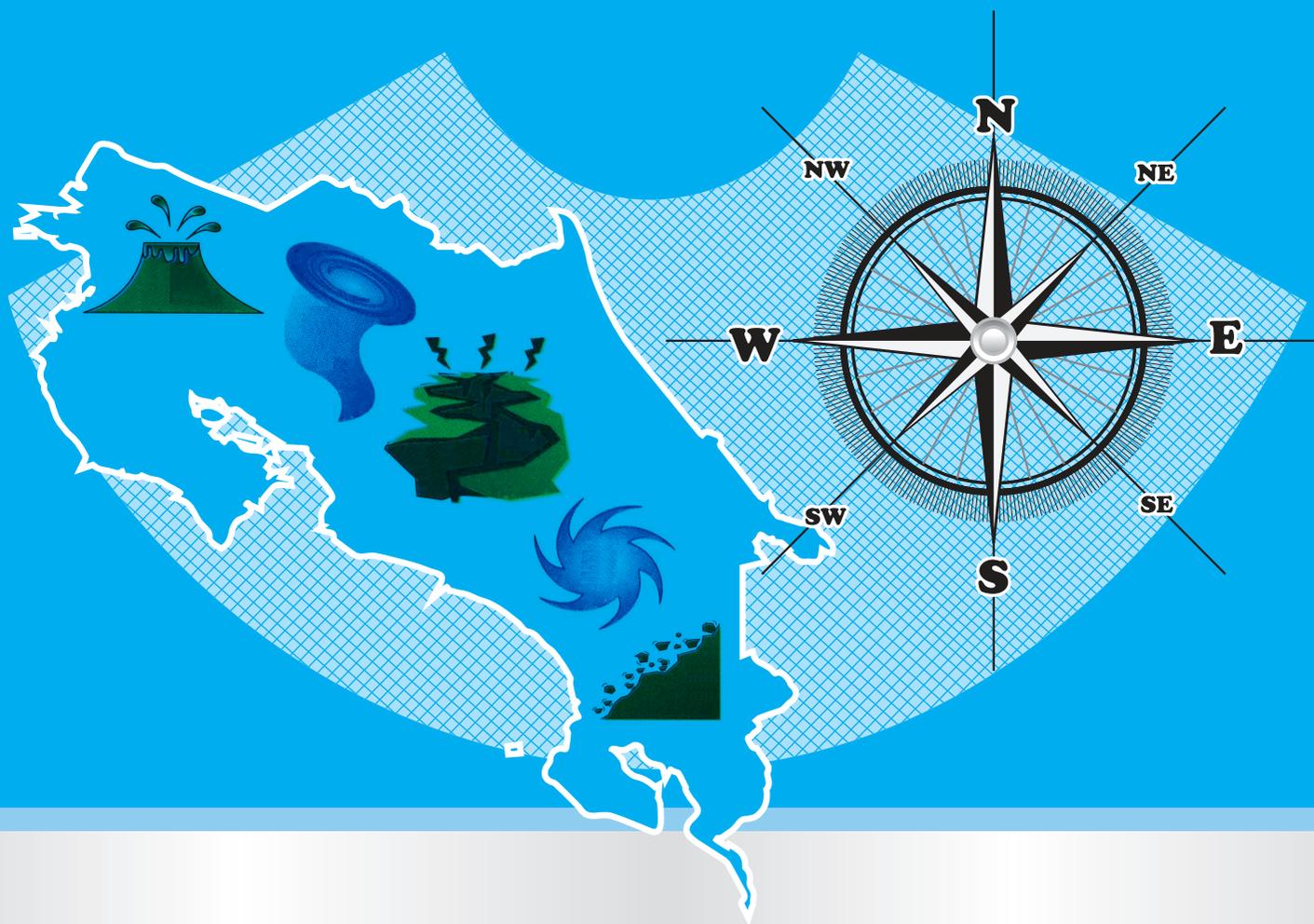




ISSN: 1659-3057
Revista N°9 / DIC.2012

EN TORNO A LA PREVENCIÓN



1. DEFICIENCIAS DEL ÍNDICE DE FRAGILIDAD AMBIENTAL EN LA VALORACIÓN DE LAS AMENAZAS NATURALES PARA LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL.

M.Sc. Gustavo Barrantes Castillo

Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional

Resumen

Las amenazas naturales son incorporadas en la planificación territorial por medio de una metodología oficial que pretende incorporar la variable ambiental en el ordenamiento territorial, denominada Índice de Fragilidad Ambiental (IFA). Por tratarse de un índice que agrupa mucha información corre el riesgo de ocultar las amenazas que están presentes en un espacio concreto. Así mismo, los métodos mínimos aportados para estimar las variables con que se valoran las amenazas resultan poco robustos pudiendo llevar a una subestimación de la amenaza. La revisión realizada, por medio de una simulación hipotética, mostró que este índice no es apropiado para incorporar las amenazas naturales en la planificación territorial.

Palabras clave:

IFA, PLANIFICACIÓN TERRITORIAL.
ORDENAMIENTO TERRITORIAL.
VALORACIÓN DE AMENAZAS NATURALES

Abstract:

The natural hazards are incorporated on the territorial plans for a official methodology that include the environment topic on the land use planning, called "Índice de Fragilidad Ambiental". That Index groups a lot of information, so it can hide the hazards present on some space. Also, the minimum methods given to estimate the variables, and asses the hazards, come to be weak, so that can undervalue the actual hazard.

The review which was made per hypothetical simulation, showed that the index isn't appropriate to incorporate the natural hazards on the land use planning.

1. Introducción

La planificación territorial se concreta mediante un plan territorial o plan de ordenamiento territorial, que procura ordenar la multiplicidad

de usos de la tierra que existen o podrían existir en un futuro próximo. Comúnmente dicho plan se estructura en tres fases (Pujadas y Font, 1988):

1. El análisis territorial: caracterizado por una recopilación de información territorial base de varios tipos, como por ejemplo: biofísica, poblacional, económica, etc.

2. Diagnóstico territorial: con base en el análisis de la información anterior se realiza un diagnóstico sobre los problemas y potencialidades del territorio. En esta fase se parte de la situación actual del territorial para elaborar los objetivos territoriales que orientan el modelo territorial propuesto.

3. Elaboración de propuestas y determinantes: se trata las líneas de acción territorial propuestas, junto con las normas, directrices y recomendaciones, que permitan alcanzar el modelo territorial propuesto.

En el análisis territorial las amenazas naturales se consideran como limitantes espaciales a tomar en cuenta para el modelo territorial que se desea alcanzar. En Costa Rica, estas y otras limitantes ambientales son incorporadas a la planificación territorial por un procedimiento estandarizado y promulgado vía Resolución de la SETENA No. 588-1997, denominado "Índices de Fragilidad Ambiental (IFA)" (1997).

El método oficial se encuentra publicado en el "Manual de Instrumentos Técnicos para el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental" (Decreto No. 32967-MINAE). Dicho manual contiene el procedimiento a seguir para la generación de mapas de Ordenamiento Ambiental Territorial (OAT) basados en la metodología del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA), dentro de un marco básico de evaluación ambiental estratégica aplicada al ordenamiento territorial.

El órgano encargado de avalar el resultado de su aplicación es la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA) quién otorga la denominada “viabilidad ambiental”.

En la metodología de IFA, las amenazas naturales son incorporadas por medio del Índice de Geoaptitud. El mapa resultante del análisis de la geoaptitud se alcanza por medio de la suma algebraica de datos de calificación cualitativa de cinco variables o factores de geoaptitud, estos son: litopetrofísico, geodinámico externo, hidrogeológico, estabilidad de ladera y amenazas naturales.

El establecimiento de una metodología estandarizada para la evaluación de las amenazas podría considerarse un aspecto positivo. Sin embargo, los métodos propuestos para su estimación resultan en grandes generalizaciones que dejan por fuera variables importantes a considerar. Adicionalmente, al homogenizar el tratamiento de todas las variables incluidas en el IFA se genera un artificio que bien podría valorar inadecuadamente las amenazas naturales.

A continuación se estudia en detalle el índice de geoaptitud en el contexto del IFA, así como las implicaciones de los métodos propuestos en el decreto para la estimación de los peligros naturales, desde una visión crítica que pretende hacer una reflexión sobre la necesidad de mejorar o cambiarlo.

2. La construcción de un sistema de indicadores.

El propósito general en la construcción de un índice es presentar información de manera apropiada para su análisis, esto implica que los datos fuente deben pasar por un proceso de clasificación, ponderación y organización (Instituto Nacional de Ecología, 2000; Quirog, 2009). Al seleccionar los criterios y características del indicador se procura que filtren información sin perder la confiabilidad científica (Herrera, 2009). La valoración de las amenazas en el índice de geoaptitud, se basa en una serie de procedimientos abreviados, que aparecen tabulados en el anexo no. 2 del Decreto No. 32967-MINAE (2006). En pocos caso dichos procedimientos hacen referencias a literatura científica, en su lugar parecen generalizaciones a partir de principios generales.

Según Herrera (2009) los indicadores pueden clasificarse, como:

1. Sectoriales.
2. De estado o dinámico: El primero se obtiene de un proceso de diagnóstico para caracterizar algún aspecto ambiental en un momento dado. El segundo se elabora para realizar un proceso de monitoreo por medio de la comparación de dos o más evaluaciones sucesivas.
3. Simple, compuestos y dinámicos: simple cuando representa directamente la variable que involucra, compuesto cuando incorpora dos o más variables en su cálculo, y dinámico cuando miden cambios en un periodo de tiempo dado.
4. De alcance local, regional o nacional.

Al clasificar al IFA acorde con estos criterios resulta ser estático, compuesto y local. Idealmente los índices ambientales deben ser dinámicos, para permitir el monitoreo o comparación en el tiempo, sin embargo, se comprende que el IFA sea estático ya que pretende ofrecer un diagnóstico sobre la fragilidad ambiental para el proceso de planificación territorial y no para el monitoreo de la situación ambiental. Aspecto este último que le resta utilidad como índice para la gestión territorial del riesgo.

De acuerdo con el mismo autor, un sistema de índices para la evaluación ambiental con visión de sostenibilidad debe considerar:

1. Definir el objetivo del sistema, especialmente con relación a su utilización y usuarios finales.
2. Definición de condiciones causales, lo cual implica una revisión de la literatura científica para conocer la naturaleza de las relaciones causales entre las variables consideradas.
3. Definición de la estructura analítica del sistema o marco de análisis.
4. Selección de los indicadores, considerando criterios de disponibilidad y calidad de los datos.
5. Consulta a los usuarios para evaluar su aceptación.
6. Revisión final, puede hacerse consulta con expertos en el tema para hacerse los ajustes finales.

Al revisar la metodología oficial en el Decreto N° 32967 MINAE, es posible afirmar que, al menos, se cumplen los primeros 4 criterios. Sin embargo, las relaciones causales no están claramente establecidas y en varios casos la fundamentación de los mismos no está respaldada por la literatura citada o lo está en informes de investigación realizados por el

propio autor de la metodología.

3. La valoración de las amenazas naturales en el contexto del IFA

El IFA se describe como una valoración cualitativa del grado de la fragilidad del ambiental ante el uso de la tierra:

“Se define como el balance total de carga ambiental de un espacio geográfico dado, que resume la condición de aptitud natural del mismo (biótica, gea y de uso potencial de la tierra), la condición de carga ambiental inducida, y la capacidad de absorción de la carga ambiental adicional, vinculada a la demanda de recursos” (Decreto No. 32967-MINAE, 2006, p. 3)

En su construcción se utilizan cuatro ejes de información: (Decreto No. 32967-MINAE, 2006):

- **Antropoaptitud:** condición que presenta un espacio geográfico en razón de los diferentes tipos de uso del suelo que de él hacen los seres humanos.
- **Bioaptitud:** condición natural que tiene un espacio geográfico desde el punto de vista biológico.
- **Edafoaptitud:** comprende la condición de aptitud natural que tiene un terreno dado, respecto a las condiciones de la capa de suelo que lo recubre.
- **Geoaptitud:** se refiere a la condición de estabilidad natural de los espacios geográficos, tanto desde el punto de vista de sus condiciones de subsuelo, como de los procesos geodinámicos activos que pueden alterar esa estabilidad

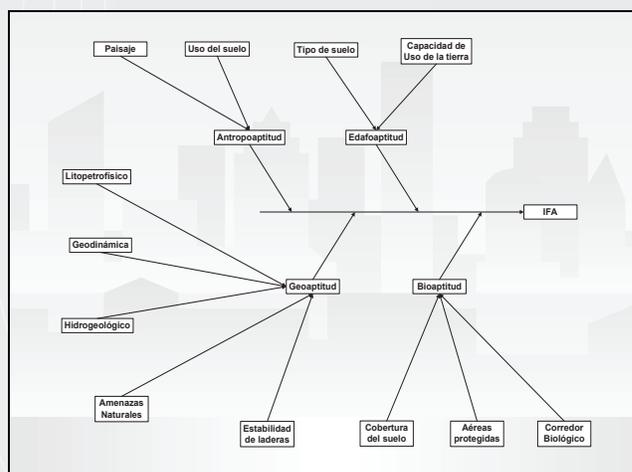
Huggett (1993) aclara que la predicción del un modelo del sistema ambiental depende fuertemente de la selección de los componentes del sistema y las relaciones que se asuma existen entre ellos, por tal razón debe explicitarse su modelo conceptual pues éste constituye el esqueleto que sustenta el modelo matemático construido. Según este autor, otra razón para explicitar el modelo conceptual está en que el sistema que representa nunca puede ser total o verdaderamente conocido, por tanto el modelo siempre constituirá una conjetura de cómo funciona, en otras palabras, se trata de una hipótesis de cómo alguna porción de la realidad se ensambla y de cómo se comporta.

El Decreto No. 32967-MINAE, no representa un modelo conceptual, ni en las referencias a publicaciones que contiene, por tal razón se debió

reconstruir a partir de las descripciones ofrecidas en el decreto. En la figura No. 1 se aprecia el modelo recreado. En este diagrama no se colocan las relaciones entre los componentes del sistema, debido a que se trata de sumas simples a partir de una categorización cualitativa de los valores de las variables.

El primer aspecto que sobresale es la disparidad en la cantidad de índices que compone el IFA integrado, así por ejemplo, los índices Antropoaptitud y Edafoaptitud están estructurados por dos variables cada uno, el índice Bioaptitud por tres, mientras que el índice de Geoaptitud está constituido por cinco factores, cada uno compuesto a su vez por menos cinco factores (Figura No. 1). Dicha disparidad podría atribuirse a la importancia implícita que el instrumento otorga al tema geológico.

Figura No. 1. Modelo Conceptual del IFA.



Fuente: Barrantes, G., 2012.

En la Figura No. 2 se aprecia la agregación de información que hace el Índice de Geoaptitud.

El algoritmo de cálculo del IFA es un promedio simple que se repite para cada una de las variables, para cada uno de los factores y para cada índice.

Inicia con una categorización de las variables en cinco clases, a saber: 1. Muy Alta, 2. Alta, 3. Moderada, 4. Baja y 5. Muy Baja, con base en cuadros de valoración que son incluidas en los anexos del Decreto No. 32967-MINAE. Posteriormente se suman y reclasifica nuevamente en cinco categorías para obtener el valor del factor.

El procedimiento se repite para obtener el valor del índice. Una vez valorados todos los índices se

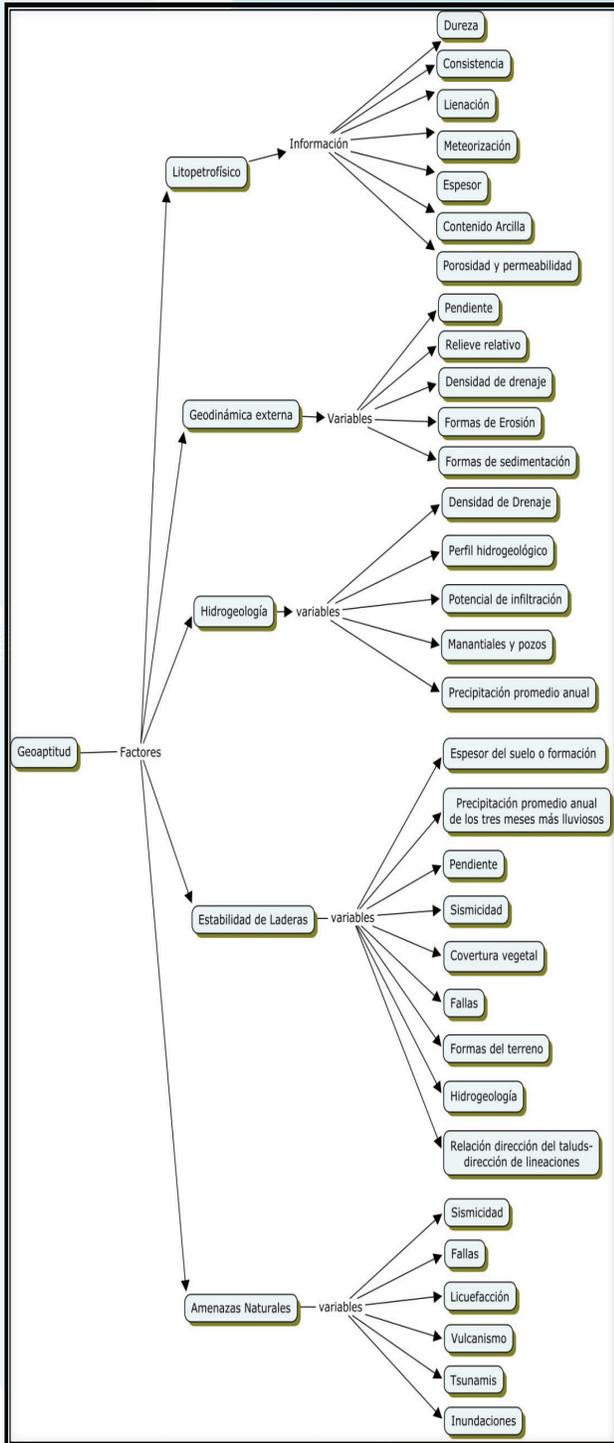
repite el procedimiento para obtener el valor final del denominado índice integrado de IFA.

La acción de promediar en cada nivel del IFA termina por agregar mucha información en un solo valor, lo que hace que pierda significado. A modo de paliativo para esta situación, la metodología implementa un listado de limitantes y potencialidades al uso de la tierra, que pretenden visualizar la información perdida en el proceso de generalización:

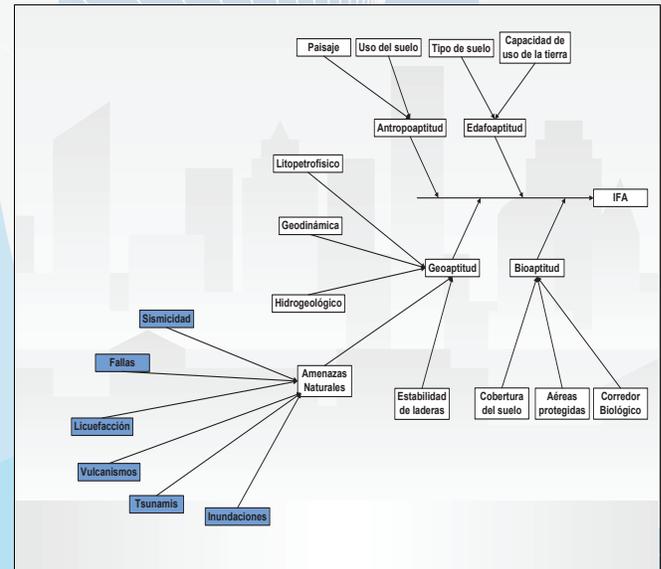
“Cada zona o subzona de IFA deberá contener una lista de atributos ambientales positivos y negativos que favorecen o limitan el desarrollo de actividades humanas” (Decreto No. 32967-MINAE, 2006, p. 6).

En relación con el tema específico de las amenazas naturales existen seis variables tomadas en cuenta (Figura No. 3). Al seguir el procedimiento descrito las amenazas consideradas se condensan en un valor, que posteriormente es promediado con los cuatro factores que conforma el índice de geoaptitud, para establecer el valor de éste último.

Figura No. 3. Detalle del aspecto “amenazas naturales” en el modelo conceptual del IFA.



Fuente: Barrantes, G., 2012.



Fuente: Barrantes, G., 2012.

4. Un escenario factible

Para mostrar de forma práctica el problema de la agregación de información y pérdida de significado de las variables se partirá de un caso hipotético que resulta similar a las condiciones que podrían encontrarse en una llanura costera caribeña costarricense. A continuación se presentan las características y los valores asignados para este caso:

Cuadro N° 1
Aplicación del IFA a un caso hipotético ubicado en una llanura del Caribe Sur

Índice	Sub índice	Características	Valor	Total
Antropoaptitud	Uso del suelo	Zona de actividad agrícola intensiva y con presencia de una población importante	5	5
	Paisaje	Parte baja de la cuenca con visibilidad limitada y cobertura de cultivos comerciales	4	
Edafoaptitud	Tipo de suelo	Alta fertilidad del suelo	2	2
	Capacidad de uso de la tierra	Alto potencial de uso agrícola	2	
Bioaptitud	Cobertura del suelo	Área de cultivo	5	5
	Áreas Protegidas	Zona sin restricción de uso	5	
	Potencial de corredor biológico	Zona de protección por proximidad a corredor biológico	4	
Geoaptitud	Litopetrofísico	Dureza de la roca	3	3
		Consistencia del suelo	3	
		Lineación	4	
		Meteorización	2	
		Espesor del suelo	2	
		Contenido de arcilla	4	
	Geodinámica externa	Porosidad y permeabilidad	2	4
		Pendiente	5	
		Relieve relativo	5	
		Densidad de drenaje	2	
		Formas de erosión	5	
	Hidrogeología	Formas de sedimentación	1	3
		Densidad de drenaje	2	
		Perfil hidrogeológico	3	
		Potencial de infiltración	3	
	Estabilidad de Laderas	Manantiales y pozos	3	3
		Precipitación promedio anual	4	
		Espesor del suelo	2	
		Precipitación promedio anual, para los tres meses más lluviosos	2	
Pendiente		5		
Sismicidad		2		
Cobertura vegetal		5		
Fallas		4		
Formas del terreno		3		
Hidrogeología		3		
Relación dirección del talud con lineaciones	5			
Amenazas naturales	Sismicidad	2	3	
	Fallas	4		
	Licuefacción	3		
	Vulcanismo	5		
	Tsunamis	5		
Inundaciones	1			
Valor final de IFA				4

Fuente: Barrantes, G., 2012.

De esta simulación resaltan las siguientes consideraciones:

El sitio presenta dos amenazas importantes, una por sismicidad y otra por inundaciones. A pesar de esto el índice de amenazas presenta un valor moderado, al promediarse con amenazas que no están presentes o cuya valoración es muy baja.

El factor estabilidad de laderas, aplicado a las condiciones típicas de las llanuras caribeñas, presenta un valor moderado a pesar de tratarse de una llanura donde no hay amenaza por deslizamiento, excepto por erosión lateral del río, aspecto que no está contemplado en la metodología.

El índice de geoaptitud presenta un valor moderado que no refleja la susceptibilidad a que ocurra un evento potencialmente desastroso, como un sismo o una inundación.

Finalmente, el IFA integrado registra un valor alto de aptitud (4), lo que representa una baja fragilidad ambiental del espacio en cuestión. Este valor daría fundamento para la urbanización de esta zona, a menos que el consultor advierta la necesidad de crear subzonas de IFA para resaltar estas amenazas.

5. El tratamiento de las Amenazas Naturales.

Desde un punto de vista meramente conceptual, los procedimientos planteados en el IFA no llevan a una estimación de la amenaza, ya que esto implicaría una determinación de la probabilidad de que un evento con una determinada intensidad ocurriese, en su lugar, los métodos proporcionan un acercamiento a las zonas de posible afectación o peligro ante la ocurrencia de eventos de variable intensidad.

Si bien existen procedimientos ampliamente aceptados que podrían conducir a una precisa estimación de la amenaza, estos requieren de datos raramente disponibles y de entrenamientos especializados para su ejecución. No obstante, el conocimiento sobre las amenazas naturales sigue una serie de etapas que van de lo general a lo particular. La disponibilidad de recursos económicos y humanos, así como la información existente sobre la amenaza son los aspectos que van a determinar el nivel de detalle a que es factible realizar las valoraciones de las amenazas. Ya se trate de estudios generales o específicos, ambos tienen su valor en la planificación territorial.

En términos de escala, los estudios de amenazas útiles para el proceso de planificación territorial van desde escalas 1:50.000 a 1:10.000 para un primer nivel grueso de aproximación generalmente cualitativo, escalas entre 1:10.000 y 1:2.000 para estudios más detallados que permiten especificar áreas y hacer evaluaciones más cuantitativas y escalas > 1:2.000 para estudios de sitios puntuales con técnicas generalmente costosas (Proyecto Prevención de Desastres en la Comunidad Andina, 2009). Las indicadas son solo indicativas y varían para cada amenaza.

En los casos donde se requiere hacer el primer acercamiento o valoración gruesa de la amenaza, ya sea por no disponer de recursos o datos de calidad para hacer estudios más detallados, se requieren de técnicas mínimas para obtener el potencial de amenaza, generalmente de tipo heurísticas, valoración que debe ser sustituida posteriormente por investigaciones más detalladas. Para este primer nivel el decreto ofrece una serie de cuadros de calificación de las amenazas naturales incluidas. A continuación se examinarán brevemente dichos cuadros valorativos.

5.1. Sismicidad

La amenaza por sismicidad es estimada por medio de la sismicidad regional y la sismicidad local. En el primer caso se utiliza la Escala de Intensidad de Mercalli, al menos esto se deduce de los símbolos utilizados, puesto que no se indica en el decreto. En la valoración de la sismicidad local se utiliza una metodología poco usual desde el punto de vista sismológico, se trata de un algoritmo de interpolación que calcula la densidad promedio de los sismos, considerando la magnitud y ubicación de los mismos. A pesar de que los métodos de interpolación están ampliamente aceptados, para este caso resulta una débil aproximación al no considerar aspectos como la ley de atenuación de la onda sísmica o el efecto local del suelo, ecuaciones que han sido calibradas para nuestra región como la de Climent y la de Schmidt, (Climent, Rojas, Alvarado, & Benito, 2008). Otro aspecto a considerar es el error asociado a la ubicación de los sismos, tanto en la horizontal como en la vertical.

Según Protti (2012) el error en la ubicación de los epicentros puede rondar los 3 km en el Valle Central y aumente fuera del mismo donde la red es menos densa, lo que representa una incertidumbre muy alta

para estudios de planificación territorial.

Por otro lado, el índice de densidad sísmica tampoco contempla la profundidad del hipocentro, el cual ha mostrado tener influencia sobre la sacudida sísmica, aspecto que se verifica en los terremotos de Cartago (1910) y Cinchona (2009), entre otros.

5.2. Fallamiento

El peligro por ruptura de la superficie como consecuencia del movimiento de una falla es calculado por medio de dos consideraciones iniciales, la primera si la falla está activa, desde un punto de vista del registro histórico e instrumental, y la segunda si se trata de una zona de debilidad cortical que muestra indicios de deformación por fallamiento. Con base en lo anterior se establecen corredores (buffers en inglés) alrededor de la falla o de la zona de deformación por fallamiento activo. El decreto indica que se usan como referencia las normas establecidas en el Estado de California, por presentar similitudes sismológicas entre ambos territorios, afirmación que no parece tener sustento en el modelo de la tectónica regional de cada uno de estos sitios. En los documentos citados solo se establece una distancia de no construcción de 50 pies (15 m) en caso de falla activa, la base para establecer los otros corredores no aparece explícita. Por otro lado, el indicador de potencial de fractura en superficie tampoco contempla el tipo de movimiento en la falla (vertical y horizontal, por ejemplo), aspecto que ya mostró implicaciones importantes en el caso del Terremoto de Limón (1991), o el hecho, de que las rupturas no siempre alcanzan la superficie, ya que pueden no romper en superficie o quedar cubiertas por sedimentos (Keller y Blodgett, 2004).

Un aspecto a tener en cuenta está en la precisión en la ubicación de las fallas geológicas y sismos asociados, ya que la información contenida en el Sistema de Información para Emergencias de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias no contiene metadatos para diferenciar la calidad de la información, la escala original del o método de levantamientos. Cuando se trabajan datos de fallas y sismo es común encontrar errores asociados a cambios de proyección (de Lambert a CRMT05), que pueden rondar los 200 metros.

5.3. Licuefacción

El potencial de licuefacción se calcula por medio de dos variables: a) espesor de la capa de arenas superficiales y b) profundidad del nivel freático. La lógica general es que a mayor espesor de arenas superficiales y menor profundidad de nivel freático, mayor amenaza y viceversa. Estos principios generales son correctos, sin embargo no se considera el grado de selección (o limpieza) de las arenas o gravas, ni la proximidad a fuentes sísmicas regionales con potencial de sismicidad $M_s \geq 7.0$ (< 50 Km por ejemplo), aspectos que le darían robustez al método (Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, 2002).

5.4. Vulcanismo

Sobre este tema el decreto solo incorpora la amenaza por proyección balística y flujos posiblemente de derrubios. En el primer caso la zona de amenaza corresponde a una circunferencia con un radio de 3 km a partir del centro de emisión, que se va ampliando hasta 30 km. En el segundo caso, la amenaza por avalancha o flujo de derrubios cerca de los cauces de ríos se define como un área de 50 metros alrededor de los cauces, sobre una distancia lineal hasta los 30 km.

En el caso de la proyección balística es aceptado que el riesgo es muy bajo más allá de los 5 Km (Scott, 1993; Proyecto MET-ALARN, 2005). Soto & Paniagua (1992), por su parte, extienden esta zona hasta 8 km para algunos volcanes de la Cordillera Volcánica Central. Sin embargo, en la tabla de valoración se utilicen radios de hasta 30 km.

En relación con los flujos, definir un corredor de 50 m resulta arbitrario. El área de afectación por lahar va a depender de la geomorfología fluvial, en particular la profundidad de disección de los cauces y los cambios de pendiente que marcan el inicio de conos de deyección o abanicos aluviales. La extensión máxima que estos fenómenos pueden alcanzar depende fundamentalmente de la pendiente y del material movilizado, por lo que no tiene sentido mantener zonas de amenaza para distancias preestablecidas.

Por otra parte, la metodología no contempla la ocurrencia de flujos piroclásticos, oleadas, acidificación, flujos de lava, colapso gravitacional (debris avalanche), ni la posibilidad de apertura de conos monogenéticos a lo largo de fracturas

volcánicas (rifts) como los presentes en los volcanes Poás, Barba e Irazú.

5.5. Tsunami

En la determinación del nivel de amenaza por tsunami, el cuadro de valoración considera bahías y estuarios y la altitud sobre el nivel del mar. Si bien estos criterios son una buena aproximación, se deja por fuera variables como el grado de protección de la costa por presencia de barreras vivas (como arrecifes, manglares o bosques) y la forma de la plataforma continental. Tampoco considera la proximidad de fuentes sísmicas con potencial de sismos $M_s \geq 7.0$ (locales, regionales o mundiales).

5.6. Inundaciones

Las variables utilizadas para establecer el grado de amenaza por inundación son: la presencia de terrazas y la altura sobre el tirante del río. Si bien Barrantes & Vargas (2011) ya había señalado la importancia de utilizar las terrazas fluviales en la estimación del nivel de amenaza para el ordenamiento territorial, no todos los ríos del país presentan estas formas. En los casos donde no hay presencia de terrazas la determinación del nivel de amenazas recaería en un solo criterio, el tirante. La altitud sobre el tirante del río, es una variable difícil de determinar debido a que la cartografía base del país se encuentra a escala 1:50.000 con algunos sectores en 1:10.000 (como La Gran Área Metropolitana). El nivel de detalle de la topografía en estas escalas no permite establecer pequeñas diferencias. Una variable importante a considerar en la definición de la amenaza son los caudales extremos y sus áreas de inundación, aspectos no considerados en el decreto.

5.7. Deslizamientos

En la estructura del IFA la amenaza por deslizamientos es tratada por separado del factor amenazas naturales, sin una razón explícita. Es así como el decreto lo considera un factor independiente denominado “Estabilidad de Laderas”.

Es posible considerarlo como un factor independiente en virtud de que la estabilidad de laderas es un aspecto central en la capacidad soportante del terreno. No obstante, para que este factor tenga esta categoría requeriría de estudios

más detallados basados en la determinación de un coeficiente de seguridad, por medio de parámetros físico-matemáticos que consideran las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras que actúan sobre el talud (González, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

De acuerdo con el decreto, el mapa de susceptibilidad (mal llamado de estabilidad de laderas) se elabora sobre la base de un modelo cartográfico. Los modelos cartográficos se construyen por medio de la superposición de mapas que representan los factores pasivos y activos que intervienen en la ocurrencia de deslizamientos. El decreto propone un método original del autor, dejando de lado una metodología que ha sido ampliamente utilizada en el país, el Método Mora-Vahrson (Mora & Vahrson, 1991; Chacon, 1993; Mora, Vahrson, & Mora, 1992; Barrantes, 2010).

6. Conclusiones

1. En ausencia de estudios profundos sobre las amenazas naturales resulta adecuado y necesario estudios preliminares a escalas 1:50.000 o inferiores que permitan determinar el nivel de peligro presente en el territorio. Dichas estimaciones pueden hacerse por métodos heurísticos de base cartográfica como es el caso de los propuestos en el Manual de instrumentos técnicos para el proceso de evaluación de impacto ambiental Parte III, conocida como Metodología de IFA. No obstante este tipo de estudios debe ser reemplazados por investigaciones posteriores realizados en escalas más detalladas o con modelos más elaborados.
2. La metodología de IFA fue propuesta para incorporar la variable ambiental en la planificación territorial, razón por la cual resulta en un instrumento que mezcla y agrega información muy variada, lo que hace que en el proceso las variables pierdan significado. Este es el caso del denominado Factor de Amenazas naturales, el cual es el responsable de valorar las amenazas naturales presentes en el territorio.
3. El IFA puede describirse como un índice compuesto, estático y de aplicación local o regional. Idealmente un sistema de índices ambientales debe ser dinámico, para permitir el monitoreo o comparación en el tiempo, lo que lo hace inapropiado para su utilización en procesos de gestión territorial del riesgo.
4. La forma en que está estructurado el IFA

hace que el valor de las zonas con alta amenaza se diluya entre las demás variables, debido a la relación o método de cálculo simplista utilizado para calcular el IFA integrado.

5. Los métodos propuestos en el decreto para la valoración de las amenazas naturales resultan generales y deja variables importantes sin consideración, lo que podría llevar a una valoración inadecuada de las amenazas naturales.

7. Referencias Bibliográficas

Astorga, A., y Campos, L. (2001). El cartografiado de geoaptitud de los terrenos. *Revista Geológica de América Central* (24), pp. 103-110.

Barrantes, G. (2010). Lecciones aprendidas en gestión de riesgos a deslizamientos: caso zonificación de susceptibilidad por deslizamientos en Cuenca, Ecuador. *I Congreso Internacional Gestión de Riesgos, Ambiente y Energías Alternativas*, 10, 11 Y 12 de noviembre de 2010. Quito, Ecuador.

Barrantes, G., & Vargas, J. (2011). La zonificación de amenazas por inundaciones como herramienta para el ordenamiento territorial en el Valle del Rio Sixaola. *Revista Geográfica de América Central* (46), pp. 67-85.

Climent, Á., Rojas, W., Alvarado, G., y Benito, B. (2008). Evaluación de la amenaza sísmica en Costa Rica. Guatemala: CEPREDENAC.

Costa Rica. Leyes y Decretos. (1997, 28 de octubre). Resolución de la SETENA No. 588: Manual Instrumentos Técnicos de Evaluación Impacto Ambiental. San José, C.R. La Gaceta No. 215.

Costa Rica. Leyes y Decretos. (2006, 4 de mayo). Decreto No. 32967-MINAE: Manual de instrumentos técnicos para el proceso de evaluación de impacto ambiental-Parte III. San José, C.R. La Gaceta No. 85

González, L., Ferrer, M., Ortuño, L., y Oteo, C. (2002). *Ingeniería geológica*. Madrid: Pearson Educación.

Herrera, B. (2009). Evaluación y monitoreo de recursos naturales. (3 ed.). México : Universidad de Chapingo.

Huggett, R. J. (1993). *Modelling the human impact on nature: Systems analysis of environmental problems*. Oxford: Oxford University Press.

Instituto Nacional de Ecología. (2000). *La evaluación del impacto ambiental: logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000*. México: Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

Keller, E., y Blodgett, R. (2004). *Riesgos Naturales*. España: Pearson, Prentice Hall.

Mora, R., Vahrson, W., y Mora, S. (1992). *Mapa de amenaza de deslizamientos, Valle Central, Costa Rica*. Guatemala : CEPREDENAC.

Mora, S., & Vahrson, W. (1991). Determinación a priori de la amenaza de deslizamientos sobre grandes. *Memoria sobre el Primer Simposio Internacional sobre Sensores Remotos, Sistemas de Información Geográfica (SIG), para Estudios de Riesgos Naturales*. Bogotá, Colombia.

Protti, M. (10 de Abril de 2012). Comunicación personal. Investigador, OVSICORI.

Proyecto MET-ALARN. (2005). *Erupciones volcánicas; mapas de amenazas, recomendaciones técnicas para su elaboración*. Managua: INETER-COSUDE.

Proyecto Prevención de Desastres en la Comunidad Andina. (2009). *Incorporando la gestión del riesgo de desastre en la planificación y gestión territorial: guía técnica para la interpretación y aplicación del análisis de amenazas y riesgos*. Lima: Secretaría General de la Comunidad Andina.

Pujadas, R., y Font, J. (1988). *Ordenación y planificación territorial*. Madrid: Editorial Síntesis s.A.

Quirog, R. (2009). *Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe*. Santiago: CEPAL.

Scott, W. (1993). Los peligros volcánicos. En R. Tilling, *Apuntes para un curso breve sobre los peligros volcánicos* (B. Beate, Trad., pág. 111). Santa Fe: World Organization of Volcano Observatories.

Soto, G., y Paniagua, S. (1992). *Cordillera Volcánica Central de Costa Rica: sus peligros y prevenciones*. *Revista Geográfica de América Central* (25-26), pp. 291-304.