ANEXO I

Metodología de realización de los mapas de amenazas por cantón en el Ecuador

En este libro se encuentran 7 mapas que representan cada uno de los cantones del Ecuador en función de un grado de amenaza. Los 6 primeros son mapas por tipos de amenaza: terremotos (mapa 3), maremotos o tsunamis (mapa 4), erupciones volcánicas (mapa 8), inundaciones (mapa 13), movimientos en masa o deslizamientos (mapa 16) y sequías (mapa 19). El último (mapa 21) es un mapa sintético de amenazas elaborado con base en los mapas anteriores.

A continuación, se desarrolla la metodología aplicada para determinar, en cada caso, los grados de amenaza que permitieron caracterizar los cantones y realizar los mapas.

Grados de amenaza sísmica

Para determinar los grados de amenaza sísmica por cantón, se escogió como referencia la zonificación sísmica establecida por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (ver mapa 2: «Amenaza sísmica y de tsunami en el Ecuador» que presenta 4 zonas). Tal zonificación fue definida a partir de la aceleración máxima efectiva en roca, esperada para el sismo de diseño. La aceleración está expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. La zona I corresponde a la de menor peligro y la IV a la de mayor peligro. Se asignó a cada cantón un valor en función de la zona sísmica en la que se encuentra (véase la siguiente tabla), esto es 0 para la zona I hasta 3 para la zona IV. Los cantones con valor 3 son entonces los que están más expuestos a la amenaza sísmica en la medida en que presentan el mayor grado (o valor) de amenaza.

En el caso de un cantón con solamente una parte de su territorio en una zona sísmica dada, siempre se escogió clasificarlo en la categoría superior. Por ejemplo, un cantón que solo tiene el 30% de su superficie en la zona IV (y el 70% en la clase III) recibió el valor 3 (correspondiente a la zona IV). Este criterio de clasificación de los cantones en el rango superior se aplicó a todas las amenazas consideradas.

Según esos criterios se elaboró el mapa 3, «Nivel de amenaza sísmica por cantón en el Ecuador».

Peligro sísmico	Valor
Zona IV	3
Zona III	2
Zona II	1
Zona I	0
Máximo	3
Mínimo	0

Grados de amenaza por maremotos (o tsunamis)

Para este tipo de evento se asignaron a los cantones valores en una escala de 0 a 2 ya que solo existen tres casos (considerando que los tsunamis están directamente ligados a los sismos en las zonas costeras) :

- los cantones litorales que se encuentran en la zona sísmica IV (y que tienen el mayor grado de amenaza sísmica, es decir 3) fueron clasificados en la categoría de cantones con mayor peligro de maremoto (valor 2);

Tsunami	Valor
Zonas litorales más sísmicas	2
Otras zonas litorales con peligro sísmico menor	1
Zonas no litorales	0
Máximo	2
Mínimo	0

- los cantones litorales que se encuentran en la zona sísmica III (y que tienen un grado de amenaza relativamente alto, es decir 2) fueron clasificados en la categoría de menor peligro (valor 1);
- los cantones que no se encuentran a lo largo del litoral recibieron el valor 0 porque no están expuestos a los tsunamis.

Según esos criterios se estableció el mapa 4, «Nivel de amenaza de tsunami por cantón en el Ecuador».

Grados de amenaza volcánica

En lo que se refiere al nivel de amenaza volcánica, los cantones fueron clasificados según una escala de 0 a 3. Existen cuatro casos:

- cantones con mayor peligro volcánico (grado 3). Se trata de los cantones que se encuentran total o parcialmente en zonas directamente amenazadas por los volcanes considerados más peligrosos para los asentamientos humanos: Cotopaxi, Tungurahua y Guagua Pichincha. Las amenazas pueden ser lahares, flujos piroclásticos y/o caída de ceniza (véase el mapa 7, «Amenazas volcánicas potenciales en el Ecuador continental»);
- cantones con peligro volcánico relativamente alto (grado 2). Son los cantones que se encuentran en los alrededores de los volcanes que han tenido una actividad histórica y que representan aún amenazas potenciales: El Reventador, Sangay, Quilotoa, Antisana, Cayambe y La Cumbre en las islas Galápagos (véase el mapa 5, «Erupciones volcánicas históricas en el Ecuador»);
- cantones con peligro volcánico relativamente bajo (grado 1). Son aquellos que se ubican en los alrededores de volcanes que no han tenido erupciones históricas. Algunos de ellos, según el Instituto Geofísico de la EPN, son potencialmente activos: Chimborazo, Sumaco, Pululahua, Imbabura y Cotacachi (véase el mapa 6, «Volcanes continentales potencialmente activos en el Ecuador»). Se asignó también el valor 1 a algunos cantones que pese a estar ubicados lejos de volcanes activos sufrieron algunas consecuencias menores en el pasado (caso de cantones ubicados a lo largo del río Esmeraldas en relación con los lahares del volcán Cotopaxi);
- cantones con bajo peligro volcánico (grado 0). Son los que encuentran fuera de la zona de concentración de los volcanes.

Según esos criterios se elaboró el mapa 8, «Nivel de amenaza volcánica por cantón en el Ecuador».

Peligro volcánico	Valor
Zonas de los volcanes Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi	3
Zonas con otros volcanes con actividad histórica	2
Zonas con otros volcanes	1
Sectores sin volcanes	0
Máximo	3
Mínimo	0

Grados de amenaza por inundación

En lo que se refiere al nivel de amenaza de inundación, los cantones fueron clasificados en 4 clases (en una escala de 0 a 3) a partir de los eventos registrados en el transcurso de las últimas dos décadas:

- cantones con el mayor peligro de inundación (grado 3). Se trata de las zonas que sufrieron inundaciones (ya sea por desbordamiento de ríos o por precipitaciones extremas) durante los dos últimos eventos El Niño (1982-1983 y 1997-1998). Véase el mapa 10, «Principales inundaciones ocurridas en el Ecuador desde 1980»;

Peligro de inundación	Valor
Zonas inundadas en 1982 y en 1998	3
Zonas inundadas en 1982 o en 1998 u otro tipo (Oriente)	2
Zonas de menos de 40 m de altura o levemente inundada	1
Zonas sin inundación	0
Máximo	3
Mínimo	0

- cantones con peligro de inundaciones relativamente alto (grado 2). Se trata de los cantones que sufrieron inundaciones durante los fenómenos El Niño de 1982-1983 o de 1997-1998, o por otros fenómenos (como las zonas orientales inundadas por el taponamiento del drenaje);
- cantones con peligro de inundación relativamente bajo (grado 1). Son los cantones que han sido levemente inundados en el pasado o que se encuentran (íntegra o parcialmente) a una altitud sobre el nivel del mar inferior a 40 metros (zona determinada a partir de los mapas topográficos del

IGM). Se trata a menudo (pero no siempre) de las partes inferiores de las cuencas hidrográficas donde se concentra el exceso de agua y donde las pendientes son muy débiles (la curva de nivel de 40 metros sobre el nivel del mar se encuentra a 150 km al norte de Guayaquil). Sin embargo, este criterio tiene limitaciones. No toma en cuenta por ejemplo las obras de protección que resguardan a las poblaciones de las inundaciones como en el caso de Babahoyo; tampoco permite identificar zonas potencialmente anegadizas en algunos sectores de la Amazonía donde las alturas superan los 300 metros sobre el nivel del mar;

- cantones que no se han inundado desde 1980, es decir con bajo peligro de inundación (grado 0).

Según esos criterios se estableció el mapa 13, «Nivel de amenaza de inundación por cantón en el Ecuador».

Grados de amenaza de deslizamientos

El nivel de amenaza de deslizamientos fue también calificado en una escala de 0 a 3 o en cuatro categorías según la cartografía de deslizamientos y derrumbes potenciales (véase el mapa 15, «Zonas de deslizamientos y derrumbes potenciales en el Ecuador», elaborado a partir de la información recopilada por el INFOPLAN y tomando en cuenta las pendientes mayores). Los cuatro tipos corresponden a:

- cantones con mayor peligro (grado 3). Son aquellos ubicados en zonas de alto potencial de deslizamientos y zonas de mayor pendiente;
- cantones con peligro relativamente alto (grado 2). Son aquellos que tienen más del 30% (aproximadamente) de su superficie expuesta a deslizamientos potenciales;
- cantones con peligro relativamente alto (grado 1), o aquellos que tienen menos del 30% (aproximadamente) de su superficie expuesta a deslizamientos potenciales;
- cantones con bajo peligro de deslizamientos o derrumbes (grado 0), o aquellos que aparentemente no están expuestos.

Según esos criterios se estableció el mapa 16, «Nivel de amenaza de deslizamiento por cantón en el Ecuador».

Deslizamientos	Valor
Potencial con mayores pendientes	3
Potencial bien representado	2
Potencial poco representado	1
El resto	0
Máximo	3
Mínimo	0

Grados de amenaza de sequía

El nivel de amenaza de sequía fue valorado en una escala de 0 a 2 sobre la base de una clasificación de los déficits hídricos calculados por la DINAREN en convenio con el INAMHI (véase el mapa 18, «Zonas potencialmente expuestas a sequías en el Ecuador»). En general, en el Ecuador las sequías no han tenido impactos tan graves como los debidos a otros peligros de origen natural; por esa razón se escogió el valor de 2 para el grado máximo. Los tres tipos de cantones resultantes son:

- cantones con el máximo peligro de sequía (grado 2). Se encuentran parcial o completamente en zonas que tienen un déficit hídrico anual superior a 700 mm;
- cantones con peligro de sequía medio (grado 1). Se encuentran parcial o completamente en zonas cuyo déficit hídrico anual está comprendido entre 300 y 700 mm;
- cantones con peligro de sequía mínimo (grado 0). Se encuentran en zonas cuyo déficit hídrico es inferior a 300 mm por año.

Sequías	Valor
Fuerte potencial	2
Potencial mediano	1
Bajo potencial	0
Máximo	2
Mínimo	0

Según esos criterios se estableció el mapa 19, «Nivel de amenaza por sequía por cantón en el Ecuador».

Grados de amenaza global

Luego de establecer el grado de amenaza para cada uno de los seis peligros de origen natural considerados en este estudio, el grado sintético de amenaza para cada cantón se calculó sumando los valores (o grados) obtenidos para cada tipo de amenaza. El valor máximo posible es 16 pero este valor no fue alcanzado en la medida en que ningún cantón está amenazado simultáneamente por los seis tipos de fenómenos (los cantones Esmeraldas y Portoviejo registran el mayor valor: 12).

La siguiente tabla constituye la matriz metodológica de valoración global de las amenazas por cantón.

En el anexo II se presentan los valores de amenaza global asignados a cada cantón, lo que permitió realizar el mapa 21, «Nivel de amenaza de origen natural por cantón en el Ecuador».

	Valoración	Ejemplo del cantón Portoviejo
Peligro sísmico		
zona IV (mayor peligro)	3	3
zona III	2	
zona III	1	
zona I (menor peligro)	0	
Peligro volcánico		
inmediaciones directas de volcanes activos (Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi)	3	
inmediaciones de otros volcanes que han tenido alguna actividad histórica	2	
cantones ubicados cerca de otros volcanes	1	
cantones no expuestos a las erupciones volcánicas	0	0
Inundaciones		
zonas inundadas durante los dos últimos ENOA principales (1982 y 1998)	3	3
zonas inundadas ya sea en 1982, en 1998 o en otra fecha	2	
parte baja de las grandes cuencas vertientes de la Costa (zona de menos de 40 m de altura)	1	
cantones que no han sufrido inundaciones (a la escala en la que fue realizado el trabajo)	0	
Movimientos en masa		
cantones andinos que presentan un alto potencial de inestabilidad de suelos debida a pendientes fuertes	3	
cantones de la Costa más expuestos a deslizamientos	2	2
cantones de la Costa ligeramente expuestos	1	
cantones situados fuera de los sectores proclives a los movimientos de masa	0	
Sequías		
cantones expuestos a las sequías más severas (estimadas a partir de los déficits hídricos)	2	2
cantones expuestos a sequías moderadas	1	
cantones no sujetos a sequías	0	
Maremotos		
cantones situados en la zona litoral de mayor sismicidad	2	2
cantones litorales menos expuestos a sismos	1	
cantones no costeros	0	
	Máximo: 16	Total: 12