construcción.

3.4.1 Normalización final

Ambos índices fueron reescalados al rango [0,1] mediante la técnica de normalización min-max, con el objetivo de asegurar una escala común y facilitar su comparación formal y gráfica. Este paso fue necesario dado que los valores resultantes de cada método podían presentar diferencias de escala, bien sea por la combinación algebraica (en el caso aditivo) o por la estimación estadística de cargas latentes (en el CFA).

La fórmula aplicada fue:

$$\text{Índice Normalizado} = \frac{X - \min(X)}{\max(X) - \min(X)}$$

donde X representa el índice compuesto obtenido por cada método. La transformación se aplicó a nivel individual en ambos casos.

3.4.2 Herramientas de validación cruzada

Para explorar el grado de convergencia metodológica entre ambos enfoques, se definieron dos estrategias complementarias:

- **Análisis de correlación bivariada:** a nivel individual y a nivel provincial mensual, se calcularán los coeficientes de correlación entre los dos índices normalizados, a fin de verificar la existencia de una relación lineal o estructura común entre ambos de medición.
- **Comparación gráfica:** se construirán gráficos de dispersión (scatter plots) y de evolución temporal para cada provincia, con el objetivo de visualizar la relación entre ambos enfoques y explorar su comportamiento relativo a lo largo del tiempo.

Estas herramientas permiten evaluar si los dos métodos producen patrones comparables de variabilidad, sin requerir que sus valores absolutos sean equivalentes.

3.4.3 Criterios de consistencia metodológica

La comparación entre el índice aditivo y el índice CFA no tiene como propósito establecer una superioridad técnica de uno sobre otro, sino más bien identificar **la robustez de la medición** frente a supuestos alternativos. Mientras el índice aditivo asume pesos iguales y una estructura transparente de componentes, el CFA permite derivar ponderaciones a partir de las covarianzas entre dimensiones.

Al evaluar conjuntamente ambas estrategias, se busca asegurar que los resultados del análisis empírico no dependan exclusivamente del método de construcción del índice, y que las conclusiones territoriales sobre vulnerabilidad climática se mantengan estables bajo supuestos metodológicos distintos. La interpretación de esta comparación se desarrolla en el capítulo siguiente.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

Este capítulo presenta los principales resultados obtenidos a partir de la construcción y validación del índice de vulnerabilidad climática para las comunidades pesqueras artesanales del Ecuador. En primer lugar, se exponen los resultados del índice aditivo, que permiten identificar diferencias espaciales y temporales en las dimensiones de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Posteriormente, se presentan los resultados derivados del análisis factorial confirmatorio (CFA), como ejercicio de validación estadística y comparación metodológica.

El capítulo también analiza la distribución territorial de la vulnerabilidad, las brechas entre provincias costeras y las implicaciones de los hallazgos para la formulación de políticas de adaptación y resiliencia. De esta manera, los resultados permiten contrastar empíricamente los supuestos teóricos y metodológicos planteados en los capítulos anteriores.

4.1 Resultados del índice tradicional

Los resultados del índice aditivo, calculado a partir de las tres dimensiones normalizadas a escala [0,1], muestran diferencias claras entre provincias costeras en la magnitud y estructura de su vulnerabilidad climática. El análisis del índice tradicional muestra la distribución provincial de la exposición climática, la sensibilidad socioeconómica y la capacidad adaptativa, así como el cálculo agregado de vulnerabilidad. (véase Gráficos 3.1 a 3.4)

El Oro presenta el valor promedio más alto de vulnerabilidad (0.692), impulsado por una exposición oceánica elevada (0.637) y una sensibilidad socioeconómica casi máxima (0.932), combinadas con una de las capacidades adaptativas más bajas del conjunto (0.285). Este perfil evidencia un riesgo compuesto donde las condiciones ambientales adversas se suman a un contexto socioeconómico frágil y a limitaciones infraestructurales significativas.

En Esmeraldas, la vulnerabilidad alcanza 0.553, sustentada por la sensibilidad más alta del grupo (0.958) y un nivel de exposición también elevado (0.510). Aunque su capacidad adaptativa (0.467) es superior a la de El Oro, esta no compensa el peso de la fragilidad socioeconómica.

Galápagos registra una vulnerabilidad de 0.450, la segunda más baja del conjunto. Su exposición (0.258) y capacidad adaptativa (0.239) están entre las menores, lo que refleja un entorno ambiental menos adverso y una resiliencia relativa mayor, aunque su sensibilidad (0.774) sigue siendo significativa.

En Guayas, el índice alcanza 0.526, con un perfil dominado por alta sensibilidad (0.939) y una exposición intermedia (0.344). La capacidad adaptativa (0.336) modera parcialmente el riesgo, aunque no lo reduce de forma sustantiva.

Manabí presenta una vulnerabilidad de 0.512, con niveles medios de exposición (0.375) y capacidad adaptativa (0.395), pero una sensibilidad elevada (0.940) que mantiene el riesgo agregado en un nivel importante.

Por último, Santa Elena alcanza 0.492, con la exposición más baja del conjunto (0.221) y capacidad adaptativa moderada (0.295). Sin embargo, su alta sensibilidad (0.951) impide que la vulnerabilidad provincial sea más reducida.

En síntesis, la vulnerabilidad más alta se observa en provincias donde la sensibilidad socioeconómica es extrema y la capacidad adaptativa es limitada, incluso si la exposición climática no es la más alta. Este patrón resalta que las condiciones estructurales de los hogares pueden tener un peso determinante en la configuración del riesgo total.

Gráfico 4.1 Exposición climática - método tradicional (promedios provinciales)

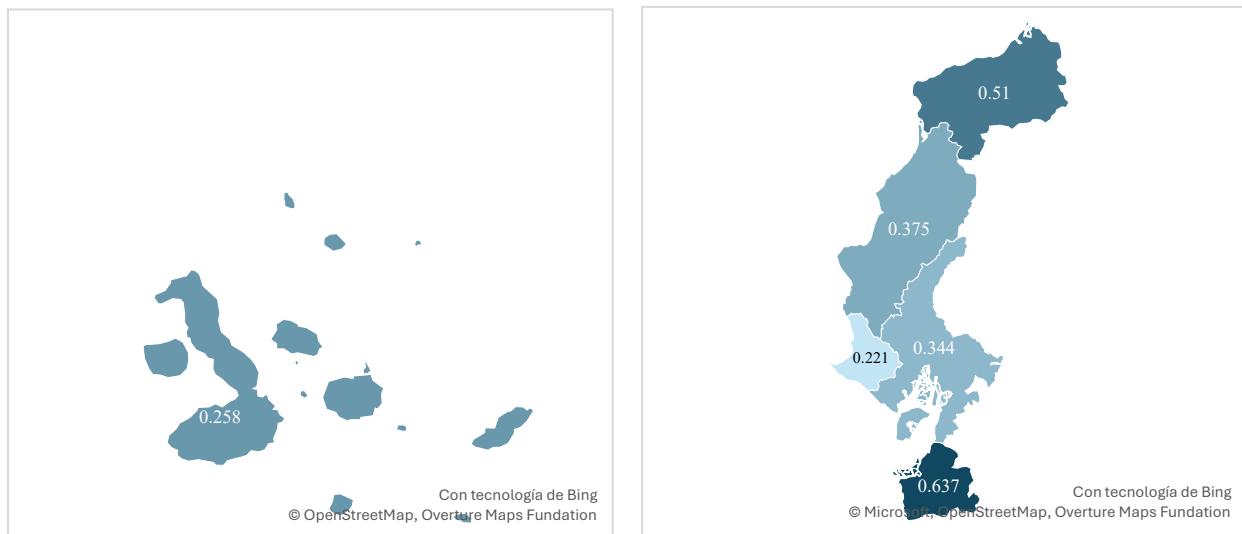


Gráfico 4.2 Sensibilidad socioeconómica - método tradicional (promedios provinciales)

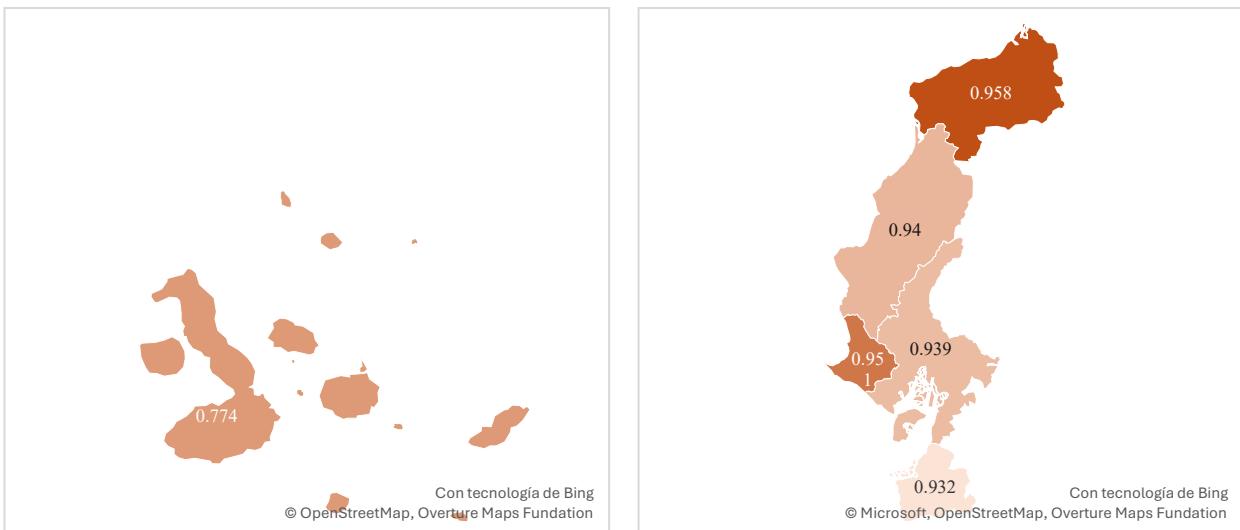


Gráfico 4.3 Capacidad adaptativa - método tradicional (promedios provinciales)

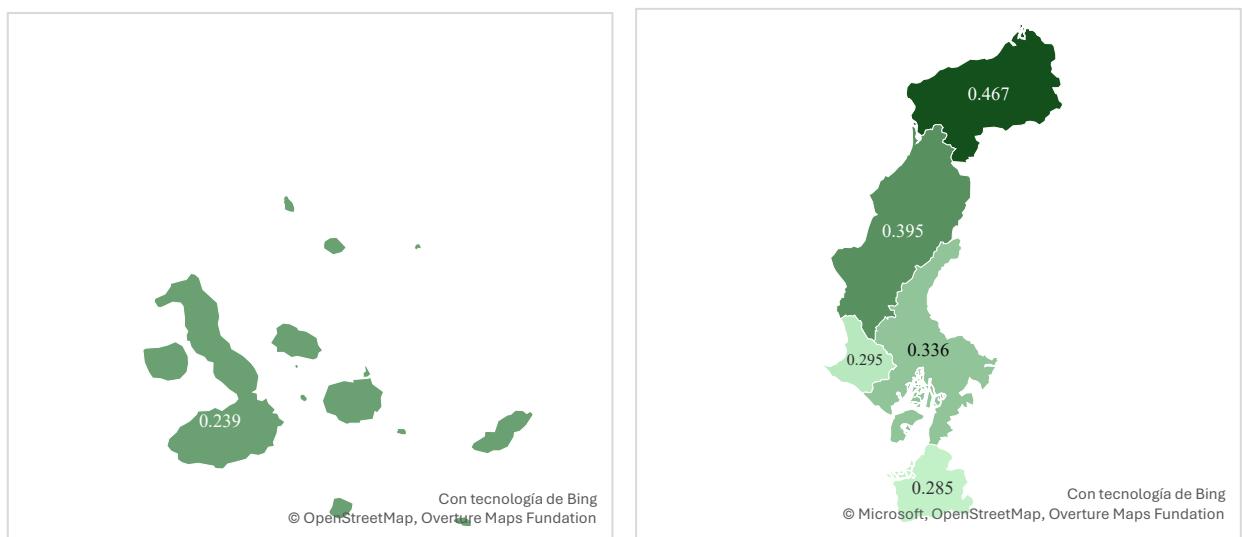


Gráfico 4.4 Vulnerabilidad total - método tradicional (promedios provinciales)



Tabla 4.1. Índice de vulnerabilidad - método tradicional (promedios provinciales)

Provincia	Exposición climática	Sensibilidad socioeconómica	Capacidad adaptativa	Vulnerabilidad total
El Oro	0.637	0.932	0.285	0.692
Esmeraldas	0.510	0.958	0.467	0.553
Galápagos	0.258	0.774	0.239	0.450
Guayas	0.344	0.939	0.336	0.526
Manabí	0.375	0.940	0.395	0.512
Santa Elena	0.221	0.951	0.295	0.492

Fuente: elaboración propia con base en ENEMDU y CMEMS.

4.2 Resultados del índice factorial (CFA)

La estimación del índice de vulnerabilidad mediante análisis factorial confirmatorio muestra diferencias claras entre provincias en la forma en que se combinan las tres dimensiones que componen la vulnerabilidad. En el caso del índice obtenido mediante análisis factorial confirmatorio (CFA), se presentan los valores normalizados de cada dimensión y la estimación del constructo latente de vulnerabilidad. (véase Gráficos 4.5 a 4.8)

En este método, Esmeraldas registra el valor promedio más alto (0.617), lo que indica que la exposición climática, la sensibilidad socioeconómica y la limitada capacidad de respuesta tienden a manifestarse de manera conjunta y consistente, reforzando la situación de riesgo. Le sigue El Oro (0.548), donde la exposición ambiental se mantiene

elevada y la capacidad de adaptación es reducida, generando un perfil de vulnerabilidad alto, aunque con una composición distinta a la de Esmeraldas.

En un rango intermedio aparecen Guayas (0.526) y Manabí (0.525). En ambos casos, la sensibilidad socioeconómica es alta, pero niveles moderados de exposición y una capacidad de adaptación algo mejor que en las provincias más críticas evitan que la vulnerabilidad total se ubique en el extremo superior.

Santa Elena alcanza un valor promedio de 0.471, con una exposición relativamente baja, aunque la persistencia de condiciones socioeconómicas desfavorables limita una reducción más significativa del índice. Finalmente, Galápagos presenta el nivel más bajo (0.393), lo que refleja un entorno de menor exposición y una configuración estructural diferenciada que amortigua el impacto de la sensibilidad y la capacidad adaptativa reducida.

En conjunto, el CFA permite identificar no solo qué provincias presentan mayor vulnerabilidad, sino también dónde las tres dimensiones se refuerzan entre sí, revelando una base más estructural del riesgo. Las provincias con puntajes más altos son aquellas donde los factores climáticos adversos se combinan con desventajas socioeconómicas persistentes y una limitada capacidad de respuesta, generando una vulnerabilidad más cohesionada y difícil de mitigar.

Gráfico 4.5 Exposición climática - CFA (promedios provinciales)

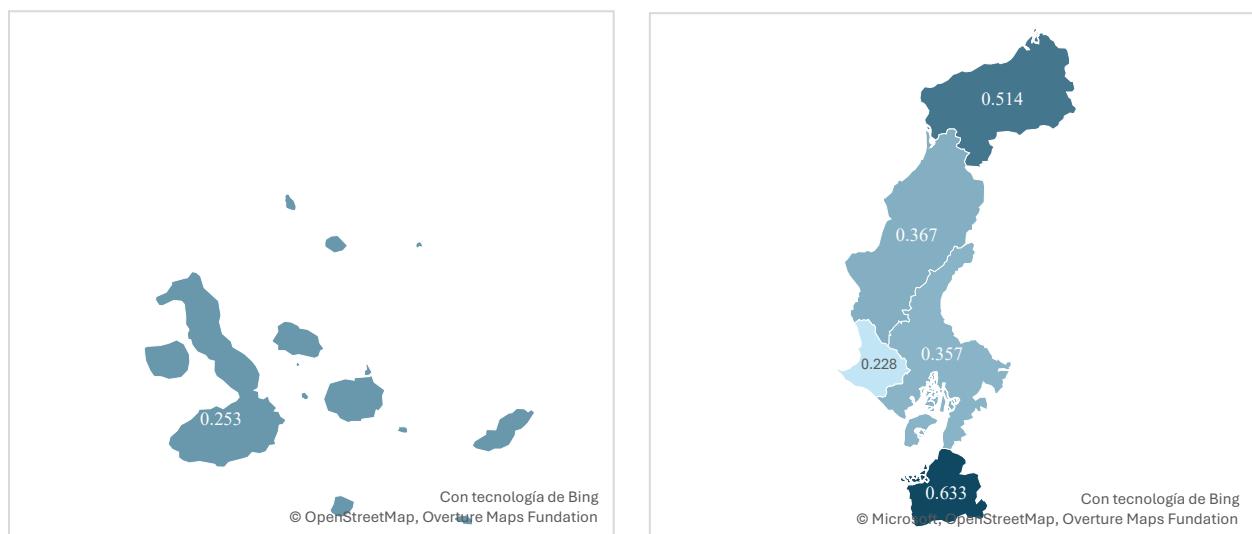


Gráfico 4.6 Sensibilidad socioeconómica - CFA (promedios provinciales)

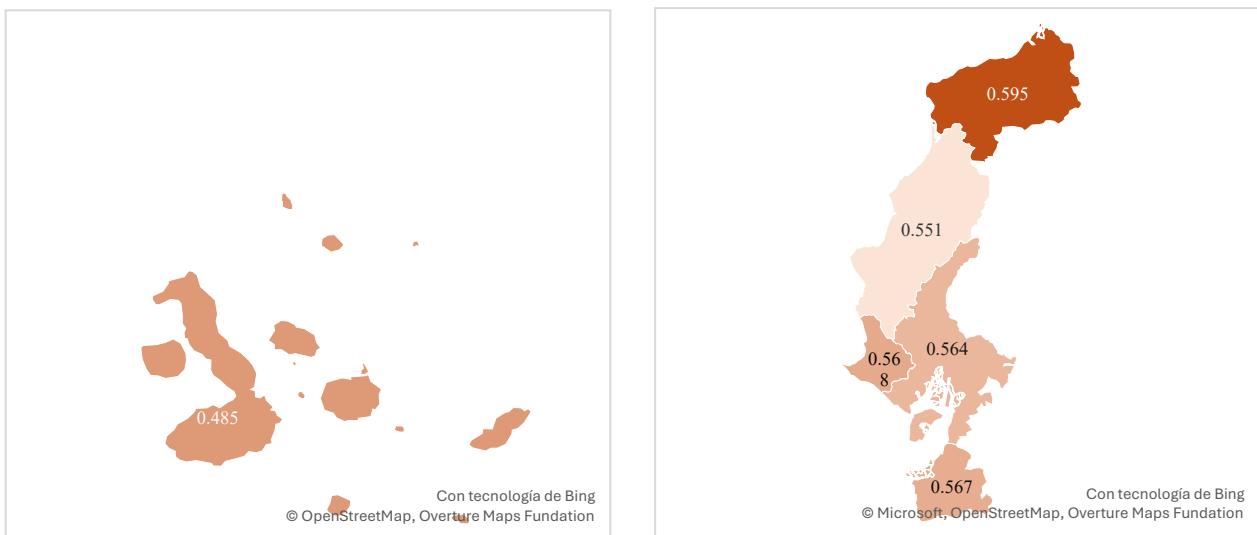


Gráfico 4.7 Capacidad adaptativa - CFA (promedios provinciales)



Gráfico 4.8 Vulnerabilidad total - CFA (promedios provinciales)

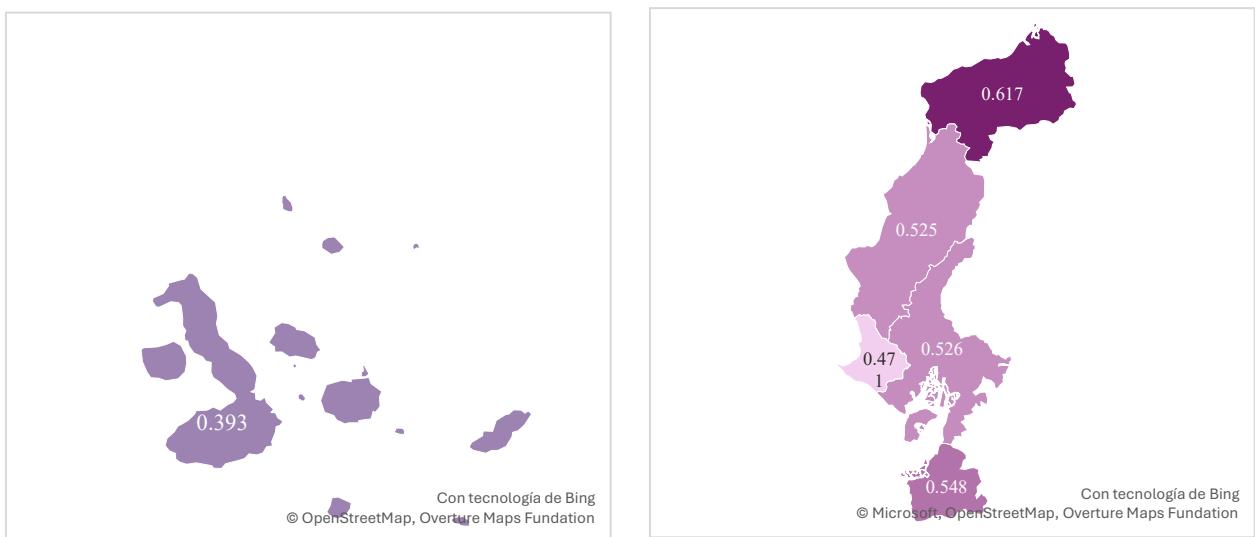


Tabla 4.2. Índice de vulnerabilidad - método CFA (promedios provinciales)

Provincia	Exposición	Sensibilidad	Capacidad adaptativa	Vulnerabilidad total
Esmeraldas	0.514	0.595	0.414	0.617
El Oro	0.633	0.567	0.553	0.548
Guayas	0.357	0.564	0.490	0.526
Manabí	0.367	0.551	0.476	0.525
Santa Elena	0.228	0.568	0.556	0.471
Galápagos	0.253	0.485	0.591	0.393

Fuente: elaboración propia con base en ENEMDU y CMEMS.

El modelo de análisis factorial confirmatorio se especificó con tres indicadores (exposición climática, sensibilidad socioeconómica y capacidad adaptativa invertida) para representar un único factor latente de vulnerabilidad. La estimación, realizada mediante máxima verosimilitud, arrojó un modelo exactamente identificado, lo que explica que la prueba de chi-cuadrado frente al modelo saturado muestre un valor igual a 0.00 y sin probabilidad asociada: en ausencia de grados de libertad, no es posible evaluar estadísticamente el ajuste global.

Pese a esta limitación formal, las estimaciones individuales son consistentes con el marco teórico. La exposición climática presenta una carga factorial positiva y fijada como referencia (1.000), la sensibilidad socioeconómica también muestra una asociación positiva y estadísticamente significativa (coeficiente=1.364; p=0.025), mientras que la capacidad adaptativa invertida exhibe una relación negativa, igualmente significativa

(coeficiente=-1.430; p=0.030). Este patrón es coherente con la conceptualización de la vulnerabilidad: a mayor exposición y sensibilidad, aumenta el riesgo; mientras que una mayor capacidad adaptativa reduce la vulnerabilidad total.

Las varianzas de error se mantienen en niveles moderados, lo que sugiere que cada dimensión aporta información diferenciada y no redundante. En conjunto, el modelo confirma que los tres componentes seleccionados capturan de manera coherente la estructura interna del concepto de vulnerabilidad, constituyendo una alternativa metodológica sólida al índice aditivo desarrollado en la sección anterior.

Tabla 4.3 Resultados del análisis factorial confirmatorio (CFA) para el índice de vulnerabilidad

Indicador	Carga factorial	Error estándar	z	p-valor	IC 95%
Exposición climática (fijada)	1.000	-	-	-	-
Sensibilidad socioeconómica	1.364	0.608	2.24	0.025	0.172 - 2.557
Capacidad adaptativa invertida	-1.430	0.658	-2.17	0.030	-2.721 - - 0.140
Varianza error - exposición	0.965	0.032			0.903 - 1.030
Varianza error - sensibilidad	0.911	0.044			0.829 - 1.002
Varianza error - capacidad adaptativa	0.901	0.047			0.813 - 0.998

El análisis factorial confirmatorio (CFA) implementado en esta tesis constituye una innovación frente a los enfoques predominantes en la literatura. Mientras que la revisión sistemática de Alencastro et al. (n.d.) muestra que la mayoría de los estudios se apoyan en agregaciones aditivas o multiplicativas, aquí se introduce un modelo estadístico que valida la estructura latente de la vulnerabilidad. Este resultado aporta un marco complementario al índice aditivo, ofreciendo mayor robustez metodológica y reforzando la pertinencia de aplicar técnicas avanzadas de modelación en el estudio de comunidades pesqueras artesanales.

4.3 Comparación entre el método aditivo y el CFA

La comparación de los resultados obtenidos mediante el método aditivo y el análisis factorial confirmatorio (CFA) permite identificar coincidencias y divergencias relevantes en la medición de la vulnerabilidad climática de las provincias costeras.

En términos generales, ambos métodos coinciden en señalar a Esmeraldas y El Oro como las provincias con mayor vulnerabilidad relativa. Sin embargo, la jerarquía varía: en el aditivo, El Oro ocupa con claridad la primera posición debido a su combinación de alta exposición y sensibilidad extrema; en el CFA, es Esmeraldas quien lidera, reflejando que en este territorio las tres dimensiones tienden a alinearse de forma más coherente y simultánea, lo que fortalece su puntaje latente.

En el rango intermedio, los dos métodos ubican a Guayas y Manabí con niveles similares de vulnerabilidad, aunque en el aditivo se observan diferencias más pronunciadas entre ambas, mientras que en el CFA sus valores son prácticamente equivalentes. Esto sugiere que, si bien la magnitud de sus dimensiones varía, su articulación interna es comparable cuando se mide a través de un modelo factorial.

Santa Elena y Galápagos se mantienen en la parte inferior del ranking en ambos enfoques, aunque por razones distintas. En Santa Elena, la baja exposición reduce el puntaje del aditivo, pero en el CFA la alta sensibilidad sigue sosteniendo un nivel medio de vulnerabilidad. En las Galápagos, la baja exposición y ciertas características estructurales diferenciadas generan puntajes bajos en ambos métodos, si bien el CFA la coloca aún más lejos del resto por la menor coherencia entre dimensiones.

En conjunto, la comparación evidencia que el método aditivo refleja con mayor peso las magnitudes absolutas de cada dimensión, mientras que el CFA captura la correlación y consistencia interna entre ellas. Las coincidencias en la identificación de territorios más vulnerables refuerzan la robustez de los hallazgos, mientras que las diferencias en el orden relativo aportan información complementaria sobre la naturaleza estructural del riesgo en cada provincia.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos a partir de la doble estrategia metodológica (medición aditiva estandarizada y análisis factorial confirmatorio-CFA) permiten no solo dimensionar la vulnerabilidad de las provincias costeras, sino también confirmar que las tres dimensiones teóricas (exposición climática, sensibilidad socioeconómica y capacidad adaptativa) operan de manera interdependiente y coherente con el marco conceptual planteado.

La medición aditiva, por su naturaleza transparente y reproducible, ofrece un retrato inmediato de las disparidades territoriales. Este índice deja al descubierto que provincias como El Oro y Esmeraldas mantienen sistemáticamente niveles elevados de vulnerabilidad, con valores que combinan alta exposición y sensibilidad, junto con capacidades adaptativas limitadas. Por contraste, provincias como Galápagos o Santa

Elena presentan perfiles intermedios, aunque con riesgos puntuales que podrían escalar ante choques climáticos severos. Esta lectura directa y normalizada facilita su adopción como herramienta de monitoreo y alerta temprana en contextos de gestión territorial y política pública.

El índice derivado del CFA, en cambio, introduce un nivel adicional de sofisticación estadística. Los resultados muestran cargas factoriales significativas y con signos esperados: la sensibilidad socioeconómica ejerce un efecto positivo sobre la vulnerabilidad latente, mientras que la capacidad adaptativa (invertida) actúa como un amortiguador del riesgo. Esta validación empírica no solo confirma la coherencia interna del marco teórico, sino que revela la magnitud diferencial con la que cada componente contribuye al fenómeno. Más aún, al condensar la información en un factor latente, el CFA permite identificar patrones menos evidentes en la medición aditiva, como la convergencia de provincias con estructuras de riesgo distintas pero puntajes globales similares.

El contraste entre ambos enfoques no evidencia contradicciones sustantivas, sino matices interpretativos que enriquecen el análisis. El alto grado de correlación observado entre ambas métricas sugiere que el fenómeno de vulnerabilidad es estable y robusto a la forma de medición, pero la divergencia en ciertos rangos y casos extremos abre la puerta a hipótesis sobre dinámicas locales, rezagos estructurales o eventos específicos que alteran la relación entre dimensiones.

En consecuencia, este estudio propone una lectura dual: el índice aditivo como instrumento principal para la comunicación y seguimiento operativo, y el índice CFA como respaldo técnico y marco de validación. La coexistencia de ambos no solo fortalece la legitimidad de los hallazgos, sino que genera un estándar replicable en futuras evaluaciones territoriales. En términos estratégicos, la evidencia respalda intervenciones focalizadas que prioricen simultáneamente la reducción de la exposición y la sensibilidad, junto con el fortalecimiento de la capacidad adaptativa, como vía más eficaz para mitigar la vulnerabilidad.

Este doble andamiaje metodológico no es únicamente un ejercicio técnico, sino una propuesta robusta para la formulación de políticas: clara para el tomador de decisiones, estadísticamente validada para el investigador, y lo suficientemente flexible para adaptarse a diferentes escalas y contextos territoriales. En este sentido, los hallazgos

dialogan con la revisión sistemática de Alencastro et al. (n.d.), que identificó al marco del IPCC como la base más utilizada en la medición de vulnerabilidad de pesquerías a pequeña escala. La presente tesis no solo confirma esa vigencia en el contexto ecuatoriano, sino que la amplía al introducir un enfoque factorial que valida la estructura latente y ofrece nuevas herramientas de comparación. Con ello, se aporta evidencia empírica inédita para el caso de Ecuador y se sienta un precedente metodológico replicable en evaluaciones futuras.

Este estudio presenta algunas limitaciones que deben ser reconocidas. En primer lugar, la disponibilidad y calidad de los datos condicionó el análisis a un horizonte temporal corto (2022–2024), lo que restringe la posibilidad de identificar dinámicas históricas más amplias en la vulnerabilidad de las comunidades pesqueras. En segundo lugar, si bien se integraron dimensiones climáticas y socioeconómicas, quedaron fuera factores institucionales, culturales y de gobernanza que inciden de manera significativa en la capacidad adaptativa y en la resiliencia comunitaria. Asimismo, el vínculo espacial entre los hogares pesqueros identificados y los puntos de referencia costeros se basa en un supuesto de proximidad que, si bien es consistente con la localización de la actividad pesquera artesanal, no puede verificarse de manera directa por ausencia de coordenadas en la ENEMDU. En tercer lugar, una limitación metodológica relevante del estudio proviene de que la ENEMDU no garantiza representatividad específica para las comunidades pesqueras artesanales. Aunque esta característica restringe la posibilidad de realizar inferencias poblacionales, la base de datos ofrece información suficiente para **analizar comparativamente los hogares pesqueros identificados** y generar evidencia empírica útil sobre sus condiciones socioeconómicas y climáticas. Por ello, los resultados deben interpretarse como **indicadores comparativos de tendencia**, más que como estimaciones representativas del total de hogares pesqueros del país. En cuarto lugar, la presente investigación no incorpora información relativa a **incidentes de inseguridad o robos en el mar**, pese a su relevancia para las comunidades pesqueras artesanales. Estos eventos pueden afectar directamente los ingresos, la estabilidad laboral y la exposición física de los pescadores, constituyendo un componente adicional de vulnerabilidad social y económica. Sin embargo, la falta de registros sistemáticos y comparables por provincia impide su inclusión en el análisis cuantitativo. Este aspecto representa una **línea de investigación futura**, especialmente en el marco de la relación entre seguridad marítima, medios de vida y resiliencia comunitaria. Finalmente, aunque la validación mediante

análisis factorial confirmatorio fortaleció la robustez metodológica, los modelos estadísticos empleados dependen de supuestos que no capturan en su totalidad la complejidad de los sistemas socio-ecológicos en estudio.

A partir de estas limitaciones, se abren líneas claras para futuras investigaciones. Una primera dirección es ampliar la cobertura temporal de los datos, de modo que sea posible evaluar la evolución de la vulnerabilidad frente a choques climáticos y socioeconómicos en el largo plazo. También resulta necesario incorporar variables de gobernanza, arreglos institucionales y capital social, que permitan comprender cómo los marcos normativos y las dinámicas comunitarias influyen en la capacidad de respuesta. Otro camino de investigación es profundizar en escalas locales (parroquiales o incluso comunitarias), combinando encuestas específicas con información cualitativa, a fin de capturar heterogeneidades internas invisibles en agregados provinciales. Finalmente, se recomienda explorar métodos econométricos y de modelación más avanzados, como enfoques espaciales o dinámicos, que permitan analizar interdependencias entre territorios y los efectos diferenciales de las políticas de adaptación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abuodha, P. A., & Woodroffe, C. D. (2006). Assessing vulnerability of coasts to climate change: Approaches and application to the Australian coast. *GIS for the Coastal Zone: A Selection of Papers from CoastGIS 2006*, 451–458.
2. Adelekan, I., & Fregene, T. (2015). Vulnerability of artisanal fishing communities to flood risks in coastal southwest Nigeria. *Climate and Development*, 7(4), 322–338. <https://doi.org/10.1080/17565529.2014.951011>
3. Adger, W. N. (1999). Social vulnerability to climate change and extremes in coastal Vietnam. *World Development*, 27(2), 249–269.
4. Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268–281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
5. Aguilar, H. C. (2020). Vulnerabilidad y gestión del riesgo de desastres frente al cambio climático en Piura, Perú. *Semestre Económico*, 23(54), 85–112. <https://doi.org/10.22395/seec.v23n54a5>
6. Alam, G. M. M., Alam, K., & Mushtaq, S. (2017). Climate change perceptions and local adaptation strategies of hazard-prone rural households in Bangladesh. *Climate Risk Management*, 17, 52–63. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.06.006>
7. Alencastro, L., Peñafiel, D., Haas-Mendoza, M., & Proaño, A. (n.d.). *Environmental and sustainability indicators: A systematic review of vulnerability indicators used to assess small-scale fisheries confronted with climate change*. Manuscript, Escuela Superior Politécnica del Litoral.
8. Almeida, C. M. T., Rodrigues, V. M. C. P., & Escola, J. J. J. (2013). The representations of human vulnerability held by health workers: Development and validation of a scale. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 21(spe), 29–37.
9. Babanawo, D., Mattah, P. A. D., Agblorti, S. K. M., Brempong, E. K., Mattah, M. M., Aheto, D., & Worlanyo, S. (2022). Local indicator-based flood vulnerability indices and predictors of relocation in the Ketu South Municipal Area of Ghana. *Sustainability*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/su14095698>
10. Banco Central del Ecuador. (2024a). *Cuentas nacionales trimestrales: Primer trimestre 2024*. Quito: BCE.
11. Banco Central del Ecuador. (2024b). *Información estadística mensual*. Quito: BCE. <https://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/bolmensual/IEMensual.html>
12. Barooah, P., Alvi, M., Ringler, C., & Pathak, V. (2023). Gender, agriculture policies, and climate-smart agriculture in India. *Agricultural Systems*, 212, 103751. <https://doi.org/10.1016/j.aggsy.2023.103751>

13. Basurto, X., Gutierrez, N. L., Franz, N., Mancha-Cisneros, M. D. M., Gorelli, G., Aguión, A., Funge-Smith, S., Harper, S., Mills, D. J., Nico, G., Tilley, A., Vannuccini, S., Virdin, J., Westlund, L., Allison, E. H., Anderson, C. M., Baio, A., Cinner, J., Fabinyi, M., ... Thilsted, S. H. (2025). Illuminating the multidimensional contributions of small-scale fisheries. *Nature*, 637(8047), 875–884. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-08448-z>
14. Bennett, N. J., Blythe, J., Tyler, S., & Ban, N. C. (2016). Communities and change in the Anthropocene: Understanding social-ecological vulnerability and planning adaptations to multiple interacting exposures. *Regional Environmental Change*, 16(4), 907–926. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0839-5>
15. Blasiak, R., Spijkers, J., Tokunaga, K., Pittman, J., Yagi, N., & Österblom, H. (2017). Climate change and marine fisheries: Least developed countries top global index of vulnerability. *PLOS ONE*, 12(6), e0179632. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179632>
16. Borg, R. P., Indirli, M., Romagnoli, F., Rochas, C., & Kuznecova, T. (2014). Venice and its territory: Vulnerability and resilience in multi-hazard scenarios. *Procedia Economics and Finance*, 18, 825–836. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)01008-9](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)01008-9)
17. Bucherie, A., Hultquist, C., Adamo, S., Neely, C., Ayala, F., Bazo, J., & Kruczakiewicz, A. (2022). A comparison of social vulnerability indices specific to flooding in Ecuador: Principal component analysis and expert knowledge. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 73, 102897. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.102897>
18. Cámara Nacional de Pesquería. (2023). *Reporte de exportaciones pesqueras del Ecuador*. Guayaquil: CNP. <https://camaradepesqueria.ec/wp-content/uploads/2024/02/EXPORTACIONES-PESQUERAS-DIC2023.pdf>
19. Cinner, J. E., McClanahan, T. R., Graham, N. A. J., Daw, T. M., Maina, J., Stead, S. M., Wamukota, A., Brown, K., & Bodin, Ö. (2012). Vulnerability of coastal communities to key impacts of climate change on coral reef fisheries. *Global Environmental Change*, 22(1), 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.09.018>
20. Colburn, L. L., Jepson, M., Weng, C., Seara, T., Weiss, J., & Hare, J. A. (2016). Indicators of climate change and social vulnerability in fishing-dependent communities along the Eastern and Gulf coasts of the United States. *Marine Policy*, 74, 323–333. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.04.030>
21. Daw, T. M., Cinner, J. E., McClanahan, T. R., Brown, K., Stead, S. M., Graham, N. A. J., & Maina, J. (2012). To fish or not to fish: Factors at multiple scales affecting artisanal fishers' readiness to exit a declining fishery. *PLOS ONE*, 7(2), e31460. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031460>
22. Eakin, H., & Luers, A. L. (2006). Assessing the vulnerability of social-environmental systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 31, 365–394. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144352>

23. FAO. (2015). *Assessing climate change vulnerability in fisheries and aquaculture: Available methodologies and their relevance for the sector*. Rome: FAO. <http://www.fao.org/documents/card/en/c/3a200d99-b9f5-4df0-9396-9a7ce2f6cf99/>
24. FAO. (2019). *Climate change vulnerability assessment of forests and forest-dependent people*. Rome: FAO. <https://doi.org/10.4060/ca7064en>
25. FAO. (2024). *In brief: The state of world fisheries and aquaculture 2024*. Rome: FAO. <https://doi.org/10.4060/cd0690en>
26. Fernandez, M. A., Bucaram, S. J., & Renteria, W. (2015). Assessing local vulnerability to climate change in Ecuador. *SpringerPlus*, 4, 738. <https://doi.org/10.1186/s40064-015-1536-z>
27. Füssel, H.-M. (2009). New results on the influence of climate on the distribution of population and economic activity. (Working Paper 13788). Hamburg Institute of International Economics.
28. Gianelli, I., Ortega, L., Pittman, J., Vasconcellos, M., & Defeo, O. (2021). Harnessing scientific and local knowledge to face climate change in small-scale fisheries. *Global Environmental Change*, 68, 102253. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102253>
29. Hahn, M. B., Riederer, A. M., & Foster, S. O. (2009). The livelihood vulnerability index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change — A case study in Mozambique. *Global Environmental Change*, 19(1), 74–88.
30. Herrera, M., Castro, R., Coello, D., Saa, I., Elías, E., & Ferreyros, S. (2013). *Puertos, caletas y asentamientos pesqueros artesanales del Ecuador*. Guayaquil: Instituto Nacional de Pesca.
31. Hidalgo, M., El-Haweeet, A. E., Tsikliras, A. C., Fortibuoni, T., Ronchi, F., Lauria, V., Abdallah, O. B., Arneri, E., Ceriola, L., Milone, N., Lelli, S., Hernandez, P., Bernal, M., & Vasconcellos, M. (2022). Risks and adaptation options for the Mediterranean fisheries in the face of multiple climate change drivers and impacts. *ICES Journal of Marine Science*, 79(9), 2473–2488. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac185>
32. IPCC. (2001). *Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability* (Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report). Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
33. IPCC. (2007). *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability* (Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report). Cambridge: Cambridge University Press.
34. IPCC. (2023a). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability* (Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report). Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
35. IPCC. (2023b). *IPCC Glossary 2023*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.

36. Islam, M. M., Sallu, S., Hubacek, K., & Paavola, J. (2014). Migrating to tackle climate variability and change? Insights from coastal fishing communities in Bangladesh. *Climatic Change*, 124(4), 733–746. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1135-y>
37. Kelly, P. M., & Adger, W. N. (2000). Theory and practice in assessing vulnerability to climate change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4(3–4), 325–352.
38. Kovats, R. S., Campbell-Lendrum, D., & Matthies, F. (2005). Climate change and human health: Estimating avoidable deaths and disease. *Risk Analysis*, 25(6), 1409–1418. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2005.00688.x>
39. Ludeña, C. E., & Won Yoon, S. (2015). *Local vulnerability indicators and adaptation to climate change: A survey* (Technical Note 857). Washington, DC: Inter-American Development Bank.
40. Ludeña, C., Yoon, S. W., Sánchez-Aragón, L., Miller, S., & Yu, B.-K. (2015). *Vulnerability indicators of adaptation to climate change and policy implications for investment projects*. Washington, DC: Inter-American Development Bank.
41. Mallari, E. C. A. (2016). Climate change vulnerability assessment in the agriculture sector: Typhoon Santi experience. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 216, 440–451. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.12.058>
42. McDowall, W., Reinauer, T., Fragkos, P., Miedzinski, M., & Cronin, J. (2023). Mapping regional vulnerability in Europe's energy transition: Development and application of an indicator to assess declining employment in four carbon-intensive industries. *Climatic Change*, 176(2), 50–69. <https://doi.org/10.1007/s10584-022-03478-w>
43. Menéndez Delgado, E. R., Rodríguez Ríos, E. B., Bernal Casasola, D., & Cerbán Jiménez, M. del M. (2021). Artisanal fishery in Ecuador: A case study of Manta city and its economic policies to improve competitiveness of the sector. *Marine Policy*, 124, 104313. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104313>
44. Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (MPCEIP). (2022). *Sector pesquero artesanal fortalecerá sus capacidades técnicas y productivas*. <https://www.produccion.gob.ec/sector-pesquero-artesanal-fortalecera-sus-capacidades-tecnicas-y-productivas>
45. Ngu, N. H., Tan, N. Q., Non, D. Q., Dinh, N. C., & Nhi, P. T. P. (2023). Unveiling urban households' livelihood vulnerability to climate change: An intersectional analysis of Hue City, Vietnam. *Environmental and Sustainability Indicators*, 19, 100269. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2023.100269>
46. Noman, M., Mohsin, M., Bukhari, G. A. S., Hamid, Z., & Mehak, A. (2019). Small-scale fisheries: Overview, importance, vulnerabilities and management. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 48(2), 183–192.
47. O'Brien, K. (2006). Are we missing the point? Global environmental change as an issue of human security. *Global Environmental Change*, 16(1), 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2005.11.002>

48. O'Brien, K., Eriksen, S., Nygaard, L. P., & Schjolden, A. (2007). Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses. *Climate Policy*, 7(1), 73–88. <https://doi.org/10.1080/14693062.2007.9685639>
49. Patt, A. G., Schröter, D., Klein, R. J. T., & de la Vega-Leinert, A. C. (2009). Vulnerability research and assessment to support adaptation and mitigation: Common themes from the diversity of approaches. In *A. G. Patt et al. (Eds.), Assessing vulnerability to global environmental change: Making research useful for adaptation, decision making and policy* (pp. 1–25). London: Earthscan. <https://doi.org/10.4324/9781849770514>
50. Paul, T. T., Sarkar, U. K., Salim, S. S., Manoharan, S., Ganeshan, K., & Das, B. K. (2023). Assessing multi-scale vulnerability of fisheries of Vembanad Lake, Peninsular India, due to climate change: A stakeholders-based approach. *Environment, Development and Sustainability*, 25, 5031–5052. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-02984-w>
51. Poumadère, M., Mays, C., Le Mer, S., & Blong, R. (2005). The 2003 heat wave in France: Dangerous climate change here and now. *Risk Analysis*, 25(6), 1483–1494. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2005.00694.x>
52. Salik, K. M., Jahangir, S., ul Zafar Zahdi, W., & ul Hasson, S. (2015). Climate change vulnerability and adaptation options for the coastal communities of Pakistan. *Ocean and Coastal Management*, 112, 61–73. <https://doi.org/10.1016/j.ocemoaman.2015.05.006>
53. Smit, B., & Skinner, M. W. (2002). Adaptation options in agriculture to climate change: A typology. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 7(1), 85–114. <https://doi.org/10.1023/A:1015862228270>
54. Smit, B., Burton, I., Klein, R. J. T., & Street, R. (1999). The science of adaptation: A framework for assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4(3–4), 199–213. <https://doi.org/10.1023/a:1009652531101>
55. Stafford, S., & Abramowitz, J. (2017). An analysis of methods for identifying social vulnerability to climate change and sea level rise: A case study of Hampton Roads, Virginia. *Natural Hazards*, 85(2), 1089–1117. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2622-4>
56. Stott, P. A., Stone, D. A., & Allen, M. R. (2004). Human contribution to the European heatwave of 2003. *Nature*, 432(7017), 610–614. <https://doi.org/10.1038/nature03089>
57. UNDP. (2022). *Pesquerías costeras de Ecuador y Perú promueven una producción sostenible*. <https://www.undp.org/es/ecuador/blog/pesquerias-costeras-de-ecuador-y-peru-promueven-una-produccion-sostenible>
58. Zambrano-Campoverde, J., Guachichullca-Ordóñez, L., & Valdiviezo-Cacay, M. (2021). La pesca artesanal en Ecuador: Miradas desde el desarrollo sostenible y la globalización. *Revista de la Universidad del Zulia*, 12(34), 239–260.

ANEXOS

Anexo 1. Algoritmo de identificación de hogares vinculados a la pesca artesanal en la ENEMDU (2022–2024)

Este anexo documenta el procedimiento empleado para identificar a los hogares vinculados a la pesca artesanal dentro de los microdatos de la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU), mediante variables de ocupación, rama de actividad económica y tipo de relación laboral.

El proceso combina criterios provenientes de la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO-08) y la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas (CIIU Rev.4), adaptados al contexto ecuatoriano.

Las variables utilizadas corresponden a la versión 2022–2024 del cuestionario ENEMDU y se describen a continuación:

Variable	Descripción	Clasificación	Uso en el algoritmo
p41	Grupo de ocupación principal	CIUO-08	Identifica a trabajadores en pesca (códigos 62xx)
p40	Rama de actividad económica	CIIU Rev.4	Distingue pesca de captura (031) y acuicultura (032)
p42	Categoría de ocupación	—	Define condición laboral (asalariado, cuenta propia, familiar)
p47a	Tamaño del establecimiento (número de trabajadores)	—	Aproxima la escala productiva
p20	Trabajó la semana pasada	—	Filtrá población ocupada

* Identificación de hogares vinculados a la pesca artesanal

* ENEMDU 2022–2024

* Basado en CIUO-08 y CIIU Rev.4

* **1. Mantener solo población ocupada**

keep if p20 == 1 // trabajó la semana pasada

* **2. Identificación de ocupación en pesca (CIUO-08)**

* Grupo 62: Trabajadores en pesca y recolección acuática

gen occ_pesca = (floor(p41/100) == 62)

* 3. Identificación de rama de actividad (CIIU Rev.4)

* 031: Pesca de captura; 032: Acuicultura

gen rama_pesca = (p40 == 031)

gen rama_acui = (p40 == 032)

* 4. Tipología laboral artesanal

* Categoría de ocupación (p42)

* Tamaño del establecimiento (p47a)

gen auto_fam = inlist(p42, 3, 5) // cuenta propia o familiar no remunerado

gen asal_peq = inlist(p42, 1, 2) & (p47a <= 5 & p47a != .)

* 5. Filtro principal: pesca artesanal

gen pesca_art = 0

replace pesca_art = 1 if occ_pesca==1 & rama_pesca==1 & (auto_fam | asal_peq)

label define yesno 0 "No" 1 "Sí"

label values pesca_art yesno

* 6. Chequeos rápidos (opcional)

tab pesca_art

tab p42 if pesca_art

tab p40 if pesca_art

tab p41 if pesca_art

Nota técnica: Este algoritmo replica la metodología aplicada en estudios sobre caracterización de la pesca artesanal (FiTI 2023; FAO 2021), adaptada a los microdatos de la ENEMDU.

Las categorías **CIUO 62xx** y **CIIU 031** permiten delimitar la pesca de captura, mientras que la tipología **autoempleo/familiar/asalariado en unidad pequeña** capta la estructura productiva típica de la pesca artesanal ecuatoriana.

Los hogares se clasifican como vinculados a la pesca artesanal cuando al menos un miembro cumple los criterios anteriores. Esta condición se usa posteriormente para construir las dimensiones de **sensibilidad** y **capacidad adaptativa** del índice de vulnerabilidad.

Anexo 2. Criterios de recodificación de variables infraestructurales (ENEMDU 2022–2024)

Este anexo presenta las reglas aplicadas para recodificar las variables de vivienda y servicios básicos del hogar (prefijo *vi*) en escalas ordinales de calidad creciente. El propósito de esta recodificación es convertir categorías cualitativas en valores comparables que reflejen la **capacidad estructural y de servicios de los hogares** frente a amenazas climáticas.

Se asignaron puntajes más altos a condiciones que implican **mayor calidad material, acceso formal o infraestructura estable**, y puntajes bajos a condiciones que representan **vulnerabilidad o precariedad habitacional**. Por ejemplo, los techos de losa o zinc en buen estado recibieron valores superiores a los de caña o palma; los pisos de cemento o baldosa se calificaron por encima de tierra o madera; y los hogares con conexión formal a red pública de agua o electricidad recibieron valores mayores que aquellos que dependen de fuentes informales o juntas comunitarias.

- **Techo (vi03a)**
 - (1) Desechos, caña, palma
 - (2) Zinc
 - (3) Eternit, teja
 - (4) Losa, hormigón
- **Piso (vi04a)**
 - (1) Tierra, caña
 - (2) Madera sin pulir, otros materiales básicos
 - (3) Cemento, tabla pulida
 - (4) Baldosa, cerámica
- **Pared (vi05a)**
 - (1) Caña o materiales vegetales
 - (2) Madera sin tratar, tabla
 - (3) Bahareque, bloque sin enlucir
 - (4) Hormigón, bloque enlucido
- **Baño (vi09)**
 - (1) No tiene baño
 - (2) Letrina sin descarga
 - (3) Letrina con descarga, pozo séptico
 - (4) Inodoro conectado a red pública

- **Fuente de agua (vi10)**
 - Río, canal, acequia
 - Pozo sin bomba, agua lluvia
 - Pozo con bomba, carro repartidor
 - Red pública (dentro o fuera de la vivienda)
- **Tipo de agua (vi10a)**
 - Sin tratamiento
 - Hervida, clorada manualmente
 - Filtrada
 - Tratada (plantas potabilizadoras)
- **Electricidad (vi12)**
 - Sin servicio
 - Conexión improvisada o generador
 - Red pública compartida
 - Red pública individual
- **Pertenencia a junta de agua (vi102)**
 - No pertenece
 - Pertenece

Esta recodificación fue aplicada previa a la agregación mensual por provincia y posterior estandarización mediante z -score, como parte del índice de capacidad adaptativa normalizado a escala [0, 1].

Anexo 3. Tabla resumen de variables por dimensión en la construcción del índice de vulnerabilidad

Dimensión	Variable	Fuente	Tipo	Codificación aplicada	Escala final
Exposición	TSM máxima mensual	CMEMS	Continua	Valor máximo mensual	0-1
	Altura del mar (nivel)	CMEMS	Continua	Valor máximo mensual	0-1
	Salinidad (desviación estándar)	CMEMS	Continua	STD mensual por provincia	0-1
Sensibilidad	Edad alejada de 35 años	ENEMDU	Continua		edad - 35
	No asistencia a clases	ENEMDU	Dicotómica	1 = no asiste, 0 = asiste	0-1
	Nivel educativo	ENEMDU	Continua	Años de instrucción formal	0-1
	Condición de no empleo	ENEMDU	Dicotómica	1 = no trabaja, 0 = trabaja	0-1
	Recibe transferencia estatal	ENEMDU	Dicotómica	1 = recibe bono, 0 = no recibe	0-1

	Ingreso per cápita invertido	ENEMDU	Continua	ingreso × (-1)	0-1
Capacidad adaptativa	Material del techo	ENEMDU	Ordinal	1 (precario) a 4 (óptimo)	0-1
	Material del piso	ENEMDU	Ordinal	1 (tierra) a 4 (cerámica/baldosa)	0-1
	Material de la pared	ENEMDU	Ordinal	1 (caña) a 4 (bloque enlucido)	0-1
	Tipo de baño	ENEMDU	Ordinal	1 (ausente) a 4 (conexión red)	0-1
	Fuente de agua	ENEMDU	Ordinal	1 (río) a 4 (red pública)	0-1
	Tipo de agua	ENEMDU	Ordinal	1 (sin tratamiento) a 4 (potable)	0-1
	Electricidad	ENEMDU	Ordinal	1 (sin acceso) a 4 (red formal)	0-1
	Junta de agua	ENEMDU	Dicotómica	1 = pertenece, 0 = no pertenece	0-1

Anexo 4. Distribución de observaciones por provincia y mes (hogares vinculados a la pesca artesanal, 2022–2024)

Este anexo presenta la distribución mensual de hogares identificados como vinculados a la pesca artesanal, clasificados por provincia costera, a partir de los microdatos de la ENEMDU (2022–2024). El objetivo es transparentar el tamaño efectivo de la muestra analizada y sustentar el carácter exploratorio y comparativo del estudio.

Fecha	El Oro	Esmeraldas	Galápagos	Guayas	Manabí	Santa Elena
ene-22	25	8	2	24	3	32
feb-22	8	22	3	6	6	15
mar-22	33	19	-	11	6	9
abr-22	29	8	1	9	4	26
may-22	15	14	1	4	11	18
jun-22	23	13	1	5	4	12
jul-22	20	14	-	12	1	28
ago-22	22	17	2	7	8	15
sept-22	29	26	3	5	18	23
oct-22	29	20	2	23	6	24
nov-22	14	23	8	4	7	14
dic-22	32	18	4	5	11	18
ene-23	24	18	5	25	3	37
feb-23	34	18	5	3	7	10

mar-23	36	20	5	6	5	16
abr-23	20	16	2	16	2	49
may-23	30	32	2	6	15	12
jun-23	21	21	3	3	4	20
jul-23	16	18	2	18	3	39
ago-23	21	33	5	6	9	23
sept-23	34	24	8	6	8	29
oct-23	27	18	5	10	8	34
nov-23	33	27	7	6	4	21
dic-23	36	19	5	6	11	25
ene-24	18	23	2	18	9	38
feb-24	30	27	3	7	3	19
mar-24	35	19	2	1	12	20
abr-24	17	24	3	9	8	29
may-24	26	25	3	3	4	21
jun-24	25	23	3	2	8	23
jul-24	23	17	3	7	12	32
ago-24	22	19	4	6	3	18
sept-24	28	19	4	2	11	31
oct-24	24	22	4	2	3	33
nov-24	31	37	6	6	4	30
dic-24	31	22	2	10	9	21
Total	921	743	120	299	250	864

Fuente: Elaboración propia con base en microdatos ENEMDU (2022–2024).

Anexo 5. Descriptivos de las variables climáticas por provincia (2022–2024)

Este anexo presenta los estadísticos descriptivos de las variables oceanográficas utilizadas para construir la dimensión de exposición climática: **temperatura superficial del mar (TSM)**, **nivel medio del mar (NMM)** y **salinidad**. Los valores corresponden a los promedios, mínimos y máximos mensuales obtenidos a partir de las series satelitales del sistema **Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)** para cada provincia costera y Galápagos.

El propósito de esta tabla es documentar la consistencia temporal y espacial de las series, así como evidenciar las diferencias relativas de exposición entre provincias. Se observa que Esmeraldas y Manabí presentan los valores más altos de TSM promedio, mientras que Galápagos exhibe los mayores niveles de variabilidad en salinidad, reflejando las condiciones particulares de su entorno insular.

Variable	Año	El Oro	Esmeraldas	Galápagos	Guayas	Manabí	Santa Elena
Salinidad (psu)	2022	31.95	32.52	34.19	33.58	33.37	33.89
	2023	31.95	32.50	34.08	33.42	33.40	33.94
	2024	31.58	32.82	34.30	33.65	33.63	34.13
Temperatura mínima (°C)	2022	23.01	25.46	20.41	22.06	23.44	21.81
	2023	25.29	26.67	24.30	24.22	25.27	24.37

	2024	23.42	26.16	21.08	22.31	23.79	22.09
Temperatura máxima (°C)	2022	27.25	27.59	24.05	25.65	26.28	24.17
	2023	30.96	29.51	29.09	29.43	29.10	29.09
	2024	31.86	29.93	29.09	29.40	28.43	27.67
Temperatura promedio (°C)	2022	25.29	26.39	22.64	23.66	24.52	22.80
	2023	28.60	28.09	26.75	27.13	27.22	26.28
	2024	27.53	27.66	24.60	25.82	26.12	24.80
Altura (m)	2022	0.20	0.28	0.15	0.18	0.21	0.17
	2023	0.29	0.35	0.27	0.28	0.30	0.27
	2024	0.21	0.27	0.18	0.19	0.22	0.18

Nota: TSM (Temperatura Superficial del Mar): medida en grados Celsius (°C), representa la temperatura promedio en la capa superficial del océano (profundidad ≤ 1 m).

Altura (Nivel Medio del Mar): medida en metros (m) respecto al nivel promedio global, derivada de altimetría satelital. **Salinidad:** medida en *Practical Salinity Units* (psu), indica la concentración de sales disueltas en el agua de mar. Las tres variables provienen de productos de reanálisis del **Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)**, procesados con resolución espacial de 0.05° (~5.5 km) y frecuencia mensual.

Tabla S1. Descriptivos mensuales de las variables de sensibilidad (ENEMDU 2022–2024).

Resume, para cada mes del período, el promedio nacional, mínimos y máximos observados de las seis variables que conforman la dimensión de sensibilidad.

Año	Mes	Edad alejada	Nivel educ. prom.	Tasa no asiste	Tasa no trabaja	Recibe bono	Inversa diversif.	Edad alejada min	Nivel educ min	Edad alejada max	Nivel educ max	N
2022	1	13.68	4.54	0.05	0.08	0.05	0.86	0	1	38	9	78
2022	2	14.14	5.49	0.00	0.17	0.06	0.86	0	1	34	10	51
2022	3	11.97	4.63	0.02	0.19	0.09	0.74	2	1	31	8	58
2022	4	12.58	4.93	0.03	0.11	0.09	0.83	2	1	35	8	65
2022	5	14.14	4.95	0.05	0.04	0.07	0.91	0	1	44	10	57
2022	6	12.61	4.57	0.00	0.04	0.02	0.90	0	1	33	7	51
2022	7	13.28	5.41	0.06	0.15	0.08	0.86	1	1	36	10	65
2022	8	13.81	4.44	0.00	0.08	0.08	0.91	1	1	35	10	64
2022	9	12.67	5.03	0.02	0.15	0.05	0.86	1	1	41	7	83
2022	10	12.92	5.25	0.02	0.07	0.05	0.87	0	1	37	10	84

2022	11	13.31	4.49	0.03	0.04	0.08	0.92	1	1	46	9	63
2022	12	15.29	4.67	0.03	0.03	0.04	0.88	0	1	46	7	76
2023	1	12.69	4.56	0.01	0.07	0.05	0.86	1	1	32	10	94
2023	2	14.61	4.61	0.02	0.11	0.05	0.80	0	1	45	10	61
2023	3	13.66	4.12	0.09	0.12	0.07	0.88	2	1	40	9	76
2023	4	14.23	4.90	0.01	0.02	0.10	0.86	0	1	37	10	88
2023	5	12.90	4.85	0.00	0.03	0.01	0.81	0	1	37	10	80
2023	6	13.00	4.86	0.00	0.08	0.05	0.89	0	1	32	10	65
2023	7	13.19	4.72	0.00	0.02	0.07	0.87	0	1	37	6.5	84
2023	8	14.00	4.82	0.01	0.04	0.06	0.79	0	1.5	35	10	78
2023	9	14.93	4.90	0.02	0.05	0.03	0.83	0	1	35	10	90
2023	10	11.32	4.92	0.01	0.03	0.07	0.86	0	1	47	10	88
2023	11	14.11	4.78	0.01	0.05	0.04	0.81	0	1	41	10	80
2023	12	14.08	4.91	0.02	0.04	0.05	0.82	0	1	41	8	85
2024	1	11.97	5.17	0.01	0.04	0.04	0.84	0	2	49	10	89
2024	2	14.66	4.61	0.01	0.04	0.05	0.87	1	1	41	10	76
2024	3	15.34	5.04	0.00	0.12	0.11	0.82	0	1	49	10	73
2024	4	12.12	5.05	0.01	0.06	0.03	0.84	0	1	33	7	77
2024	5	14.14	4.90	0.01	0.06	0.04	0.84	0	1	38	10	69
2024	6	13.26	5.08	0.00	0.04	0.04	0.88	1	1	44	10	73
2024	7	13.85	4.87	0.04	0.05	0.05	0.91	0	1	33	10	85
2024	8	13.75	4.80	0.02	0.03	0.03	0.91	0	1	36	10	65
2024	9	13.18	5.28	0.02	0.10	0.04	0.87	1	2	38	10	83
2024	10	11.51	5.18	0.00	0.02	0.07	0.85	0	1	33	10	75
2024	11	14.34	5.09	0.03	0.05	0.05	0.80	0	1	36	10	94
2024	12	11.79	5.14	0.01	0.06	0.07	0.90	0	1	41	9	81

Tabla S2. Descriptivos anuales (mes de diciembre) de las variables de sensibilidad (ENEMDU 2022–2024).

Presenta el mismo conjunto de indicadores restringido al mes de diciembre de cada año, permitiendo comparar su evolución interanual.

Año	Edad alejada	Nivel educ. prom.	Tasa no asiste	Tasa no trabaja	Recibe bono	Inv. diversif.	Edad alejada min	Nivel educ min	Edad alejada max	Nivel educ max	N
2022	15.29	4.67	0.03	0.03	0.04	0.88	0	1	46	7	76
2023	14.08	4.91	0.02	0.04	0.05	0.82	0	1	41	8	85
2024	11.79	5.14	0.01	0.06	0.07	0.90	0	1	41	9	81

Ambas tablas se basan en el conjunto de microdatos individuales, considerando únicamente observaciones vinculadas a hogares pesqueros artesanales.

Los valores representan **promedios individuales nacionales**, lo que implica que cada individuo aporta al promedio nacional del mes con el valor correspondiente a las condiciones de su hogar.

Nota técnica para los anexos

- **Unidad de análisis:** individuo (derivaciones intrahogar).
- **Cobertura temporal:** 2022–2024, periodicidad mensual.
- **Fuentes:** microdatos ENEMDU (INEC), variables p03, p07, p10b, p20, p75 e ingr1.
- **Interpretación:** valores altos en edad_alejada, tasa_clases_no, tasa_no_trabaja, recibe_bono e inv_diversificación representan **mayor sensibilidad**; valores altos en nivel_educ_prom reflejan **menor vulnerabilidad estructural**.