Evaluación del riesgo de inundación en Ecuador

UNITED NATIONS UNIVERSITY

UNU-EHS

Institute for Environment and Human Security

mundialis

SERVICIO NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y EMERGENCIAS

Evaluación del riesgo de inundación en Ecuador, ©UNU-EHS 2021
Autores:
Melisa Mena Benavidas (UNU-EHS), Konstantin Scheffczyk (UNU-EHS), Manuel Urrutia (UNU-EHS), Brenda Huerta (UNU-EHS), Yvonne Walz (UNU-EHS).

Colaboradores:
Guido Riembauer (mundialis), Angel A. Valdiviezo-Ajila (ESPOL), Gissela Díaz, Jhoyzett Mendoza (SNGRE)

Los autores y colaboradores desean agradecer a los expertos locales que compartieron sus conocimientos en el taller participativo de las partes interesadas. Sus conocimientos ayudaron a dar forma al análisis del riesgo de inundación.

Esta versión puede citarse libremente, siempre que se cite adecuadamente.
Para más información sobre el proyecto VALE y el UNU-EHS, visite: https://ehs.unu.edu.

Patrocinado por:

Federal Ministry for Economic Affairs and Energy

Con base en una decisión por el Parlamento Alemán

DLR

La Administración Espacial

Índice de contenido

Índice de contenido *3*

Abreviaturas *5*

1 Introducción *6*

2 Área de estudio *9*

2.1 Perfil de Ecuador **9**

2.2 Inundaciones en Ecuador **10**

2.3 Área de estudio: Provincias focales de Bolívar, Los Ríos y Napo a nivel parroquial **10**

2.3.1 Topografía 11

2.3.2 Clima 11

2.3.3 Hidrología y riesgo de inundación 12

2.3.4 Cubierta de la tierra 13

2.3.5 Datos demográficos 15

2.3.6 Actividades económicas primarias 16

3 Metodología de evaluación de riesgos *17*

3.1 Marco conceptual y comprensión del riesgo de inundación en Ecuador **18**

3.2 Identificación de indicadores válidos (de riesgo) **19**

3.2.1 Revisión de literatura 19

3.2.2 Taller participativo 20

3.3 Análisis **22**

3.3.1 Adquisición de datos 22

3.3.2 Preprocesamiento de datos 24

3.3.3 Normalización y ponderación 25

3.3.4 Agregación del índice de riesgo de inundación 26

4 Resultados *27*

4.1 Biblioteca de indicadores **27**

4.2 Evaluación de la exposición a la amenaza de inundaciones **27**

4.3 Evaluación de la vulnerabilidad 30

4.4 Índice de riesgo..... 33

4.5 Limitaciones 36

5 Conclusiones y recomendaciones 36

6 Bibliografía 38

7 Anexos.....41

Abreviaturas

ENOS	El Niño-Oscilación del Sur
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
GAR	Informe de evaluación global sobre la reducción del riesgo de catástrofes
ITCZ	Zona de Convergencia Intertropical
msnm	Metros sobre el nivel del mar
MSRDD	Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres
PDOT	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial
PEA	Población Económicamente Activa
PNUD	Naciones Unidas para el Desarrollo
PSA	Probabilidad de Superación Anual
P&D	Pérdidas y Daños
RDD	Reducción del Riesgo de Desastres
SD	Desviación Estándar
SNGRE	Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias del Gobierno de Ecuador
UNDRR	Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres
UNU	Universidad de las Naciones Unidas
UNU-EHS	Instituto de Seguridad Ambiental y Humana
WGII AR5	Grupo de Trabajo II del Quinto Informe de Evaluación del IPCC

1 Introducción

La comprensión del riesgo de desastres naturales es la principal prioridad de acción del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres (MSRDD) [1](UNISDR, 2017) y es esencial para orientar la gobernanza de los desastres y lograr la reducción del riesgo de desastres (RRD). Las inundaciones son un tipo de amenaza natural que afecta a millones de personas al año, y se prevé que el número de personas afectadas a nivel global aumente de 72 millones en el año 2010 a 147 millones para el año 2030 (WRI, 2020). Las bases de datos de eventos de amenaza, como DesInventar[2] y EM-DAT[3] , registran más desastres por inundaciones que cualquier otro tipo de desastre. Desde el año 1970, se han registrado 4705 eventos de inundación sólo en Ecuador, que han provocado grandes pérdidas y daños (DesInventar, 2021). Sin embargo, todavía no está claro por qué algunas zonas expuestas a las inundaciones experimentan impactos mucho más graves que otros, a pesar de presentar una magnitud similar de la intensidad de la amenaza de inundación. No obstante, esta comprensión holística de los factores que impulsan los impactos relacionados con las catástrofes es una información esencial para planificar estrategias de reducción de riesgos de manera eficiente y específica. Por lo tanto, se necesita una mayor comprensión de los factores que impulsan el riesgo de inundación para reducir el riesgo de desastres por inundación. Reducir estos riesgos es la motivación subyacente de la evaluación del riesgo de inundación basada en indicadores que la Universidad de las Naciones Unidas - Instituto de Seguridad Ambiental y Humana (UNU-EHS por sus siglas en inglés) ha llevado a cabo con el apoyo del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias del Gobierno de Ecuador (SNGRE), en el contexto del proyecto VALE. El socio del proyecto mundialis Co. KG. ha aportado soporte adicional.

El objetivo general del proyecto VALE[4] es modelar y validar las pérdidas y los daños ocasionados por las inundaciones de una manera espacialmente específica con el fin de reproducir los indicadores seleccionados del MSRDD (Figura 1). Para conseguirlo, el equipo de VALE necesita comprender los factores subyacentes del riesgo, es decir, la combinación de la amenaza de inundación, la exposición y la vulnerabilidad a las inundaciones en Ecuador, con el fin de modelar las diferencias en los impactos relacionados con las inundaciones. En este contexto, lleva a cabo una estrecha colaboración con el SNGRE. La evaluación del riesgo basada en indicadores que aquí se presentan para las tres provincias seleccionadas, Bolívar, Los Ríos y Napo, representan la diversidad de las zonas ecológicas de Ecuador. VALE también colaboró con la oficina del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR por sus siglas en inglés) como socios del proyecto, lo que garantiza que el desarrollo y la validación de los indicadores

[1] Documento internacional adoptado por los Estados miembros de las Naciones Unidas en 2015 como el acuerdo internacional que engloba la reducción del riesgo de desastres. Es el acuerdo sucesor del Marco de Acción de Hyogo (2005-2015)

[2] Sistema de gestión de información sobre catástrofes de las Naciones Unidas. Es una iniciativa de código abierto.

[3] Base de datos internacional sobre catástrofes del Centro de Investigación sobre Epidemiología de las Catástrofes (CRED), en Bélgica

[4] VALE es el acrónimo de "*Desarrollo y **VAL**idación de indicadores basados en la observación de la tierra para el seguimiento del marco de Sendai utilizando el ejemplo de las inundaciones en **E**cuador*" (https://ehs.unu.edu/research/vale-development-and-validation-of-earth-observation-based-indicators-for-the-monitoring-of-the-sendai-framework-using-the-example-of-flooding-in-ecuador.html#outline)

de modelización del MSRDD estén en línea con el enfoque nacional e internacional de la implementación del MSRDD.

La realización de estudios sobre amenazas y riesgos en Ecuador presenta desafíos científicos y tecnológicos, debido a la gran dispersión de la información y a la dificultad de acceder a los datos de las instituciones locales en el campo (D'Ercole & Trujillo, 2003)(Aguirre, N. UNU-EHS . et al., 2015) UNU-EHS realizó una búsqueda bibliográfica sistemática y de bola de nieve la cual no arrojó ningún documento relevante con evaluaciones de riesgo de inundación en los municipios. Dentro de nuestro conocimiento, no existe ninguna evaluación del riesgo de inundación a gran escala en el Ecuador que permita comprender los principales factores de riesgo de inundación. Las evaluaciones de riesgo de inundación realizadas anteriormente en Ecuador, se centraron en una sola ciudad o municipio de la región costera (Borbor-Cordova et al., 2020; Tauzer et al., 2019). Sin embargo, estos estudios, aunque de alcance limitado, proporcionaron conocimientos clave sobre los impulsores localizados de la amenaza de inundación, la exposición y la vulnerabilidad.

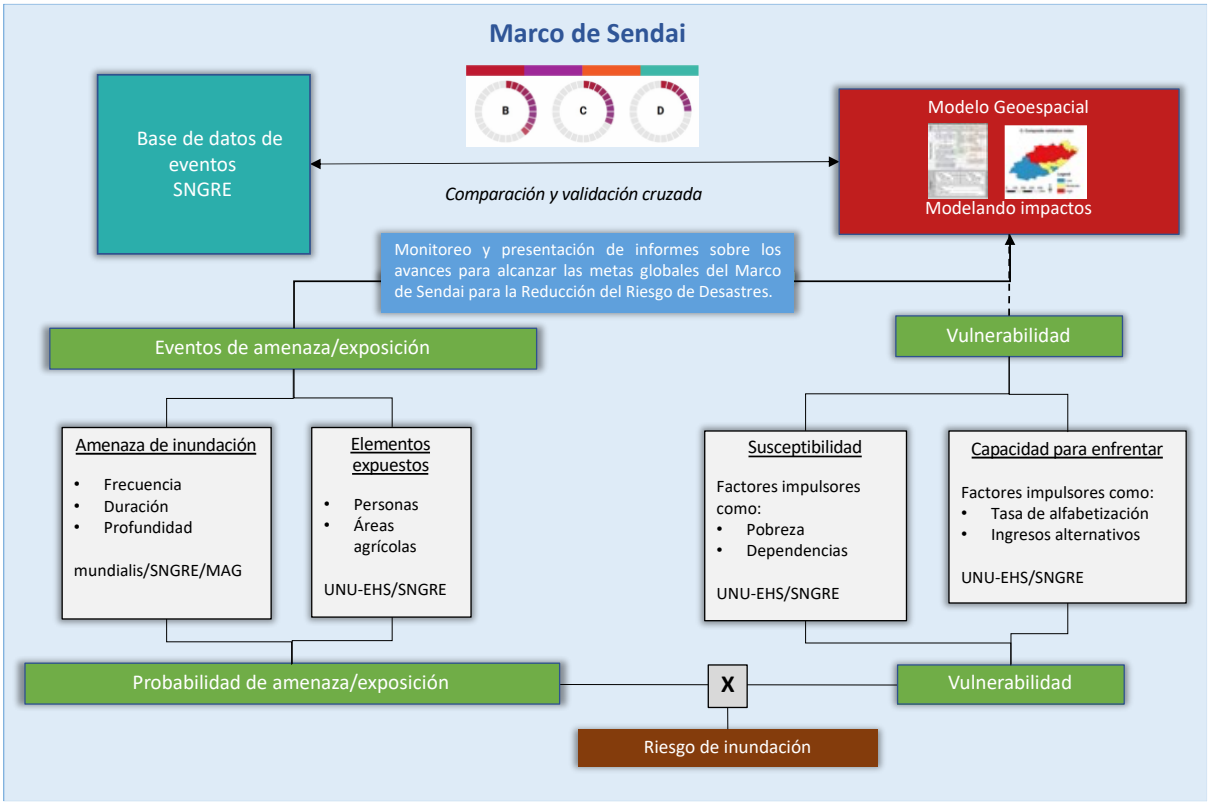

***Figura 1**: Marco conceptual de VALE. Los resultados clave de VALE se presentan en los recuadros rojos. El riesgo de inundación presentado en este informe es un producto independiente, pero proporciona una entrada directa para la derivación y validación del modelo geoespacial en indicadores seleccionados en referencia a los datos de pérdidas y daños sobre el terreno de la base de datos de eventos del SNGRE.*

Este informe de evaluación de riesgos presenta un enfoque gradual para llevar a cabo una evaluación de riesgos basada en indicadores, a partir de la combinación de un enfoque de escritorio y un enfoque participativo de las partes interesadas, que dio como resultado una biblioteca de impulsores e indicadores específicos del riesgo de inundación en Ecuador. A continuación, se seleccionaron los

datos geoespaciales para realizar una evaluación cuantitativa del riesgo de los indicadores pertinentes de forma espacialmente explícita. Los resultados de la evaluación del riesgo muestran diferentes productos de información, que pueden ajustarse a las diferentes necesidades del público objetivo y de los usuarios de la información. El enfoque aquí presentado mostrará los resultados de una evaluación de riesgos a nivel regional en Ecuador, cuyo objetivo es permitir a los responsables de la toma de decisiones, planificar estrategias y la asignación de recursos para reducir el riesgo de inundación en la unidad administrativa más pequeña, el nivel parroquial. Como siguiente paso, esta metodología podría ampliarse al nivel nacional, y entonces, a su vez, utilizarse como herramienta para cualquier futura evaluación de riesgos a nivel nacional.

2 Área de estudio

Este capítulo ofrece una visión general del área de estudio del proyecto VALE, con un enfoque nacional llegando a temas específicos en provincias focales de este informe, Bolívar, Los Ríos y Napo.

2.1 Perfil de Ecuador

Ecuador es un país ecuatorial de Sudamérica que limita al Norte con Colombia, al Sur y Este con Perú y al Oeste con el Océano Pacífico. El territorio continental del país está dividido en tres regiones continentales y una insular (Galápagos), las mismas que presentan una gran variedad de climas, biomas y ecosistemas debido a la posición geográfica ecuatorial del país, la presencia de corrientes marinas y la Cordillera de Los Andes. El país tiene una estación lluviosa de invierno que cae en gran parte entre noviembre y junio, y una estación seca de verano con menos precipitaciones de junio a diciembre (SGR/ECOH/UNISDR, 2012); sin embargo, la estacionalidad se ve influenciada y modificada por otros fenómenos climáticos, por ejemplo, El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Ecuador cuenta con una extensa red hidrográfica, excepto en las zonas áridas de la costa occidental y suroccidental. La mayoría de los ríos se originan en la región altoandina, y luego se dirigen hacia la llanura amazónica o hacia el océano Pacífico. Dos de las principales cuencas hidrográficas del país son: la cuenca del río del Guayas, formada por los ríos Duale y Babahoyo y sus afluentes; y la cuenca del río de Napo (véase la figura 2).

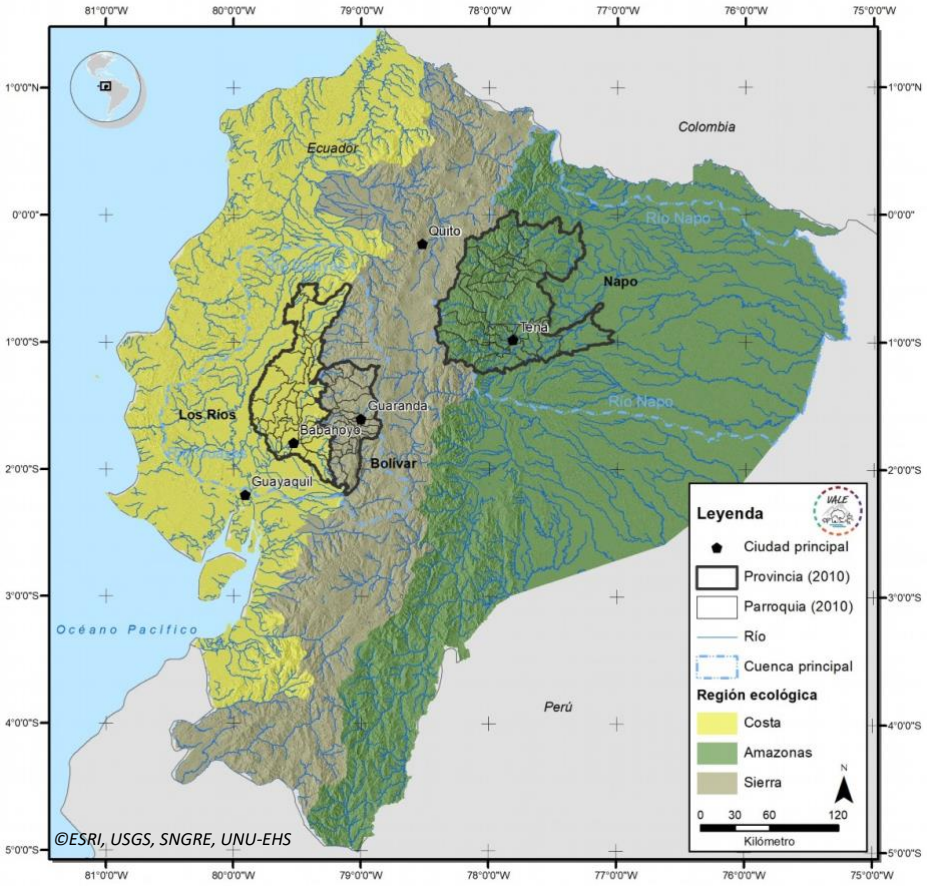

***Figura 2**: Las 3 provincias focales del proyecto VALE con sus respectivas regiones ecológicas, cuencas hidrográficas y parroquias.*

La población de Ecuador según el último censo nacional del año 2010 fue de 14,5 millones de habitantes (INEC, 2010) con proyecciones que estiman que la población alcanzará los 18,6 millones de habitantes para el año 2025 (INEC, 2013), 2013). El 44,23% de la población urbana a nivel nacional se concentra en las ciudades de Guayaquil y Quito. El país está dividido en 24 provincias y 9 zonas de coordinación a nivel nacional.

2.2 Inundaciones en Ecuador

Según datos obtenidos en Desinventar, desde el año 1970 hasta la actualidad, las inundaciones representan el mayor número de eventos de amenaza reportados y son la principal causa de muerte por amenazas hidrometeorológicas, y la tercera causa de todas las muertes relacionadas con amenazas en el país (DesInventar 2021).

Las inundaciones en Ecuador están influenciadas por las complejas interrelaciones entre los sistemas meteorológicos, oceanográficos e hidrológicos que se encuentran en el país, como el debilitamiento de los vientos alisios, el aumento de la evaporación causada por las altas temperaturas, las intensas y estacionales precipitaciones orográficas costeras causadas por Los Andes, y el desbordamiento de los ríos, la acumulación de agua de lluvia y la influencia de las mareas (SGR, ECHO y UNISDR, 2012). Ecuador experimenta inundaciones recurrentes y regulares, especialmente en las cuencas costeras bajas, las cuencas amazónicas y algunas cuencas de la Cordillera de los Andes (ibíd.). Según la SNGRE (SGR, ECHO, & UNISDR, 2012), los principales impulsores de las inundaciones son las precipitaciones estacionales, el fenómeno ENOS, la capacidad limitada de los sistemas de drenaje en las zonas urbanas, el represamiento de los ríos, la rotura o el desbordamiento de las presas y los embalses, las mareas de tempestad y los efectos asociados de los volcanes, como el rápido derretimiento del hielo y la nieve en la cumbre que arrastra las cenizas y los escombros que caen, las fuertes lluvias que acompañan o siguen a los eventos explosivos y la desestabilización de los ciclos hidrológicos locales (ibíd.Todesco, 2004).

2.3 Área de estudio: Provincias focales de Bolívar, Los Ríos y Napo a nivel parroquial

Se seleccionaron tres provincias focales que representan cada una de las tres principales regiones ecológicas de Ecuador debido a la complejidad de los regímenes de inundación en el país. Esta diversa representación ecológica en la evaluación del riesgo de inundación conduce a una mayor comprensión de la heterogeneidad de los factores de riesgo de inundación. **Bolívar** (provincia principalmente montañosa), **Los Ríos** (provincia costera), y **Napo** (provincia amazónica) fueron las provincias seleccionadas y comprenden el área de estudio de esta evaluación de riesgos (ver Figura 2). Como unidad espacial de análisis se seleccionaron las parroquias, ya que son la unidad administrativa más pequeña y ofrecen el mayor conocimiento de la heterogeneidad del conductor de riesgo. En el Anexo A se han incluido un mapa y una tabla de referencia de las parroquias, que detallan la ubicación y el nombre de todas las parroquias consideradas en el estudio. (Las figuras posteriores con información sobre las parroquias **no** incluirán los nombres de las mismas.) Además, la mención de las parroquias

por su nombre en el texto incluirá su número de referencia entre paréntesis [ ]. Por ejemplo, "Baba" se escribirá como "Baba [1]".

2.3.1 Topografía

Bolívar es una provincia montañosa situada en la vertiente occidental de la Cordillera de Los Andes, se extiende desde la región interandina hasta la región costera. En su superficie predominan cerros, montañas y nevados, llanuras y valles. Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Bolívar, las altitudes dentro de la provincia van desde los 180 metros sobre el nivel del mar (msnm) hasta más de 4.000 msnm en las zonas altas (PDOT Bolívar 2015).

Los Ríos es una provincia costera de baja altitud. Un poco menos de la mitad de la superficie de la provincia se encuentra por debajo de los 50 msnm mientras que aproximadamente una cuarta parte se encuentra entre los 51-100 msnm y otra cuarta parte aproximada entre los 101-1000 msnm. Sólo una fracción de su superficie supera los 1000 msnm (PDOT Los Ríos 2015).

La topografía de **Napo** es diversa, ya que la provincia se encuentra en la Zona Centro Norte de la Región Amazónica y en la Cordillera Oriental de Los Andes, con una topografía que oscila entre los 300 msnm y los 4.874 msnm. Esta región representa una zona de transición entre las montañas y las regiones subandinas y varía entre 1000 y 3.500 msnm. Los otros dominios fisiográficos dominantes son las altas montañas tanto de la Cordillera Occidental, como de la Cordillera Real (19%, +3.000 msnm) y la zona subandina (27%, 1000 msnm a 2500 msnm) (PDOT Napo 2019). Un porcentaje menor de **Napo** está cubierto por la Amazonía periandina (8 %), que incluye diversas colinas, piedemontes, llanuras de piedemonte y formaciones pantanosas de los complejos fluviales que van de 300 a 600 msnm.

En resumen, **Los Ríos** es una provincia costera baja, **Bolívar** es mayoritariamente montañosa, con algunas zonas bajas, y **Napo** es una provincia de transición entre montañas y la Amazonía, con áreas de ambas zonas.

2.3.2 Clima

La topografía de **Bolívar** da lugar a una gran variedad de climas y microclimas, entre los que se encuentran el tropical, tropical húmedo, subtropical, templado seco, templado húmedo, frío seco, frío húmedo y glacial, con temperaturas medias anuales que oscilan entre los 2°C y los 26°C (PDOT Bolívar 2015). Las tasas de precipitación anual varían a lo largo de la provincia, oscilando entre 250 y 3000 mm (ibíd.). Aunque la variedad de microclimas produce patrones de precipitación muy variables, hay dos temporadas de lluvias, de febrero a mayo (fuertes) y de octubre a noviembre (más ligeras) (Farfán 2018). También hay una fuerte estación seca entre junio y septiembre, y una segunda, más débil, de diciembre a enero (ibid.)

El clima de **Los Ríos** se divide entre las zonas norte y sur de la provincia. La temporada de lluvias de la zona norte se produce entre diciembre y mayo, siendo la época de enero a abril la que supera la media anual (311mm) y abril la máxima (419mm). Las temperaturas anuales fluctúan entre 25°C y 28°C. Las

lluvias en el sur de la provincia también se producen entre enero y mayo; se conoce que entre febrero y abril se dan lluvias por encima de la media (288 mm), siendo febrero el mes con mayores precipitaciones (942 mm), con temperaturas que varían entre 24 °C y 27 °C en el sur (ibid).

La precipitación en **Napo** oscila en promedio entre 150 y 270 mm/mes, y la mayor cantidad de precipitaciones se produce de marzo a mayo (PDOT Napo 2019). Hay una estación más seca que se produce de julio a septiembre, pero hay lluvias durante todo el año. La temperatura media de **Napo** fluctúa poco, oscilando entre 18° y 19°C.

Tanto la temporada de lluvias de **Bolívar** como la de **Los Ríos** ocurren entre los meses de octubre-mayo y diciembre-mayo, respectivamente, pero la temporada de lluvias de **Napo** es mucho más corta, ocurriendo de marzo a mayo.

2.3.3 Hidrología y riesgo de inundación

El sistema hidrográfico de **Bolívar** está dividido por una subsección de los Andes occidentales, conocida como la cordillera del Chimbo, que atraviesa el centro de **Bolívar** longitudinalmente de norte a sur, creando una cuenca con dos tramos: la sección occidental que corre hacia la costa y forma parte de la subcuenca del río Babahoyo; y la sección oriental, que forma el río Chimbo, que corre de norte a sur del territorio de **Bolívar** y desemboca en la subcuenca del Yaguachi (PDOT Bolívar 2015) (Figura 2). Una parte de la provincia también forma parte de la subcuenca del río Jujan. Las tres subcuencas son a su vez parte de la cuenca mayor del río Guayas. **Bolívar** (2015) no cuenta con inundaciones como una de sus principales amenazas naturales. En la visita de campo efectuada por el equipo de VALE se evidenció que se producen inundaciones repentinas locales.

Los Ríos se encuentra en la llanura de inundación del río Babahoyo. La mayor parte de su superficie geomorfológica está compuesta por llanuras aluviales, en las que se desarrolla ampliamente la planicie de inundación (PDOT Los Ríos 2015). Esta planicie de inundación está presente en los 13 cantones de la provincia y cubre aproximadamente el 79% de la superficie total, exponiendo al 50% de los asentamientos del sur de la provincia a las inundaciones estacionales (ibid). La mayoría de los ríos de la provincia se originan en la Cordillera Occidental de los Andes, siendo el principal el río Babahoyo con sus afluentes los ríos Vinces, Zapotal y San Pablo. Según el PDOT **de Los Ríos** (ibíd.), la provincia experimenta cinco tipos de inundaciones: estancamientos recurrentes de la temporada de lluvias; cauces secos que se llenan debido a las inundaciones por lluvias torrenciales; inundaciones por desbordamiento de ríos; zonas bajas que rodean el humedal Abras de Mantequillas; y zonas bajas en la subcuenca del Babahoyo.

Los principales ríos de **Napo** son el Napo, el Tena, el Pano y el Misahuallí. La provincia experimenta inundaciones regulares debido a los desbordamientos naturales y recurrentes de los ríos que son causados por lluvias prolongadas e intensas, o por lluvias cortas pero extremadamente fuertes en terrenos planos (PDOT Napo 2019). La provincia experimenta inundaciones regulares por el desbordamiento de los ríos Tena, Pano y Misahuallí que afectan a las comunidades de las riberas, así como a la parte central de la ciudad de Tena durante los meses de julio a septiembre (PDOT Napo

2019). **Napo** reconoce que el 3% de su superficie es altamente susceptible a las inundaciones, mientras que otro 2,36% tiene una susceptibilidad media a las mismas.

En resumen, las subcuencas de **Bolívar** y **Los Ríos** se alimentan de la cuenca mayor del río Guayas, mientras que las subcuencas de **Napo** forman parte de la cuenca del río Napo. Las inundaciones son más frecuentes en las provincias de **Los Ríos** y **Napo**, y menores en **Bolívar.**

2.3.4 Cobertura y Uso del Suelo

La figura 3 muestra una visión general de la cobertura del suelo de las provincias focales. La cobertura terrestre de **Bolívar** está compuesta principalmente por pastos para el ganado (36% de la cobertura terrestre), cultivos en mosaico (18%), bosques nativos (15%), arbustos (10%), tierras de cultivo (7%) y vegetación alta, tropical y montañosa por encima de la línea de madera continua, pero por debajo de la línea de nieve permanente, conocida como páramo (7%) (MAG 2020a). En **Bolívar** se producen 35 cultivos diferentes, pero 6 cultivos representan el 82% de la cobertura total de tierras de cultivo: maíz mezclado con pastos cultivados, cacao, pastos cultivados con árboles, huertos, cereales y maíz (MAG 2020a). Los sistemas de producción de cultivos dentro de **Bolívar** están dominados por sistemas de producción mercantil que se concentran en la venta al mercado de consumo local con el objetivo de aumentar el capital, y con un mínimo autoconsumo (Tabla 1) (MAG 2020b). En los sistemas de producción marginal, aquellos que utilizan mayormente herramientas manuales, predomina el autoconsumo y el ingreso de los hogares se basa en gran medida en los ingresos extras generados por la venta de la fuerza de trabajo dentro y fuera de la actividad agrícola (ibíd.); está presente dentro de la provincia de **Bolívar**, pero es mucho menor a la producción mercantil (7,12% versus 92,11%). Las áreas de asentamiento representan sólo el 0,7% de la superficie de la provincia y la infraestructura representa el 0,03% (MAG 2020a).

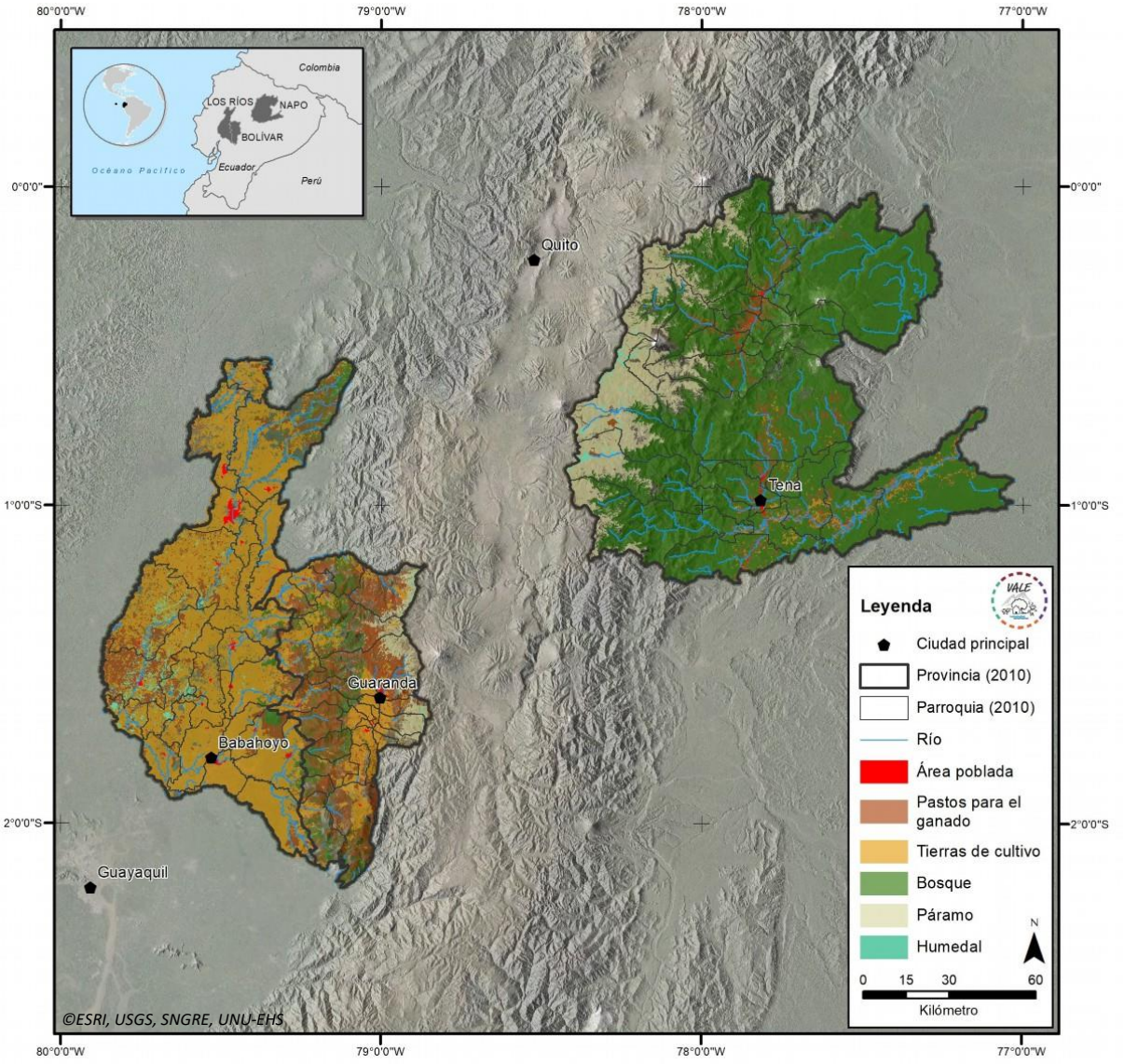

Figura 3: *Provincias focales de VALE con las principales clases de cobertura del suelo*

Tabla 1: *Sistemas de producción agrícola como porcentaje del total de tierras de cultivo por provincia (MAG 2020a)*

Sistema de producción agrícola	Bolívar	Los Ríos	Napo
Marginal	7.12	1.44	25.76
Mercantil	92.11	66.29	68.47
Combinado Mercantil-Industrial	0.21	12.03	0.00
Industrial	0.04	20.23	0.00
No hay datos disponibles	0.53	0.01	5.76

En **Los Ríos,** la agricultura domina el paisaje con el 68% de la cobertura del suelo de la provincia. A pesar de tener 51 cultivos diferentes dentro de la provincia, 5 cultivos dominan con el 87% de la extensión de las tierras de cultivo: cacao, maíz, arroz, plátano y palma africana (PDOT Los Ríos, 2015, MAG 2020a). El sistema de producción de cultivos en Los Ríos es más diverso que el de las otras dos provincias, pero sigue dominado por la producción mercantil. Hay una gran presencia de sistemas de

producción industrial, cuyo objetivo es maximizar la ganancia a través de procesos altamente tecnificados y están vinculados a los mercados agroindustriales y de exportación (MAG 2020b). También existen sistemas combinados mercantiles-industriales, que representan una transición de los sistemas mercantiles a los industriales, y están vinculados a los mercados nacionales. Los Ríos también tiene una cantidad considerable de pastos para ganado (12%), y tiene más áreas de asentamiento dentro de la provincia en comparación con las otras provincias focales, aunque sólo representa el 1,1% de la superficie total. La infraestructura (que en Los Ríos incluye la acuicultura) dentro de la provincia cubre el 0,11% de la cobertura del suelo.

La cobertura del suelo de **Napo** está cubierta principalmente por bosques nativos (73% de la cobertura del suelo) y páramo (13%). Los pastos para la agricultura representan el 4% de la cobertura del suelo, mientras que todos los tipos de agricultura representan el 2% de la cobertura del suelo. Sólo dos tipos de cultivos representan el 79% de las tierras de cultivo, los pastos cultivados con árboles (58%) y el cacao (21%). Aunque los sistemas de producción mercantil dominan en la provincia (68,47%), Napo tiene la mayor proporción de sistemas marginales (25,76%) de todas las provincias focales. Las infraestructuras (que también incluyen la acuicultura) representan el 0,1% de la cubierta terrestre, mientras que las zonas de asentamiento suponen el 0,27% de la cubierta terrestre.

Si bien la cobertura de la tierra de **Bolívar** no está dominada por una sola clase de tierra en la medida de las otras provincias focales, la mayoría de la cobertura de la tierra son pastos para el ganado y diversas formas de agricultura, que se producen principalmente bajo sistemas de producción mercantil vinculados a los mercados locales. Las áreas de asentamiento de **Bolívar** son menores que en **Los Ríos**, que tiene la mayor extensión de áreas de asentamiento entre las provincias focales. La cobertura de la tierra de **Los Ríos** está dominada por la agricultura, que se concentra en unos pocos cultivos comerciales. Esto refleja la naturaleza más comercializada de los sistemas de producción agrícola de la provincia, que son en su mayoría mercantiles, pero con una mayor proporción de sistemas combinados mercantiles-industriales e industriales. Esto contrasta con las tierras de cultivo de Napo, que tienen sistemas de producción más marginales y son mucho más pequeñas que las de las otras provincias. En **Napo** predominan los bosques nativos y el páramo, y tiene la menor proporción de áreas de asentamiento de todas las provincias focales.

2.3.5 Datos demográficos

La población de **Bolívar** en el último censo nacional (INEC 2010) era de 183.641 habitantes, el 72% vivía en zonas rurales y el 28% en zonas urbanas. 44% de la población de Bolívar es menor a 20 años y el 51% son mujeres. La población económicamente activa (PEA) de la provincia (entre 15 y 64 años) es el 57% de la población total, y los mayores de 65 años representan el 10% de la población total. Según el Censo de 2010 (INEC), Bolívar tiene la tasa de analfabetismo más alta del país con un 13,9%. El origen étnico de la población de Bolívar consiste en personas que se describen a sí mismas como mestizos (mezcla de ascendencia española e indígena) 70%, montubios (mestizos ecuatorianos específicos de la costa con tradiciones culturales distintas) 1%, afroecuatorianos de ascendencia africana 1%, indígenas 25%, blancos 3% y otros 0,1% (INEC 2010).

El 53% de los 778.115 habitantes de **Los Ríos** viven en zonas urbanas y el 47% en zonas rurales, siendo el 51% de los habitantes de la provincia hombres y el 49% mujeres (INEC 2010). La población de la provincia está compuesta mayoritariamente por jóvenes, los datos del censo de 2010 indican que la mitad de la población es menor de 23 años; la población productiva (15-64 años) era del 61% y la población de edad avanzada (65 años y más) rondaba el 6%. Los Ríos tenía una tasa global de analfabetismo del 9% en 2010. El origen étnico de la población de Los Ríos consiste en un 72% de personas que se describen como mestizos, 7% montubios, 7% afroecuatorianos de ascendencia africana, 7% indígenas, 6% blancos y 0,4% otros (INEC 2010).

Napo tenía una población de 103.697 personas en 2010, y una población proyectada para 2020 de 133.705 (INEC 2010). Gran parte de la población de la provincia se concentra en el cantón de Tena (59%) de la población proyectada para 2020, y se prevé que la mayoría viva en zonas rurales (64%) frente a zonas urbanas (36%). Napo tiene una población mayoritariamente joven. Los datos de 2016 indican que la tasa de analfabetismo de Napo era del 4% en ese momento. El origen étnico de la población de Napo está compuesto por un 38% de mestizos, un 1% de montubios, un 2% de afroecuatorianos de ascendencia africana, un 57% de indígenas, un 3% de blancos y un 0,2% de otros (INEC 2010).

Todas las provincias tienen una población joven y mayoritariamente mestiza, aunque Bolívar y Napo tienen mayores porcentajes de población indígena y rural, mientras que la población de Los Ríos es más urbana y menos indígena. Napo tiene la tasa de analfabetismo más baja, seguida de Los Ríos y Bolívar con tasas crecientes.

2.3.6 Actividades económicas primarias

En 2012 (PDOT Bolívar 2015), un total del 23% de la PEA de **Bolívar** trabajaba en actividades primarias, que incluyen la agricultura, la ganadería, la silvicultura y la pesca como un subsector, y la minería y las canteras como otro subsector. El 17% de la PEA de la provincia trabajaba en el sector económico secundario, que engloba varios subsectores, como la distribución de agua y electricidad, la construcción, la manufactura y la industria. El sector económico terciario, compuesto por muchos subsectores (por ejemplo, comercio al por mayor y al por menor, transporte, almacenamiento, actividades de alojamiento y servicios, áreas de administración pública y educación, etc.) constituía el sector económico más grande con el 51% de la PEA de Bolívar. La mayor parte de la PEA de Los Ríos (41% de 292.722 personas) trabaja en el sector primario, mientras que el 9% trabaja en el sector secundario y el 36% trabaja en el sector terciario (PDOT Los Ríos 2015). El 39% de la PEA de Napo trabaja en el sector primario, el 4% trabaja en el sector secundario y el 47% trabaja en el sector terciario.

Las principales actividades económicas de **Bolívar** y **Napo** son comerciales o de servicios públicos, mientras que las actividades económicas de **Los Ríos** son principalmente agrícolas. **Bolívar** tiene sobre todo pastos para el ganado, **Los Ríos** tiene sobre todo tierras de cultivo, y **Napo** tiene sobre todo bosques nativos como cobertura del suelo. Todas las provincias focales tienen poblaciones predominantemente jóvenes, las poblaciones de **Bolívar** y **Napo** viven principalmente en áreas rurales, mientras que la población de **Los Ríos** es ligeramente más urbana.

3 Metodología de evaluación de riesgos

El riesgo es el resultado de la interacción entre la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad. Este informe analiza las inundaciones como una amenaza para Ecuador y la identificación de los factores de riesgo y el mapeo espacial de las áreas de riesgo a nivel parroquial para las tres provincias focales. La evaluación del riesgo de inundación sigue un enfoque cuantitativo utilizando indicadores e índices agregados. En general, la estructura de la metodología se basa en el Manual de Construcción de Indicadores Compuestos de la OCDE 2008 (Nardo et al., 2008) junto con la conceptualización específica del riesgo de Hagenlocher & Castro, 2018, donde el riesgo es una función de la amenaza y la exposición por la vulnerabilidad (Field et al., 2014). El cuadro 1 ofrece una visión general de las terminologías utilizadas y sus respectivas definiciones. La figura 4 resume los principales procedimientos metodológicos para desarrollar un índice de riesgo compuesto. El proceso consta de dos elementos centrales, primero el desarrollo del concepto y segundo el análisis de los datos cuantitativos. Del mismo modo, este capítulo consiste inicialmente en una explicación del desarrollo conceptual, seguida de una explicación exhaustiva del tratamiento y el análisis de los datos.

Cuadro 1: Definiciones de trabajo

Nuestra comprensión del riesgo y sus componentes sigue las definiciones del IPCC, 2014:

- El **riesgo** se define como el "potencial de consecuencias cuando algo de valor está en juego y cuando el resultado es incierto, reconociendo la diversidad de valores" (IPCC, 2014).
- **Amenaza** es "la posibilidad de que se produzca un acontecimiento físico natural o inducido por el hombre... que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros [daños]" (IPCC, 2014).
- La **exposición** se define como "la presencia de personas, medios de vida, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos ambientales, [y otros activos] en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente" (IPCC, 2014).
- La **vulnerabilidad** es "la propensión o predisposición a ser afectado negativamente, abarca una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad para hacer frente y adaptarse" (IPCC, 2014).

El riesgo es el producto de la vulnerabilidad y la exposición a una amenaza, en este caso las inundaciones. La implementación de este entendimiento sigue un marco del Manual de la OCDE (Nardo et al., 2008) y Hagenlocher & Castro, 2018 (Figura 4). La amenaza es la probabilidad de excedencia anual (PSA) del 1 por ciento de las inundaciones para Ecuador y la exposición se compone de varios elementos ubicados dentro de la extensión de la inundación, como la agricultura, la infraestructura y la población. La vulnerabilidad se compone de varios indicadores que capturan la susceptibilidad y la capacidad de afrontamiento a las inundaciones.

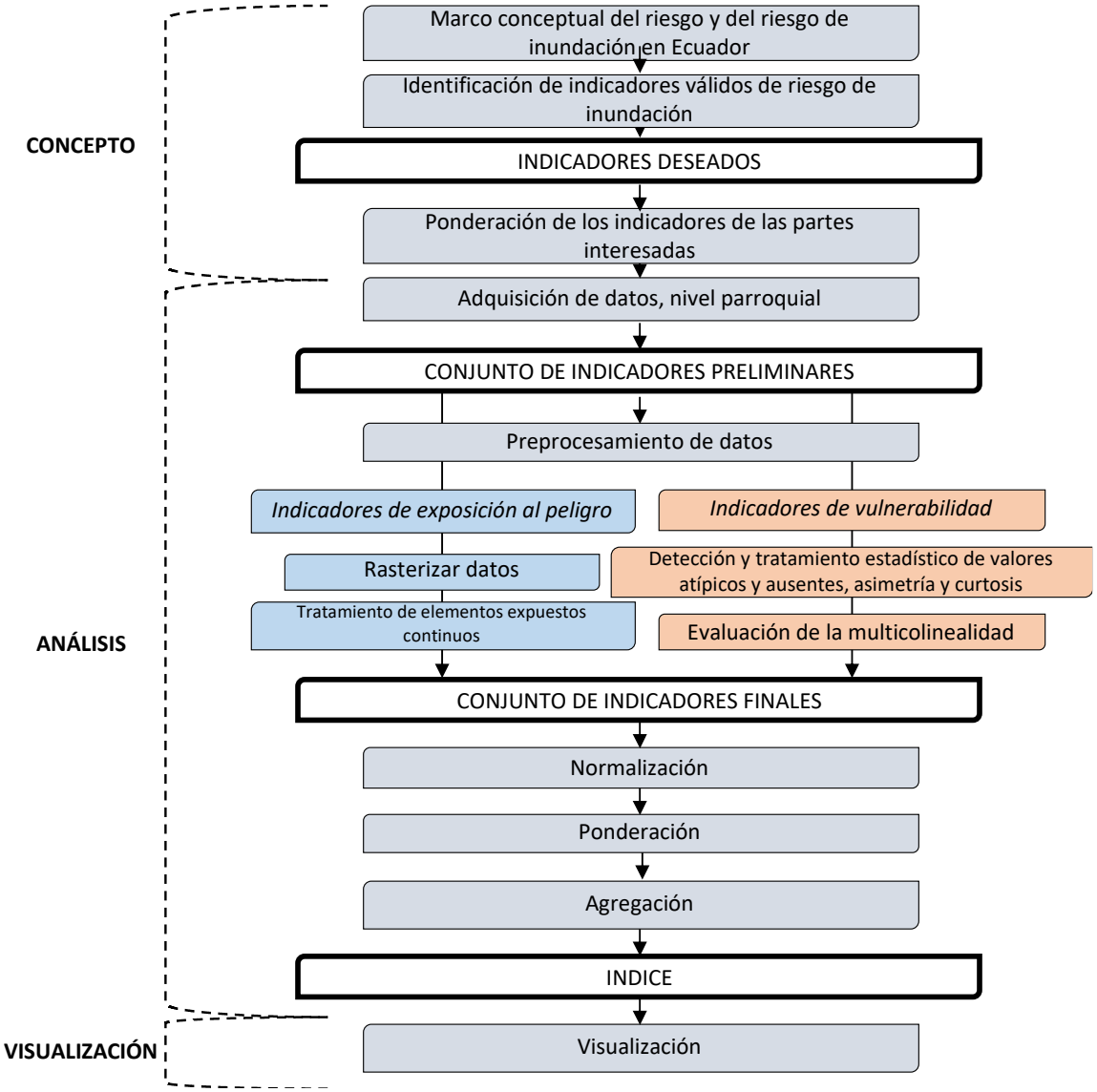

***Figura 4**: Flujograma del procedimiento metodológico, gráfico propio basado en OCDE (Nardo et al., 2008) adaptado de Hagenlocher & Castro (2015). El flujograma se divide en dos secciones principales, una para la conceptualización de los indicadores y otra para el análisis y construcción del índice de riesgo*

3.1 Marco conceptual y comprensión del riesgo de inundación en Ecuador

La comprensión conceptual del riesgo de catástrofes ha evolucionado a lo largo de los años, pasando de un enfoque centrado en la amenaza a una comprensión más holística que considera la exposición y la vulnerabilidad como factores importantes que, en combinación con la amenaza, forman el riesgo. El marco conceptual desarrollado por el Grupo de Trabajo II del Quinto Informe de Evaluación del IPCC

(WGII AR5) fue adoptado para enmarcar nuestra comprensión porque subraya la relativa independencia de los elementos del riesgo, a diferencia de otros marcos conceptuales anteriores (Birkmann et al., 2013; Turner et al., 2003; Field et al., 2014). El marco reconoce que el sistema climático y los procesos socioeconómicos conforman la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad (Field et al., 2014), y de este modo también se reconoce la contribución de la sociedad para modificar estos elementos (Figura 5).

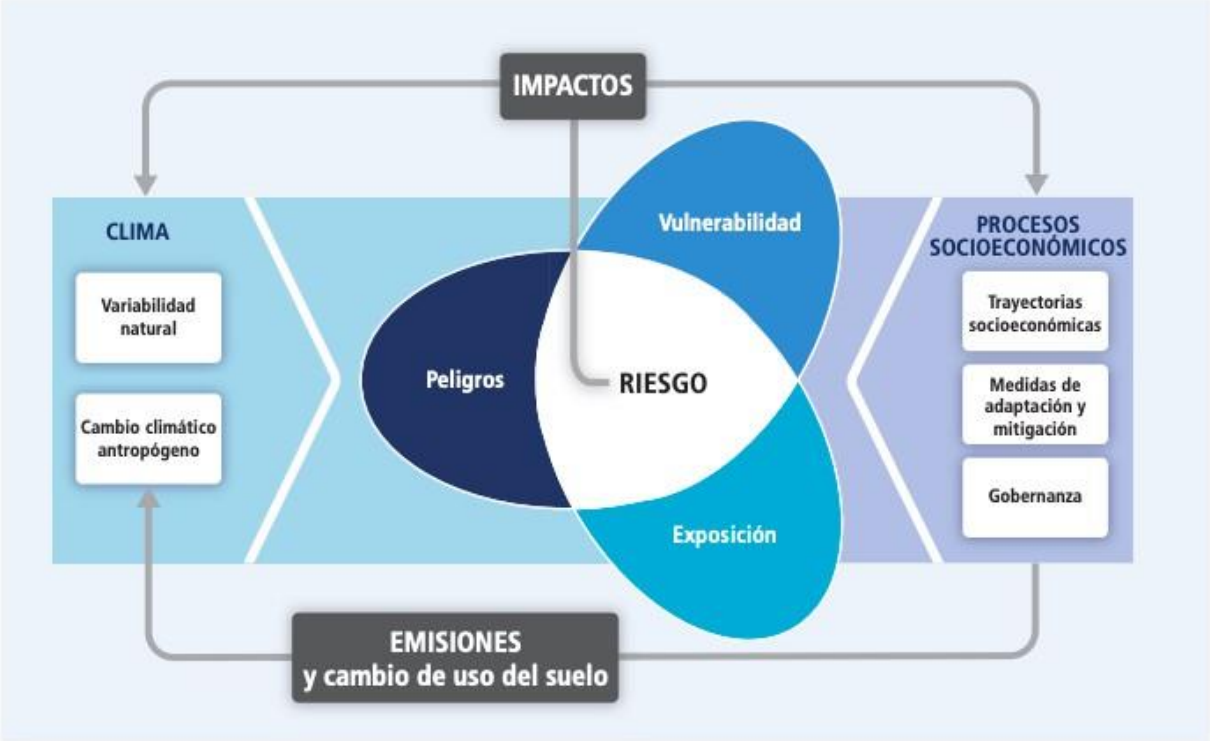

***Figura 5**: Marco de riesgo del AR5 del WGII y su relación con el cambio climático (Field et al., 2014)*

3.2 Identificación de indicadores válidos (de riesgo)

Para comprender mejor los factores de riesgo de inundación específicos de cada caso, se siguió un procedimiento de dos pasos: El primer paso fue una revisión de literatura para derivar los impulsores del riesgo de inundación de las publicaciones pertinentes sobre las inundaciones en Ecuador, y el segundo paso fue un taller participativo con las partes interesadas pertinentes de la zona de estudio para validar y clasificar los impulsores del riesgo de inundación.

3.2.1 Revisión de literatura

La identificación de los factores de vulnerabilidad a las inundaciones se llevó a cabo mediante una revisión bibliográfica en la que se aplicaron métodos de búsqueda estructurada por palabras clave y de bola de nieve, para lo cual se consultaron las bases de datos científicas "Web of Science" y "Scopus". Para ambas bases de datos, se realizó una búsqueda con la palabra "flood" (inundación, en inglés) para el tema y "Ecuador" en el título. Después de eliminar las publicaciones repetidas, los trabajos seleccionados para la revisión posterior fueron sobre el riesgo de inundación en términos amplios, ya

sea que se trate de la vulnerabilidad, la amenaza o la exposición de un sector específico. También se seleccionaron trabajos sobre la relación de las metodologías de los índices de riesgo con las amenazas naturales para reconocer los indicadores utilizados anteriormente. Sobre la base de estos criterios, se leyó en su totalidad las publicaciones pertinentes y se seleccionó información útil sobre los factores de vulnerabilidad del país a las inundaciones.

La revisión estructurada se complementó con un muestreo de bola de nieve basado en las citas, en el que se inspeccionó la lista de referencias de los artículos previamente seleccionados en busca de publicaciones sobre los impulsores e indicadores de la vulnerabilidad a las inundaciones. Además, se realizó una revisión de bola de nieve en Google y se incluyeron las recomendaciones complementarias del SNGRE. Las publicaciones resultantes se utilizaron para elaborar una lista preliminar de factores impulsores que incluía las susceptibilidades y las capacidades de afrontamiento, seleccionados en colaboración con el SNGRE.

A lo largo de todo el proceso, se utilizaron ocho publicaciones para elaborar una lista preliminar de impulsores de la vulnerabilidad a las inundaciones, incluyendo las susceptibilidades y las capacidades de afrontamiento, analizadas en colaboración con el SNGRE. En total, se obtuvieron 70 factores de vulnerabilidad, que se evaluaron posteriormente en el taller participativo de las partes interesadas para mejorar su validez. La lista de factores de vulnerabilidad basada en la literatura se complementó con una lista de elementos expuestos relevantes a partir de los datos de pérdidas y daños relacionados con las inundaciones (P&D) del SNGRE.

3.2.2 Taller participativo

Los factores de riesgo son específicos del contexto local. Por consiguiente, el conocimiento local de los territorios en los que residen las personas, especialmente en el caso de las zonas con inundaciones recurrentes, debe informar sobre la comprensión de los factores de riesgo de inundación. Por esta razón, el proyecto facilitó un taller participativo virtual de dos días con expertos locales para profundizar nuestra comprensión y priorizar los impulsores del riesgo claves con las realidades de nuestra área de estudio. El proceso se llevó a cabo los días 21 y 22 de octubre de 2020. En total, participaron 60 ecuatorianos, tomando en cuenta el balance de género, delegados de tres provincias focales, instituciones, profesionales y voluntarios de la gestión del riesgo de desastres.

El primer día, se pidió a los participantes que respondieran a una encuesta en línea conceptualizada en colaboración con el SNGRE utilizando QuestionPro[5] . Esta encuesta constaba de dos partes de estructura similar, una para la exposición y la amenaza, y otra para la vulnerabilidad. Las preguntas requerían una clasificación de los impulsores en términos de su relevancia en el aumento del riesgo de inundación en una escala de 1 a 5, donde 1 era "no relevante" y 5 era "extremadamente relevante". Los participantes también tuvieron la oportunidad de proponer nuevos impulsores que consideraban relevantes y que faltaban en la encuesta.

[5] QuestionPro es un software de encuestas online.

La evaluación estadística de las respuestas de los participantes a los impulsores de la exposición y la vulnerabilidad fue proporcionada por QuestionPro. La media y la desviación estándar (DS) fueron de interés porque estos valores se utilizaron como criterio para agrupar los factores de exposición por su relevancia general y el consenso de los participantes. Así, una media inferior a 2 significaba que el impulsor no era relevante y podía ser excluido, una media inferior a 4 significaba que el impulsor era relevante y una media superior a 4 significaba que el impulsor era extremadamente relevante. Mientras que para la DS, un valor alto significa una mayor dispersión de los resultados con respecto a la media, lo que indica diferentes perspectivas entre las partes interesadas. Sobre esta base, se utilizó un umbral de DS definido por el tercer cuantil con un valor de 1,1, para obtener una lista de indicadores controvertidos. Estas estadísticas se utilizaron como base para el debate en la segunda sesión del taller (Tabla 2).

Tabla 2: *Criterios para agrupar a los conductores en función de su relevancia y del consenso de los participantes*

Criterios de agrupación / condición	Agrupación
Media de la clasificación del conductor < 2	Conductor no relevante
Media de la clasificación del conductor < 4	El conductor es relevante
Media de la clasificación del conductor >= 4	El conductor es extremadamente relevante
Clasificación del conductor SD > 3er cuantil	Conductor en disputa

El segundo día, la lista de indicadores en disputa se debatió entre tres grupos de participantes elegidos al azar para determinar un valor medio consensuado que posteriormente se utilizaría para la ponderación en la evaluación del riesgo. Los participantes llegaron a un entendimiento común de las puntuaciones medias de los impulsores y, en algunos casos, discutieron la heterogeneidad de los impulsores entre las provincias focales; por ejemplo, los hogares con sus propios medios de transporte en la costa no pueden escapar de las inundaciones debido a la inaccesibilidad de las carreteras inundadas, mientras que los de la Amazonia sí pueden hacerlo. Se integraron los resultados y se presentaron en un debate plenario. Además, los nuevos impulsores propuestos por los participantes en la primera sesión se presentaron a todos los participantes y se sometieron al mismo procedimiento de clasificación. Con la comprensión adquirida sobre el riesgo de inundación y los matices de sus elementos (amenaza, exposición y vulnerabilidad) para las provincias focales, el siguiente paso fue dar valores cuantitativos a estos impulsores, o encontrar indicadores proxy y datos asociados, con el fin de construir un índice de riesgo. Como resultado del taller, y en colaboración con el SNGRE, se creó una biblioteca de indicadores intermedios y validados con pesos asignados por indicador. Esto se utilizó como base para el proceso de adquisición de datos.

3.3 Análisis

Para el cálculo y la derivación de un índice de riesgo, es necesario fundamentar la comprensión del riesgo con datos que cuantifiquen los indicadores de la biblioteca de indicadores para el contexto ecuatoriano con la mayor precisión posible. La figura 6 ofrece una visión general de los pasos presentados en este capítulo.

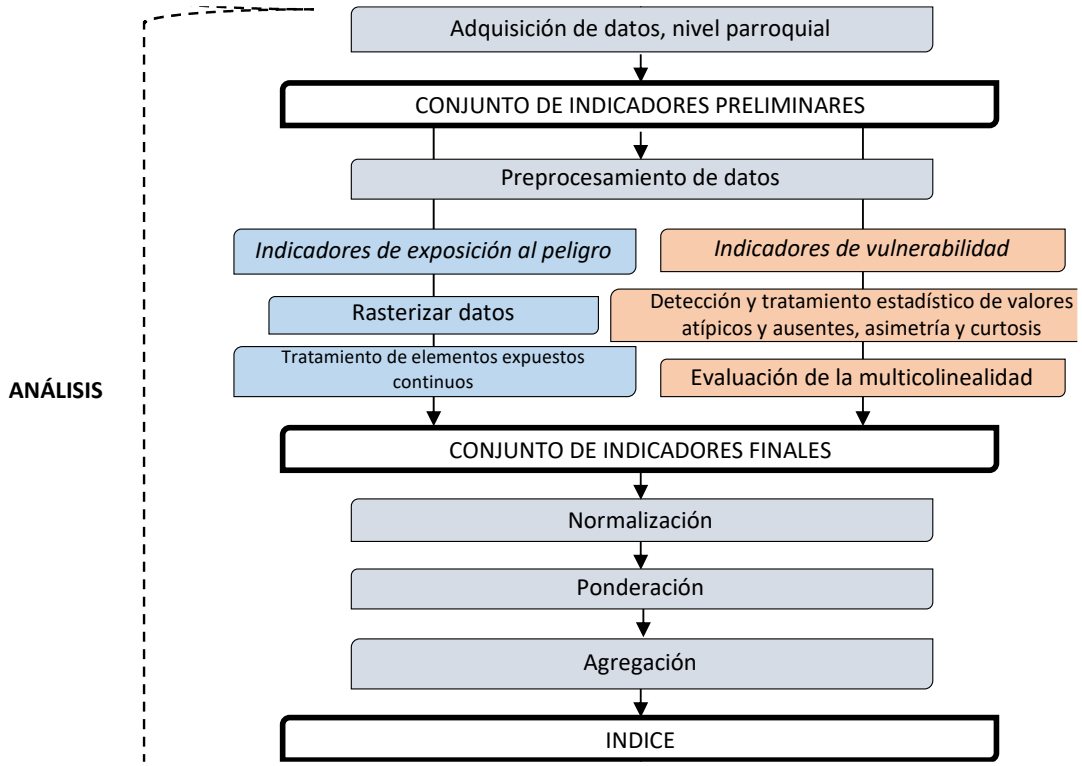

***Figura 6**: Diagrama de flujo del procedimiento metodológico, gráfico propio basado en OCDE (2008) y adaptado de Hagenlocher & Castro (2015) que indica los pasos para el análisis y la construcción del índice de riesgo. © UNU-EHS*

3.3.1 Adquisición de datos

Como esta evaluación se centra en el nivel parroquial, la resolución espacial de los datos ha sido a este nivel o inferior. Por lo tanto, se dio prioridad a los datos obtenidos por el gobierno ecuatoriano en función de su precisión y fiabilidad. Sin embargo, algunos conjuntos de datos (de amenaza y exposición) se consultaron de sitios web externos debido a la falta de formatos de datos apropiados o a su carácter incompleto (amenaza/gravedad de las inundaciones, densidad/distribución de la población, carreteras). Dependiendo del elemento de riesgo, el formato de datos requerido podría ser tabular (datos vectoriales espaciales), o datos espaciales rasterizados para los cálculos del índice de riesgo. Estas fuentes de datos están integradas en la biblioteca de indicadores en relación con los respectivos indicadores que informan, que pueden encontrarse en el anexo.

Para el componente de amenaza ante inundaciones, los datos de probabilidad de inundación se recuperaron de la Plataforma de Datos de Riesgo Global de la GRID del PNUMA, que originalmente apoyó el Informe de Evaluación Global sobre la Reducción del Riesgo de Desastres (GAR) 2015. Se seleccionó una probabilidad de superación anual del 1% (PSA), también conocida como período de retorno de 100 años, ya que se trata de inundaciones de gran magnitud que tienen un 1% de posibilidades de ocurrir en cualquier año. Se eligió el nivel más alto de un río dado, es decir, la mayor diferencia entre la altura y la profundidad del río, para determinar una mayor área expuesta.

El componente de exposición de esta evaluación de riesgos está integrado por tres categorías principales: población, agricultura e infraestructura (crítica). Si bien la mayoría de los conjuntos de datos se obtuvieron de fuentes oficiales ecuatorianas, el conjunto de datos para la distribución de la población fue generado por mundialis, socio del proyecto, sobre la base de los datos de población de alta resolución de Facebook (Facebook, 2019; mundialis 2021). Adicionalmente, la red vial fue adquirida externamente de OpenStreetMap[6] por su grado de detalle. El elemento expuesto de la ganadería requirió una combinación de las proyecciones oficiales de las encuestas agrícolas que contienen el número de ganado (incluido el ganado bovino, ovino, caprino, porcino, equino y las aves de corral) a nivel provincial con los datos de uso de la tierra agrícola para determinar el número de animales por 30 metros cuadrados.

No se disponía de datos para todos los factores identificados de vulnerabilidad a las inundaciones, incluidos los hogares con medios de transporte individuales, las personas que alquilan viviendas, las viviendas informales y los migrantes recientes. Sin embargo, el subconjunto de datos disponibles se recogió de diferentes fuentes, incluyendo el último censo del país del año 2010, los indicadores recogidos y calculados por diferentes instituciones ecuatorianas, así como los datos abiertos disponibles en los geoportales nacionales e internacionales.

La disponibilidad de datos geoespaciales para ciertos indicadores y la no disponibilidad para otros dio lugar a una adaptación de la biblioteca de indicadores intermedios y se perfeccionó hasta llegar a una biblioteca de indicadores finales. Es importante considerar que en caso de realizar una evaluación a nivel nacional, habría que repetir un taller similar con representantes de todas las provincias a través de una encuesta en línea para tener en cuenta las diversas perspectivas locales dentro del país. Otros puntos principales a tener en cuenta durante el proceso de adquisición de datos serían garantizar que la resolución espacial sea a nivel de parroquia, lo que permitiría la comparabilidad para todo el país, y garantizar que los datos sean completos.

Para construir un índice compuesto, los conjuntos de datos utilizados de diversas fuentes deben ser comparables. Por lo tanto, es necesario realizar varias operaciones de procesamiento de los datos antes de realizar los cálculos.

[6] Software de código abierto para crear mapas editables gratuitos a partir de geodatos

3.3.2 Procesamiento de datos

Sobre la base de los diversos datos de entrada para la evaluación del riesgo de inundación, se llevaron a cabo diferentes pasos de procesamiento específicos del formato de los datos. Los conjuntos de **datos ráster** se transformaron y reescalaron a una resolución objetivo de 30 m para garantizar la conformidad de los datos con los datos ráster ya existentes. Se seleccionó como referencia la resolución original del conjunto de datos de población. Principalmente para el cálculo de la exposición a la amenaza ante inundaciones, los **datos vectoriales** adquiridos se convirtieron en datos ráster. Los datos puntuales también se convirtieron a píxeles de 30x30 m, teniendo en cuenta las limitaciones de la construcción de datos representativos, y la mayoría de los conjuntos de datos adquiridos en formato tabular se limpiaron para ajustarlos al cálculo por parroquia. El procesamiento de datos comprende dos flujos de cálculo: el cálculo de los valores combinados de amenaza-exposición y la derivación del índice de vulnerabilidad.

3.3.2.1 Exposición a la amenaza de inundación

La generación de los valores de amenaza-exposición resulta de una operación espacialmente explícita, en la que se multiplican el ráster de amenaza y el ráster de los elementos expuestos. De ahí la necesidad de convertir todos los datos de entrada de los elementos expuestos en conjuntos de datos ráster. Por lo tanto, es necesario distinguir entre elementos expuestos binarios y constantes, en los cuales los valores de los píxeles expuestos son iguales a 1 (y los píxeles no expuestos, es decir, tierras de cultivo, se categorizan como NoData) y elementos expuestos continuos (es decir, población y ganado). El tratamiento de los elementos expuestos con valores continuos requiere pasos adicionales. Como los valores de los píxeles de los elementos expuestos continuos oscilan entre 0 y 1, su exposición a la amenaza ante inundaciones sería notablemente menor en comparación con los elementos expuestos binarios. Para tenerlo en cuenta, hemos introducido el "valor de elemento expuesto" de 1 en esos conjuntos de datos, lo que produce un conjunto de datos rasterizados con valores entre 1 y 2 y puede utilizarse para el cálculo de la exposición a la amenaza ante inundaciones.

3.3.2.2 Vulnerabilidad

Para el cálculo del índice de vulnerabilidad a nivel de la parroquia, se adquirieron datos adecuados para los indicadores y se utilizaron para representar los diversos factores de vulnerabilidad consolidados en el taller participativo. Aparte de los pasos de procesamiento mencionados, los datos que comprenden valores porcentuales pudieron utilizarse directamente para la evaluación del riesgo basada en indicadores y los cálculos del índice de vulnerabilidad. Debido a la comparación de los indicadores a nivel de parroquia y a la investigación de la heterogeneidad, los datos deben ser relativos a nivel de parroquia. Por lo tanto, los datos restantes que estaban en otros formatos necesitaron una preparación adicional, ya sea con modificaciones numéricas u operaciones de GIS, antes de su uso en los cálculos (ver más detalles en la biblioteca de indicadores en el Anexo D).

Los datos fueron inspeccionados y tratados estadísticamente para reducir las distorsiones en la agregación final. La distribución de los datos es importante, ya que los valores atípicos y la asimetría pueden llevar los resultados combinados a un extremo. Por lo tanto, se comprueban los datos para

detectar los valores atípicos, los valores perdidos, la asimetría y la curtosis. Los indicadores proxy se inspeccionaron utilizando el software estadístico de código abierto e independiente de la plataforma *jamovi*[7] . La detección de valores atípicos se realizó de forma iterativa con una inspección visual de los gráficos de caja de los indicadores individuales. Los valores que estaban fuera de los bigotes se trataron con winsorización, es decir, los valores extremos se sustituyeron por el segundo valor más alto o más bajo, etc., hasta que se eliminaron los valores atípicos.

Además, se comprobó la multicolinealidad del conjunto de indicadores mediante el método de Kendall Tau, un método no paramétrico para datos no distribuidos normalmente. El estadístico de Kendall se prefiere para muestras pequeñas, como es el caso, y se sugiere que es una mejor estimación que el estadístico de Spearman (Field, 2014). Se utilizó un coeficiente de correlación ≥ 0,9 como umbral para indicar una alta correlación (Hagenlocher et al., 2015).

3.3.3 Normalización y ponderación

Una vez recopilados todos los datos relacionados con la amenaza/exposición y la vulnerabilidad, el conjunto de datos continuos absolutos se redistribuyeron con una normalización lineal máxima para que coincidieran con los valores entre 0 y 1 (ecuación 1), y garantizar la comparabilidad entre los conjuntos de datos y los elementos de riesgo.

$$x' = \frac{x}{\max(x)} \qquad 1$$

donde x es un conjunto de datos de elementos de riesgo y
x' es el conjunto de datos normalizado

Aunque este método de normalización no estira la distribución de valores y no mejora el contraste, es preferible porque evita el valor 0 cuando en realidad existe un valor cuantitativo, por ejemplo, para la población, y así evita que los datos sean erróneos (también para los cálculos posteriores).

Algunos indicadores de vulnerabilidad disponibles describen las capacidades de afrontamiento, que disminuyen la vulnerabilidad, por ejemplo el acceso al agua potable y al saneamiento. Esto es diferente a los otros indicadores que describen la susceptibilidad que contribuye a la vulnerabilidad. Para tener en cuenta esto, se derivó el valor de normalización inverso del respectivo indicador indirecto, como se muestra en la ecuación 2.

$$x' = 1 - \left(\frac{x}{\max(x)}\right) \qquad 2$$

Donde x es un conjunto de proxy de vulnerabilidad y

x' es el conjunto de datos proxy normalizado

[7] https://www.jamovi.org/

A continuación, se ponderaron los valores de exposición a la amenaza ante inundaciones y de vulnerabilidad según los valores medios de la ponderación informada por los expertos del taller participativo (Anexo C).

3.3.4 Agregación del índice de riesgo de inundación

A continuación se calcularon los valores de la exposición a la amenaza ante inundaciones para cada uno de los elementos expuestos. La ecuación para derivar la exposición a la amenaza espacialmente explícita se muestra en la ecuación 3:

$$HazExp_{elemento\ x} = Exposure_{elemento\ x}\ x\ Hazard\ Severity_{elemento\ x} \quad 3$$

Para obtener el producto amenaza/exposición para la evaluación global del riesgo, se utilizaron estadísticas zonales y se agregó el valor medio resultante para cada elemento expuesto a nivel de parroquia. A continuación, los elementos individuales de exposición al amenaza se agruparon y sumaron según las principales categorías de exposición a la amenaza ante inundaciones: agricultura, población e infraestructuras. A partir de estas tres categorías principales, se calculó la exposición global a la amenaza de cada parroquia de la siguiente manera (ecuación 4):

$$HazExp_{inundación} = \frac{HazExp_{agricultura} + HazExp_{población} + HazExp_{infraestructura}}{3} \quad 4$$

El índice de vulnerabilidad se calculó a nivel de parroquia. Se basa en una agregación multiplicativa utilizando los valores ponderados, multiplicados por su valor de indicador normalizado asociado, como se muestra en la ecuación 5. El resultado de esta ecuación es un valor de índice de vulnerabilidad para cada una de las parroquias de los tres sitios focales.

$$VU_{inundación} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(w_i * x_i')}{n} \quad 5$$

donde w es el peso del indicador,
x' es el indicador normalizado y
n es el número de indicadores.

A partir de los valores resultantes de amenaza-exposición y vulnerabilidad, se calculó el índice de riesgo de inundación. Por lo tanto, la multiplicación de los valores de amenaza-exposición con el índice de vulnerabilidad se realizó como se muestra en la Ecuación 6, dando como resultado el principal resultado cuantitativo de la evaluación del riesgo de inundación para tres provincias de Ecuador.

$$Risk_{inundación} = HazExp_{inundación} * VU_{inundación} \quad 6$$

4 Resultados

4.1 Biblioteca de indicadores

Durante el primer día del taller se determinó que 21 impulsores eran muy importantes (3 de exposición y 18 de vulnerabilidad), que 35 eran importantes (15 de exposición y 20 de vulnerabilidad). Se encontraron 26 impulsores controversiales. (Tabla 3).

Tabla 3: *Resultados de las encuestas sobre amenazas/exposiciones y vulnerabilidad de los conductores*

Relevancia	**Total**	**Número de conductores**	
		Exposición	**Vulnerabilidad**
Media < 2 (No es *importante. Para ser expulsado)*	0	0	0
2 > Media < 4 (*Importante)*	42	15	20
Media > 4 (*Extremadamente importante)*	28	3	18
Desviación Estándar (SD) > 1,1* (*Conductores* Disputados)	26	7	16
Conductores recién identificados (*a incluir*)**	4 [4]	4 [3]	0 [1]

* Tomando la media del cuantil del 75% de la DE para los factores de amenaza ante inundaciones, exposición y vulnerabilidad (1,12), el umbral de la DE se fijó en 1,1 tras el redondeo.
Los conductores que no están claros para el equipo de VALE y que requieren una mayor aclaración por parte de los participantes se registran en [ ].

Los resultados de las discusiones de grupo del segundo día del taller sobre la nueva clasificación de los conductores en disputa produjeron medias ajustadas para todos los conductores, que, además de los conductores no disputados, forman el valor final de los conductores en disputa.

Esta lista de 52 factores globales de riesgo de inundación se redujo a continuación al conjunto final de 25 indicadores, para los que se disponía de datos y que forman parte de esta evaluación de riesgos.

4.2 Evaluación de la exposición a la amenaza de inundaciones

La figura 7 ofrece una visión general de la gravedad de las inundaciones espacialmente explícita en las provincias focales, mientras que la distribución espacial de la exposición ante las inundaciones a nivel de parroquia puede verse en la figura 8. Los valores resultantes del cálculo de la exposición ante las inundaciones en las parroquias de las provincias focales varían entre 0, donde principalmente no hubo amenaza ante inundaciones, y 1, que se refiere a una exposición ante un nivel muy alto de inundaciones. En Napo y Bolívar, 20 parroquias no tienen elementos expuestos a la amenaza de inundación (Tabla sobre el índice de riesgo en el Anexo A). Las parroquias con valores más altos ante amenaza de inundaciones se encuentran en Los Ríos, donde Baba contiene la mayor exposición ante inundaciones. Categóricamente, los valores de exposición al amenaza se clasifican como ninguno, muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto. La distribución espacial de la exposición ante inundaciones

aumenta gradualmente hasta la parroquia de Baba [1] , que también tiene el valor más alto de exposición ante inundaciones para la agricultura, seguida de Antonio Sotomayor [26] y Catarama [21]. La mayor exposición ante inundaciones para la población la encabeza de nuevo Baba [1], seguida de Vinces [27] y San Juan [16]. En cuanto a la severidad de la infraestructura expuesta, después de Baba [1], las parroquias de Caracol [5] y Antonio Sotomayor [26] tienen las mayores exposiciones ante inundaciones.

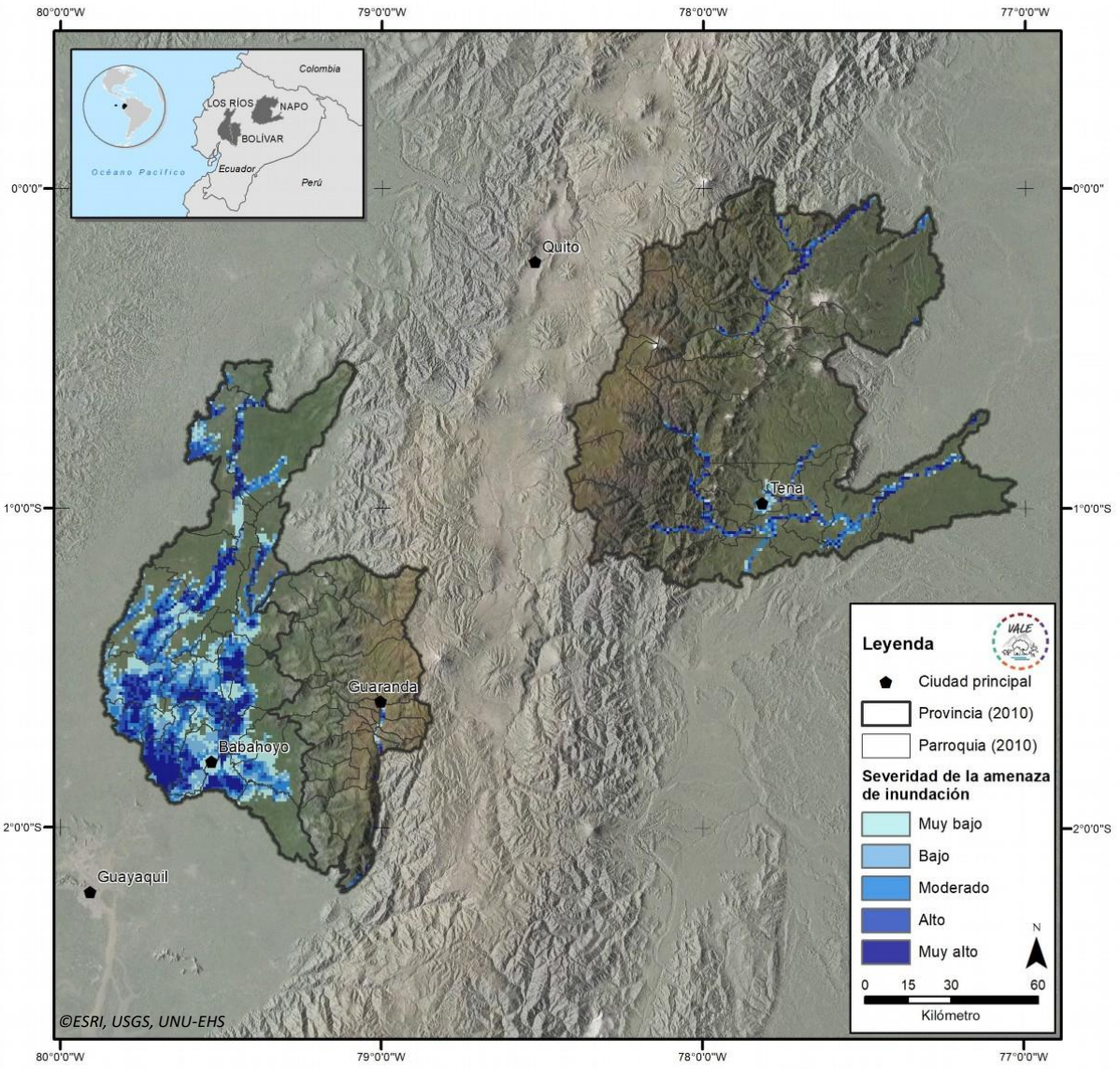

***Figura 7**: Niveles de la severidad de la amenaza de inundación en las provincias focales.*

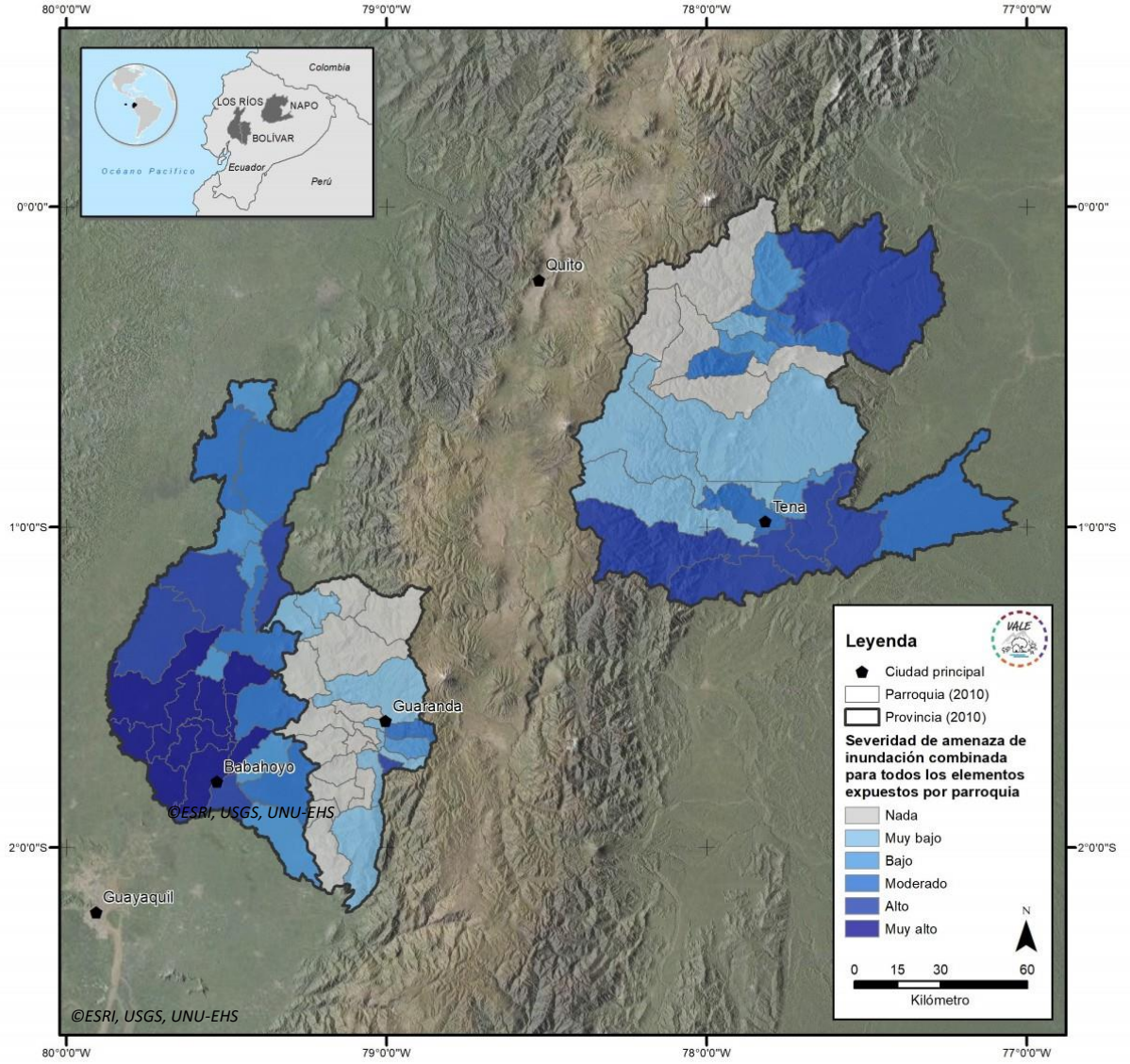

***Figura 8**: Riesgo de inundación a nivel de parroquia para la zona de estudio.*

A nivel provincial, Los Ríos tiene el nivel más alto de exposición ante inundaciones y presenta la media de un nivel muy bajo de exposición ante inundaciones para la combinación de todas las provincias focales. Bolívar tiene en general exposición ante inundaciones muy baja, mientras que la amenaza ante inundaciones en Napo es baja (Tabla 4). Aunque Bolívar tiene un nivel muy bajo de exposición, la distribución es muy alta. Mientras que algunas parroquias no tienen o presentan muy poca exposición a la amenaza de inundación, aquellas parroquias con superposición espacial de exposición ante la amenaza de inundaciones tienden a tener valores bastante altos, lo que contribuye a la alta exposición al amenaza ante inundaciones de la provincia.

Tabla 4: *Niveles de exposición ante inundaciones por provincia. Para cada elemento de exposición a la amenaza ante inundaciones (columnas 2-4), se utilizó la media de normalización máxima de las parroquias para calcular un valor agregado del elemento de exposición por provincia (columna 5). El coeficiente de varianza de estas medias se utilizó para calcular la distribución (columna 6)*

	Exposición a la amenaza ante inundaciones para agricultura	**Exposición a la amenaza ante inundaciones para la población**	**Exposición a la amenaza ante inundaciones para las infraestructuras**	**Riesgo combinado-exposición**	**Distribución de la exposición a la amenaza ante inundaciones**
Bolívar	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy alto
Los Ríos	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy bajo
Napo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

4.3 Evaluación de la vulnerabilidad

La amplia identificación y consolidación de los indicadores de vulnerabilidad, así como la derivación y preparación de los datos correspondientes, dieron como resultado una base de datos de 25 indicadores cuantificados, que se utilizaron para representar los distintos factores de vulnerabilidad, tal y como se indica en la biblioteca de indicadores. Con ellos se generó un índice de vulnerabilidad elaborado con clasificaciones de índice de vulnerabilidad de muy bajo a muy alto (véase el índice de riesgo en el anexo A). La distribución espacial de la vulnerabilidad basada en el índice calculado en las parroquias de las provincias focales se muestra en la Figura 9.

Del análisis realizado, quince (15) parroquias (poco menos del 20%) tienen una vulnerabilidad muy baja. La parroquia menos vulnerable es Papallacta [67] en el noroeste de Napo, seguida de San José de Chimbo [33] en Bolívar y Sardinas [63] en Napo. En cuanto al índice medio de vulnerabilidad a escala provincial para las provincias, los valores no difieren mucho, concluyendo que Los Ríos tiene el más alto, seguido de Bolívar y Napo (Tabla 5). El coeficiente de varianza muestra también una muy baja dispersión alrededor de estos valores medios, lo que demuestra que los valores medios son representativos de las provincias y aborda la distribución de las vulnerabilidades en la zona.

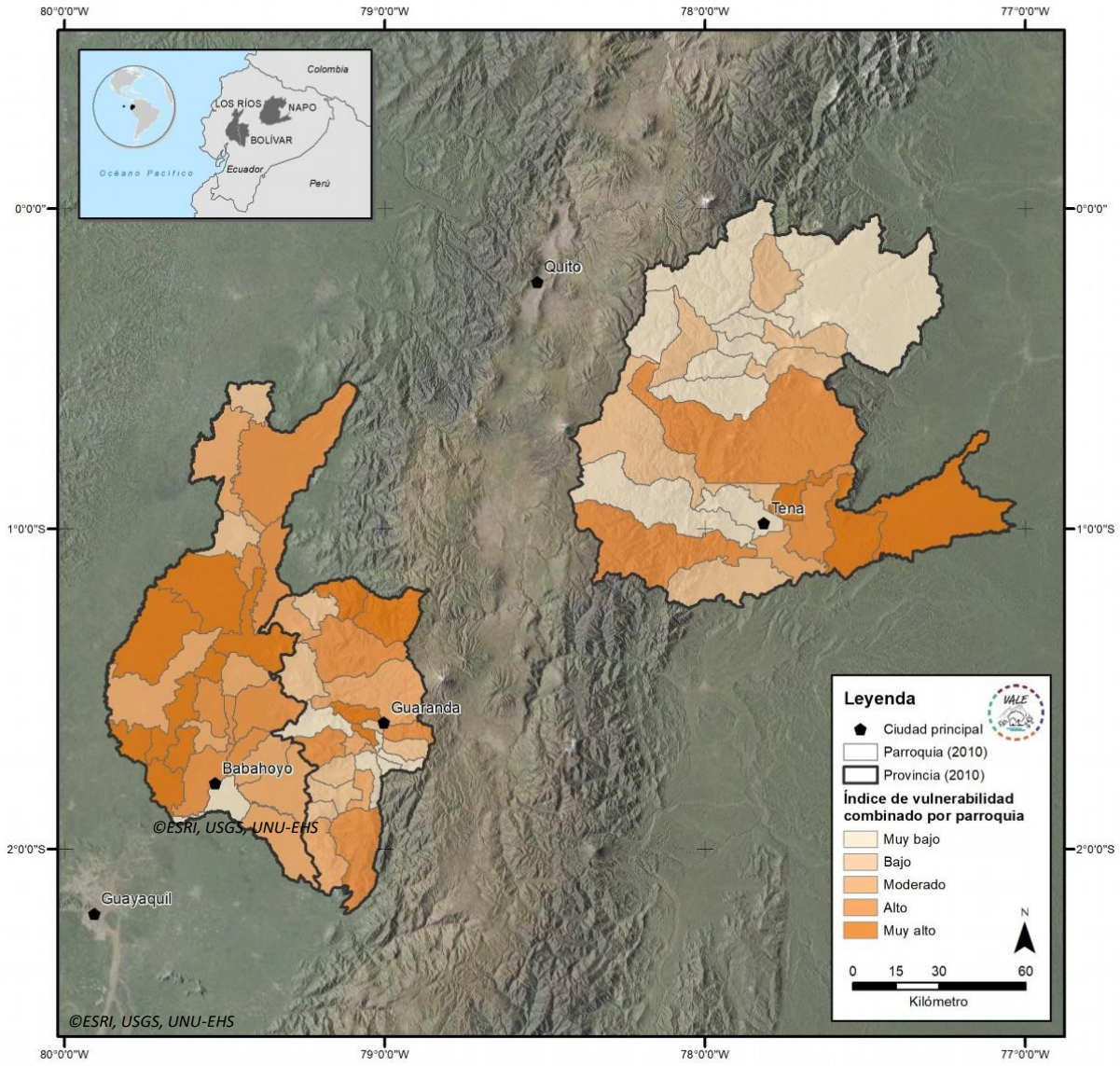

Figura 9: *Mapa del índice de vulnerabilidad a las inundaciones.*

La parroquia más vulnerable en el área de estudio es Simiatug [45] en Bolívar, después viene San Pablo de Ushpayacu [56] (Napo) y Julio E. Moreno [39] (Bolívar). Casi el 30% de las parroquias de las provincias focales tienen una vulnerabilidad muy alta, lo que se debe principalmente a la baja densidad espacial de las estaciones de bomberos y policía, así como de las torres de cobertura de telefonía móvil (Tabla 5).

Tabla 5: *Indicadores que más contribuyen a la vulnerabilidad a las inundaciones en las diez parroquias más vulnerables.*

Parroquia	Valor del índice de vulnerabilidad	1º Conductor de mayor vulnerabilidad	2° Motor de Vulnerabilidad más alto	Tercer factor de vulnerabilidad más alto
Simiatug [45]	1	Dependencia	Recogida de basura inadecuada	Falta de acceso a la información y a la tecnología
San Pablo de Ushpayacu [56]	0.94	Falta de instituciones de primera respuesta (comisarías)	Familias con bajos ingresos	Falta de acceso a la información y a la tecnología
Julio E. Moreno [39]	0.94	Dependencia	Falta de instituciones de primera respuesta (comisarías)	Recogida de basura inadecuada
Facundo Vela [37]	0.93	Falta de acceso a la información y a la tecnología	Falta de instituciones de primera respuesta (comisarías)	Pérdida de ecosistemas - bosques
Palenque [13]	0.89	Red social débil	Densidad de carreteras débil	Territorios sin conservación del medio ambiente
Guare [2]	0.87	Recogida de basura inadecuada	Falta de instituciones de primera respuesta (estaciones de bomberos)	Medios de vida dependientes de la agricultura/ganadería
Isla de Bejucal [3]	0.87	Medios de vida dependientes de la agricultura/ganadería	Falta de instituciones de primera respuesta (comisarías)	Falta de instituciones de primera respuesta (estaciones de bomberos)
Chontapunta [71]	0.87	Recogida de basura inadecuada	Dependencia	Familias con bajos ingresos
Mocache [11]	0.87	Red social débil	Falta de instituciones de primera respuesta (comisarías)	Falta de acceso a la información y a la tecnología
Asunción [31]	0.86	Falta de instituciones de primera respuesta (comisarías)	Falta de acceso a la información y a la tecnología	Falta de instituciones de primera respuesta (estaciones de bomberos)

Tabla 6: *Indicadores de vulnerabilidad más altos en relación a frecuencia en las parroquias de las provincias focales*

Indicadores de vulnerabilidad más frecuentes con valores altos	**Indicador [Código]**
Rango 1	Falta de instituciones de primera respuesta (comisarías) [POLI_DEN]
Rango 2	Falta de acceso a la información y a la tecnología [PER_MOB_COV]
Rango 3	Densidad de puestos de bomberos por cada 10.000 habitantes (FRFGHTR_DEN)

4.4 Índice de riesgo

Un producto clave de este informe es el índice de riesgo de inundación a nivel parroquial para el área de estudio, son los niveles del índice de riesgo de las provincias focales. Del análisis se obtuvo que doce (12) parroquias de Los Ríos, presentan un muy alto riesgo de inundación; más de la mitad de las parroquias de Bolívar (15) no tienen riesgo de inundación; mientras que en Napo, 5 parroquias no tienen riesgo de inundación, y 12 parroquias presentan un riesgo entre muy bajo y moderado.

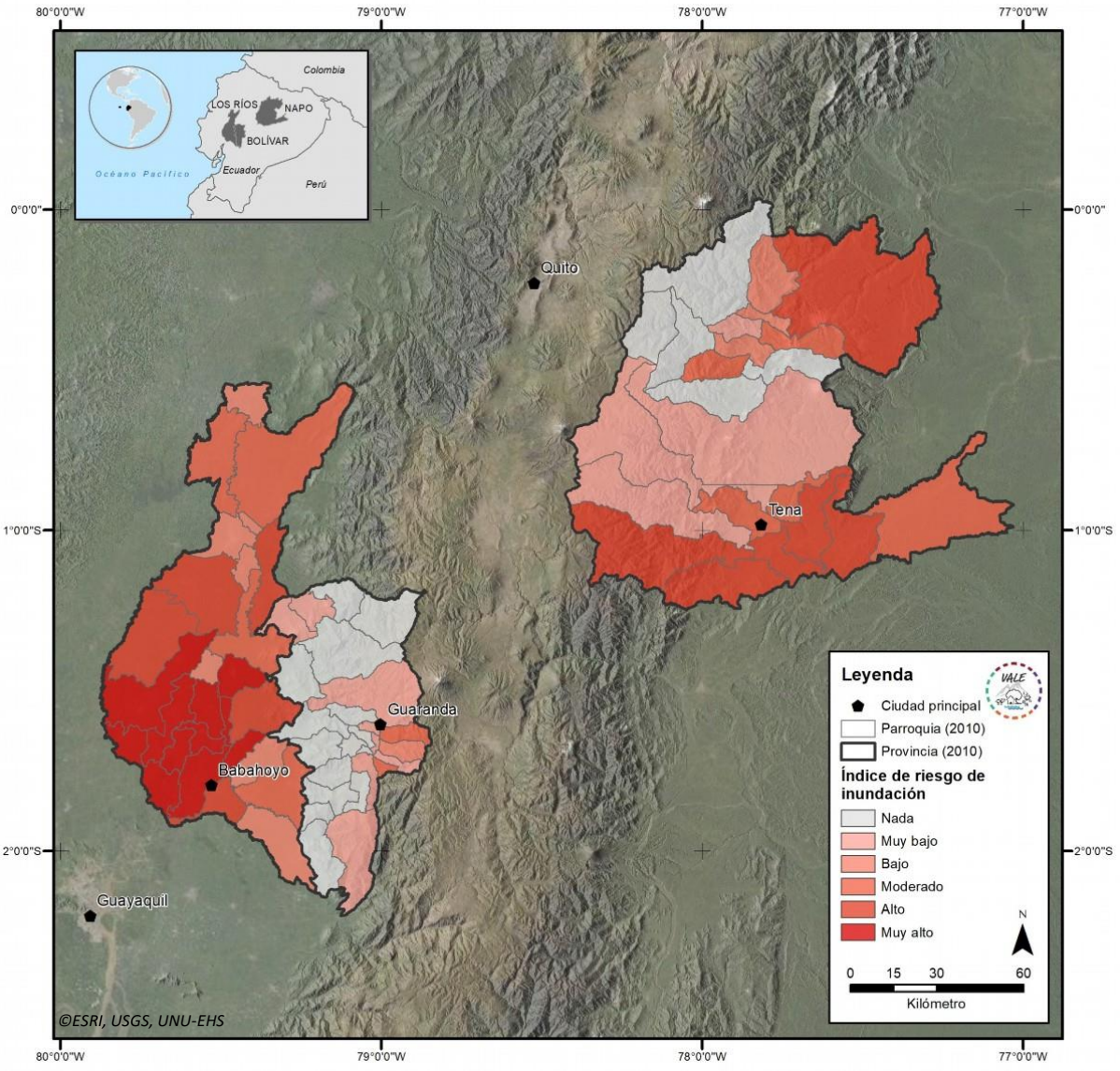

Figura 10: *Riesgo de inundación en las parroquias de las provincias focales.*

Al examinar el índice de riesgo de inundación (véase el anexo A), queda claro que la exposición a la amenaza ante inundaciones es el principal factor de riesgo de inundación en esta zona de estudio. Sin embargo, para reducir el riesgo de inundación, sigue siendo importante examinar la composición de los impulsores del riesgo de inundación entre las parroquias con niveles de riesgo similares. La Tabla 7 proporciona un ejemplo de dos parroquias que tienen el mismo nivel de riesgo, pero con diferentes

niveles de exposición a la amenaza y de vulnerabilidad (véase el Anexo A para el índice de riesgo completo con las clasificaciones de exposición a la amenaza ante inundaciones y de vulnerabilidad). La figura 11 compara la composición de los valores de exposición a la amenaza ante inundaciones y de vulnerabilidad de cada una de las parroquias por categorías de impulsores y pretende mostrar la heterogeneidad entre los impulsores de exposición a la amenaza ante inundaciones y de vulnerabilidad a las inundaciones que dan lugar a valores similares del índice de riesgo. Como puede verse, la exposición a la amenaza ante inundaciones en San Pablo de Ushpayacu [56] está impulsada principalmente por la agricultura, mientras que en Tena [76], está impulsada por la población. La heterogeneidad de los impulsores de la vulnerabilidad puede verse claramente entre las dos parroquias, siendo la vulnerabilidad de Tena [76] claramente impulsada por la falta de información y alerta temprana, los servicios comunitarios, la discapacidad y el estado de salud, y el género (es decir, los hogares encabezados por mujeres). San Pablo de Ushpayacu [56] está distribuida de forma más equitativa entre los factores. Este tipo de información puede ayudar a comprender mejor cómo y por qué el riesgo se configura de forma diferente en las distintas parroquias, incluso entre las zonas de muy alto y muy bajo riesgo.

Tabla 7: *Parroquias con valores similares de riesgo pero con diferentes niveles de exposición a la amenaza de inundación y vulnerabilidad*

Provincia	Parroquia	Riesgo	Exposición a la amenaza ante inundaciones	Vulnerabilidad
Napo	San Pablo De Ushpayacu [56]	Moderado	Bajo	Muy alta
Napo	Tena [76]	Moderado	Moderado	Muy bajo

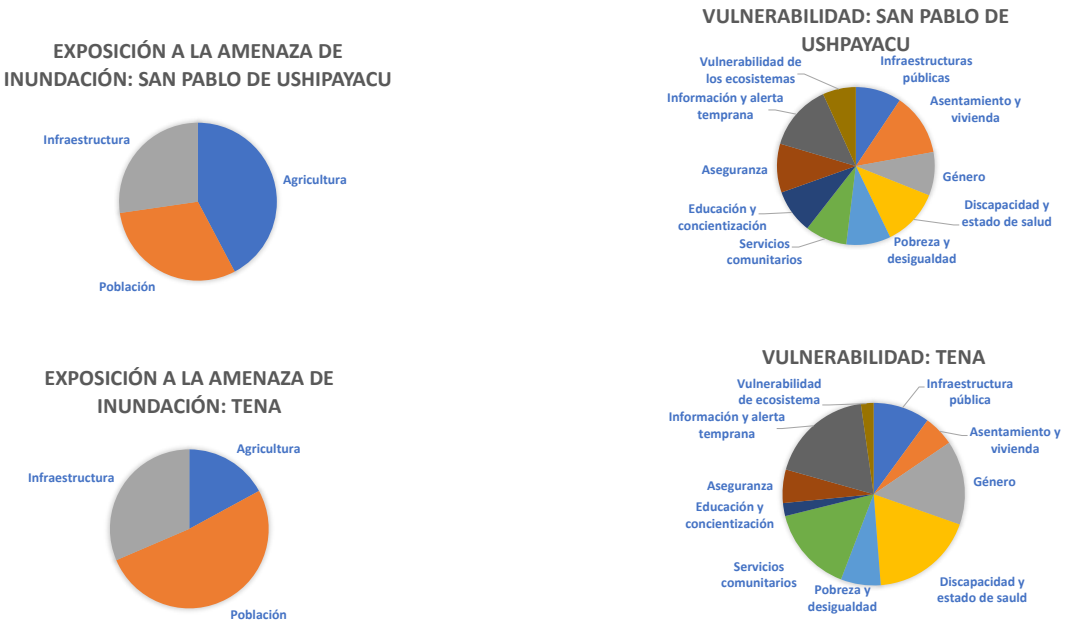

Figura 11: *Composición de los factores de riesgo entre dos parroquias con la misma clasificación de riesgo (moderado), pero con diferente nivel de exposición a la amenaza ante inundaciones y de vulnerabilidad*

4.5 Limitaciones

Si bien este análisis de riesgo de inundación para Los Ríos, Bolívar y Napo proporciona una gran cantidad de conocimientos para entender los factores de riesgo de inundación a nivel de la parroquia, existen limitaciones que deben ser mencionadas aquí:

Una limitación está relacionada con la falta de cobertura espacial de información. Esto introduce incertidumbre en la población expuesta, por ejemplo, en la parroquia de Quevedo [18]. Otra limitación es la falta de conjuntos de datos geoespaciales actualizados, por ejemplo, la cobertura de telefonía móvil. El conjunto de datos más reciente que estaba disponible públicamente en línea era de 2012, lo que sin duda está desfasado. Esto es importante porque la tabla 6 mostró que la falta de cobertura de teléfonos móviles (indicador "Falta de acceso a la información y la tecnología [PER_MOB_COV]") es el segundo indicador más alto que impulsa la vulnerabilidad general. Los datos de cobertura de telefonía móvil ilustran otra limitación, que es la falta de conocimiento social detallado del contexto. Los datos de cobertura de telefonía móvil sólo se refieren a las torres de telefonía móvil, y no a cualquier otra posible infraestructura tecnológica que pudiera proporcionar cobertura, pero que no está incluida en los datos. Esta falta de datos y de conocimiento sobre el terreno impidió una comprensión más detallada de cómo este conjunto de datos concreto contribuía a la vulnerabilidad a las inundaciones. Esta limitación del conocimiento del contexto social también se extiende a los indicadores de densidad de bomberos y policía, ya que los investigadores no pudieron juzgar si el parámetro dado de los indicadores (densidad de elementos por cada 10.000 habitantes) impide que los bomberos o la policía trabajen en su contexto como instituciones de primera respuesta.

Los investigadores no saben cómo funcionan estos sistemas ni qué limitaciones tienen, por lo que es necesario seguir investigando y colaborando con las partes interesadas locales para determinar cómo afectan los datos, en la forma en que se presentan, a la vulnerabilidad. Otra limitación es la falta total de datos disponibles para algunos impulsores de la vulnerabilidad, lo que impide incluirlos dentro del análisis del riesgo de inundación, como los hogares con medios de transporte individuales, las personas que alquilan viviendas, los migrantes recientes o las viviendas informales. Nuestra hipótesis es que la inclusión de estos datos, especialmente de las viviendas informales, habría alterado el patrón de los resultados.

5 Conclusiones y recomendaciones

La evaluación del riesgo de inundación se realizó para las tres provincias seleccionadas, Bolívar, Los Ríos y Napo, que representan las principales regiones ecológicas del Ecuador Continental. La evaluación integró las tres dimensiones subyacentes del riesgo de inundación: amenaza, exposición y vulnerabilidad. La amenaza y la exposición se combinaron para mapear elementos particulares expuestos, como la población, la agricultura y la infraestructura en una relación espacialmente explícita y directa con las áreas afectadas por la amenaza de inundación. Los factores de vulnerabilidad a las inundaciones se identificaron mediante un proceso de revisión de la literatura y en colaboración con el SNGRE y expertos locales. Durante un proceso participativo con unos 50 expertos de la zona de estudio, el conjunto de indicadores se complementó, evaluó y recibió ponderaciones individuales. Se

recogieron datos geoespaciales para la evaluación cuantitativa de la exposición a la amenaza ante inundaciones, la vulnerabilidad y el riesgo de cada parroquia de las tres provincias seleccionadas.

El índice de riesgo de inundación muestra que el riesgo de inundación está impulsado en gran medida por la exposición a la amenaza, sin embargo, los elementos de la vulnerabilidad también conforman el riesgo de diferentes maneras. En general, la heterogeneidad entre los niveles de riesgo es mayor entre las parroquias que entre las provincias, lo que significa que el alto nivel de detalle a nivel de parroquia es muy significativo en este ámbito. Todas las parroquias de muy alto riesgo se encuentran en Los Ríos, mientras que más de la mitad de las parroquias de Bolívar no tienen riesgo (por no estar expuestas a amenazas). La diversidad en el patrón de riesgo parece estar más ligada al límite de las regiones ecológicas, con un riesgo muy alto en la zona baja costera frente a un riesgo muy bajo en la zona montañosa. La composición del riesgo en Napo es más heterogénea debido a las fuertes diferencias en la vulnerabilidad, con una mayor vulnerabilidad hacia la cuenca del Amazonas y una muy alta exposición a la amenaza ante inundaciones, tanto en el norte como en el sur de las provincias en las regiones del piedemonte de los Andes.

La comprensión de la distribución y composición del riesgo en todas sus dimensiones a nivel de las parroquias permite entender con mucho detalle los diferentes niveles de riesgo que varían de muy alto a bajo. Se da el caso de que el riesgo es alto debido a una exposición muy alta a la amenaza, pero a una baja vulnerabilidad, o debido a una vulnerabilidad muy alta y a una exposición baja o moderada a la amenaza ante inundaciones. Para reducir el riesgo de desastres de manera eficiente y eficaz, es muy importante abordar los principales factores de riesgo, mientras que las medidas para lograrlo serían diferentes si hay que centrarse en la reducción de la exposición a la amenaza ante inundaciones o de la vulnerabilidad. Así, mientras que la reducción de la exposición a la amenaza ante inundaciones tendría que centrarse en la planificación de más espacio para el río (por ejemplo, zonas de retención de inundaciones con un uso del suelo adaptado a las inundaciones recurrentes), la vulnerabilidad a las inundaciones puede reducirse abordando los principales impulsores, como la baja densidad de las instituciones de primera respuesta (por ejemplo, la policía y los bomberos), o la falta de acceso a la información y la tecnología en las parroquias con alta vulnerabilidad.

Con respecto a los próximos pasos, esta evaluación ya proporciona un enfoque metodológico avanzado y podría servir como una base para derivar una metodología de evaluación del riesgo de inundación a nivel nacional para Ecuador. Esta metodología de evaluación del riesgo, podría ser aplicada para el nivel nacional, con un enfoque uniforme hacia la cuantificación del riesgo de inundación en el país. Junto a la ampliación y armonización de la metodología, se recomienda validar los resultados contrastando con la base de datos de pérdidas y daños por inundaciones del Ecuador. Este procedimiento de validación es necesario para comprender, considerar y reducir mejor las incertidumbres, que son inherentes a una evaluación de este tipo. Además, recomendamos tener en cuenta también la dinámica futura de los riesgos de inundación y las perspectivas de los riesgos sistémicos en el contexto de otras amenazas naturales o provocadas por el hombre y/o las tendencias de desarrollo social y económico para futuros trabajos.

6 Bibliografía

Aguirre, N; Eguiguren, Paúl; Maita, Juan; Coronel, Vanesa; Samaniego, Natalia; Ojeda, Tatiana; Aguirre, Z. (2015). Vulnerabilidad al cambio climático en la Región Sur del Ecuador: Potenciales impactos en los ecosistemas, producción de biomasa y producción hídrica. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).

Birkmann, J., Cardona, O. D., Carreño, M. L., Barbat, A. H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., Kienberger, S., Keiler, M., Alexander, D., Zeil, P., & Welle, T. (2013). Framing vulnerability, risk and societal responses: The MOVE framework. *Natural Hazards*, *67*(2), 193–211. https://doi.org/10.1007/s11069-013-0558-5

Borbor-Cordova, M. J., Ger, G., Valdiviezo-Ajila, A. A., Arias-Hidalgo, M., Matamoros, D., Nolivos, I., Menoscal-Aldas, G., Valle, F., Pezzoli, A., & Cornejo-Rodriguez, M. D. P. (2020). An operational framework for urban vulnerability to floods in the guayas estuary region: The duran case study. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(24), 1–23. https://doi.org/10.3390/su122410292

D'Ercole, R. (IRI), & Trujillo, M. (Consultora O.-G. (2003). *Amenazas, Vulnerabilidad, Capacidades y Riesgo en el Ecuador*. https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201

Facebook Connectivity Lab and Center for International Earth Science Information Network - CIESIN - Columbia University. (2019). *High Resolution Settlement Layer (HRSL).*

Field, A. (2013). Correlation in IBM SPSS Statistics Data entry for correlation analysis using SPSS. Retrieved May 6, 2021, from www.discoveringstatistics.com

Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, L. L. W. (2014). IPCC - AR5 Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/

Hagenlocher, M., & Castro, M. C. (2015). Mapping malaria risk and vulnerability in the United Republic of Tanzania: A spatial explicit model. *Population Health Metrics*, *13*(1), 1–14. https://doi.org/10.1186/s12963-015-0036-2

INEC Base de Datos-Censo de Población y Vivienda 2010 |. (n.d.). Retrieved April 15, 2021, from https://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda-2010/

Kuzma, S., & Luo, T. (2020, April 23). *Flood Protection Investments Offer Strong ROI | World Resources Institute*. World Resources Institute. https://www.wri.org/blog/2020/04/aqueduct-floods-investment-green-gray-

infrastructure?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+WRI_News_and_Views+%28WRI+Insights+Blog%2C+News%2C+and+Publications+%7C+World+Resources+Institute%29

MAG (2020a), Ministerio de Agricultura del Gobierno del Ecuador. Cobertura de Uso Nacional, 2020.

MAG (2020b), Ministerio de Agricultura del Gobierno del Ecuador. "Resumen Ejecutivo de los Diagnósticos Territoriales del Sector Agrario", 2020

mundialis, 2021, Datos de población, basado en Facebook (2019)

Naciones Unidas DesInventar Sendai - Official Website. (n.d.). Retrieved April 15, 2021, from https://www.desinventar.net/migrate_Sendai.html

Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffman, A., & Giovannini, E. (2008). *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and UserGuide*. OECD Publications.

PDOT Bolívar (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015-2019 Bolívar*

PDOT Los Ríos (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015-2019 Los Ríos*.

PDOT Napo (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015-2019 Napo*

Portilla Farfán, F. (2018). Agroclimatología del Ecuador. In *Agroclimatología del Ecuador*. Editorial Abya-Yala. https://doi.org/10.7476/978997810492

SGR, ECHO, and UNISDR. (2012). Ecuador: Referencias básicas para la gestión de riesgos (Emilio Ochoa Moreno ed.). Quito, Ecuador: Secretaría de Gestión de Riesgos-SGR. Recuperado el Mayo de 2020, de http://dipecholac.net/docs/files/196-ecuador-referencias-basicas-para-la-gestion-de-riesgos-2013-2014.pdf

Tauzer, E., Borbor-Cordova, M. J., Mendoza, J., De La Cuadra, T., Cunalata, J., & Stewart-Ibarra, A. M. (2019). A participatory community case study of periurban coastal flood vulnerability in southern Ecuador. *PLoS ONE*, *14*(10). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224171

Todesco, M., & Todini, E. (2004). Volcanic eruption induced floods. A rainfall-runoff model applied to the Vesuvian Region (Italy). *Natural Hazards*, *33*(2), 223–245. https://doi.org/10.1023/B:NHAZ.0000037039.35228.c0

Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matsone, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensene, L., Eckley, N., Kasperson, J. X., Luers, A., Martello, M. L., Polsky, C., Pulsipher, A., & Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability

analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *100*(14), 8074–8079. https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100

UNISDR. (2017). *Technical Guidance for Monitoring and Reporting on Progress in Achieving Global Targets of the Sendai Framework for Disaser Risk Reduction*. *December*.

7 Anexos

A. Mapa y tabla de referencia de las provincias focales
B. Índice de riesgo de inundación de los sitios focales de VALE
C. Bibliotecas de indicadores de riesgo y vulnerabilidad
D. Mapas que representan los elementos individuales del informe de evaluación de riesgos