

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Postgrados

**Estudio integral de riesgos en una zona sujeta a amenazas, para
generar escenarios de riesgo usando herramientas SIG e
información técnica**

Teresa Jacqueline Vera San Martín

Richard Resl, Ph.D.(c), Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Magíster en Sistemas de Información Geográfica

Quito, enero de 2015

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Postgrados

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Estudio integral de riesgos en una zona sujeta a amenazas, para
generar escenarios de riesgo usando herramientas SIG e
información técnica**

Teresa Jacqueline Vera San Martín

Richard Resl, Ph.D.(c)

Director de Tesis

Karl Atzmanstorfer, MSc.

Miembro del Comité de Tesis

Richard Resl, Ph.D.(c)

**Director de la Maestría en Sistemas
de Información Geográfica**

Stella de la Torre, Ph.D.

**Decana del Colegio de Ciencias
Biológicas y Ambientales**

Víctor Viteri Breedy, Ph.D.

Decano del Colegio de Posgrados

Quito, enero de 2015

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Teresa Jacqueline Vera San Martín

C. I.: 0911083020

Quito, enero de 2015

RESUMEN

En este trabajo se aborda el análisis de los riesgos desde una perspectiva cartográfica aplicando los conceptos ampliamente extendidos actualmente y haciendo uso de la información espacial existente en fuentes públicas oficiales. Los riesgos son estudiados partiendo de una revisión de la información histórica, espacial y contextual de los eventos adversos y de los factores que lo construyen, estos son las amenazas y las vulnerabilidades. Se selecciona una área de reciente desarrollo en el área urbana de Guayaquil en la que considerando las amenazas definidas en estudios previos y determinando la vulnerabilidad poblacional se realiza la evaluación de riesgos empleando herramientas de los sistemas de información geográfica aplicadas a modelos cartográficos de tipo raster y vector, lo que permitió obtener mapas de riesgo que integran las dos dimensiones de este. Posteriormente y usando mapas de amenazas generados ad hoc se realiza la creación de dos escenarios de riesgo y se obtiene la información de las afectaciones asociadas a éstos. Finalmente se evalúan los resultados en cuanto a los productos intermedios obtenidos, las metodologías en estudios similares y la aplicabilidad del método. Luego se identifican algunos medios de mejorar la herramienta.

ABSTRACT

In this paper the risk analysis is approached from a cartographic perspective applying concepts that are by now well known, and by the use of existing spatial information held by public institutions. The risks are studied based on a review of the historical, spatial and contextual information of adverse events and the factors that construct it, which are the threats and vulnerabilities. In an area of recent urban development in the city of Guayaquil, where threats and the population's vulnerability have been determined in previous studies, risk assessment is performed using tools of GIS applied to cartographic models of raster and vector type, which allow to obtain risk maps that integrate the two dimensions of this. Subsequently, using hazard maps that are generated ad hoc, to create two risk scenarios which allowed to obtain information about the respective damages that would occur. Finally, the results are evaluated in terms of the obtained intermediate products and methodologies and their applicability tested and suggested for similar. Finally improvements to method are discussed.

Tabla de contenido

RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
Índice de figuras	9
Índice de tablas.....	12
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 Antecedentes.....	13
1.2. Objetivo.....	14
1.3 Justificación	15
2. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 Gestión de riesgos.....	17
2.1.1 De los escenarios prospectivos a los escenarios de riesgo	22
2.1.2 Herramientas de creación de escenarios existentes	24
2.1.3 Metodología para creación de escenarios.....	27
2.2 Procesos SIG.....	29
3. METODOLOGÍA.....	32
3.1. Selección del área de estudio	32
3.2. Descripción del área de estudio.....	45
3.2.1 Relieve e hidrografía	46
3.2.2 Cobertura y uso del suelo	48
3.2.3 Suelo y Clima	48
3.2.4 Organización político administrativa.....	49
3.2.5 Infraestructura estratégica.....	50
3.2.6 Estructura poblacional y de servicios básicos	51
3.2.7 Rasgos socioeconómicos.....	54

3.2.8 Infraestructura educativa y de salud.....	56
3.2.9 Instituciones de respuesta.....	56
3.2.10 Instituciones de desarrollo social.....	57
3.3 Metodología	57
3.3.1 Vulnerabilidad de la población.....	61
4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS AMENAZAS Y RIESGOS.....	68
4.1 Identificación de la amenazas.....	68
4.1.1 Amenazas relacionadas a los eventos adversos.....	68
4.1.2 Amenazas naturales Identificadas y caracterizadas en estudios previos	71
4.1.3 Trabajos de identificación de amenazas en el sitio	74
4.2 Vulnerabilidad	75
4.2.2 Vulnerabilidad de las infraestructuras	77
4.2.3 Vulnerabilidad de las viviendas	77
4.2.4 Vulnerabilidad de las actividades productivas y de servicios	77
4.2.5 Vulnerabilidad del ambiente	78
4.2.6 Vulnerabilidad a Inundaciones	78
4.3 Estimación del riesgo.....	79
4.4. Generación de escenarios de riesgos.....	88
4.4.1 Escenario de riesgo por inundaciones	89
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	96
6. CONCLUSIONES.....	107
7. RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS	109
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112
ANEXOS	115

Índice de figuras

Figura No. 1. Pasos para la creación de escenarios de riesgos.....	28
Figura No. 2. Total de pérdidas (en billones \$US)causadas por desastres de origen natural en el periodo 1990-2012. Fuente: EM-DAT. The OFDA/CRED international Disaster Database – www/emdat.be – Univesrsiteit Catholique de Louvain,Brussels – Belgium. Consulta en 2013.	33
Figura No. 3. Índice de riesgo de mortalidad combinado por eventos de tipo ciclón, sismo, deslizamiento e inundación. Fuente: Global Risk Data Platform.-	35
Figura No. 4. Distribución de los eventos adversos por tipo y frecuencia en el periodo 1970-2012. Base Desinventar consultada en abril 2013 y SGR, 2013....	37
Figura No. 5. Frecuecia de eventos adversos y efectos en personas y viviendas por provincia en el periodo 1970-2012. Base Desinventar consultada en abril 2013 y SGR, 2013.....	38
Figura No. 6. Impactos de eventos adversos por tipo en personas y viviendas en el periodo 1970-2012. Base Desinventar consultada en abril 2013 y SGR, 2013.	39
Figura No. 7. Número de eventos por año en el periodo 1970-2012. Línea amarilla: Amenazas naturales e incendios forestales, línea verde: Solo amenazas naturales. Base Desinventar consultada en abril 2013 y SGR, 2013.....	40
Figura No. 8. Afectación en personas y viviendas en el periodo 1970-2012. Base Desinventar consultada en abril 2013 y SGR, 2013.....	41
Figura No. 9. Número de eventos vs. efectos en personas y viviendas en el cantón Guayaquil en el periodo 1970-2012. Base Desinventar consultada en abril 2013 y SGR, 2013.....	43
Figura No. 10. Eventos adversos reportados en el sector norte del cantón Guayaquil para el periodo 1970-2012. Base Desinventar consultada en abril 2013 y SGR, 2013.....	44
Figura No. 11. Ubicación del área de estudio. Fuentes cartográficas INEC 2010 y SGR 2012.....	46

Figura No. 12. Relieve e hidrografía de la zona de estudio. Fuente: ASTER GDEM.(2009-2014). Japan Space Systems. Recuperado de http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/register.jsp ., http://sni.gob.ec/coberturas;jsessionid=rWJy0op9kf4qwC-NoQYxpEe-	47
Figura No. 13. El área de estudio dentro de la configuración de Circuitos. SNGR, 2011.	50
Figura No. 14. Ubicación de infraestructuras en el área de influencia de la zona de estudio. Fuentes: CONELEC,2013; PETROECUADOR 2013.....	51
Figura No. 15. Estructura de las zona de expansión urbana al noroeste de Guayaquil	54
Figura No. 16. Flujograma en términos del ModelBuilder para la elaboración de escenarios de riesgo.	58
Figura No. 17. Factores combinados para el cálculo de la vulnerabilidad, se observa el paso previo que se dio a cada capa para combinarlas en un esquema estándar.	63
Figura No. 18. Uso de la opción “Join Table” para enlazar la tabla de vulnerabilidad total con los polígonos de sectores censales vía código del sector	66
Figura No. 19. Esquema de la operación para generación de un escenario de afectación.....	67
Figura No. 20. Número de eventos vs. efectos en personas y viviendas en el cantón Guayaquil en el periodo 1970-2012. Fuente: Base Desinventar consultada en abril 2013 y SGR, 2013.	69
Figura No. 21. Número de eventos vs. efectos en personas y viviendas en el cantón Guayaquil en el periodo 1970-2012. Fuente: Base Desinventar consultada en abril 2013 y SGR, 2013.	70
Figura No. 22. Nivel de las amenazas de inundación y movimiento de masas en el sector de estudio. SGR (2010).Mapas de amenazas	72
Figura No. 23. Mapa de amenaza de incendios forestales en zona de estudio. Mapa SGR (2010-2011).	73

Figura No. 24. Resultado de la estimación de vulnerabilidad de la población.....	76
Figura No. 25. Vulnerabilidad a inundaciones según estudio del CIIFEN (2009)	79
Figura No. 26. Captura de pantalla durante el cálculo del riesgo. Uso de la calculadora ráster.....	82
Figura No. 27. Captura de pantalla del geoprocésamiento realizado para calcular el riesgo.....	83
Figura No. 28. Mapa resultante de riesgo por Inundación.....	84
Figura No. 29. Mapa resultante de riesgo por movimientos de masa	86
Figura No. 30. Mapa resultante de riesgo por multiamenazas	87
Figura No. 31. Diagrama del modelo operacional espacial usado para obtener el área del escenario por inundación.	90
Figura No. 32. Area afectada por inundación ficticia (izq.) Distribución de vulnerabilidades combinadas (poblacional y a inundaciones) en la zona de estudio "Voluntad de Dios"(der.).	90
Figura No. 33. Representación del escenario de riesgo por inundación de acuerdo a cinco niveles de intensidad.....	91
Figura No. 34. Esquema de la generación del escenario de riesgos de movimiento de masas.....	93
Figura No. 35. Representación del escenario de riesgo por movimientos de masa de acuerdo a niveles de intensidad.....	94
Figura No. 36. Flujograma del cálculo de riesgo de inundación en el modelo vectorial.....	101
Figura No. 37. Resultados de las salidas del cálculo de riesgo por amenaza de inundación para los modelos ráster y vectorial.....	102

Índice de tablas

Tabla No. 1. Afectaciones a personas y económicas por tipo de desastre causadas por los 10 eventos más relevantes en el periodo 1900 – 2013.	34
Tabla No. 2. Ranking de los cantones con mayor número de eventos adversos.	42
Tabla No. 3. Número de eventos adversos reportados en los sectores "Monte Sinaí" y "Voluntad de Dios".	45
Tabla No. 4. Datos de infraestructura de viviendas y servicios básicos según el censo INEC de población y vivienda del año 2010.	52
Tabla No. 5. Servicios del MIES en el distrito 09D08.	57
Tabla No. 6 Capas de datos espaciales usadas en los análisis.	59
Tabla No. 7. Valores usados para cuantificar la vulnerabilidad de la población. ...	64
Tabla No. 8. Proporción del área que corresponde a los diferentes niveles de vulnerabilidad en el área de estudio.	76
Tabla No. 9 Cuantificación de las afectaciones a la población en el escenario ensayado.	92
Tabla No. 10. Cuantificación de las afectaciones a la población y las vías en el escenario ensayado.	95
Tabla No. 11. Matriz Amenaza vs. Vulnerabilidad.	100
Tabla No. 12. Comparativo de resultados entre las salidas del modelo ráster y vector.	102

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En nuestro país recién en la Constitución de la República del Ecuador (2008)- Artículo 389, se incorporó a la gestión de riesgos como una política de estado:

El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.(...).(Título VII, Capítulo primero, Sección novena: Gestión de riesgos, p. 112)

Sin embargo el enfrentar y manejar las adversidades de variada naturaleza, que causan daños de diversa índole, ha sido un reto permanente para nuestra sociedad.

Los riesgos, cuya ocurrencia puede deberse tanto a factores naturales como inducidos por la actividad del hombre, y por supuesto a una combinación de ambos, han sido parte del diario vivir de los seres humanos en cada lugar habitado del planeta, así el Ecuador ha enfrentado según los registros históricos¹, sismos, tsunamis, erupciones volcánicas, fenómenos El Niño, grandes inundaciones, deslaves de gran magnitud, sequías, incendios forestales, incidentes ambientales, epidemias, entre otros. La medida del impacto de esos eventos dependió en su momento tanto de las características del mismo, i.e.,

¹ DESINVENTAR y EM-DAT bases de datos electrónicas

intensidad, duración, ubicación del foco del evento; como de la vulnerabilidad de las poblaciones que estuvieron dentro del radio de acción de dicho evento adverso.

En este punto es necesario revisar someramente uno de los conceptos básicos en la teoría de riesgos y desastres, la que define al riesgo como la interacción de la amenaza o peligro con la vulnerabilidad (USAID, 2009), expresado el resultado como una probabilidad. Entendiéndose en esta ecuación a la amenaza como un factor externo y a la vulnerabilidad como un factor endógeno que da una medida de la preparación de la población impactada para afrontar y pervivir a la ocurrencia de la amenaza. Dentro de esta preparación, se incluyen tanto los recursos como las capacidades de la población.

En el Ecuador se está evolucionado desde una cultura de respuesta o reactiva a una que persigue el manejo de los riesgos desde una perspectiva amplia con enfoque integral, que si bien se prepara para la respuesta a los eventos adversos trabaja con mayor énfasis para los periodos pre y post desastres orientada por ello a la reducción de los riesgos mediante su evaluación, minimización y mitigación, la construcción de fortalezas en la sociedad y el logro de comunidades resilientes.

1.2. Objetivo

Analizar el riesgo y diseñar posibles escenarios de riesgo en una zona seleccionada usando herramientas de Sistemas de Información Geográfica e información técnica disponible.

Objetivos específicos

1. Revisar conceptos y evaluar herramientas existentes para creación de escenarios de riesgos.
2. Desarrollar un enfoque metodológico con herramientas SIG para la creación de escenarios mediante el uso de información espacial georeferenciada.
3. Seleccionar el área de estudio con base en información histórica georeferenciada de eventos adversos.
4. Analizar y valorar la información espacial sobre riesgos disponible en el área de estudio.
5. Diseñar dos escenarios de riesgo usando el enfoque metodológico SIG diseñado en el objetivo dos.

1.3 Justificación

Además del reconocimiento de los riesgos como una parte insoslayable de nuestras vidas es necesario que tomemos acciones para manejarlo de la mejor manera posible, lo cual significa tratar de prevenir sus impactos cuando es posible y reducirlos cuando son inevitables, esta minimización puede ser lograda principalmente a través de la construcción de capacidades y por medio del empleo de múltiples herramientas de gestión.

Entre las opciones disponibles para la gestión de riesgos hay una variedad de instrumentos que comprenden desde herramientas educativas enfocadas en la comunidad, pasan por los recursos tangibles e intangibles de que dispone ésta para prepararse y manejar los riesgos, e inclusive contemplan herramientas técnicas del tipo aplicaciones, una herramienta que se menciona frecuentemente dentro de este tipo, en la gestión de riesgos, es la construcción de escenarios de riesgo, los cuales se consideran una manera de actuar de modo proactivo ante amenazas potenciales que pudieran concretarse (SUBDERE Gobierno de Chile, S.F.).

Citados en varios textos los escenarios de riesgo tienen diversas concepciones y abordajes, mas en todos ellos el factor común es que son un instrumento valioso para prepararse ante situaciones no deseadas proveyendo información para la toma de decisiones y la planificación.

Se trata en esta tesis de seleccionar un área de nuestro territorio, realizar una evaluación de los riesgos a ella asociados y emplear herramientas, metodologías y procedimientos de los sistemas de información geográfica que permitan obtener escenarios de riesgo de manera sistemática, empleando la información técnica disponible en los anales de la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR)² y en aquella que es de libre acceso³ para contribuir en alguna medida a disponer de una herramienta para mejorar la gestión de los riesgos.

²Bases de datos alfanuméricas y espaciales relativa a riesgos de la Secretaría de Gestión de Riesgos

³ Información geoespacial disponible para libre descarga en el Sistema Nacional de Información

2. MARCO TEÓRICO

Este trabajo se desarrolla en torno a dos temáticas principales, la gestión de riesgos y el uso de sistemas de información geográfica en la sistematización de este proceso. Se presentan los conceptos considerados importantes para la explicación de todo el proceso de desarrollo de esta tesis.

2.1 Gestión de riesgos

En gestión de riesgos hay conceptos básicos que se deben incluir a efecto de entrar en materia y poner en contexto los demás contenidos del presente trabajo.

Se mencionó antes que el riesgo es la combinación de amenaza y vulnerabilidad, se adelantó conceptos preliminares de estos términos, se mencionaron además términos como capacidades, recursos, eventos adversos, desastres y existe además de estos otraterminología cuyas definiciones se incluyen en el glosario, los que se insertan en este acápite son las consideradas de importancia básica para quien consulta este documento. Existe gran variedad de material publicado para definir los términos relativos a la gestión de riesgos, de entre ellos se ha escogido los que se consideran más claros y simples:

Evento adverso.- un hecho o fenómeno, cuya ocurrencia causa efectos negativos en las personas, los bienes, la infraestructura, los servicios, el ambiente; y cuya génesis puede ser de origen natural, por actividades antrópicas, o por una combinación de ambos (USAID OFDA, 2006).

Amenaza.- *“Un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales”*(SNGR, 2012).

Vulnerabilidad.- *“Características y circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza”* (SNGR, 2012, p.84). La vulnerabilidad puede ser particionada en varias componentes, así se habla de vulnerabilidad, física, social, ambiental, institucional, cultural, entre otras.

Riesgo.- *“..la probabilidad de sufrir consecuencias negativas (daños y pérdidas) de tipo económico, social y ambiental que pueden presentarse en caso de ocurrencia de un fenómeno peligroso, en relación con la capacidad de resistencia y recuperación de los diferentes actores sociales frente a dicho fenómeno”* (DIPECHO, 2007, p.10).

De los factores que interaccionan para construir los riesgos, las amenazas son menos propensas a mutar en el tiempo, sobre todo al hablar de las de origen natural, en tanto que la vulnerabilidad es más susceptible a aumentar o disminuir según se trabaje en ello. Frecuentemente se señala a las amenazas como factores exógenos y a la vulnerabilidad como característica intrínseca o propia del receptor de la amenaza.

A la definición de riesgo debo añadir algunas consideraciones complementarias, estas son en primer lugar que el riesgo se determina para una extensión y tiempo

determinados es decir que está enmarcado en una escala temporal y espacial, segundo, tiene un carácter dinámico, es decir puede variar según sus factores cambien y tercero no existe una forma única o “correcta” de definirlo.

Otras dos características relievables del riesgo (Wilches, 1998) son que afecta de manera diferente a los actores sociales, o sea que es diferenciado y que además por ser un fenómeno de carácter social es un fenómeno complejo derivado de las relaciones hombre – entorno en todas sus dimensiones.

Gestión de riesgos.- *“El enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales”* (SNGR,2012, p.79). Sobre este concepto se añade que la gestión de riesgos se compone de cuatro áreas: evaluación del riesgo, reducción y transferencia del riesgo, manejo de eventos adversos y recuperación (USAID, 2009). Una idea importante de incluir aquí es que se considera la gestión del riesgo un componente esencial para el logro del desarrollo sostenible, no se concibe actualmente una sociedad desarrollada sin integrar la variable riesgo y su manejo en los planes y estrategias de desarrollo.

Análisis y evaluación de riesgos.- Proceso que consiste en la identificación y caracterización de las amenazas, la determinación de las vulnerabilidades y la valoración del resultado de la interacción de estas variables (ISDR, 2009). Según Bell y Sarmiento (2002, citados en USAID, 2005, p. 17) el proceso se desagrega en actividades como se indica:

- Identificación de la naturaleza, extensión, intensidad y magnitud de la amenaza.
- Determinar la existencia y grado de vulnerabilidad.
- Identificar las medidas, capacidades y recursos disponibles.
- Construir escenarios de riesgo probables
- Determinar niveles aceptables de riesgos, consideraciones costo-beneficio de posibles medidas dirigidas a evitarlo o reducirlo.
- Fijar prioridades en cuanto a tiempos y movimientos de recursos.
- Diseñar sistemas de administración efectivos y apropiados para implementar y controlar los procesos anteriores.

De acuerdo a este texto los escenarios de riesgo son una etapa del proceso macro que es la evaluación de riesgos. En los párrafos siguientes se incluyen definiciones de escenarios de riesgos consultadas en varias fuentes.

Escenario de riesgo.-*“Visión anticipada de lo que podría suceder si llegara a presentarse o a hacerse real una amenaza sobre una comunidad o sobre un sistema vulnerable; dicho de otra manera, es el espacio y tiempo en donde los componentes del riesgo confluyen (las amenazas y las vulnerabilidades) junto con la previsión de las posibles consecuencias de esta confluencia”* (DIPECHO, 2007, p.10).

Otra definición similar: *“...identificación y análisis de los factores que interactúan en el riesgo (amenaza y vulnerabilidad) representados en un territorio en un momento dado. Este análisis prevé también un análisis de consecuencias y daños*

potenciales considerando los grados de vulnerabilidad y amenaza otorgados por estudios específicos", (Estacio, 2011, p. 27).

Es claro que al elaborar los escenarios de riesgos se deben considerar las amenazas y las vulnerabilidades, analizando los diferentes niveles de magnitud en que pudieran presentarse los primeros y también las varias características y tipología que pueden adoptar las segundas, en la comunidad afectada; entonces cada escenario será una combinación posible de a su vez múltiples posibles factores.

Los escenarios de riesgo pueden desarrollarse utilizando técnicas variadas, pasando éstas por las más simples consistentes en productos realizados por ejemplo por miembros de la comunidad sobre papel y con base en su conocimiento del entorno, a las más complejas que emplean tecnologías computacionales y herramientas SIG. Lo importante es que en ellos se consideren tanto las condiciones actuales como la memoria histórica de la comunidad (Wilches-Chaux, 1998), para avizorar posibles condiciones futuras.

Un escenario de riesgo puede, de concretarse, convertirse en un escenario de impacto o desastre (DIPECHO, 2007, p.17), pero siempre tiene inherentemente un carácter probabilístico.

2.1.1 De los escenarios prospectivos a los escenarios de riesgo

En teoría de diseño de escenarios, la mayoría de los textos cita las tesis fundamentales desarrolladas originalmente por Kees Van Der Heijden y sus estudios sobre prospectiva, término íntimamente relacionado al tema de estudio, los escenarios. Godet (s.f., citado en Hevia, s.f., p.67.) señala que “un escenario es un conjunto formado por la descripción de una situación futura y la progresión de los acontecimientos que permiten pasar de la situación de origen a la situación de futuro” y sobre el método de escenarios señala que es el “análisis que comprende cierto número de etapas muy precisas (...) que se encadenan en una secuencia lógica”. Así la metodología se puede resumir en los siguientes pasos:

- Percepción del Presente: delimitación del sistema, definición del horizonte temporal y elaboración de conjeturas sobre las variables
- Percepción del Futuro Probable: análisis retrospectivo del fenómeno, (determinación de mecanismos evolutivos invariantes y tendencias a largo plazo), examen de estrategia de los actores, búsqueda de hechos transformadores, diseño de escenarios probables y alternos
- Diseño del Futuro Deseable: Elaboración de escenarios alternativos, a partir de las evoluciones más probables de las variables esenciales, la interacción y negociación de los actores y las transformaciones que pueden emerger.
- Estrategias de Desarrollo: Luego de construidos los escenarios pueden considerarse su formulación cuantitativa y determinarse sus probabilidades relativas.

Ya en literatura especializada de gestión de riesgos se encuentran metodologías más operativas orientadas a servir como guías o directrices en la construcción de escenarios de riesgo en escenarios más específicos, así la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (DPAE, s.f.) para construir escenarios de riesgo escolares señala en su sitio web⁴ que:

El escenario de riesgo es la representación de la interacción de los diferentes factores de riesgo (amenaza y vulnerabilidad) en un territorio y en un momento dados. El escenario de riesgo debe representar y permitir identificar el tipo de daños y pérdidas que puedan producirse en caso de presentarse un evento peligroso en unas condiciones dadas de vulnerabilidad. El escenario de riesgo se compone fundamentalmente de dos productos: Cuadro de Evaluación de Riesgo y Mapa de Riesgos que se interrelacionan y que permiten reconocer eficazmente los riesgos a los que está expuesto el colegio.

ERN (s.f.), señala que aplicado solo al ámbito de la respuesta a emergencias, “la evaluación del riesgo, debe realizarse de manera determinista, identificando el peor o los peores escenarios posibles en términos de pérdidas económicas y de vidas humanas asociadas, en función de las amenazas que pueden ocurrir” (p.5-1). En este mismo documento se proporcionan pautas para la elaboración de tales escenarios, estas son, calcular las intensidades locales que el evento produce en cada punto de la ciudad, establecer la vulnerabilidad de los elementos expuestos

⁴http://svrdpae8n1.sire.gov.co/portal/page/portal/sire/componentes/formacionComunidad/Documentos/dpae3/cdos_9.html

en función de las intensidades obtenidas en la evaluación de la amenaza, el riesgo se evalúa al conjugar los escenarios de amenaza con las funciones de vulnerabilidad definidas para los componentes de la infraestructura, en cada escenario se evalúan porcentajes de daños esperados en cada elemento de la infraestructura establecido.

2.1.2 Herramientas de creación de escenarios existentes

Las herramientas -principalmente documentos descriptivos para el desarrollo de escenarios- que sobre el tema se hallaron en la literatura recopilada y revisada son las siguientes:

Los escenarios de riesgo a desastres, un documento de apoyo a la docencia, en el cual García (2002, párr. 1) sostiene que los escenarios tienen un fin bien definido: "(...) tener una visión global de roles e interacciones para identificar prioridades en la ruta crítica de intervenciones a desarrollar". El autor identifica los pasos para la construcción del escenario así como los elementos que intervienen en cada uno de estos. Así en una metodología de tres pasos caracteriza el escenario actual, realiza el análisis de riesgo y establece el escenario futuro o deseado. Las actividades dentro de cada paso son detalladas de manera teórica y finalmente el documento se enfoca en los escenarios desde el punto de vista de los gobiernos municipales y en una propuesta para fortalecerlos en cuanto a la gestión del riesgo.

En el documento sobre Evaluación de Pérdidas ante peligros naturales del grupo ERN, consultores en riesgos y desastres, en el numeral 5 se tratan los Escenarios de riesgo para la respuesta a emergencias. Este trabajo se centra en áreas urbanas, en considerar los peores escenarios y en la planificación de la respuesta. Para ello se hace un análisis determinista y localizado de cada amenaza, luego en función de éste la determinación de la vulnerabilidad de la infraestructura básica como construcciones, ductos y alcantarillado, redes de energía y comunicaciones, vías y puentes; y finalmente se evalúan los daños esperados. De acuerdo al texto deben cuantificarse las pérdidas en términos económicos considerando inclusive costos como el lucro cesante.

Firmenich (s.f.) hace un enfoque para la construcción de escenarios desde el punto de vista de las organizaciones y los conceptúa como una ventaja comparativa y una herramienta para la competitividad; se introducen términos como variables inciertas, constantes y de escenario y se define a los escenarios como "secuencias hipotéticas de eventos articulados, con el designio de concentrar la atención en procesos causales y rompimientos factibles" (p.6). En este documento se identifican tres fases para el desarrollo de escenarios estas incluyen análisis de la situación actual, el desarrollo y análisis de futuros posibles y la utilización de resultados y recomendaciones. Aunque el documento tiene una clara orientación hacia entornos empresariales proporciona detalladamente etapas y subetapas secuenciales sistemáticas para la elaboración de escenarios.

En el texto Reconociendo los escenarios de riesgo (SINAPRED, 2001) se aborda el tema de la construcción de los escenarios de riesgo y se pone énfasis en la

naturaleza multidimensional del riesgo y de sus componentes, en los factores causales y en sus matices tanto físicos como económicos y sociales. Allí se plantea la construcción de escenarios de riesgo a través de primero la construcción de mapas de amenaza integrales (que aborden todas la amenazas), segundo la elaboración de mapas de riesgo que incluyan a los primeros, a los elementos expuestos a esas amenazas y su vulnerabilidad y tercero la construcción del escenario (mapa) de riesgo que refleja una posibilidad pues considera unas determinadas condiciones de la amenaza, de la vulnerabilidad, o de alguna combinación de ambas, integrando en este punto también las capacidades de las comunidades para resistir y recuperarse de los impactos del evento adverso. Como el riesgo, los escenarios son dinámicos y cambiantes, y la representación cartográfica es solo una instantánea de un punto en la línea del tiempo.

En este trabajo es interesante la proposición de que el escenario de riesgo puede ser elaborado con variadas técnicas, como los SIG o equipos de expertos por ejemplo o también de manera muy sencilla a través de recorridos y reconocimientos de campo realizado por estudiantes de una escuela.

En la Guía para la formulación del Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD Colombia, 2012) que tiene un enfoque hacia la gestión municipal del riesgo, se proporcionan pautas a los responsables de esas instancias para elaborar dicho plan y dentro de este estramado la elaboración de escenarios aparece como la primera actividad y componente del plan. No se habla de medios pero se dice que:

Un escenario de riesgo se representa por medio de la caracterización de los factores de riesgo, sus causas, la relación entre causas, los actores causales, el tipo y nivel de daños que se pueden presentar, más la identificación de los principales factores que requieren intervención así como las medidas posibles a aplicar y los actores públicos y privados que deben intervenir. (p. 15)

Aquí se establecen ocho criterios para la elaboración del escenario de entre los cuales se menciona como el más común el escenario de riesgo por fenómeno amenazante, los otros criterios que pueden emplearse para el análisis son, por tipo de elementos o bienes expuestos, por tipo de daños, por grupo social, por actividades económicas, sociales, institucionales u operación de grandes obras; y alguno de ellos se aplicarían en función de las prioridades o intereses del sector. Para estandarizar esta tarea se ofrecen ocho formularios que permiten a través de su cumplimentación perfilar el escenario y hallar las alternativas de intervención.

2.1.3 Metodología para creación de escenarios

De la revisión de la literatura previa se plantea un esquema para la construcción de escenarios considerando tres pasos, el primero es seleccionar como criterio de partida para elaboración del escenario el fenómeno amenazante de interés (la amenaza/peligro), el segundo es realizar la evaluación del riesgo-tarea compleja en sí misma- en función de la amenaza seleccionada y las vulnerabilidades asociadas a la amenaza, tercero determinar la población, elementos esenciales, infraestructuras y otros componentes del medio que serían afectados en el

escenario planteado por el riesgo caracterizado en el paso dos. El proceso a seguir se muestra en la figura siguiente.

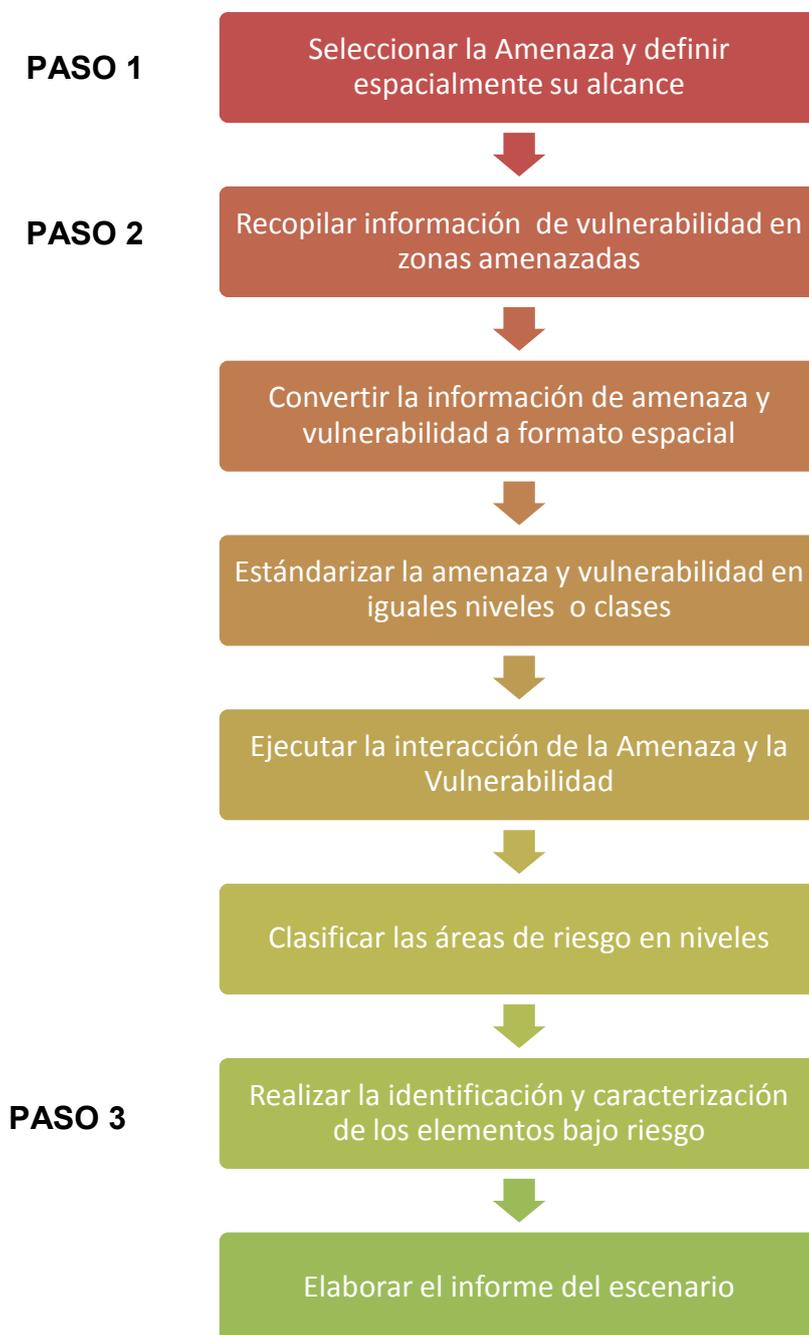


Figura No. 1. Pasos para la creación de escenarios de riesgos.

El análisis o evaluación de riesgos es el paso previo necesario para la creación del escenario y se sustenta en la relación establecida antes entre la vulnerabilidad y la amenaza (INDECI, 2006) según la cual a mayor amenaza y vulnerabilidad mayor riesgo. La idea general es realizar los pasos 2 y 3 de la Figura No. 1 mediante el uso de SIG para lo cual la información deberá traducirse a ese lenguaje. El uso de los SIG en la evaluación del riesgo es actualmente vasto y se recomienda que esos SIG sean integrales, integrados y sostenibles en tiempo y espacio (Marcano y Cartaya, 2010); Torres (2005, citado en Marcano y Cartaya, 2010, p.55) lo califica de “crucial y necesario en el análisis de todas las etapas (...) de desastres”.

2.2 Procesos SIG

Muchas de las aplicaciones de los SIG en el campo de la gestión de riesgos documentadas en la bibliografía revisada se centran en modelos de riesgos por deslizamientos, sin embargo como señala Villalón (2003) los SIG por “su flexibilidad y adaptabilidad en la creación de modelos digitales y simulaciones del entorno geográfico y los fenómenos que en él se suceden”, han encontrado utilidad en el trabajo con otras amenazas como las inundaciones (Villalón, 2003; Pusineri, s.f.), erosión (Guesgen, Albrecht y Grundner, 2000), incendios forestales (IDEAM, 2011), por citar solo algunos trabajos revisados.

Para el trabajo en el entorno de SIG se emplean como punto de partida capas de información, una representa la amenaza y otra la vulnerabilidad, ambas en formato SIG, esto es, como capas espaciales, cabe anotar aquí que también

puede aplicarse un enfoque de multiamenazas como el estudio realizado por OCHA-ONU (2008), o de manera análoga el enfoque multiriesgos planteado por Rafiq (2005) .

Dos modelos se usan en el desarrollo del trabajo, el modelo de datos ráster y el modelo vectorial, debido a que la naturaleza de la información de entrada corresponde en ciertos casos a unos y en otro al otro y también por las ventajas que cada uno de ellos presenta en determinadas fases del trabajo, estas ventajas incluyen su versatilidad para la representación cartográfica, sus demandas de almacenamiento y su idoneidad y simplicidad en la ejecución de ciertos geoprosos (Bonham-Carter, 1994).

La figura mostrada en la sección 3.3 representa en simbología de SIG y de manera general el esquema planteado en la figura previa para realizar la metodología, en ella se presentan las tareas de geoprosamiento aplicadas. El trabajo aquí desarrollado, en la parte del análisis espacial, se fundamenta en herramientas como la superposición ponderada de capas o “weighted overlay” tanto de ráster como vector con los considerando implícitos de sus ventajas y limitaciones (Resl, Atzmanstorfer, & Strobl, 2010), y otros geoprosos disponibles en los programas SIG como conversión de formato, selecciones y consultas espaciales, generación de áreas buffer, intersecciones, clasificación, reclasificación, códigos –“script”- ad hoc.

Al contar con mapas de amenaza, el mayor volumen de trabajo en el SIG se concentró en la generación de un mapa de vulnerabilidad para lo que se consultó metodologías usadas en SIG como aquella evaluación a partir de los elementos

bajo riesgo (Villalón, 2003), el enfoque de creación de indicadores (Rafiq et al, 2005), o el de los elementos esenciales (Sun Mountain, 2011), además de otras metodologías implementadas en proyectos realizados en el ámbito local por instituciones como IEE⁵ (2010), CIIFEN (2011), SNGR y PNUD (2011), y otras iniciativas de carácter regional como la referida por Metzger (2012).

⁵ IEE Instituto Espacial Ecuatoriano antes CLIRSEN

3. METODOLOGÍA

3.1. Selección del área de estudio

Para la selección del área de estudio en la que se desarrollará el trabajo se utilizó como primer criterio la información sobre eventos adversos y desastres que se encuentra documentada tanto en bases de datos de libre acceso en Internet como DESINVENTAR⁶ o CRED⁷, como en la información de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR, 2012)⁸.

Una revisión general de las bases de datos de eventos y desastres disponibles en las fuentes de internet, muestra tendencias bien definidas hacia un incremento de la frecuencia y afectación de los eventos y desastres, desde el siglo pasado hasta el actual; gráficas y guarismos obtenidos de estas fuentes nos proporcionan información valiosa en cuanto a recurrencia, impacto y cuantificación económica de los daños producidos por los más grandes desastres.

⁶Inventory system of the effects of disasters <http://online.desinventar.org/>,

⁷The international Disaster Database <http://www.emdat.be/database>

⁸ Información sistematizada en la base de eventos adversos de la Sala de Situación Nacional de la SGR

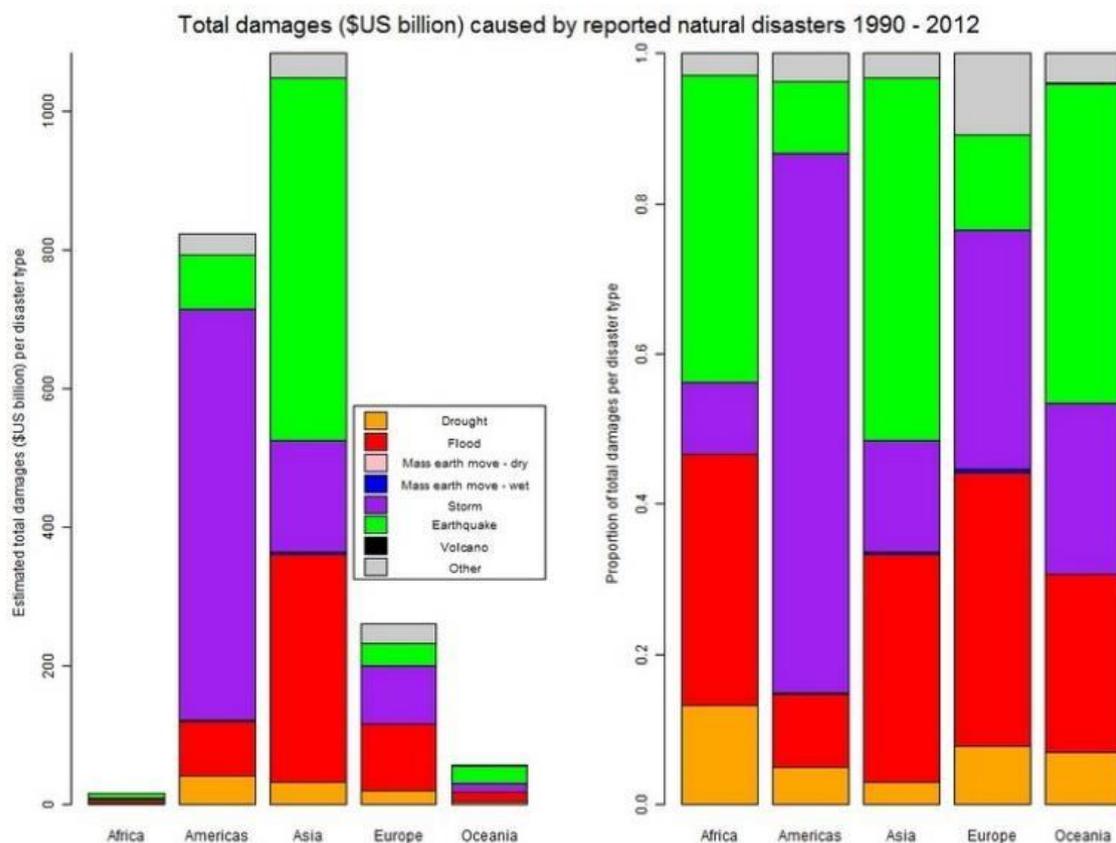


Figura No. 2. Total de pèrdisas (en billones \$US) causadas por desastres de origen natural en el periodo 1990-2012. Fuente: EM-DAT. The OFDA/CRED international Disaster Database – [www/emdat.be](http://www.emdat.be) – Univesrsiteit Catholique de Louvain, Brussels – Belgium. Consulta en 2013.

De este gráfico notamos que en los 22 años considerados, entre los continentes, el americano es el segundo mayormente impactado económicamente y que en este las tormentas son las que han tenido mayor impacto económico, seguidas por los sismos y las inundaciones. De lo presentado se deduce que la ocurrencia de huracanes y tormentas tropicales en América central y del norte gravita fuertemente en el resultado, pues en América del sur no son frecuentes estos eventos.

En cuanto a datos específicos para el Ecuador la consulta de estas mismas fuentes, dio como resultado la información contenida en las tablas siguientes:

Tabla No. 1. Afectaciones a personas y económicas por tipo de desastre causadas por los 10 eventos más relevantes en el periodo 1900 – 2013.

AFECTACIÓN A PERSONAS: MUERTOS		
Desastre	Fecha	No. Muertos
Sismo (actividad sísmica)	05/08/1949	6000
Sismo (actividad sísmica)	05/03/1987	5000
Epidemia	may-69	400
Epidemia	13/06/1991	343
Inundación	nov-82	307
Movimiento de masas húmedas	09/05/1993	250
Inundación	oct-97	218
Sismo (actividad sísmica)	14/05/1942	200
Epidemia	ene-92	200
Movimiento de masas húmedas	28/03/1993	200
AFECTACIÓN A PERSONAS		
Desastre	Fecha	No. Total afectados
Inundación	nov-82	700000
Sequía	mar-64	600000
Volcán	14/08/2006	300013
Inundación	30/01/2008	289122
Inundación	24/03/1992	205000
Inundación	04/08/1983	200000
Sismo (actividad sísmica)	05/03/1987	150000
Inundación	08/04/1970	140500
Volcán	03/11/2002	128150
Sequía	nov-09	107500
AFECTACIÓN ECONÓMICA		
Desastre	Fecha	Daños (000 US\$)
Sismo (actividad sísmica)	05/03/1987	1500000
Inundación	30/01/2008	1000000
Movimiento de masas húmedas	28/03/1993	500000
Inundación	oct-97	271000
Inundación	nov-82	232100
Volcán	14/08/2006	150000
Sismo (actividad sísmica)	05/08/1949	20000
Inundación	24/03/1992	20000
Inundación	jun-89	15000
Inundación	06/03/2002	13000

*Nota:*Datos consultados en "EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database. www.em-dat.net - Université Catholique de Louvain - Brussels - Belgium". Consulta en octubre 2013.

El periodo considerado para estos datos es de 113 años, en ellos se muestra que las afectaciones a personas en general fueron causadas principalmente y con mayor frecuencia por las inundaciones, la pérdida de vidas humanas ha sido causada mayormente por sismos y epidemias, en tanto que los impactos económicos más fuertes lo causaron las inundaciones y los sismos, estos últimos menos frecuentes pero más letales.

Otra fuente interesante, la Plataforma Global de datos de Riesgo⁹, presenta el gráfico siguiente respecto a un índice por país de mortalidad de riesgo combinado por eventos de tipo ciclones, sismos, deslizamientos e inundaciones, el gráfico incluye la consulta del dato para Ecuador.

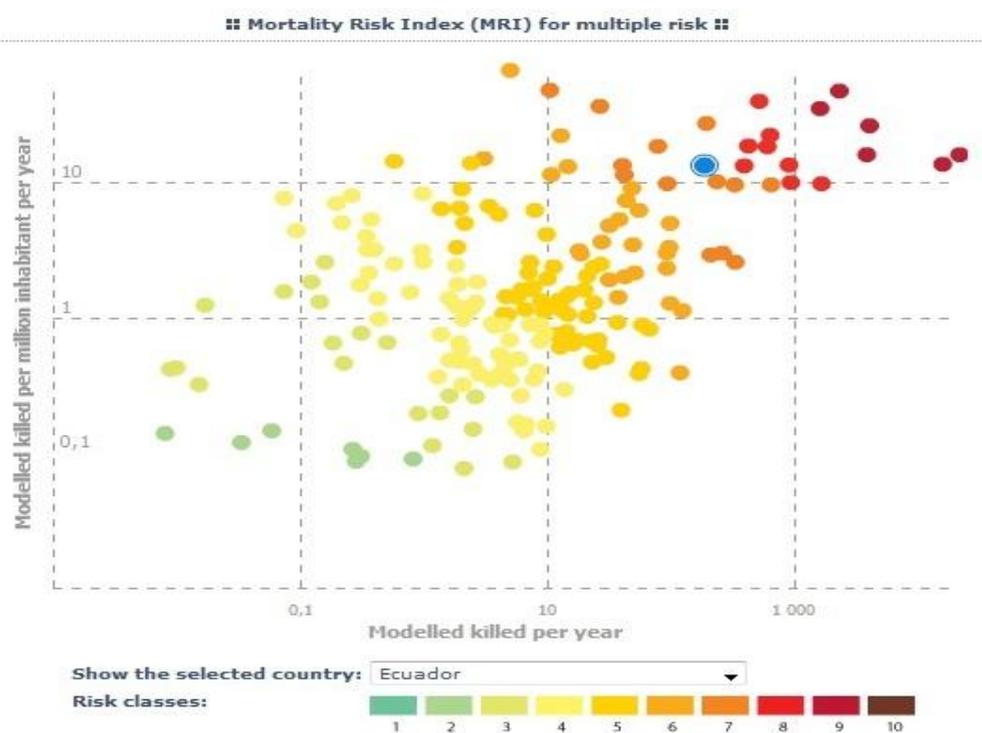


Figura No. 3. Índice de riesgo de mortalidad combinado por eventos de tipo ciclón, sismo, deslizamiento e inundación. Fuente: Global Risk Data Platform.- <http://preview.grid.unep.ch/index.php?preview=graphs&cat=5&lang=eng>. Consulta en oct. 2013.

⁹ Global Risk Data Platform <http://preview.grid.unep.ch/>

Si consideramos la nube de puntos que representa a los países incluidos en el estudio, el Ecuador que aparece como un círculo azul, se encuentra entre la tercera parte con mayor magnitud del índice (7 según la escala de colores), una posición no muy alentadora, considerando que 10 es el mayor valor en la escala.

Otra de las fuentes obtenida y revisada fue la base de datos DESINVENTAR (LA RED-CORPORACION OSSO-EIRD, 2013) la cual al tiempo de la consulta recopila la información de eventos ocurridos desde 1970, para el Ecuador desde esa fecha hasta el 2010. Vale indicar que Desinventar, cuyo nombre viene de “Inventario de desastres”, es una base de datos de desastres a nivel regional, con un aparte en el cual se puede revisar la información de eventos adversos por país y que está actualmente siendo revisada, mejorada y actualizada en el capítulo Ecuador. Para complementar la información de Desinventar, se consultó los datos de eventos ocurridos en el país entre los años 2010 y 2012, documentados con mayor rigor por la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR, 2013), institución que es la fuente oficial de información sobre estos tópicos.

Ambas bases de datos, que se complementan, cuentan con información relacionada a los eventos adversos, en especial se enfocan en los impactos que el evento registrado tiene sobre bienes y personas, sin embargo en ninguno de los dos casos se presenta información sobre la ubicación espacial (coordenadas) de los eventos adversos, mientras en la base Desinventar para la mayoría de los casos se ubica geográficamente el evento adverso reportado en el cantón en que ocurrió, en la base de la SGR desde el año 2012 se ubica los eventos adversos hasta nivel de parroquia, pues antes fue igualmente hasta nivel cantón. Hay

también cambios recientes en esta base destinados a incluir entre los datos recopilados a las coordenadas de cada evento adverso Andrade, D. (comunicación personal, 18 de abril de 2013).

La base de eventos integrada por estas dos fuentes cuenta con 15899 registros y tiene la limitación de que no ofrece información de los costos monetarios de las pérdidas causadas por los eventos adversos registrados.

El análisis de los datos de esta base se centró en responder las siguientes preguntas: ¿Cuál es el tipo y número de eventos adversos que ocurre en el Ecuador? ¿Dónde ocurren con mayor frecuencia? ¿Cuáles causan más impacto en personas? ¿Cuáles en bienes? ¿Aumentan en número e impacto con el tiempo?

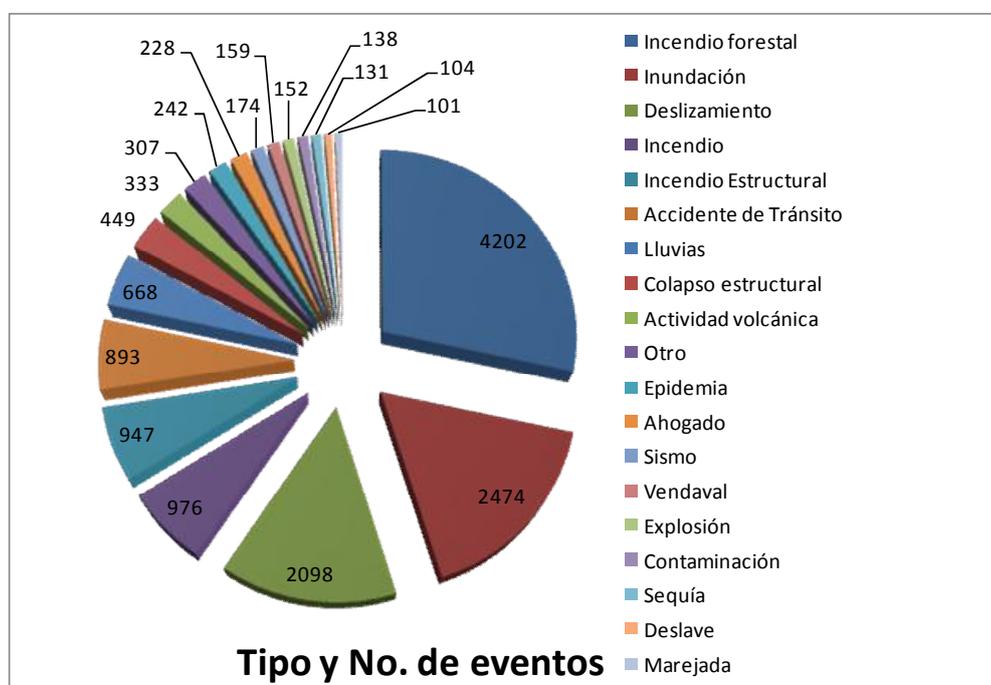


Figura No. 4. Distribución de los eventos adversos por tipo y frecuencia en el periodo 1970-2012. Base Desinventar consultada en abril 2013 y SGR, 2013.

Del total de las tipologías encontradas, el 55% de los tipos corresponde a eventos relacionados a amenazas de origen natural. Se grafican los eventos que tuvieron más de 100 casos en la serie analizada, 10 de estos tipos (son 18 en total) se relacionan con amenazas de origen natural, entre ellos los más recurrentes son las inundaciones y los deslizamientos.

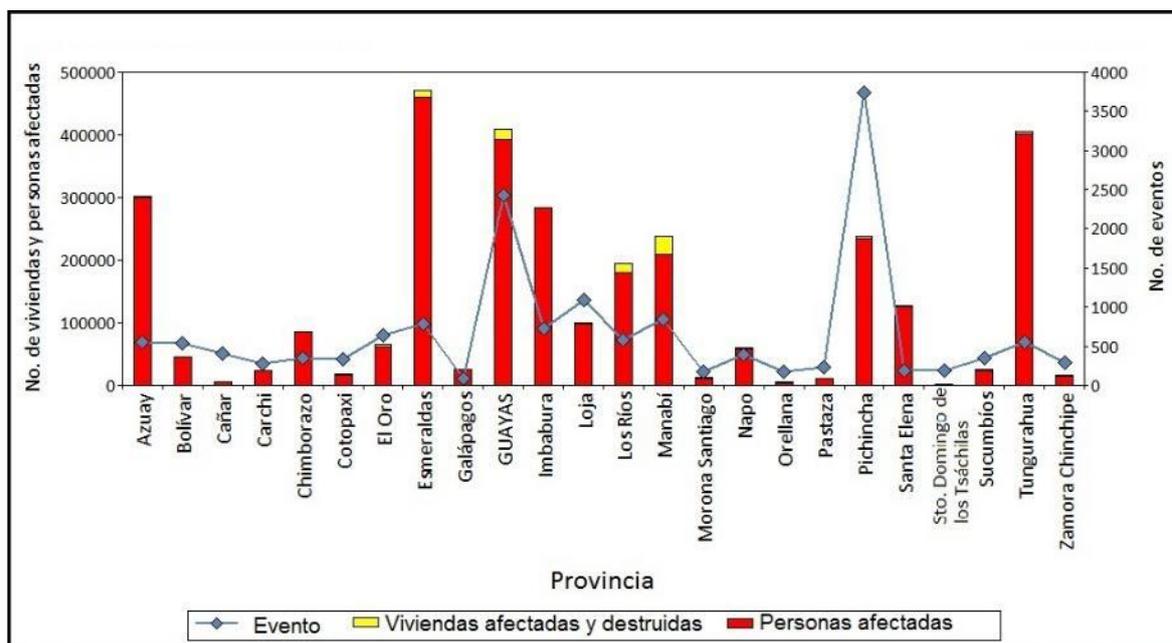


Figura No. 5. Frecuencia de eventos adversos y efectos en personas y viviendas por provincia en el periodo 1970-2012. Base Desinventar consultada en abril 2013 y SGR, 2013.

En esta figura se destaca que los picos de la curva de eventos no necesariamente coinciden con la mayor cantidad de impactos en personas y viviendas, pues en Pichincha se registra el mayor número de eventos pero los efectos no son los mayores allí y en Esmeraldas, en la que se cuentan los mayores impactos en personas y viviendas, el número de eventos adversos registrados es menor que en Guayas, Loja y Manabí.

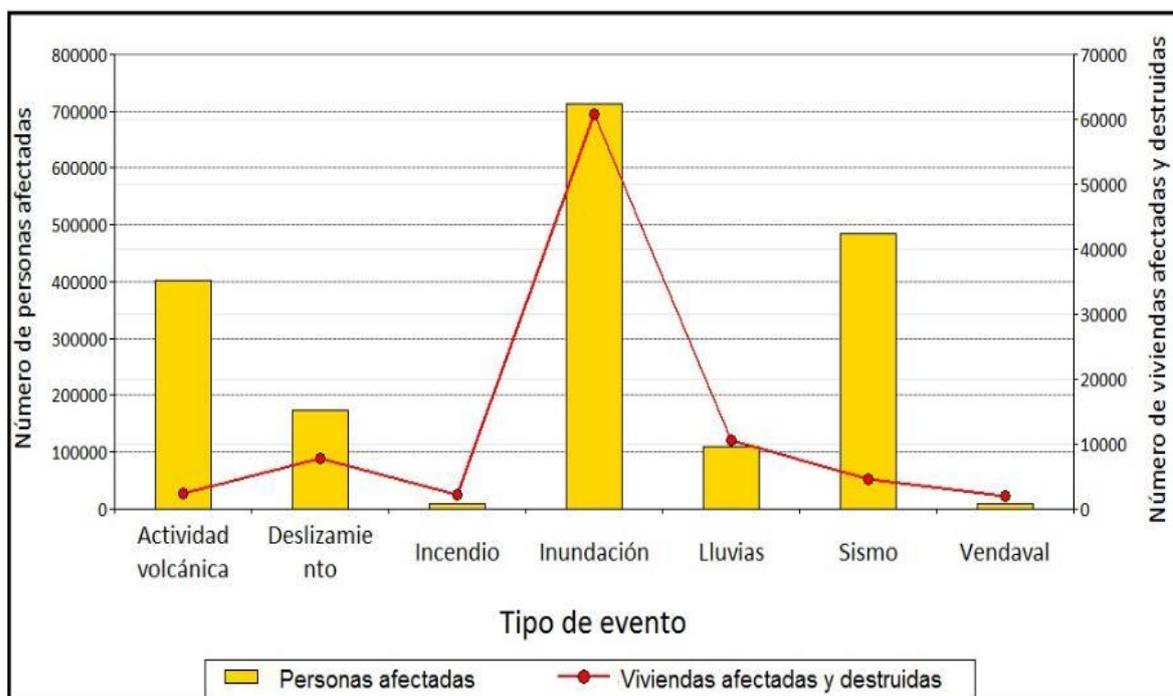


Figura No. 6. Impactos de eventos adversos por tipo en personas y viviendas en el periodo 1970-2012. Base Desinventar consultada en abril 2013 y SGR, 2013.

En el gráfico de la Figura 6 se incluyen el 90% de los eventos con mayor magnitud de impactos en personas y viviendas. Las inundaciones son de lejos las que mayor impacto han dejado en ellos. Los sismos, la actividad volcánica y los deslizamientos le siguen en cuanto a magnitud del impacto en personas, los impactos en viviendas por los eventos distintos a inundaciones son significativamente menores.

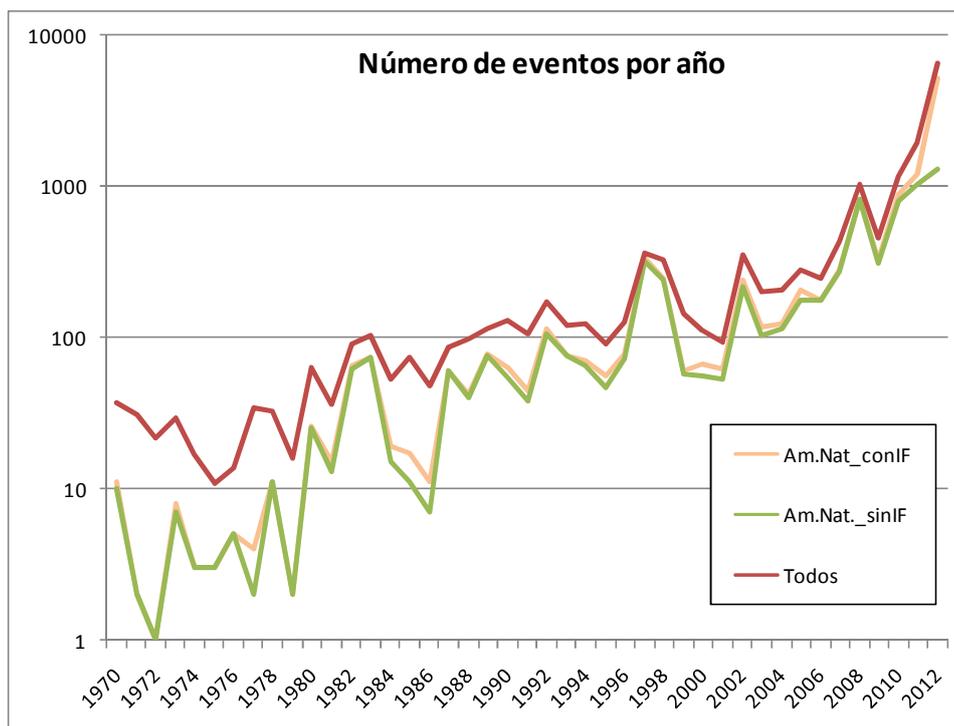


Figura No. 7. Número de eventos por año en el periodo 1970-2012. Línea amarilla: Amenazas naturales e incendios forestales, línea verde: Solo amenazas naturales. Base Desinventar consultada en abril 2013 y SGR, 2013.

De acuerdo a la figura los eventos adversos han ido aumentando con el transcurrir de los años, en ella se observa el efecto de los incendios forestales y de las amenazas de tipo antrópico en el total de los eventos adversos. Esta tendencia creciente -nótese que la escala es logarítmica- aparente puede deberse tanto a que como se señala en SNGR/ECHO/UNISDR (2012), el registro de los eventos adversos antes fue menos eficiente y actualmente son mejor documentados, o a que se da un real incremento de los eventos adversos con el tiempo.

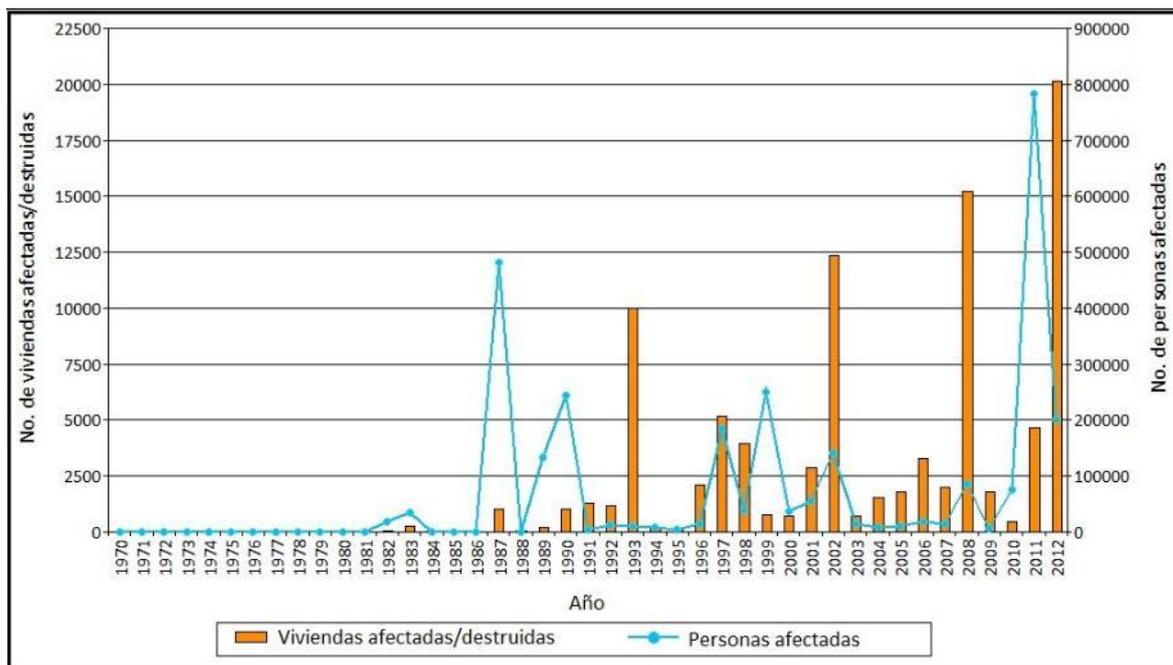


Figura No. 8. Afectación en personas y viviendas en el periodo 1970-2012. Base Desinventar consultada en abril 2013 y SGR, 2013.

A la pregunta si los efectos de los eventos adversos se agudizan con el tiempo tenemos la figura previa en la que se ha considerado solo los eventos con un origen natural, para el caso de vivienda afectadas o destruidas hay picos claros relacionados con eventos de tipo Inundaciones como el caso del 2012, 2008, 2002 y 1993; para el caso de las personas afectadas destacan dos picos en el 2011 y 1987, indagando sobre ellos en el año 2011 se presentan cinco eventos que representan el 96% de los casos, déficit hídrico, alerta de tsunami, inundación, deslizamiento y caída de ceniza; en 1987 dos tipos de eventos sismo e inundación representan el 99.6% de los casos. Llama la atención en este gráfico que hasta antes de 1986 los efectos parecen nulos, esto no corresponde a la realidad y -como se indicó antes- es un resultado entre otros factores de un registro incompleto de los datos y del aumento de la vulnerabilidad de la

población (SNGR/ECHO/UNISDR, 2012); para el periodo con datos se observa una tendencia creciente en los efectos registrados.

Un hecho que se destaca del análisis previo es que de los eventos adversos los que mayor representatividad tienen en la base son los incendios forestales, los cuales son el 26% del total y que hubo un repunte marcado de ellos en el año 2012 en el que se presentaron el 93% de todos los casos. Este comportamiento es actualmente objeto de análisis más detallado por parte de las autoridades de áreas afectadas.

Del análisis de los eventos adversos por cantón, el ranking de los cinco con mayor número los ubica como se presenta en las tablas a continuación, nótese el efecto de los incendios forestales en el total de eventos.

Tabla No. 2. Ranking de los cantones con mayor número de eventos adversos.

Eventos naturales		Eventos naturales más IF*		Todos los eventos	
Cantón	No. de eventos	Cantón	No. de eventos	Cantón	No. de eventos
Quito	390	Quito	3072	Quito	3424
Guayaquil	322	Guayaquil	356	Guayaquil	1399
Loja	257	Loja	306	Loja	378
Baños de Agua Santa	234	Cuenca	251	Cuenca	371
Cuenca	175	Ibarra	244	Ibarra	318

*Incendio Forestal

Nota: Datos de eventos adversos de la Base Desinventar consultada en abril 2013 y de la SGR, 2013.

Como se vió en el análisis de eventos adversos entre los de origen natural, las inundaciones son los que mayor impacto causan en personas y viviendas; de la figura de eventos por provincias se nota que la provincia del Guayas registra un

alto número de eventos adversos y que los impactos en ella son significativos. El análisis más detallado –por cantón- ayuda a circunscribir el área de estudio, así en las tablas precedentes Guayaquil aparece como uno de los cantones más afectados.

En la figura siguiente se presenta la información de número de eventos adversos, personas y viviendas afectadas/destruidas por cada tipo de evento adverso ocurrido para el cantón Guayaquil.

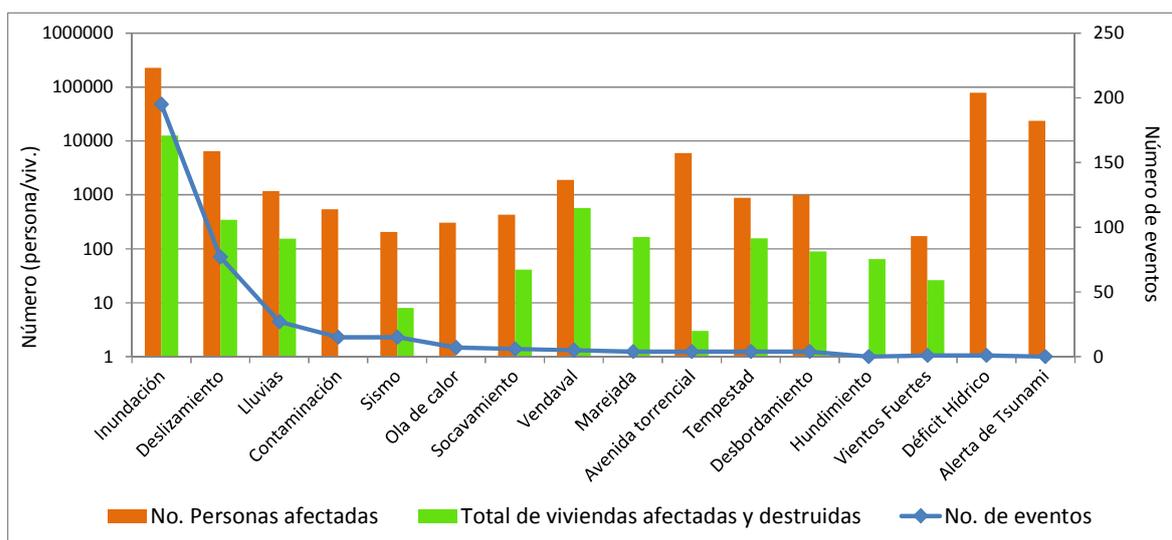


Figura No. 9. Número de eventos vs. efectos en personas y viviendas en el cantón Guayaquil en el periodo 1970-2012. Base Desinventar consultada en abril 2013 y SGR, 2013.

Del área cantonal se elige un sector de interés -"Voluntad de Dios"- por la dinámica de crecimiento demográfico que ha presentado en esta última década y por la vulnerabilidad evidente de la población asentada, este sector se ubica dentro del área denominada Monte Sinaí. El sector Monte Sinaí se ubica a su vez en la zona noroeste del área urbana del cantón. Las estadísticas de los eventos

en el sector norte del cantón Guayaquil y las del sector de estudio se presentan en la figura y tabla a continuación.

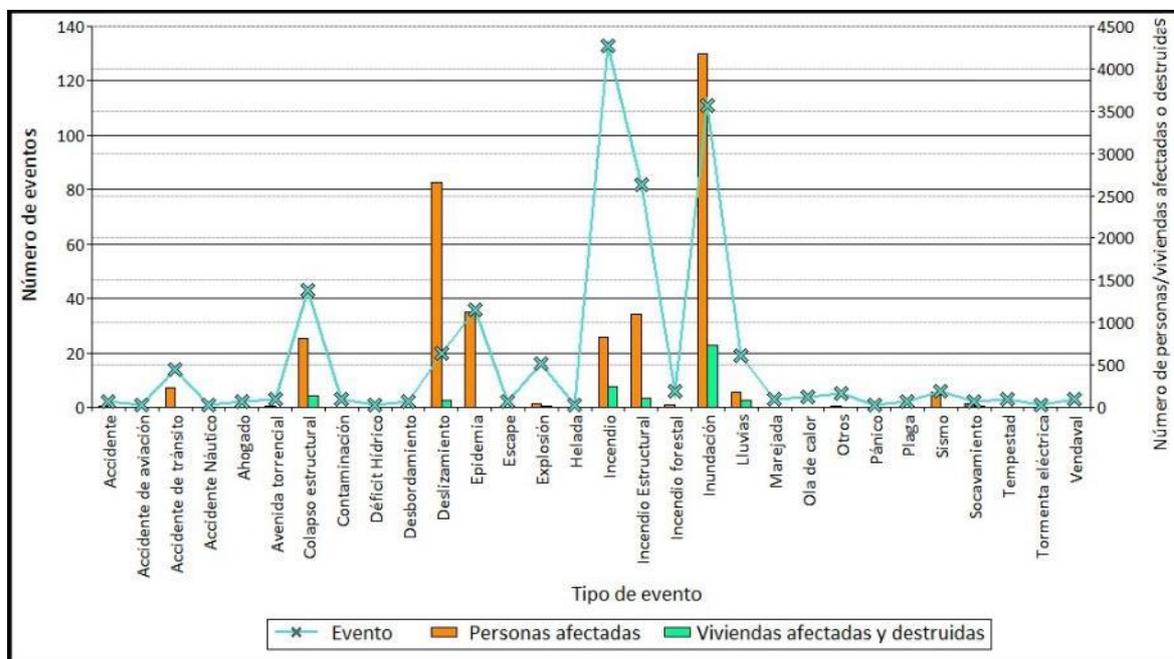


Figura No. 10. Eventos adversos reportados en el sector norte del cantón Guayaquil para el periodo 1970-2012. Base Desinventar consultada en abril 2013 y SGR, 2013.

Los tipos de eventos, su frecuencia y el número de personas y viviendas afectados registrados en el área de Monte Sinaí y Voluntad de Dios se presentan en el cuadro a continuación.

Tabla No. 3. Número de eventos adversos reportados en los sectores "Monte Sinaí" y "Voluntad de Dios".

Evento adverso	No. de eventos adversos	No. de personas afectadas	No. De viviendas afectadas o destruidas
Accidente de tránsito	2	15	1
Ahogado	1	1	0
Colapso Estructural	3	44	2
Desbordamiento	1	0	0
Incendio Estructural	16	198	24
Inundación	5	1150	230
Socavamiento	1	7	1
Total	29	1415	258

Nota: Datos de eventos adversos de la Base Desinventar consultada en abril 2013 y de la SGR, 2013.

Lo relevante de estos datos es que la mayoría de los reportes aparecen a partir del año 2009, no antes, y hay solamente un primer reporte de eventos en el año 1999. Respecto a las tendencias, éstas se mantienen en coherencia con lo hallado para la base de eventos adversos en general, pues entre los eventos de origen natural, las inundaciones aparecen como las más recurrentes y son también las que mayores efectos negativos causan en personas y viviendas.

3.2. Descripción del área de estudio

El area de estudio seleccionada, el sector denominado "Voluntad de Dios" se ubica en la cabecera cantonal del cantón Guayaquil de la provincia del Guayas, en la zona noroeste de la ciudad de Guayaquil, y forma parte de aquella en la que se ubican los asentamientos poblacionales más recientes de esta urbe. En la Figura 11 se presenta la ubicación del área de estudio y su zona de influencia.

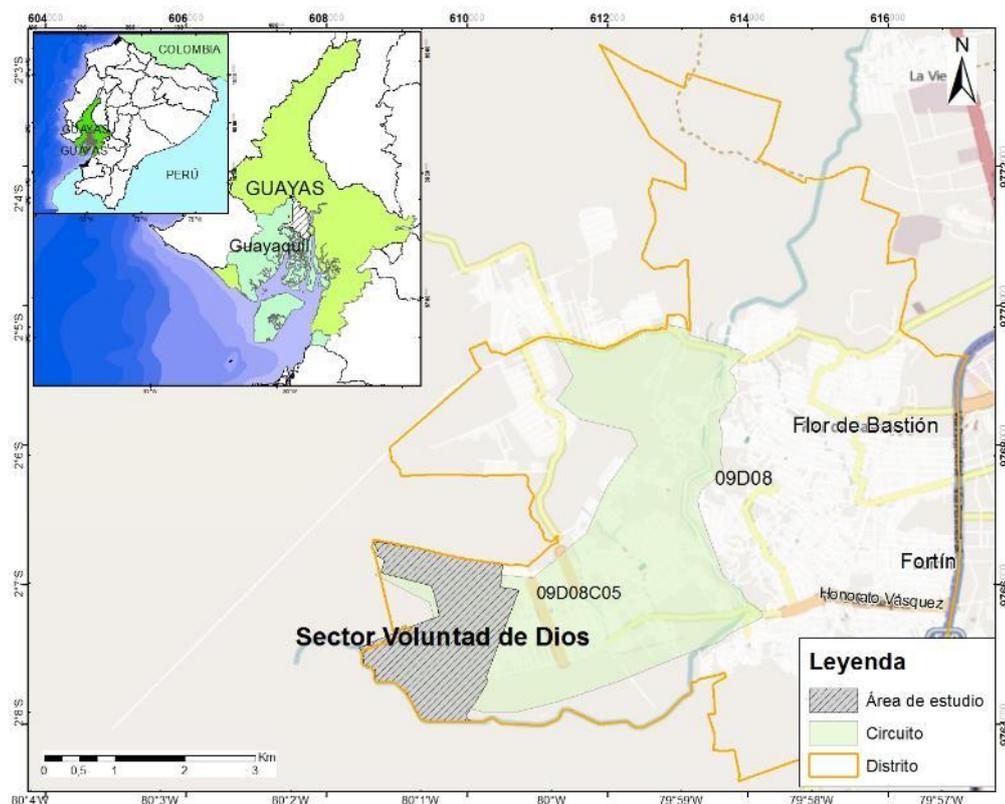


Figura No. 11. Ubicación del área de estudio. Fuentes cartográficas INEC 2010 y SGR 2012.

Para la recopilación de la información general sobre el área de estudio se considera el área de estudio y su zona de influencia.

3.2.1 Relieve e hidrografía

De visitas a la zona se comprobó que es una zona con relieves suaves a colinados que aumentan paulatinamente hasta contar con promontorios de algunos cientos de metros de altura. Según los datos obtenidos del modelo de elevación digital del ASTER-GDEM los relieves en la zona alcanzan valores de hasta 250 m en el sector y aumentan en dirección sur y oeste teniendo máximos de entre 460 a 480 metros.

En cuanto a las características hidrográficas según la clasificación de Pfafstetter la zona de estudio y su área de influencia se encuentran repartidas en dos cuencas que, clasificadas hasta el nivel 5, tienen asignados los códigos 14232 y 14218 correspondiendo a unidades de tipo cuenca, la primera al oeste de mayor extensión, cubre 255 km² y la segunda de menor extensión al este, tiene 66 km² de extensión. Las descargas de estas cuencas se dirigen al río Daule y Guayas.

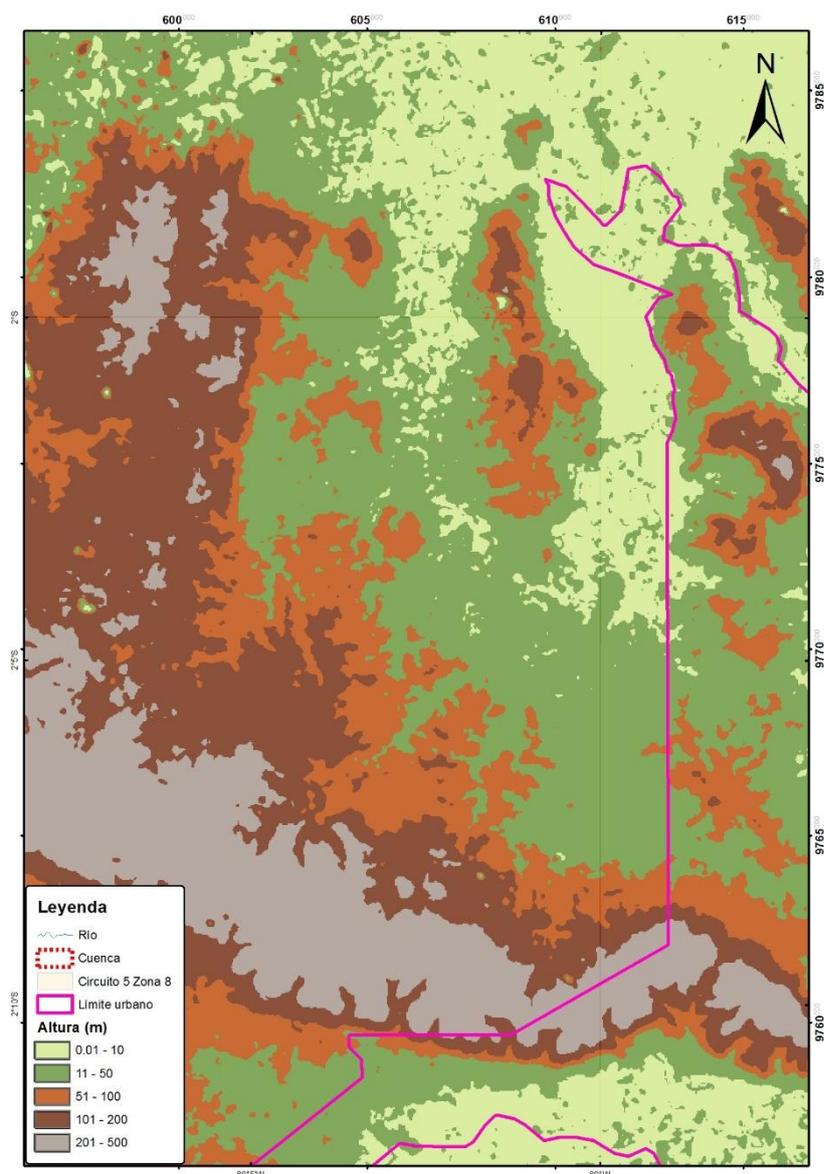


Figura No. 12.Relieve e hidrografía de la zona de estudio. Fuente: ASTER GDEM.(2009-2014). Japan Space Systems. Recuperado de <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/register.jsp>.,<http://sni.gob.ec/coberturas;jsessionid=rWJy0op9kf4qwC-NoQYxpEe->

3.2.2 Cobertura y uso del suelo

Según el mapa de cobertura y uso de suelo del Ministerio del Ambiente (MAE) actualizado a 2008, los tipos de cobertura encontradas en el área son de mayor a menor proporción tierras agropecuarias, áreas pobladas, bosques nativos, vegetación arbustiva y cultivos y pastizales en ese orden de aparición, siendo las dos primeras categorías las más que ocupan las mayores áreas.

3.2.3 Suelo y Clima

Los suelos del área de estudio son *“blandos e inestables”* y *“aptos para una variedad de cultivos especialmente de ciclo corto”* (Huerta, 2011). Según estudio realizado por el CLIRSEN en el año 2011 como parte del proyecto “Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000” los suelos en esa área son principalmente de tipo arcilloso, franco y franco arcilloso, texturas que cubren el 68% del área. Las pendientes van desde planas, suaves, medias a muy fuertes.

De acuerdo a la información de isoyetas mensuales y anuales generadas por el INAMHI en 2013 las que resumen la climatología del país de los últimos 30 años (de 1981 a 2010), la media de lluvia anual acumulada en el sector está en el rango de 500 a 750 mm. Y en los meses de mayores precipitaciones, i.e. febrero y marzo, se tiene rangos máximos de 346 y 373 mm por mes respectivamente.

En cuanto a la temperatura en el área de estudio, según el mapa de Isotermas multianual (INAMHI, 2013), el rango para la zona está entre 24 y 26° C. De la combinación de las condiciones de esta y otras variables meteorológicas, la zona corresponde a un tipo de clima tropical megatérmico seco a semi-húmedo (MAE, 2010).

3.2.4 Organización político administrativa

De acuerdo a la división por niveles administrativos de planificación de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, SENPLADES, el polígono circunscrito por la línea roja en el gráfico, que abarca al área de estudio, corresponde al Distrito 8 Circuito 5 (09D08C05) de la zona 8. En la práctica esta categorización en zonas, distritos y circuitos a nivel nacional tiene el propósito de permitir una mejor identificación de necesidades y soluciones efectivas para la prestación de servicios públicos en el territorio.

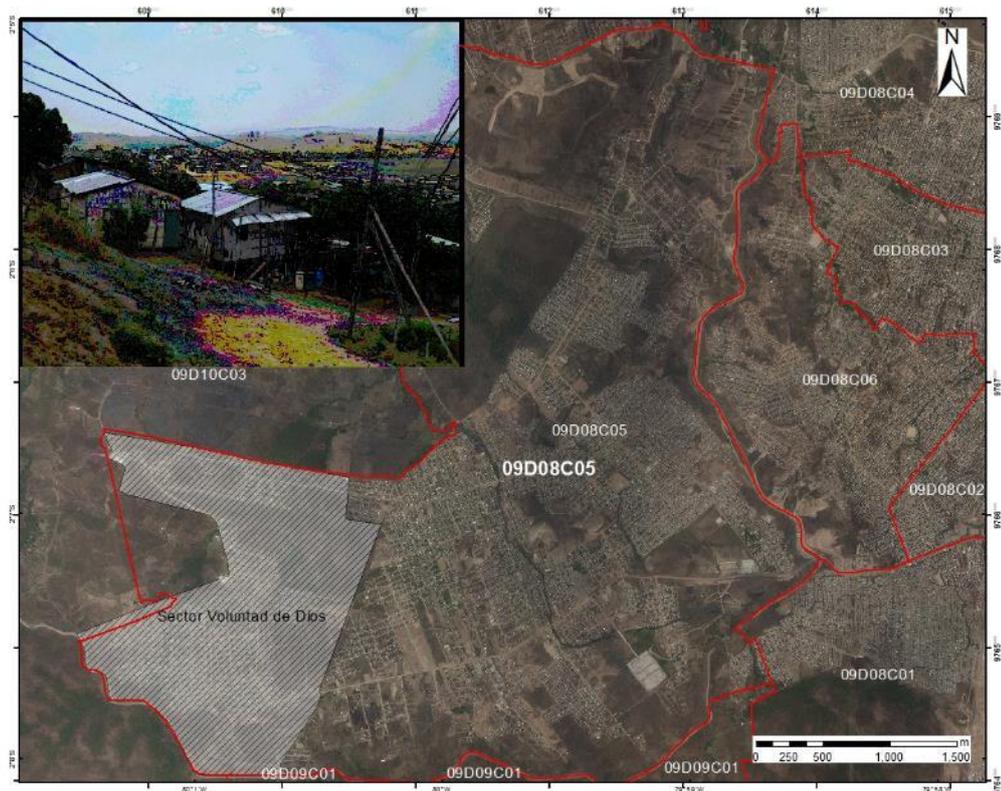


Figura No. 13. El área de estudio dentro de la configuración de Circuitos. SNGR, 2011.

3.2.5 Infraestructura estratégica

El área del distrito 8 circuito 5 tiene una superficie aproximada de 1380 hectáreas y se ubica en una zona que años atrás constituyó parte de los extramuros de la ciudad, en la que se ubicaron algunas infraestructuras de servicio como el canal de trasvase Daule – Chongón, algunas líneas de transmisión eléctrica y el poliducto Tres Bocas-Terminal Pascuales. En la Figura 4 se presentan estas infraestructuras que existen en los alrededores de la zona de estudio.

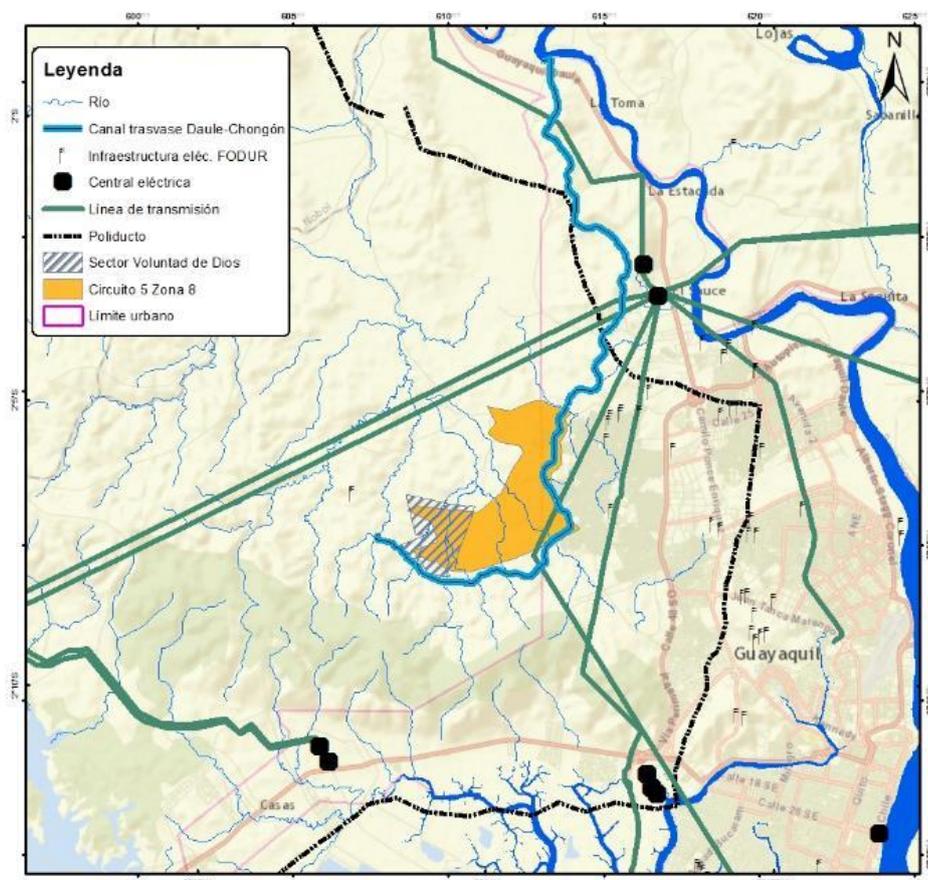


Figura No. 14. Ubicación de infraestructuras en el área de influencia de la zona de estudio.
Fuentes: CONELEC,2013; PETROECUADOR 2013.

3.2.6 Estructura poblacional y de servicios básicos

Según el censo del Inec de población y vivienda de noviembre del año 2010, la población en esta zona (Monte Sinaí) llegó a 79811 habitantes considerando los sectores censales que intresectaban con el límite del circuito 5 del distrito 8. Así algunas consultas relacionadas a la provisión de servicios básicos en la base de datos REDATAM del Inec 2010¹⁰ nos presenta un perfil de la estructura poblacional hasta ese momento.

¹⁰ Programa aplicativo generado por el INEC para consultas a la base de los censos de población y Vivienda

Tabla No. 4. Datos de infraestructura de viviendas y servicios básicos según el censo INEC de población y vivienda del año 2010.

Tipo de vivienda	No.
Casa/Villa	5783
Departamento en casa o edificio	498
Cuarto(s) en casa de inquilinato	216
Mediagua	45
Rancho	87
Covacha	8
Choza	2
Otra vivienda particular	13
Hotel, pensión, residencia u hostel	1
Procedencia del agua recibida	No.
De red pública	6172
De pozo	18
De río, vertiente, acequia o canal	16
De carro repartidor	14
Otro (Agua lluvia/albarrada)	11
Procedencia de luz eléctrica	No.
Red de empresa eléctrica de servicio público	6154
Panel solar	7
Generador de luz (Planta eléctrica)	15
Otro	8
No tiene	47
Tipo de servicio higiénico	No.
Conectado a red pública de alcantarillado	4876
Conectado a pozo séptico	1151
Conectado a pozo ciego	98
Con descarga directa al mar, río, lago o quebrada	27
Letrina	41
No tiene	38
Eliminación de basura	No.
Por carro recolector	6158
La arrojan en terreno baldío o quebrada	15
La queman	14
La arrojan al río, acequia o canal	15
De otra forma	29

Nota: Datos de la base del Censo INEC 2010, VII censo de población y VI de vivienda .

Sin embargo mientras estos datos datan del año 2010, esta es una zona que sufrió en poco tiempo un crecimiento casi hiperbólico a tal punto que desde el año

2011 ha sido objeto de controles con el fin de detener las continuas invasiones. Este crecimiento exacerbado puede verificarse al comprobar que dentro de este sector existen actualmente numerosos asentamientos poblacionales informales agrupados en diversas cooperativas como se señala en estudio reciente realizado en la zona:

En apenas 10 años se ocuparon alrededor de 6.232 hectáreas, con una población aproximada de 350.000 habitantes (11), que ocupan una extensa área que llega a conocerse con el nombre genérico de Monte Sinaí, abarcando numerosas cooperativas de vivienda (Voluntad de Dios, Balerio Estacio, Sergio Toral, Marco Moroni, Elvira Leonor, Ciudad de Dios, Tierra Prometida, la Karolina, el Fortín, etc.), con el denominador común de ser asentamientos populares informales con precarias condiciones de habitabilidad. (Ponce y Rodríguez, 2012, p.3)

En Huerta (2011) se señala que la tasa de ocupación a la fecha de ese análisis era de 20 familias por día. Y como se lee es una zona que creció aceleradamente en la más reciente década como alternativa de los estratos populares que vieron limitarse -por barreras naturales- sus zonas objetivo de asentamientos tradicionalmente ubicadas hacia el sur y oeste de la ciudad. Estas nuevas áreas de asentamientos populares se encuentran lindando con el límite urbano al noroeste de la ciudad de Guayaquil. Véase en la Figura 5 algunas de estas áreas

¹¹Habitabilidad Básica para Todos: una necesidad urgente, UCSG enero 2011 pág. 26 y 56

con sus denominaciones, ellas se circunscriben en el distrito 8 de la zona 8 a la que pertenece Guayaquil.

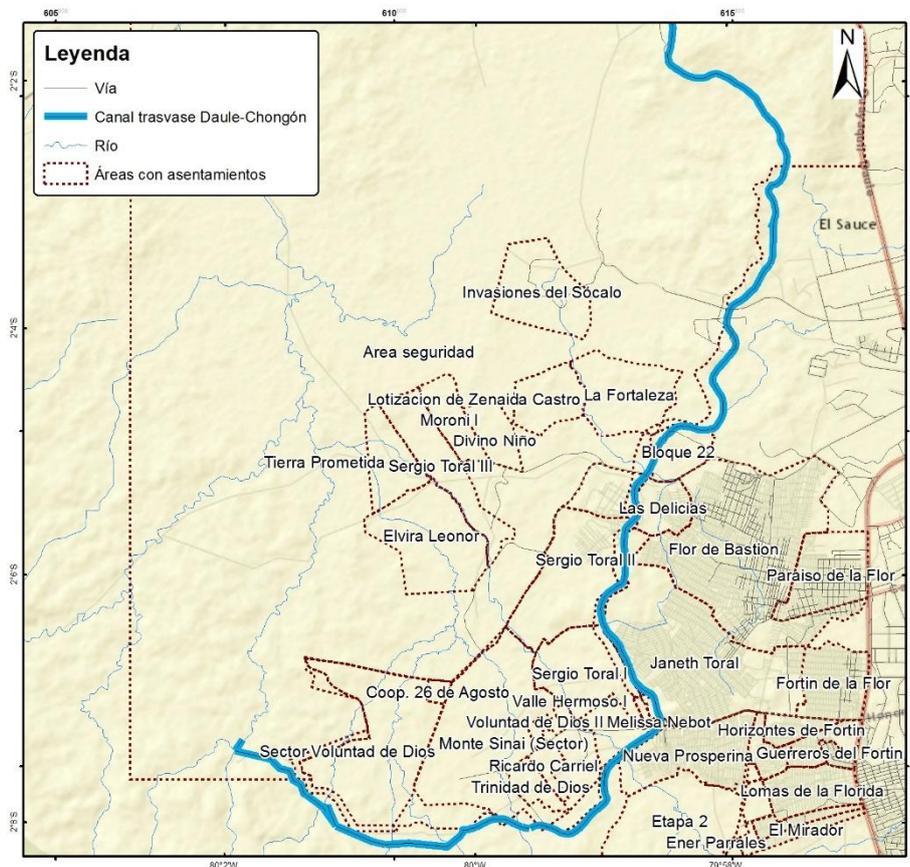


Figura No. 15. Estructura de las zona de expansión urbana al noroeste de Guayaquil

3.2.7 Rasgos socioeconómicos

De la consulta de algunas publicaciones sobre estudios socioeconómicos en la zona y de visitas al sitio de estudio se deduce que la población es de limitados recursos económicos, las viviendas son precarias, principalmente de una sola planta, constituidas en las paredes por materiales como caña, madera, latas y cubiertas de cinc, en algunos casos de tipo palafitos y en los más, asentadas sobre el suelo, actualmente también hay construcciones de materiales de cemento y hormigón. En la cooperativa Sergio Toral III, la superficie neta

habitacional era de 4.5 m² por habitante y en el 75.9 % de los casos la calidad material/constructiva de las viviendas tenía materiales perecibles y vulnerables(Huerta, 2011).

Las familias asentadas tendrían actualmente un déficit de sus ingresos respecto a la canasta básica del 46,2 % (Huerta, 2011). Según Rada (2011), de encuesta realizada en Monte Sinaí a 158 familias, los ingresos promedio mensuales de las familias en ese sector eran de \$ 288.36.

En cuanto a la dotación de servicios básicos, en el mismo informe para Monte Sinaí se obtuvieron los siguientes resultados:

- Hogares con servicios higiénicos conectados a pozo séptico 65%, pozo ciego o letrina 32% sin servicio higiénico 2%, conectado a red 1%.
- Abastecimiento del agua potable, el 95% de tanqueros, el 3% de pozos y 2% de la red.
- Energía eléctrica provista por la red pública en un 100%.
- Manejo de residuos sólidos, quema a cielo abierto 60%, 18% recolector privado, 10% acumulación en lote baldío, 6% recolección pública, 5% arroja a la calle, 1% la entierra.
- Las vías son de tierra en un alto porcentaje y la mayoría no cuenta -o contaba al momento del estudio- con alumbrado público.

Aunque no se cuenta con datos actualizados la hipótesis de una mejora en estos indicadores es probable, debido a que este tipo de asentamientos se van

consolidando con el tiempo y los estándares de habitabilidad van por lo general también aumentando, en todo caso los servicios básicos con excepción de la energía eléctrica tienen un muy bajo nivel de cobertura.

3.2.8 Infraestructura educativa y de salud

En el área de estudio se localizan 215 instituciones educativas, las cuales cuentan con una planta de 1576 docentes y dan servicio a 42553 alumnos, de este universo de instituciones educativas el 57% corresponden al nivel educacional básico, 33% al nivel de educación inicial y básico y el resto a los otros niveles. De esta oferta de centros educativos un 77% son de sostenimiento particular y 23% fiscal, fiscomisional municipal.

En cuanto a facilidades de servicios de salud, existe un dispensario localizado en la cooperativa Janeth Toral. En el sector el Ministerio de Salud está construyendo un hospital de especialidades que contará con 400 camas y se prevé estará listo en el año 2015, según fuente de prensa de octubre 26 del 2013 (El Ciudadano, periódico digital).

3.2.9 Instituciones de respuesta

Existen dos estaciones de bomberos ubicadas en los sectores “Flor de Bastión” y “Paraiso de la Flor” respectivamente, al este de la zona de estudio.

3.2.10 Instituciones de desarrollo social

El Ministerio de Inclusión Económica y Social reporta la siguiente cobertura en el Distrito 08 de Guayaquil.

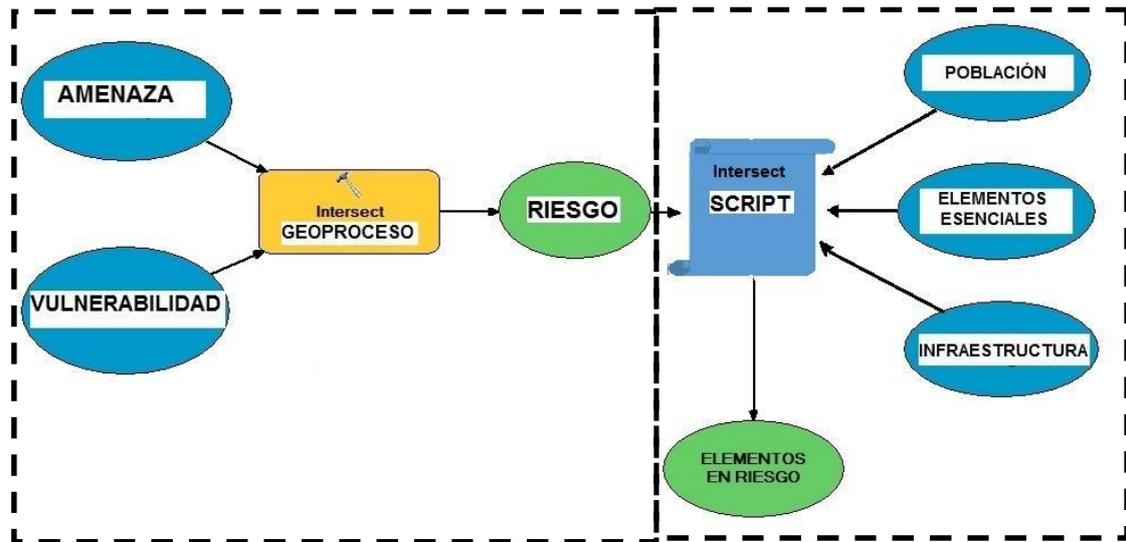
Tabla No. 5. Servicios del MIES en el distrito 09D08

INCLUSIÓN SOCIAL	PROTECCIÓN ESPECIAL	ACOGIMIENTO	UNIDADES	5	5
			COBERTURA	361	361
		ERRADICACION DE LA MENDICIDAD	UNIDADES	2	2
			COBERTURA	450	450
		ERRADICACION DEL TRABAJO INFANTIL	UNIDADES	11	11
			COBERTURA	1.035	1.035
	APOYO FAMILIAR	UNIDADES	1	1	
		COBERTURA	200	200	
	JUVENTUDES	CENTROS DE PROMOCION Y PARTICIPACION JUVENIL	UNIDADES		0
			COBERTURA		0
	ADULTOS MAYORES	CENTROS DIURNOS PARA ADULTOS MAYORES	UNIDADES	2	2
			COBERTURA	250	250
	DISCAPACIDADES	ATENCION DOMICILIARIA	UNIDADES	1	1
			COBERTURA	120	120

*Nota:*Unidad Zonal de Planificación-Cobertura Direcciones Distritales. Junio 06 del 2013.

3.3 Metodología

En el flujograma de la figura siguiente se presenta los pasos seguidos en el entorno SIG para la elaboración de escenarios.



EVALUACIÓN DEL RIESGO

ESCENARIO DE RIESGO

Figura No. 16. Flujograma en términos del ModelBuilder para la elaboración de escenarios de riesgo.

Para la etapa de evaluación del riesgo como fue mencionado previamente existen mapas de amenaza que cubren el área de estudio, estos mapas o capas son tanto ráster como vector; todas fueron sometidas a un proceso preparatorio - “estandarizadas“- para el análisis, así eventualmente las que existen en formato raster y no están clasificadas en la escala requerida son transformadas a formato vector para normalizarlas, estando todas finalmente expresadas en la misma escala de valores (1 a 5). Las capas empleadas en los procesos y parte de sus metadatos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla No. 6 Capas de datos espaciales usadas en los análisis.

Nombre del archivo	Información contenida	Fuente	Escala	Formato	Fecha
Amanzanado y disperso	Polígonos que representan los sectores censales	INEC	1:250000	vector	2010
Amenaza inundación	Áreas propensas a inundación	SGR	1:50000	Vector/ráster	2010-2011
Amenaza mov. masa	Áreas propensas a movimientos de masa	SGR	1:50000	Vector/ráster	2010-2011
Amenaza Incendios forestales	Áreas propensas a incendios	SGR	1:250000	Vector/raster	2013
DEM pendientes	Topografía	ASTER GDEM	30 m	Ràster	S.F.
Mapa de textura	Polígonos con atributo que les asigna valor de textura del suelo	No determinada	1:250000	vector	S.F.

En cuanto a Vulnerabilidad vale indicar aquí que hay variadas metodologías para evaluar la vulnerabilidad, una de ellas, adoptada por la SGR en colaboración con PNUD (Sun Mountain, 2011) para su trabajo con los GAD en áreas urbanas, es el enfoque de los elementos esenciales en los que se identifica, caracteriza y evalúa aquellos elementos del territorio que son cruciales para garantizar su funcionalidad en tiempos normales y de crisis causadas por eventos adversos, este análisis aunque en principio prescinde de la consideración de la naturaleza de la amenaza, en la práctica la autora ha hallado que el análisis de la vulnerabilidad al menos en alguna de sus fases no puede realizarse sin considerar la amenaza y sus características.

Los tipos de vulnerabilidad enumerados en la bibliografía sobre el tema se relacionan con disciplinas o sectores, entre otros se señalan: vulnerabilidad ambiental y ecológica, física, económica, social, educativa, cultural e ideológica, política e institucional, científica y tecnológica, por incluir los más citados. Otro aspecto de los análisis de vulnerabilidad es la escala, de acuerdo a esta el análisis de este factor del riesgo puede ser realizado desde el punto de vista particular, local o regional (Asef, 2008).

La vulnerabilidad puede ser analizada para cualquiera de los elementos expuestos a la(s) amenaza(s) identificadas, la vulnerabilidad de primer interés en este trabajo es la de la población, están luego otros elementos como la infraestructura de servicios, las viviendas, las actividades productivas y de servicios y el ambiente, cuyas vulnerabilidades también deben ser evaluadas a fin de tener una perspectiva integral del sector bajo análisis.

La vulnerabilidad de la población -de principal interés como ya se indicó- es, como lo señala INDECI (2006), el resultado del estado individual y colectivo en todos los órdenes, es dinámica en el tiempo y depende de múltiples factores. Así, se la relacionó con las varias características que pueden incidir en su construcción o minimización (Rafiq et al, 2005).

La metodología adoptada para evaluar la vulnerabilidad parte de la revisión de varias metodologías, entre ellas la del INDECI-DINAPRE de Perú, la de los elementos esenciales (PNUD-SGR, 2010), así como también de la revisión de otros trabajos sobre el tema (IEE 2010, CIIFEN 2011, PACIVUR, s.f.) y encuentra

su fundamento en los varios trabajos realizados en el campo de los riesgos de deslizamientos, encajando entre los métodos indirectos de tipo heurístico para evaluar este tipo de riesgos, que consisten en la superposición de mapas de factores causales a los cuales se asigna un peso de acuerdo a la importancia esperada de ese factor en causar el fenómeno estudiado (Schernthanner, 2005).

Un ejemplo práctico de esta aproximación se la encuentra en IDEAM (2011), en donde para integrar las capas de información o variables, las categorías de cada atributo son previamente clasificadas usando una escala numérica ordinal que a su vez representa niveles o intensidades, esto permite posteriormente su integración en un índice mediante la ponderación de cada atributo.

3.3.1 Vulnerabilidad de la población

Para determinar la vulnerabilidad de la población se plantean algunas preguntas: ¿cuántas personas están dentro de las áreas con amenazas?, ¿qué características y condiciones tienen sus viviendas? ¿existe más de una amenaza por sitio?, ¿cuál es la capacidad de las personas para resistir un evento adverso generado por la amenaza?, ¿como comunidad están preparados? ¿Qué capacidades tienen o han desarrollado individual y colectivamente? ¿Existen sistemas de alerta ante amenazas inminentes? ¿Qué instituciones de respuesta están disponibles en el área?.

Algunas de estas preguntas se pueden responder consultando a la base de población del INEC del censo del 2010, la que contiene una gran cantidad de información sobre las características de las familias y las viviendas censadas,

usando como unidades mínimas de información los sectores censales, estos comprenden entre 70 y 150 viviendas (INEC).

Con el antecedente previo, para la generación de la capa de vulnerabilidad, con la que no se contó entre la información secundaria recopilada, se realizó una selección de un conjunto de atributos o características de la base de datos del censo del INEC del 2010, que corresponden a las características de las viviendas, de la población y de la dotación de servicios básicos, estos atributos fueron clasificados, i.e., se asignó un valor de 1 a 5 a cada clase/tipo/rango y luego se combinaron todos en una ecuación para obtener un valor total de vulnerabilidad expresado en la misma escala.

El primer paso del procedimiento para calcular la vulnerabilidad de la población fue la selección de atributos, considerando para ello los factores que incorporan Rafiq et al (2005) para calcular la vulnerabilidad total, CIIFEN (2012) en el cálculo de la vulnerabilidad social y CLIRSEN (2011) en la estimación del factor social de la vulnerabilidad; estos fueron: Densidad de población, grupo etario vulnerable (<10 años y >64 años), personas discapacitadas, nivel educativo, tipo de vivienda, estado de vivienda expresado en las condiciones de piso, techo y paredes, acceso a la vivienda, tipo de disposición de residuos sólidos, disponibilidad de alcantarillado sanitario, disponibilidad de agua potable, disponibilidad de servicio de energía eléctrica. En el diagrama siguiente se presentan todos estos factores que se combinaron para aportar a la vulnerabilidad:

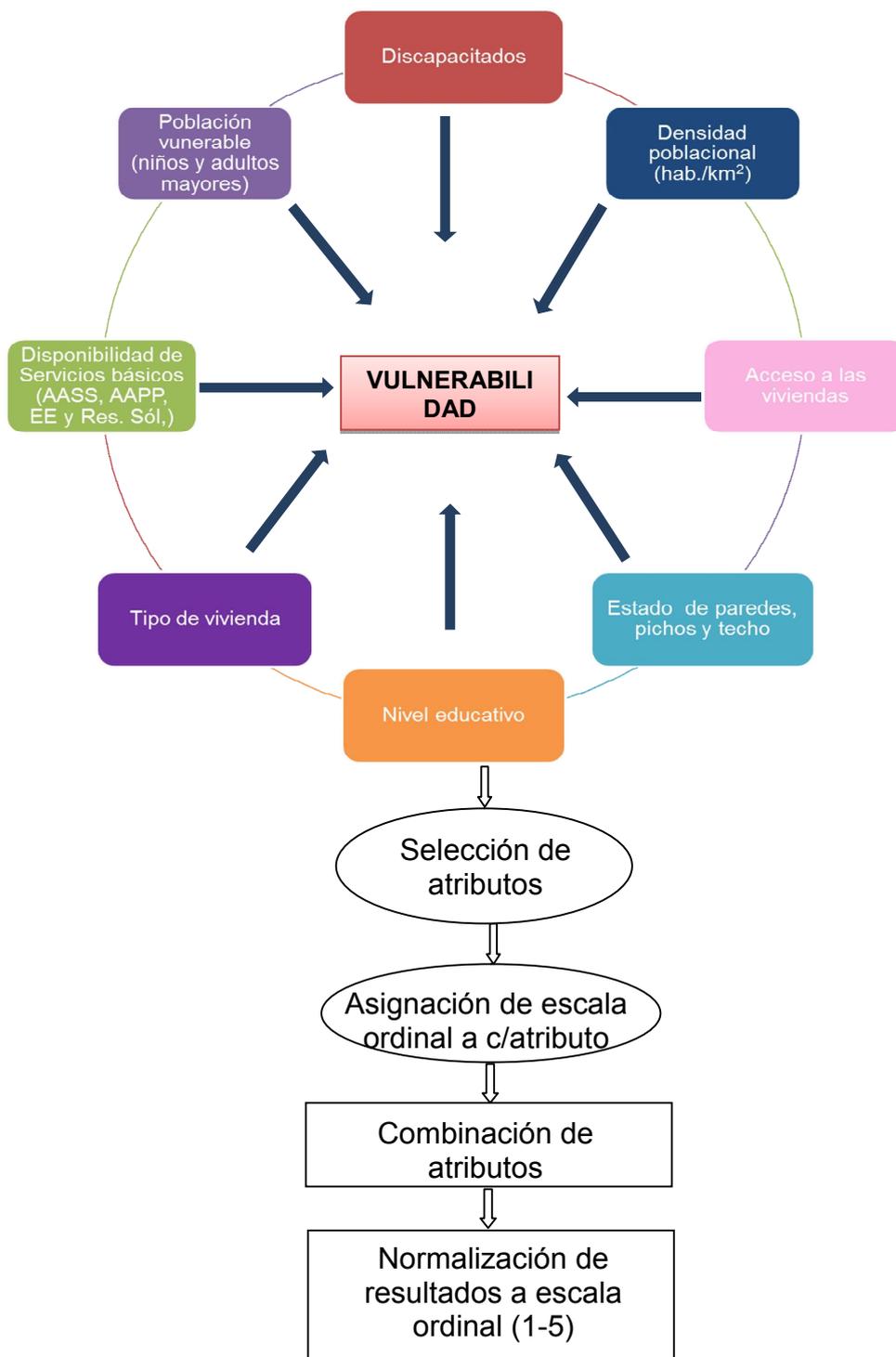


Figura No. 17. Factores combinados para el cálculo de la vulnerabilidad, se observa el paso previo que se dio a cada capa para combinarlas en un esquema estándar.

En la tabla siguiente se presenta la valoración de cada nivel en los atributos seleccionados y usados en la determinación de vulnerabilidad.

Tabla No. 7. Valores usados para cuantificar la vulnerabilidad de la población.

ACCESO	Calle o carretera adoquinada, pavimentada o de concreto	Calle o carretera empedrada	Calle o carretera lastrada o de tierra	Camino, sendero, chaquiñán	Otro
Valor	1	2	3	4	5
AASS	Conectado a red pública de alcantarillado	Conectado a pozo séptico	Conectado a pozo ciego/Letrina	Con descarga directa al mar, río, lago o quebrada	No tiene
Valor	1	3	4	5	5
RESOL	Por carro recolector	La arrojan en terreno baldío o quebrada/La quemar	La entierran	La arrojan al río, acequia o canal	De otra forma
Valor	1	4	3	5	3
AAPP	De red pública	De pozo	De río, vertiente, acequia o canal	De carro repartidor	Otro (Agua lluvia/albarrada)
Valor	1	3	4	2	5
EEE	Red de empresa eléctrica de servicio público	Panel Solar	Generador de luz (Planta eléctrica)	Otro	No tiene
Valor	1	2	1	1	5
Tipo VIVIENDA	Casa/Villa/Departamento en casa o edificio	Cuarto(s) en casa de inquilinato	Mediagua	Rancho	Covacha/Chozas/Otra vivienda particular
Valor	1	2	3	4	5
ESTADO DE VIVIENDA			Techo ó Pared ó Piso malo	Techo y Pared ó Pared y Piso ó Piso y Techo malo	Techo y Pared y Piso malo
Valor			3	4	5
NIVEL EDUCATIVO	Superior/Postgrado	Ciclo Postbachillerato	Primario/Secundario/Educación Básica/Educación Media	Preescolar / Centro de Alfabetización/(EBA)/ Señora	Ninguno
Valor	1	2	3	4	5

ACCESO	Calle o carretera adoquinada, pavimentada o de concreto	Calle o carretera empedrada	Calle o carretera lastrada o de tierra	Camino, sendero, chaquiñán	Otro
Discapacitados	Entre 1 y 3	Mayor a 3 y menor o igual que 5	Mayor a 5 y menor o igual que 6	Mayor a 6 y menor o igual que 8	Mayor que 8 y menor o igual que 10
Valor	1	2	3	4	5
Población vulnerable	Entre 1 y 101 hab.	Mayor a 101 y menor o igual que 124	Mayor a 124 y menor o igual que 146	Mayor a 146 y menor o igual que 169	Mayor que 169 y menor o igual que 192
Valor	1	2	3	4	5
Densidad poblacional	Menor o igual a 3042.	Mayor a 3042 y menor o igual que 5496	Mayor a 5496 y menor o igual que 7949	Mayor a 7949 y menor o igual que 10403	Mayor que 10403 y menor o igual que 12857
Valor	1	2	3	4	5

Nota: Los datos se tomaron de la base de sectores censales del censo del INEC 2010.

Como se observa a las subclases de cada una de estas variables se asigna un valor de 1 a 5 en correspondencia con su potencial de ser afectada en presencia de un evento adverso o contribuir a su agravamiento, se calcula un valor ponderadototal para cada sector censal que incorpora la frecuencia de cada caso, y entonces la vulnerabilidad total; los totales son ordenados y con el rango de los valores se definen 5 clases iguales. Estas clases van de a 1 a 5.

A menor vulnerabilidad le corresponde el valor 1 y a la mayor el valor de 5. El porqué del número de niveles adoptado en la metodología es siempre con el fin de establecer compatibilidad con los mapas de amenazas ya desarrollados por el ente rector SGR (2010) y otras fuentes disponibles en que 1 el nivel más bajo o menos severo y 5 el más elevado.

Para el trabajo en SIG la tabla de totales de vulnerabilidad fue enlazada a la capa base de sectores poblacionales usada como la mínima unidad de información disponible, este procedimiento es semejante al uso de una función de valor (Malczewski, 2000). Así cada valor está asociado a una unidad geográfica que para este caso es un sector censal, el enlace se realiza vía el código del sector censal.

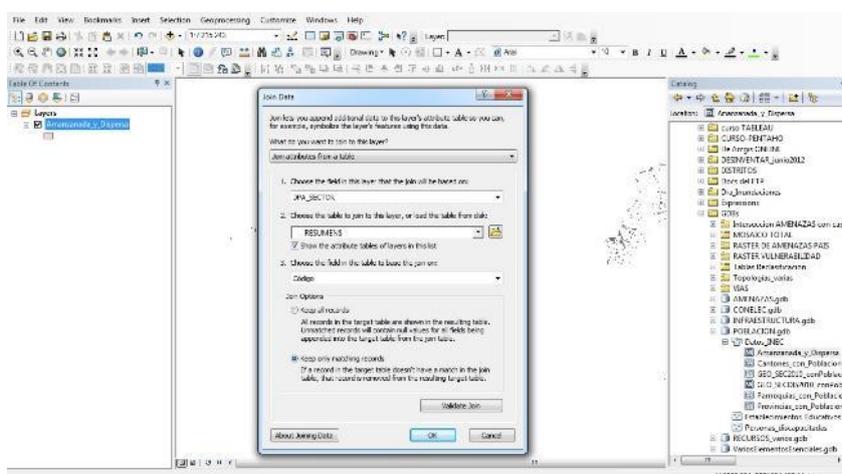


Figura No. 18. Uso de la opción “Join Table” para enlazar la tabla de vulnerabilidad total con los polígonos de sectores censales via código del sector

Así obtenida la capa de vulnerabilidad se cruza con el mapa de cada amenaza, obteniéndose un mapa de riesgos por cada amenaza, éste también es clasificado con la escala 1 - 5. Las áreas del mapa con valores altos de riesgo constituyen el escenario de riesgo, esto es aquellos donde la magnitud resultante del riesgo es mayor a 4. Parte del objetivo del trabajo fue sistematizar la siguiente fase del proceso, la identificación y caracterización de los elementos afectados dentro de los escenarios de riesgo, esto se hizo a través de la creación de un código (script) en python que permite automatizar este proceso, el código utiliza las capas de información de infraestructura, población y otros elementos del entorno

organizados en una geodatabase y las interseca con el área identificada como el escenario de riesgo para cada amenaza de interés. Así se cuantifican los elementos y las estructuras en cada nivel de riesgo. El modelo cartográfico es el siguiente:

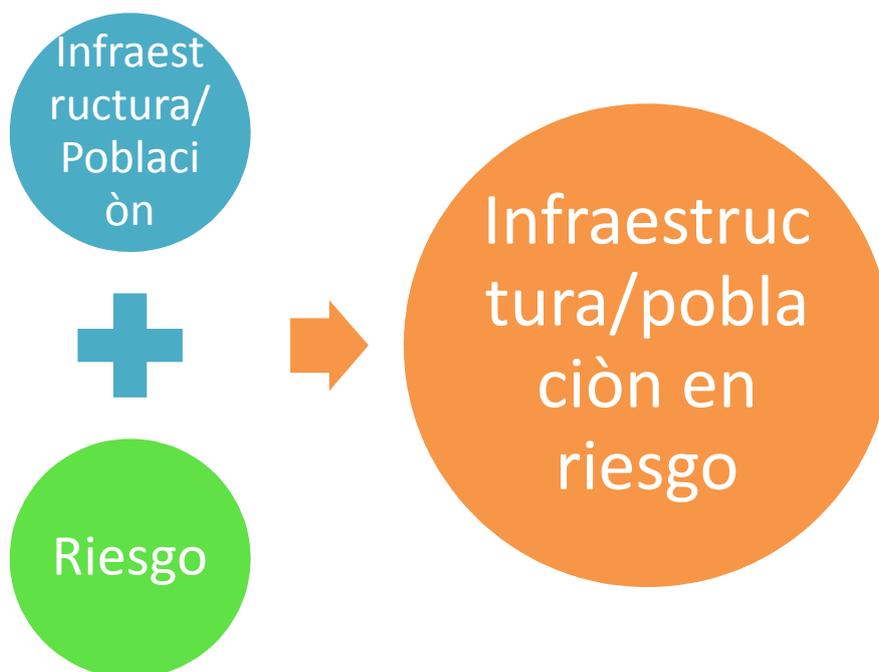


Figura No. 19. Esquema de la operación para generación de un escenario de afectación

4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS AMENAZAS Y RIESGOS

4.1 Identificación de la amenazas

En cuanto a amenazas identificadas en la zona existe información secundaria sobre el tema la cual proviene de varias fuentes (ya mencionadas previamente en el texto) , primero se revisó la información de los eventos adversos -declarados en las bases de datos oficiales- que se localicen en el área correspondiente al distrito 8 en el cual se ubica la zona de estudio (el sector Voluntad de Dios), luego se revisan estudios previos que identificaron amenazas de diversa índole en el área. Posteriormente se revisa la información recopilada de las visitas al área de estudio a fin de identificar sectores de ocurrencia de fenómenos del tipo amenazas.

4.1.1 Amenazas relacionadas a los eventos adversos

Los eventos adversos que se presentaron en el distrito 09D08, del cual forma parte el sector "Voluntad de Dios", de acuerdo a la base de datos de la SGR son representados en el siguiente gráfico en el que se añaden también los impactos de los eventos en personas y en las viviendas. Los valores presentados como impactos en personas son la suma de personas afectadas, evacuadas, damnificadas, albergadas, heridas y fallecidas; y los impactos en viviendas representan la suma de viviendas afectadas y destruidas.

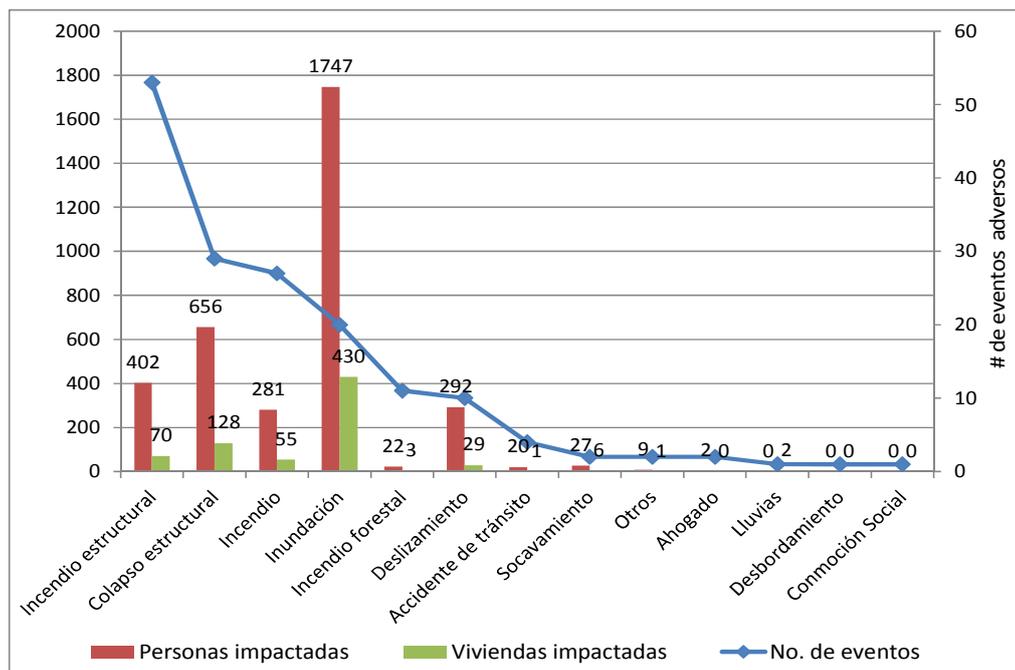


Figura No. 20. Número de eventos vs. efectos en personas y viviendas en el cantón Guayaquil en el periodo 1970-2012. Fuente: Base Desinventar consultada en abril 2013 y SGR, 2013.

Lo que de aquí se puede resaltar es que los eventos que causaron mayor impacto en personas y viviendas son las inundaciones, apesar de no ser los de mayor frecuencia; el evento adverso de mayor frecuencia en el sector es el incendio estructural.

La relación de eventos de origen natural a antrópico es aproximadamente 1:4 la que es similar para todos los datos en la base de eventos. Llama la atención el hecho de que a pesar de ser una zona "recientemente" desarrollada está en tercer lugar del ranking de cantidad de eventos adversos entre los distritos del área urbana de Guayaquil si consideramos los registros desde 1970 hasta el año 2013. Siendo las inundaciones, los colapsos estructurales y los deslizamientos los eventos de génesis natural que destacan en el gráfico, se realizó una relación de los dos grandes tipos de eventos por mes, el resultado se presenta en el siguiente gráfico.

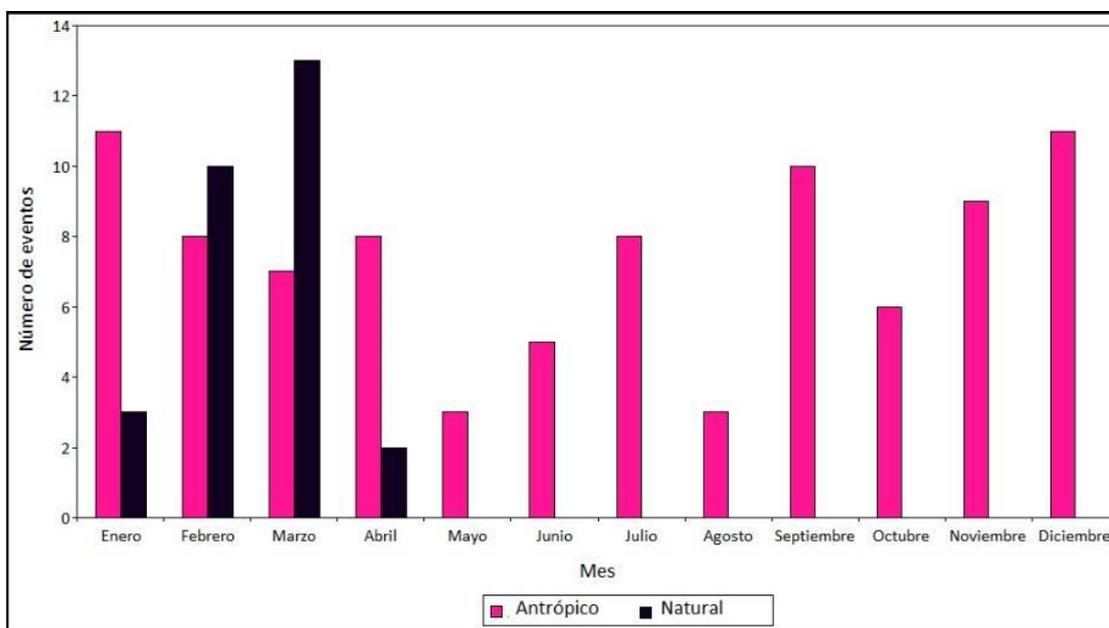


Figura No. 21. Número de eventos vs. efectos en personas y viviendas en el cantón Guayaquil en el periodo 1970-2012. Fuente: Base Desinventar consultada en abril 2013 y SGR, 2013.

Mientras los eventos antrópicos suceden todo el tiempo, los eventos de origen natural solo están presentes en los meses de la época lluviosa, de acuerdo a lo representado por los datos.

La ubicación espacial de los eventos se presenta en el mapa de eventos adversos de la zona, vale indicar que no todos los eventos adversos pueden ser representados en un mapa pues una parte de ellos no cuentan con las coordenadas de posicionamiento geográfico. Debe señalarse que en tanto que en la consulta a la base de eventos adversos se registraron en total 163 dentro del distrito 09D08, solo 20 eventos adversos han sido posible de representarse lo que es menos del 15% de los eventos.

En la zona de estudio se pueden observar principalmente incendios estructurales, deslizamientos e inundaciones.

4.1.2 Amenazas naturales Identificadas y caracterizadas en estudios previos

La información obtenida en esta sección fue consultada y obtenida primariamente de la SGR y del sitio Web del Sistema Nacional de Información, desde el que se descargan archivos en formato shapefile así como la metadata cuando esta está disponible.

La SGR elaboró mapas de zonas propensas a Inundación y Movimientos de masas en los años 2010-2011¹², estos mapas elaborados considerando las características del suelo, su topografía (geoformas, pendientes), su cobertura y uso, además de las fallas geológicas del sector, los drenajes y la climatología, son usados como referencia para revisar el nivel de estas amenazas en el área de estudio. La escala de esta información es según su fuente 1:50000.

Ambas amenazas, la de inundación y la de movimientos en masa en el sector están presentes en nivel medio y bajo de acuerdo a los mapas. En las zonas de mayor pendiente se observa que mientras la amenaza por inundación es nula la de movimientos de masas es de nivel alto y muy alto.

¹² Estos mapas en formato pdf pueden ser descargados desde <http://www.gestionderiesgos.gob.ec/biblioteca/>

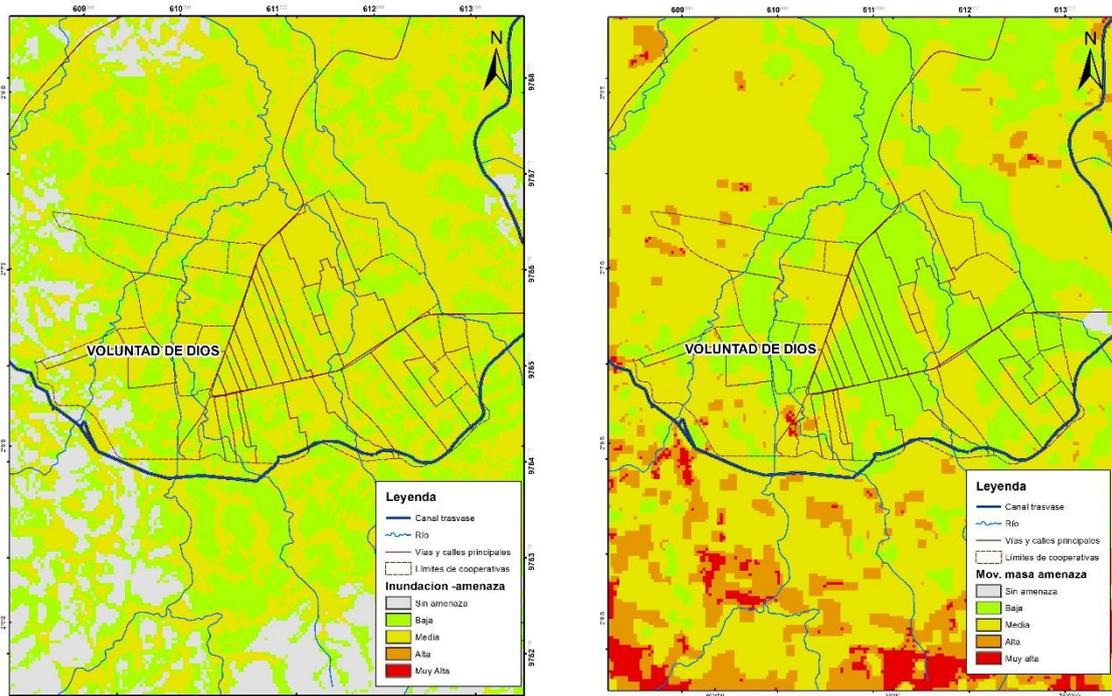


Figura No. 22. Nivel de las amenazas de inundación y movimiento de masas en el sector de estudio. SGR (2010). Mapas de amenazas

Otro mapa desarrollado por la SGR es el de amenaza de generación de incendios forestales, el que se presenta a continuación.

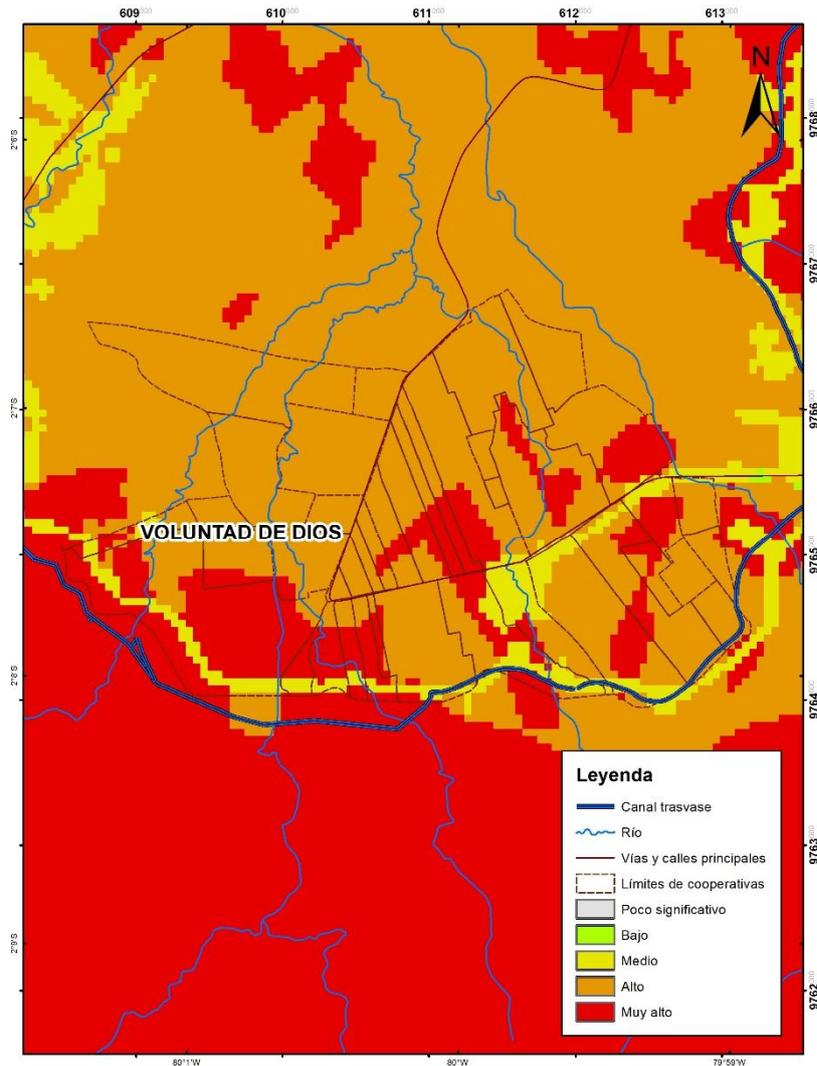


Figura No. 23. Mapa de amenaza de incendios forestales en zona de estudio. Mapa SGR (2010-2011).

Esta amenaza se presenta para la zona como alta y muy alta y se elaboró bajo el supuesto de que la zona tenía la cobertura vegetal levantada por el MAE hasta antes del año 2008, tiempo en el que probablemente aún existían las estructuras vegetales propias de áreas rurales poco intervenidas que caracterizó tiempo atrás a ese sector. Hoy por hoy mucha de esa vegetación endémica ya no existe pues se encuentra ocupada por viviendas.

En cuanto a la amenaza sísmica existe un mapa de aceleraciones g para el país elaborado por el IG¹³, según el cual la zona se encuentra en un área de amenaza sísmica alta.

4.1.3 Trabajos de identificación de amenazas en el sitio

En julio de 2011 estudiantes de cuarto nivel de la disciplina de riesgos¹⁴ realizaron un taller con los moradores del sector "Voluntad de Dios" orientado a impartir educación comunitaria para la prevención de desastres, este tuvo lugar en el local de la escuela "Emilio Estrada Carmona" y como parte de este taller los pobladores identificaron desde su perspectiva las amenazas, las vulnerabilidades y los riesgos. Las amenazas que fueron identificadas a través de esta experiencia, en síntesis fueron:

- Casas en cerros y laderas
- El canal y los riachuelos formados por las lluvias
- El bosque seco (en caso de tormentas eléctricas)
- Vientos fuertes
- Instalaciones eléctricas inseguras y clandestinas

y como riesgos se señalaron:

- Deslaves, hundimientos o deslizamientos de tierra

¹³ Capa descargada del SIN en: <http://sni.gob.ec/coberturas>

¹⁴ Segunda promoción de estudiantes de Maestría en Gestión de Riesgos y Desastres auspiciada por CONACIP y la Universidad de Guayaquil.

- Inundaciones
- Incendios forestales
- Exceso de polvo en época seca

Como complemento de esta información se han realizado recorridos en el área, en octubre del 2013 y enero del 2014, en los que se identificó las siguientes zonas como afectadas por amenazas:

- Sector de la vía principal de acceso al sector que es afectado por inundaciones en las coordenadas (610186 mE,9764633 mN)
- Las riberas de los cauces de escorrentías estacionales
- Las laderas y las faldas de los cerros en los que existen viviendas amenazados por deslizamientos
- Sitio afectado por deslizamiento en temporada de lluvias pasada (609488 mE, 9764427 mN)
- Obras de desviación de canales y escorrentías naturales

La información de eventos adversos registrados en el pasado inmediato y reportada por los pobladores del sitio se utiliza en la sección siguiente para validar los mapas de riesgo respecto a las amenazas que los generan.

4.2 Vulnerabilidad

La vulnerabilidad de la población se obtiene según la metodología explicada en 3.3.1 empleando el modelo vectorial y es expresada en una escala de cinco

valores que van de no significativa a muy alta, el mapa resultante obtenido es el siguiente.

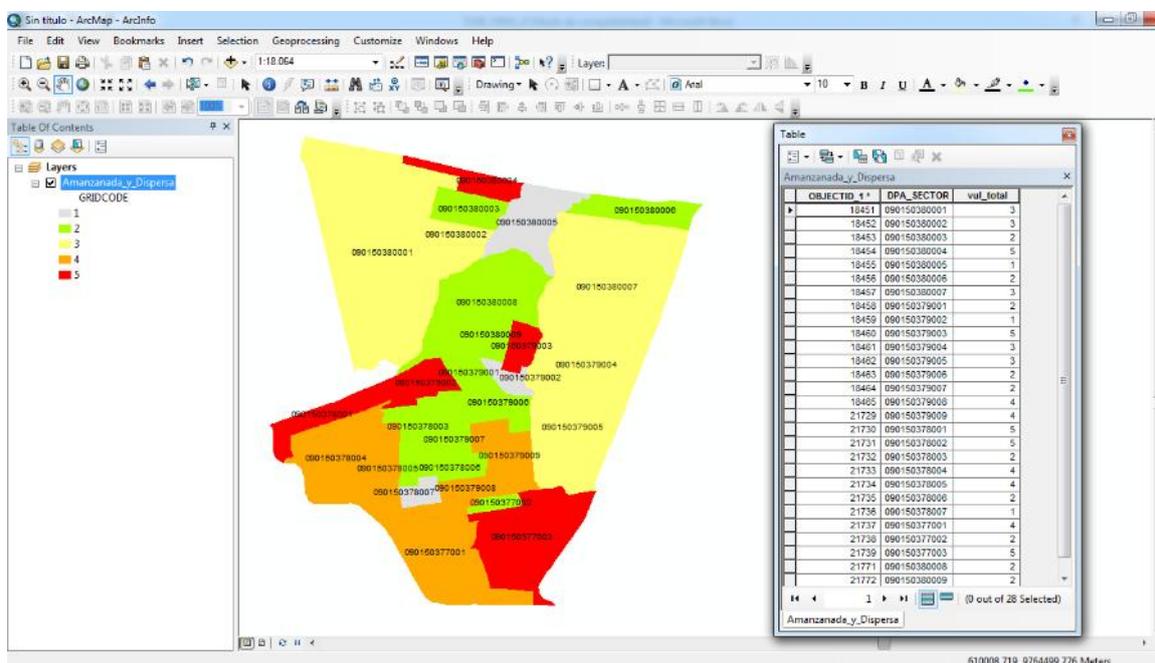


Figura No. 24. Resultado de la estimación de vulnerabilidad de la población.

Se observa que la vulnerabilidad máxima poblacional se concentra en cinco sectores censales, los niveles de vulnerabilidad entre media y muy alta cubren la mayor parte del sector (75%). En la siguiente tabla se resumen la superficie que corresponde a cada nivel de vulnerabilidad.

Tabla No. 8. Proporción del área que corresponde a los diferentes niveles de vulnerabilidad en el área de estudio.

Nivel de vulnerabilidad	Categoría	Área en ha	% vulnerable por nivel
1	Muy baja	19	5
2	Baja	78	20
3	Media	167	44
4	Alta	68	18
5	Muy alta	50	13
TOTAL		383	100

4.2.2 Vulnerabilidad de las infraestructuras

Las infraestructuras que se incluyen generalmente en el análisis de este acápite podrían ser, de existir, viales (carreteras, puentes, aeropuertos), eléctricas (centrales eléctricas, líneas de transmisión, subtransmisión, subestaciones), petroleras (refinerías, ductos, terminales de almacenamiento), de riego y suministro de agua (canales, presas, embalses) y otras que se consideren de importancia para el nivel y área de análisis.

En texto previo se identificó este tipo de elementos en el área de influencia de la zona de estudio, de ellos el canal de trasvase Daule – Chongón, se ubica en el límite sur del sector “Voluntad de Dios”, sin embargo debido a que se mantiene un área de seguridad a los lados de esta estructura y a los niveles de amenaza observados en las Figura No. 22 la vulnerabilidad de esta estructura estaría más relacionada con eventos naturales como sismos.

4.2.3 Vulnerabilidad de las viviendas

Esta vulnerabilidad fue incorporada en la estimación de la vulnerabilidad poblacional.

4.2.4 Vulnerabilidad de las actividades productivas y de servicios

En la zona de estudio se identifican actividades educativas representadas por 5 establecimientos de este tipo. La vulnerabilidad de cada uno de estas

instalaciones es materia de un estudio específico que no se incluye en el alcance de este estudio.

4.2.5 Vulnerabilidad del ambiente

La vulnerabilidad del ambiente no se considera de significancia en el estudio por ser actualmente el sector de interés -Voluntad de Dios- un entorno altamente intervenido.

4.2.6 Vulnerabilidad a Inundaciones

De acuerdo al enfoque de vulnerabilidad en relación con la amenaza, existe un mapa de referencia denominado Vulnerabilidad a Inundaciones elaborado por el CIIFEN para el Ministerio del Litoral dentro del marco de un Convenio de cooperación técnica interinstitucional en el año 2009. La escala de los mapas en este trabajo es 1:1000000. Para el área de estudio este mapa de vulnerabilidades se presenta en la figura siguiente.

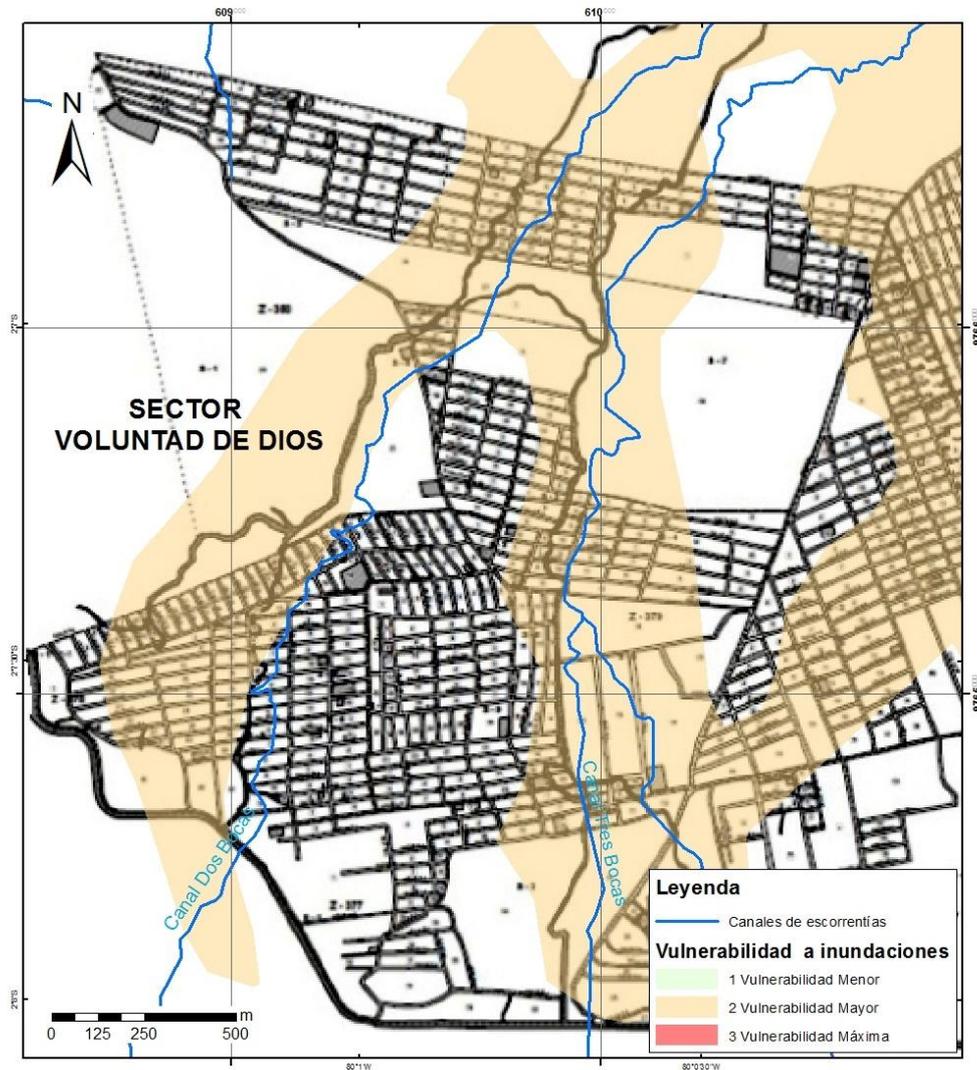


Figura No. 25. Vulnerabilidad a inundaciones según estudio del CIIFEN (2009)

4.3 Estimación del riesgo

Para estimar el riesgo en la zona de estudio y con base en la ecuación $AxV=R$ (INDECI, 2006) se emplea los mapas resultantes de vulnerabilidad y los mapas de amenaza de las secciones previas como es referido en DIPECHO (2007), en donde se señala que del cruce de los mapas de zonificación de la amenaza y de la vulnerabilidad se obtiene un mapa de aproximación al riesgo. El término “aproximación” lleva a enfatizar el carácter mas bien probabilístico de la

relación declarada entre vulnerabilidad, amenaza y riesgo, derivado tanto de una componente de incertidumbre en la ocurrencia de las amenazas como de la limitación en las metodologías para evaluar la vulnerabilidad en cada una de sus dimensiones. Así en ISDR (2002) con el propósito de incluir en la evaluación de la vulnerabilidad los aspectos positivos que representan las aptitudes y capacidades de la comunidad para afrontar los riesgos y recuperarse de los desastres, la ecuación de riesgo incluye la variable capacidades, en la relación así expuesta:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad} / \text{Capacidad}$$

Como se señala en este mismo documento ISDR(2002) las metodologías para incluir variables de naturaleza social o económica implícitas en la vulnerabilidad en modelos basados en SIG aún son un reto debido a la dificultad que conlleva traducir a términos numéricos consideraciones tan variopintas como aspectos ideológicos y culturales y multiplicidad de escalas de análisis, p.e.

Con estos antecedentes en este trabajo se buscó incluir una de las posibles variables que hacen contrapeso positivo en la vulnerabilidad, representada en este caso por el mapa de distancias euclidianas de la localización de los líderes comunitarios, a este se reclasificó en cinco valores dándoles un valor de 5 a las zonas ubicadas en el radio de 300 m alrededor de la ubicación de cada líder y disminuyendo una unidad conforme la distancia aumenta en constantes de 300 m hasta cubrir lugares en que este valor alcanza 1.

La valoración aplicada en función de la distancia de posicionamiento de los líderes se determinó a partir de criterios como la visita al sitio, la reunión y entrevista con los líderes y las referencias dadas por personeros de la SGR que trabajan en esas comunidades; de estas fuentes se coligió que la acción constructora de capacidades y movilizadora de estos líderes tiene proporción directa con la distancia, de este modo la influencia es directa sobre 3 manzanas a la redonda, luego ella disminuye hasta tener la menor influencia en las zonas más alejadas de ellos, se asignó una tasa descendente constante a efectos de simplificar el modelo. Incluida la variable capacidad, la ecuación general empleada para generar los mapas de riesgo es:

$$\text{Riesgo} = (\text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}) - \text{Capacidad}$$

Esta ecuación integra el término de la(s) Capacidad(es) al cálculo tomando como referencia lo planteado por CIIFEN (2012, p.12) como un sumando, y dado que éste tiene una connotación contraria al primero se transforma en un término de signo opuesto en la ecuación, haciendo también eco de lo señalado por ONU-EIRD (2004 citado en IEE, 2012 p. 13) que la capacidad de respuesta es la suma de todas las fuerzas que pueden contribuir a disminuir el riesgo. Se rasterizaron las capas de amenaza y vulnerabilidad y mediante algebra de mapas se elaboraron mapas de riesgo por cada amenaza y un mapa de riesgo que combina tres amenazas, inundación, movimientos de masas y sismos, con las dos vulnerabilidades (poblacional y por inundaciones) y con la capacidad, en una relación como se indica:

$$\text{Riesgo} = (\sum \text{Amenaza} * \sum \text{Vulnerabilidad}) - \text{Capacidades}$$

El geoprocesamiento se realizó con la ayuda de la calculadora ráster, al resultado se lo reclasificó a cinco valores usando el método de clasificación de iguales intervalos.

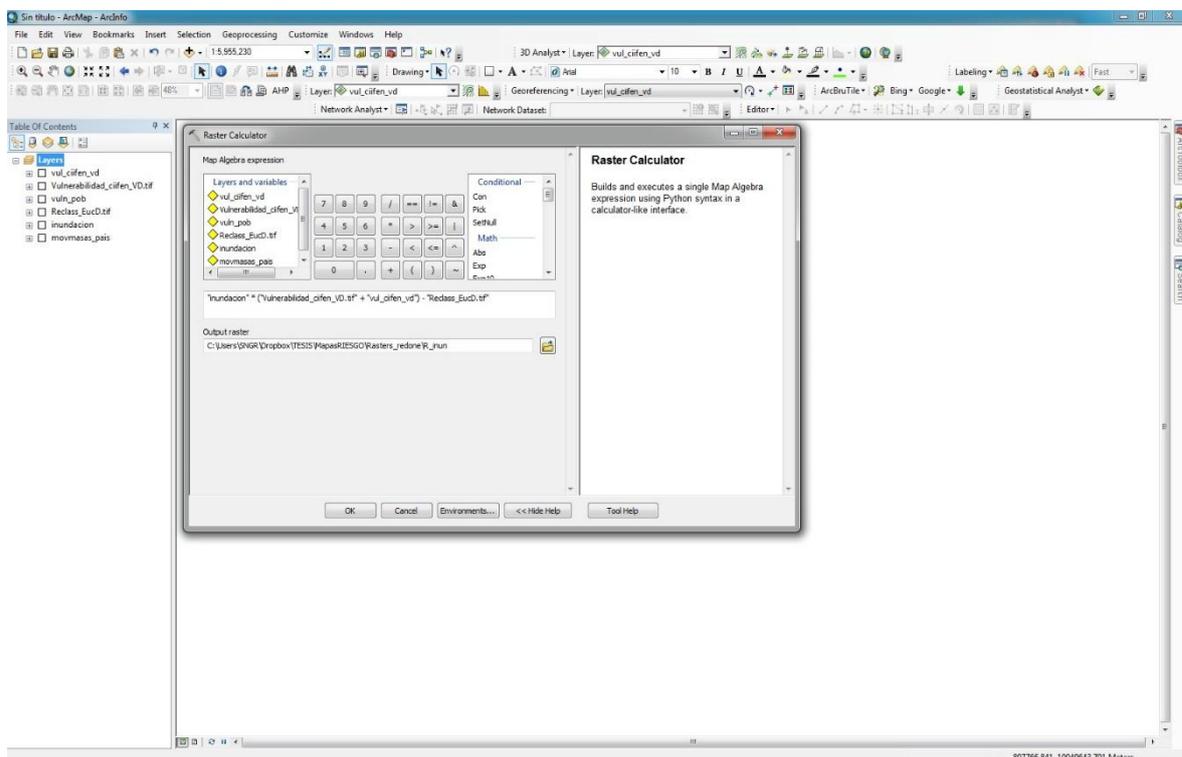


Figura No. 26. Captura de pantalla durante el cálculo del riesgo. Uso de la calculadora ráster

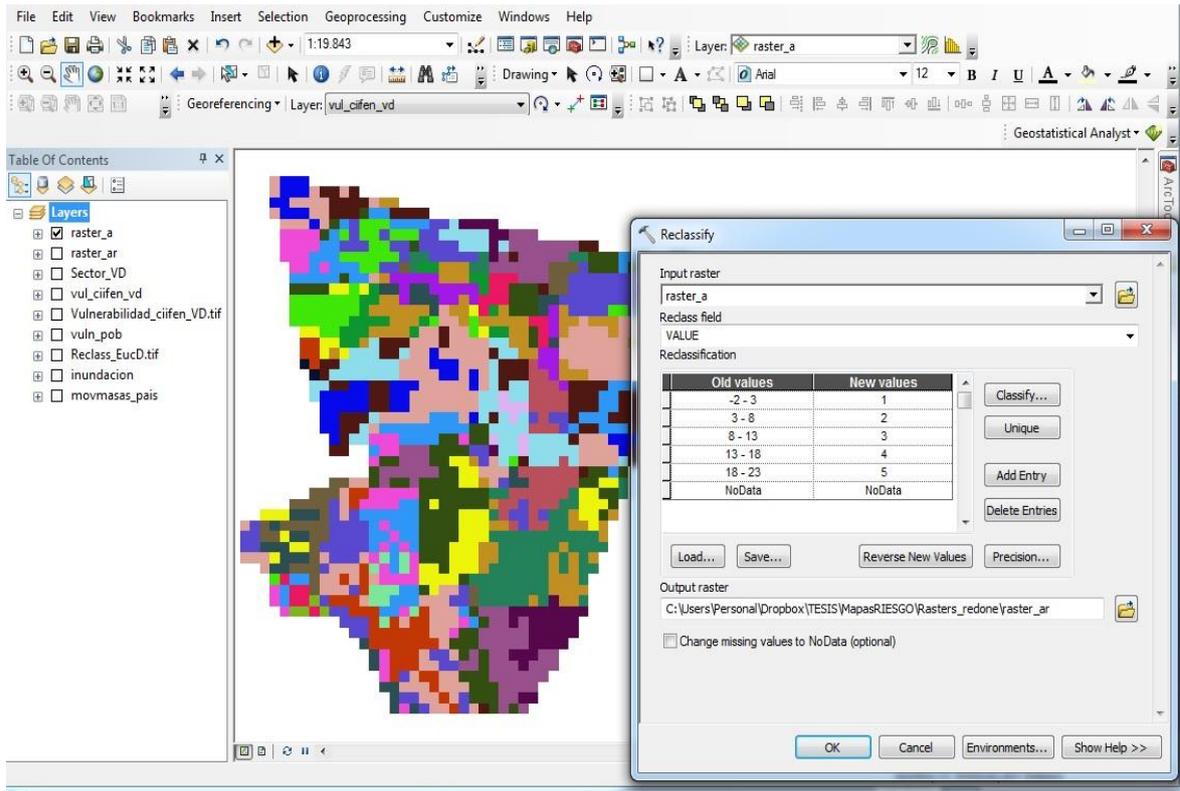


Figura No. 27. Captura de pantalla del geoprocésamiento realizado para calcular el riesgo

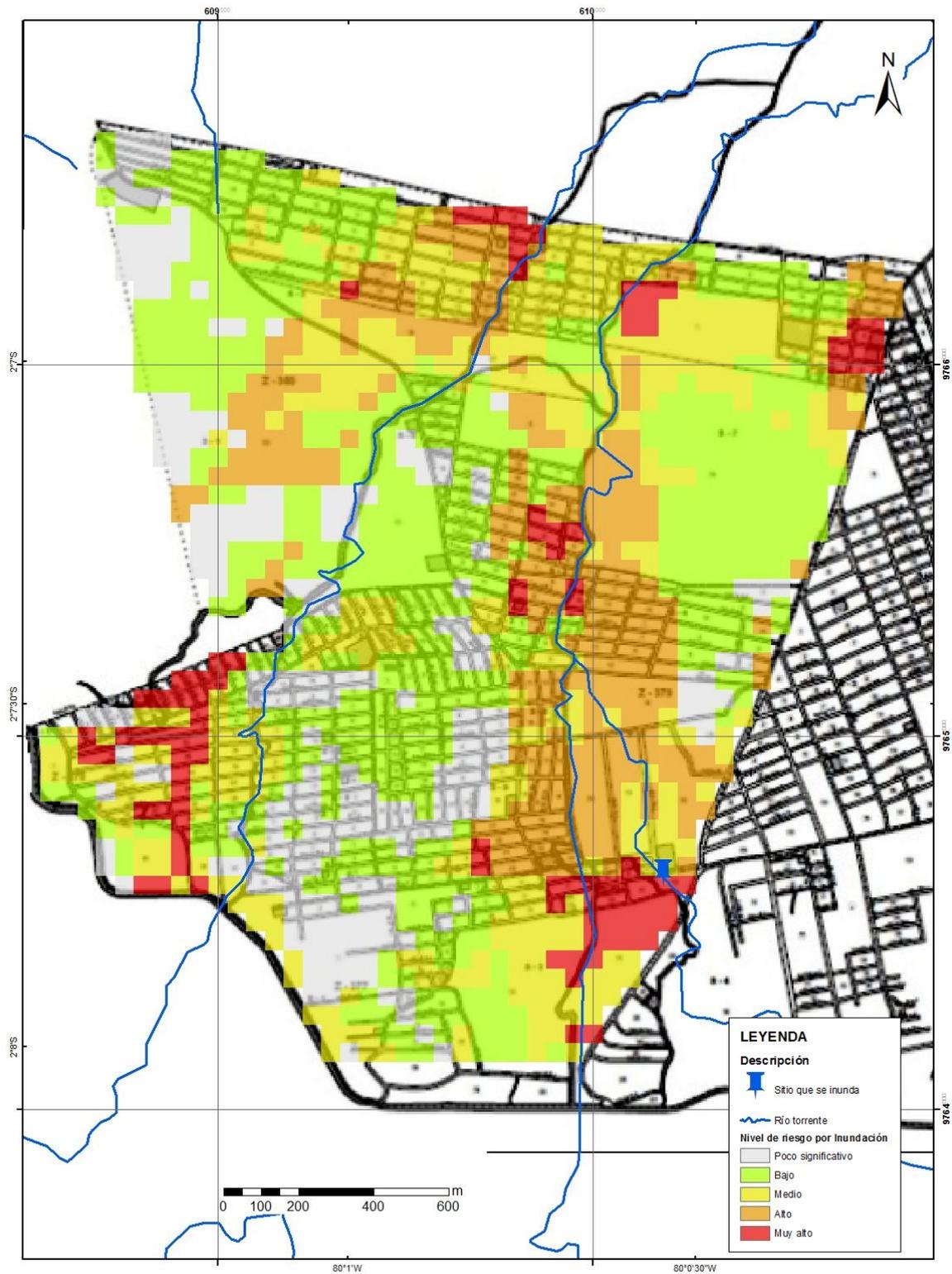


Figura No. 28. Mapa resultante de riesgo por Inundación

En el mapa se ha incorporado el sitio que tuvo reportes de inundaciones en la estación lluviosa del 2013. Este sitio se ubica en una zona que según el análisis realizado tiene un riesgo muy alto de inundación.

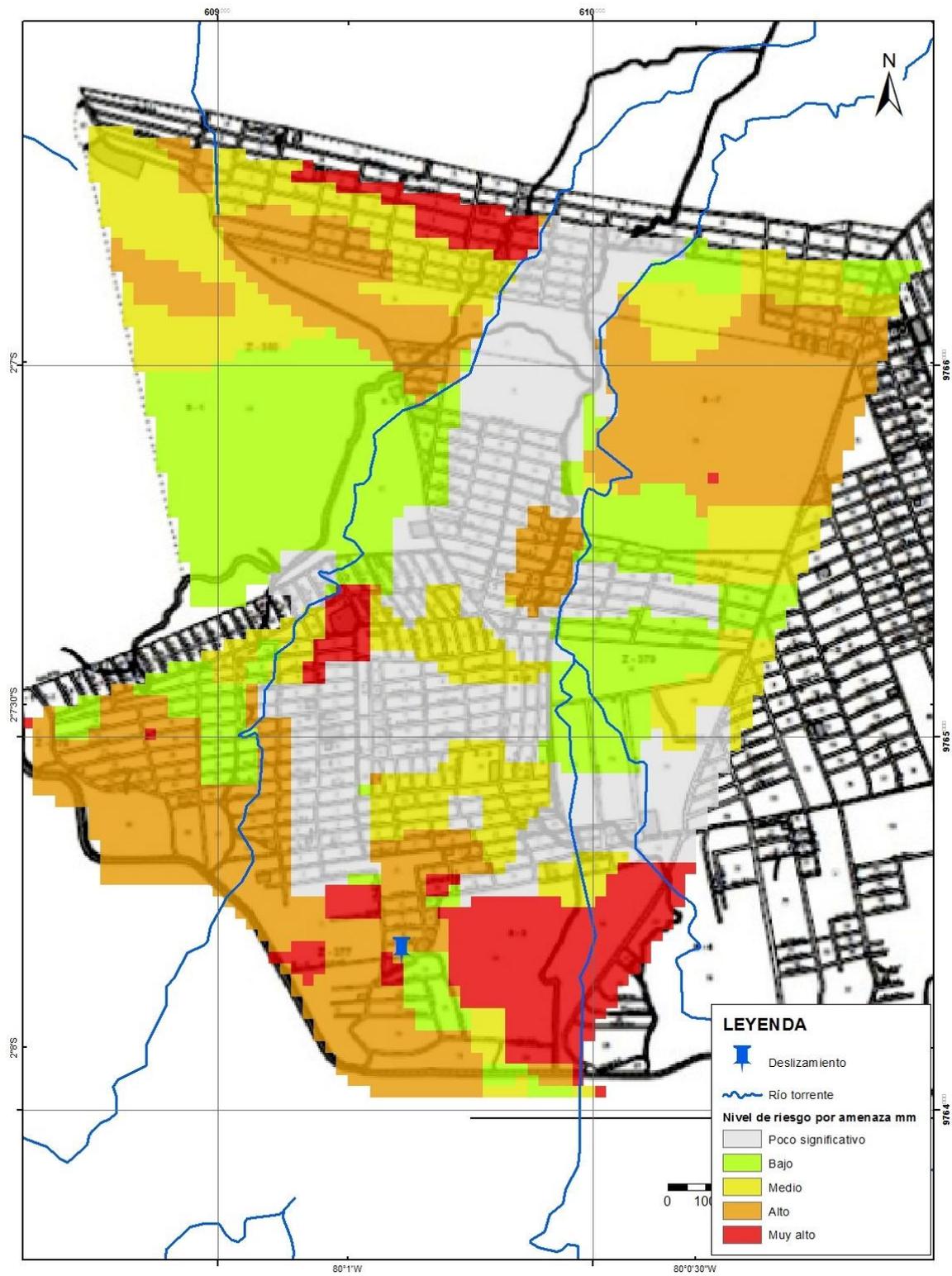


Figura No. 29. Mapa resultante de riesgo por movimientos de masa

En este mapa consta el lugar en que han ocurrido deslizamientos recientemente (2013). Según el resultado del análisis ese sector tiene riesgo alto por amenaza de movimientos en masa.

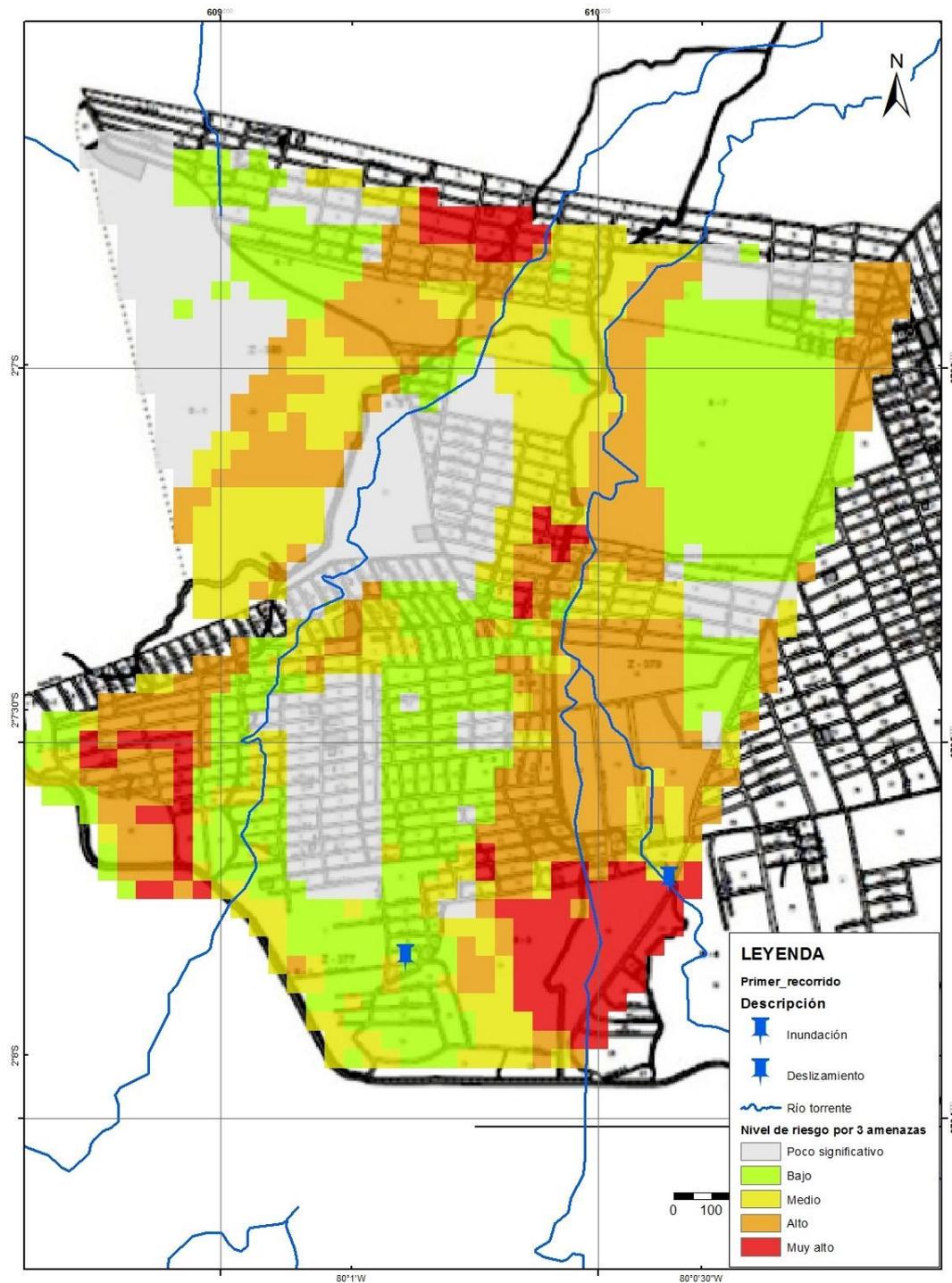


Figura No. 30. Mapa resultante de riesgo por multiamenazas

Este mapa incorpora el riesgo por inundación, movimiento de masas y sismos.

4.4. Generación de escenarios de riesgos.

En la práctica los escenarios de riesgo son una herramienta que apunta a la reducción de riesgos y al manejo de eventos adversos, por ello son requeridos en el día a día de la gestión de riesgos. Haciendo un resumen de los pasos que se requieren para su elaboración estos serían:

- Identificar/seleccionar la amenaza (de origen natural o antrópico) y sus características
- Definir el lugar y tiempo en que la amenaza se materializaría (el escenario) y los posibles eventos adversos directos e indirectos generados
- Identificar las áreas, los elementos, actividades, servicios amenazados y su nivel de vulnerabilidad
- Establecer los impactos en términos cuantitativos o cualitativos y las recomendaciones para prevenir o reducirlos

Partiendo de la premisa de que todo lo que sucede, sucede en un lugar se puede asociar los escenarios a los SIGs, sin embargo debemos recordar otra premisa de la teoría del riesgo: no se puede hablar de riesgo sin elementos amenazados, es decir la sola existencia de la amenaza no es sinónimo de riesgo, si una amenaza se concreta sin que esto resulte en efectos negativos para personas, bienes o ambiente no aplica el análisis de riesgos.

La manera aquí propuesta para desarrollar con herramientas de los SIGs escenarios de riesgo, es contar con información cartográfica de:

- La amenaza (natural o antrópica) definida espacialmente por niveles de intensidad, generada a partir de modelos existentes
- Los elementos afectados (ubicados geográficamente)
- La vulnerabilidad de los elementos afectados definida espacialmente en una escala numérica

Los escenarios pueden desarrollarse a partir de una combinación de esas capas o del mapa de riesgo de existir éste. Una vez determinadas las zonas de alto riesgo para el escenarios analizado deben identificarse las personas, actividades, servicios, bienes, etc. que están insertos en el escenario de riesgo y el nivel de afectación. Así en los numerales siguientes desarrollamos dos posibles escenarios de riesgos para amenazas de origen natural.

4.4.1 Escenario de riesgo por inundaciones

En el caso de un escenario de inundaciones para obtener un mapa de áreas inundadas a partir de un simulador de inundaciones se genera un área afectada asumiendo una determinada elevación del nivel del agua sobre el nivel del mar. Debe aclararse que las probabilidades de este escenario -por elevación del nivel del mar- son muy bajas por las cotas que existen en la zona, esto tiene solo fines demostrativos. La zona que cubre el agua constituye la capa de amenaza, la cual se intersecta con la capa combinada de vulnerabilidad poblacional y

vulnerabilidad a inundaciones para obtener las zonas en mayor riesgo, planteando el peor escenario no se incluyen las capacidades disponibles (capa de influencia de los líderes comunitarios). El modelo utilizado para este análisis es vectorial, el flujo operacional se esquematiza en la Figura siguiente.

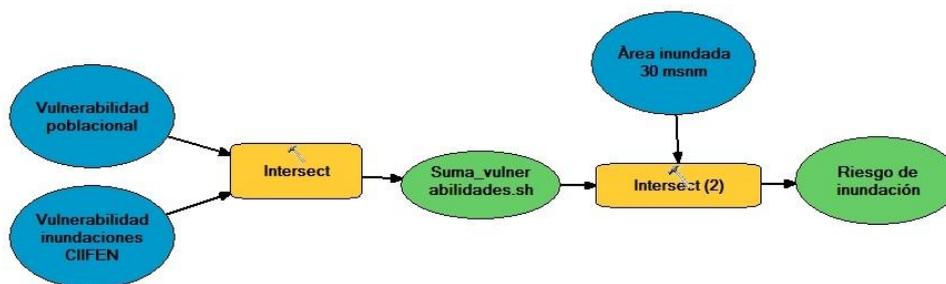


Figura No. 31. Diagrama del modelo operacional espacial usado para obtener el área del escenario por inundación.

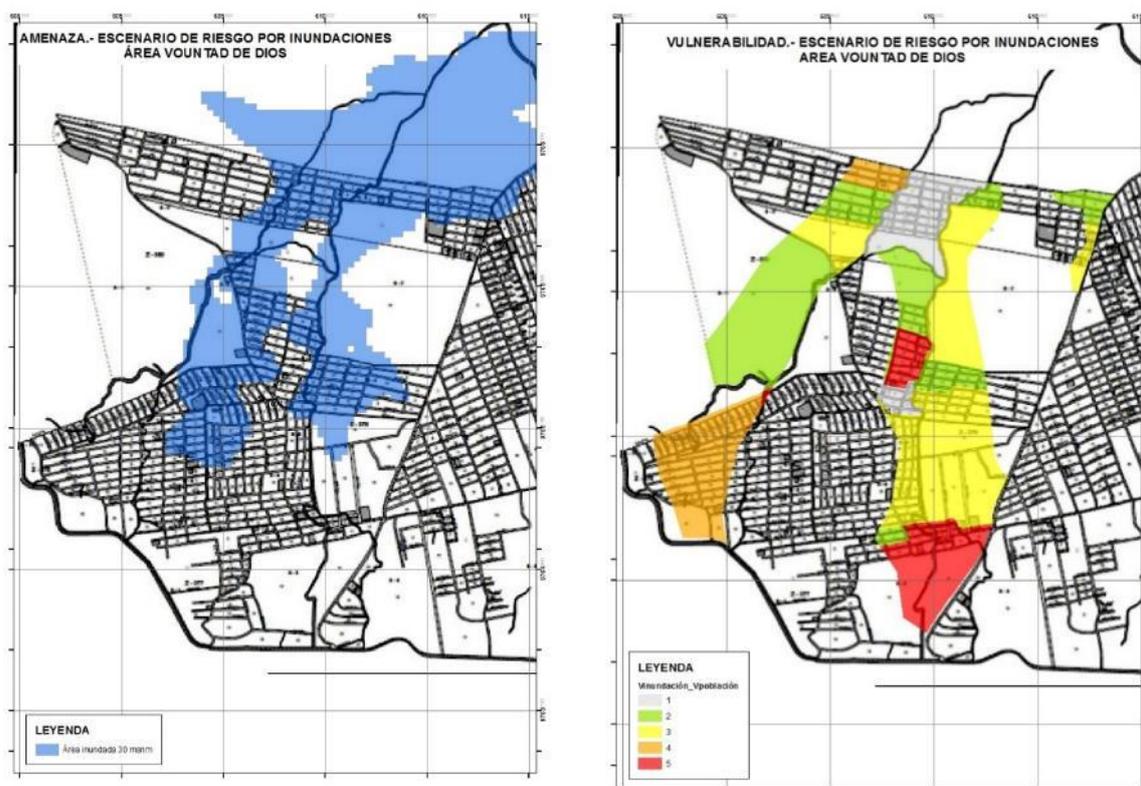


Figura No. 32. Área afectada por inundación ficticia (izq.) Distribución de vulnerabilidades combinadas (poblacional y a inundaciones) en la zona de estudio "Voluntad de Dios"(der.).

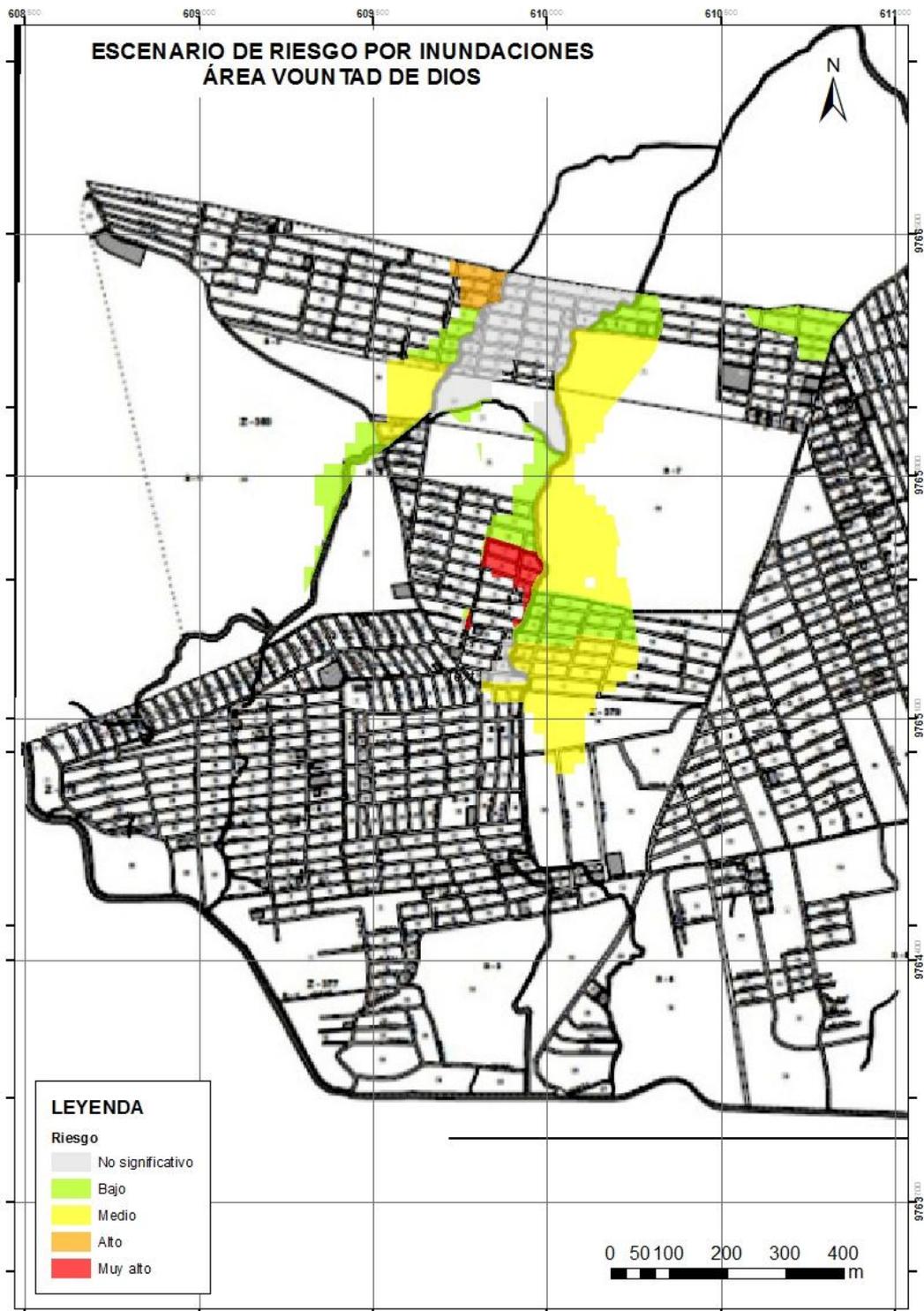


Figura No. 33. Representación del escenario de riesgo por inundación de acuerdo a cinco niveles de intensidad.

Para determinar los impactos se ha construido una geodatabase en la que se encuentran capas de datos de infraestructuras y población. Mediante un script de

python incluido en los anexos se realizan las operaciones -básicamente de intersección- para obtener información de las afectaciones. Los resultados se tabularon a partir de la información obtenida del geoprocesamiento, una muestra de las afectaciones se presenta en la tabla siguiente:

Tabla No. 9 Cuantificación de las afectaciones a la población en el escenario ensayado.

Nivel de riesgo	Población	Personas discapacitadas	Viviendas afectadas
Muy alto	294	2	119
Alto	253	1	109
Medio	1552	5	512
Bajo	2359	1	661
No significativo	671	9	276

4.4.2 Escenario de riesgo por movimientos de masas causado por sismo

Se plantea la ocurrencia de un sismo de magnitud mayor a 6 grados en un lugar de la provincia del Guayas que causa intensidades de entre 6 y 7 en la escala de Mercalli en el área de estudio. En este escenario se generan deslizamientos en algunos sectores de la zona de estudio, para obtener la capa de amenaza en este escenario se usaron dos criterios, zonas de pendientes mayores a 15 grados y zonas con textura de suelo media y fina. Se intersectan las áreas con amenaza con la vulnerabilidad de la población y se obtiene los sectores en riesgo, se usa el modelo vector.

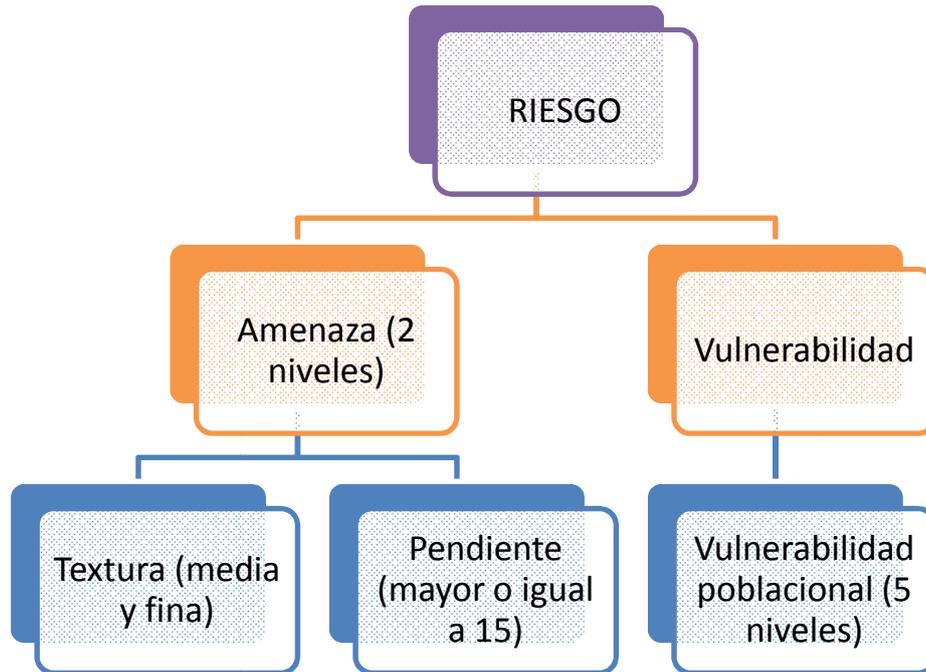


Figura No. 34. Esquema de la generación del escenario de riesgos de movimiento de masas.

El resultado de la intersección de las capas seleccionadas para el modelo cartográfico se presenta en el gráfico siguiente:



Figura No. 35. Representación del escenario de riesgo por movimientos de masa de acuerdo a niveles de intensidad.

En este escenario los impactos estimados se concentran en la población e infraestructura vial. Aquí es preciso recordar que la vulnerabilidad poblacional estimada antes incorpora variables como el estado de pisos, paredes y techos de las viviendas en cada sector censal.

Tabla No. 10. Cuantificación de las afectaciones a la población y las vías en el escenario ensayado.

Nivel de riesgo	Población	Vías (m)
Muy alto	309	
Alto	418	103
Medio	1051	
Total	1778	103

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En general para lograr el resultado planteado, los escenarios de riesgo, fue necesario primero mapear el riesgo y para ello contar con las dos componentes básicas del riesgo, la amenaza y la vulnerabilidad, de ellas la mayor parte de la discusión se concentra en la segunda debido a que para la primera se contó con información secundaria de fuentes oficiales para emplear de manera directa, mientras que para la vulnerabilidad no existe información cartográfica oficial o secundaria del sector en estudio.

Como resultado del análisis aquí realizado se obtuvo en primer lugar el mapa de vulnerabilidad de la población del sector de estudio, el que se elaboró con base en la información disponible del censo INEC del 2010, el método aplicado permitió estimar un valor categórico -numérico- para la vulnerabilidad de cada sector censal a partir del resultado de la suma de un número de variables ponderadas consideradas como gravitantes en la magnitud de la vulnerabilidad, estas fueron variables de tipo socioeconómico. La unidad de mapeo utilizada fue el sector censal por ser la unidad cartográfica mínima disponible en los archivos geográficos de la fuente usada (INEC, 2010), esto determinó que las características de las variables usadas que están originalmente desagregadas a nivel de viviendas u hogares en la base de datos (tabular) del INEC tuvieron que ser agregadas a nivel del sector censal, esto representó un grado de “generalización” de la información, lo que acarrea per se una pérdida de detalle.

El método para la estimación de la vulnerabilidad se diferencia por ejemplo de aquel propuesto por Guamán (2012) quien en su tesis de maestría plantea el uso

de las variables uso de suelo y número de edificaciones por unidad de mapeo para la estimación de la vulnerabilidad por deslizamientos, la que se determina en función del número de edificaciones por unidad de mapeo y se clasifica en solo cuatro niveles; cabe decir que la unidad de trabajo en esta fuente consultada tiene mayor detalle pues se utilizan como fuentes mapas a nivel predial y fotografías aéreas el tamaño de pixel del análisis es de 1 m .

El trabajo aquí difiere también de aquel de López (2004) quien en su tesis sobre afectación por amenazas que incluyen a los sismos, erupciones volcánicas y deslizamientos, realiza también cálculos de vulnerabilidad usando SIG, para lo cual en el caso de los deslizamientos obtiene el mapa de vulnerabilidad combinando tres mapas obtenidos de fuentes secundarias uno de tipo de erosión, otro de intensidad de erosión y un tercero de zonas susceptibles a erosión; rasteriza el resultado, denominando a este mapa como mapa parroquial de vulnerabilidad a deslizamientos. En este trabajo no se determina la precisión o escala de las fuentes, las cuales son secundarias.

La metodología empleada aquí tiene similitud con la aplicada por el IEE (ex CLIRSEN 2011) para el análisis del riesgo cantonal como parte del proyecto de Generación de Geoinformación para la gestión del territorio nacional; en él se realizó la determinación de riesgo y también de vulnerabilidad, la que se analiza por amenaza y por elemento vulnerablesiendo la unidad de mapeo el sector censal, así para el caso de vulnerabilidad de las viviendas frente a inundaciones por ejemplo se usan las variables Estructura y Materiales de construcción, las que se combinan en una y, usando el método heurístico, a cada una de las

subcategorías de esta resultante se asigna pesos en una escala de 1 a 4, teniendo en cuenta su respuesta ante inundaciones correspondiendo uno a la menor vulnerabilidad y cuatro a la mayor, adicionalmente a la categoría predominante se asigna una ponderación de 1 a 10 igualmente en consideración de la reacción a la amenaza y este valor es el representativo del sector censal para el cálculo.

En estudio del CIIFEN (2011) sobre Análisis de vulnerabilidad socioeconómica frente al cambio climático en la cordillera costera, la vulnerabilidad poblacional se construye con los indicadores: Tasa de dependencia por edad, Analfabetismo, Índice de pobreza por NBI, Extrema pobreza de consumo, Desnutrición crónica, Déficit de servicios básicos y Sistema de eliminación de excretas; se suman los valores de cada indicador "previo un arreglo lógico", se los normaliza y el resultado se lleva a una escala de cinco niveles, la escala de desagregación de los datos es la parroquia.

En otro trabajo de CIIFEN (2012) encaminado a la determinación de vulnerabilidad con base en SIG para la vulnerabilidad poblacional se usan dos indicadores socioeconómicos, estos son las capas Déficit de vivienda y Procedencia del agua recibida, los cuales son sumados, normalizados y reclasificados a una escala de cinco niveles, la escala de desagregación de los datos es otra vez la parroquia.

De los métodos hallados en esta revisión de trabajos con objetivos análogos, los del IEE y los del CIIFEN que utilizan la herramienta SIG para determinar vulnerabilidad son los que representan un precedente y sustento para sostener la

validez del resultado obtenido en cuanto al procedimiento aplicado, en cada uno de los trabajos se emplearon los datos más actualizados y el nivel de desagregación mayor disponible y posible al momento del desarrollo del estudio, las diferencias radican en las variables y escalas utilizadas, las cuales dependen en mucho del enfoque del estudio.

En cuanto al desarrollo de mapas de riesgo, los del IEE (2013) presentados para 21 cantones del país incluyen el cálculo de mapas de riesgo para dos amenazas, estas son sismos e inundaciones, la metodología seguida para este trabajo está en consonancia con la metodología aquí usada, luego de caracterizar la amenaza y la vulnerabilidad en 4 niveles, se cruzan las capas y la valoración se realiza con base en una matriz de doble entrada. Una vez realizada la intersección de las amenaza y la vulnerabilidad, y empleando el denominado método descriptivo, a los elementos resultantes se le asigna el valor de la matriz que le corresponda según los niveles que presente, las varias posibles combinaciones de los dos factores se presentan en la matriz a continuación.

Tabla No. 11. Matriz Amenaza vs. Vulnerabilidad.

		VULNERABILIDAD			
		BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA
AMENAZA	BAJA	RIESGO BAJO	RIESGO BAJO	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO
	MEDIA	RIESGO BAJO	RIESGO MEDIO	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO
	ALTA	RIESGO MEDIO	RIESGO MEDIO	RIESGO ALTO	RIESGO MUY ALTO
	MUY ALTA	RIESGO ALTO	RIESGO ALTO	RIESGO MUY ALTO	RIESGO MUY ALTO

Nota: Fuente: IEE, 2012. Elaborado: Equipo Técnico Vulnerabilidad y Riesgos

Esta matriz es la que se encuentra también en INDECI (2006) y es de uso extendido en los estudios de análisis de riesgo. Los mapas obtenidos son similares a los aquí obtenidos difiriendo por la escala de trabajo y las variables o atributos considerados en el análisis, una diferencia en los procedimientos es el modelo de datos usado por IEE, el cual es solamente vectorial.

Debido a que en los procesos aquí desarrollados se han usado alternativamente los modelos raster y vectorial, para determinar las posibles diferencias entre las salidas del modelo raster y vector para esta área de estudio se realizó el ejercicio de calcular el mapa de riesgo por inundación, que ya se presentó antes en la Figura No. 28, con el método vectorial para el sector "Voluntad de Dios", el resultado se compara con la salida del modelo raster. Los geoprocesos en el modelo vector se presentan en la Figura No. 36.

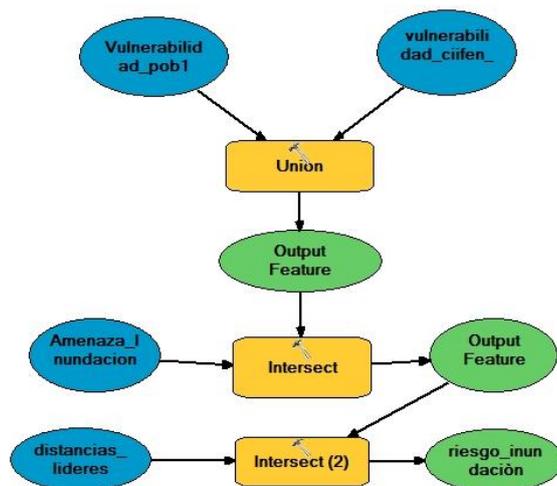
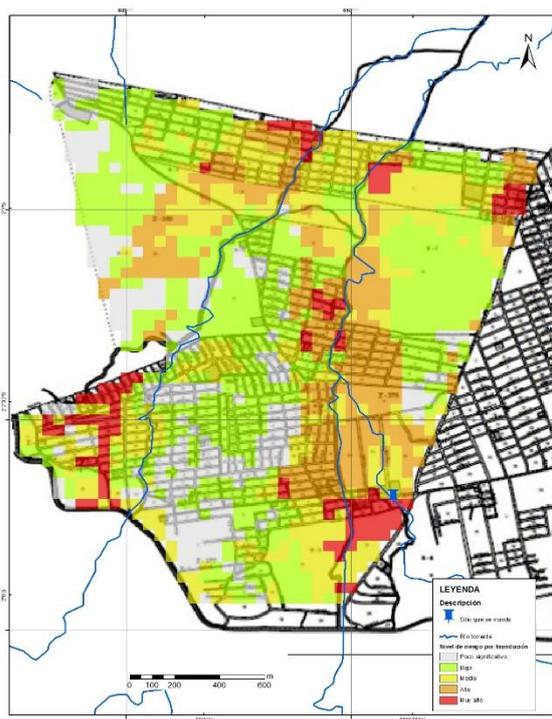
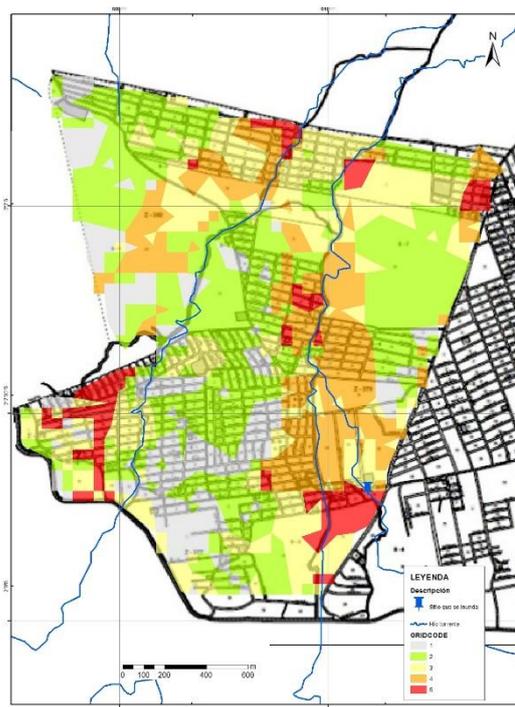


Figura No. 36. Flujograma del cálculo de riesgo de inundación en el modelo vectorial.

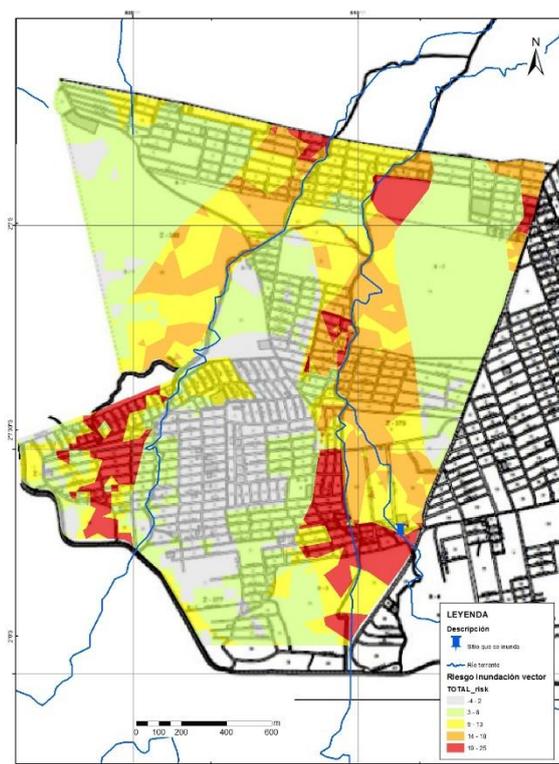
La comparación de los dos resultados se muestra en la Figura No.37.



a) Resultado obtenido del modelo ráster



b) Vectorización del resultado del modelo ráster



c) Resultado del modelo vectorial

Figura No. 37. Resultados de las salidas del cálculo de riesgo por amenaza de inundación para los modelos ráster y vectorial.

Las diferencias en los resultados se cuantifican en la tabla siguiente por medio del cálculo de las superficies asignadas a cada nivel de riesgo para la misma zona según las salidas de ambos modelos.

Tabla No. 12. Comparativo de resultados entre las salidas del modelo ráster y vector.

Tipo de modelo usado	Superficie en ha					TOTAL (ha)
	Nivel 5	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	
Modelo vector	33.5	56.8	65.6	216.3	4.9	377.1
% representado	9	15	17	58	1	100
Modelo vector del ráster	23.9	66.2	85.5	139.2	53.3	368.1
% representado	6.5	18	23	38	14.5	100

De estos resultados se visibilizan las transformaciones y cambios de los elementos de análisis durante los geoprocesos y las variaciones de los productos en dependencia del modelo de datos empleado. Aunque en los niveles considerados críticos y de principal interés, esto es, el alto (4) y muy alto (5), ambos modelos suman un 24% de la superficie total, para los niveles 1, 2 y 3 las diferencias son más notables.

Indagando en las posibles fuentes de errores en este tipo de análisis y como señalan Gómez & Bosque (2004) la identificación de las fuentes de error en cada componente de los datos puede ser ciertas veces inabordable por su variedad y diversidad, Fallas (2002) discutiendo sobre la incertidumbre incidente sobre la calidad de los datos la identifica como la relativa a los datos y la de la regla o proceso de decisión y en UNIGIS (2010) se diferencia también entre los errores en los datos geográficos y los que se generan durante el procesamiento. Analizando las razones posibles de las diferencias encontradas en los resultados también vale la pena reflexionar en lo indicado por Malczewski (2000), "En general usar datos recolectados y reportados en diferentes niveles de resolución o agregación puede derivar resultados analíticos significativamente diferentes" (p. 10). Y en cuanto a la utilidad de los resultados el mismo autor señaló que "el desajuste entre la escala del problema (alternativas de decisión) y la escala dentro de la cual los individuos envueltos en el proceso de decisión operan puede ser uno de los principales obstáculos del eficiente y efectivo uso de técnicas de decisión basadas en aproximaciones SIG" (p.10).

De entre estas fuentes citadas y descartando los errores implícitos en los datos, pues no se cuenta con información acerca de ellos, los errores entre las dos salidas en la Figura No. 37 se derivarían tanto del modelo de datos y de su procesamiento, superposiciones o pasos de raster a vector por ejemplo, como de las diferencias entre las escalas de los datos empleados.

Debe tenerse en mente entonces que como se señala en UNIGIS (2010), todos los datos tienen errores inherentes los que tienden a propagarse cuando se realiza la integración vertical de ellos y que por lo tanto dadas las múltiples posibles fuentes de error es más efectivo enfocarse en el tema de la calidad de los datos y su idoneidad para determinados usos, pues como opina Openshaw, (1999, citado en Gómez y Bosque,2004,p.183) en ciertos casos no es necesario conocer la cantidad del error sino tener la confianza que la veracidad de los resultados para la situación en estudio no se afecta por ellos. A su vez el tema de calidad de los datos es un campo vasto que comprende muchos conceptos como exactitud, consistencia, completitud, actualización, trazabilidad, accesibilidad, relevancia entre los principales.

Respecto a la utilidad de estas herramientas entonces debe añadirse que tal como señala Malzcewski (2000), respecto al uso de SIG para análisis de decisión, es que más que prescribir una solución “correcta” su utilidad radica en que provee conocimiento y comprensión.

En cuanto a los escenarios de riesgo, la metodología aquí apunta más al uso de una herramienta que se ha extendido de manera rápida en todos los ámbitos, los

SIG, así se busca con esta propuesta generar productos que sirvan de soporte, análisis o referencia en la toma de decisiones utilizando la mejor información posible, si bien es cierto esta es actualmente la principal limitante. Los resultados obtenidos para los escenarios se limitan en este caso a la población afectada pero pueden ser extendidos para abarcar todas las características y elementos esenciales de los cuales existe información, por ejemplo para el caso de escenario en áreas urbanas sería de interés determinar la cantidad y extensión de infraestructura urbana de servicios afectada, el esquema planteado permite determinar esto, sin embargo esta información no existió para el área de análisis en parte porque es una zona aún no consolidada.

Sobre otros trabajos relativos a construcción de escenarios hay por ejemplo una diferencia marcada entre el enfoque teórico presentado en Pinto (s.f.) y aquel planteado en la Guía Para la Formulación del Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Colombia (2012,); en el primero el escenario se elabora en cinco pasos, puede ser redactado de una manera formal o ser narrado como una historia, se nutre con los ingredientes del futuro, lo suficientemente orientadores para permitir tomar decisiones y no buscan predecir nada siendo mas bien un medio; los escenarios en el segundo caso se presentan como documentos más descriptivos que a través de la cumplimentación de una serie de formularios preestablecidos buscan identificar líneas de acción para los planes municipales de prevención y respuesta.

Entonces los métodos aquí aplicados para construir escenarios se distancian en parte de estos enfoques y parten de la utilización de productos cartográficos que

ya definen las amenazas y sus niveles. El desarrollo y generación de esos productos o modelos de amenaza no son materia de este estudio sino su utilización para la creación de escenarios.

Los resultados tabulares obtenidos del procesamiento de capas de infraestructura ambiental, eléctrica, petrolera, vial, estratégica y de población, 28 capas en total para cada escenario mediante el uso del programa en python, son de tipo cuantitativo, y se acercan más a la propuesta de escenario más recurrente en la bibliografía revisada, es decir en los escenarios se busca identificar los elementos que dentro de él serían afectados y el nivel de riesgo al que están expuestos, con el empleo de las herramientas de geoprocésamiento se estima además las extensiones para el caso de elementos estructurales representados por líneas o por áreas, siendo esta estimación tan precisa como precisos son las entradas del modelo, así la resolución en el caso vectorial dependerá de la escala a la cual están representados los elementos en la capa de información.

6. CONCLUSIONES

La construcción de escenarios de riesgo puede ser abordada desde múltiples enfoques que van desde técnicas muy simples aplicadas a manera de entrenamiento en talleres comunitarios a metodologías más complejas consistentes en sofisticadas herramientas computacionales y matemáticas como algunas disponibles en internet.

Los resultados obtenidos aquí están limitados por la calidad y cantidad de los datos de entrada y pueden ser mejorados mediante la obtención de información a mayor detalle y de otras temáticas de interés, esto abarca tanto a los mapas de amenazas y vulnerabilidades como de las afectaciones o elementos esenciales del escenario. Los aspectos relacionados tanto con la calidad como con la idoneidad de los datos y de los insumos del modelo son clave para la utilidad de los resultados obtenidos, en tanto se cuente con datos a escalas y precisión adecuadas a las necesidades de los usuarios las salidas serán útiles para su ulterior finalidad. Por eso es prioritario enfatizar en la importancia de la documentación y determinación de la calidad de la información usada, para este trabajo por ejemplo se contó muy limitadamente con los metadatos de los insumos empleados, y la escala se vió reducida a aquella de la información disponible de menor detalle, lo que incide y limita grandemente la utilidad práctica de los resultados obtenidos.

Un ejemplo de las limitaciones de escala se presentó por ejemplo para la identificación de la población que podría ser afectada la cual en la información disponible en el país se encuentra a nivel de sector censal, lo que limita los

estimados a esa unidad cartográfica como máximo de desagregación para el caso de esa variable y todas las que se obtuvieron del Censo INEC 2010. Otro ejemplo de las limitaciones de escala está en la información de amenazas disponible según su metadato en escala 1:50 000, lo que no es una escala requerida para el nivel de estudio sectorial aquí planteado.

Es muy importante como se señala en IEE (2013) tener en cuenta que los mapas y los escenarios de riesgo vienen a ser un insumo más a disposición de los responsables y gestores de riesgos para la construcción del plan de desarrollo y ordenamiento territorial y que tienen una alta dinámica que por lo tanto hace necesaria su periódica revisión y actualización y añadimos a esto el aseguramiento del grado de detalle deseado.

La metodología planteada es simple y permite obtener estimados de afectaciones por nivel en un determinado escenario de riesgo, sin embargo se hizo evidente que deben ser identificadas las fuentes posibles de error ya sea en los datos ya sea en los procesos, modelada su propagación y establecidas las medidas para gestionarlo y documentarlo de manera que el método y sus resultados sean manejado dentro de sus reales limitaciones y potencialidades.

7. RECOMEDACIONES Y PERSPECTIVAS

Dado que esencialmente cualquier lugar del planeta puede llegar a ser un eventual escenario de riesgo es necesario contar con métodos simples que permitan evaluar las pérdidas o posibles efectos que eventos adversos y desastres podrían causar, en este sentido se buscó generar un método que use las herramientas tecnológicas y de información disponibles para realizar esta tarea, sin embargo la aproximación planteada no está exenta de limitaciones y desventajas, muchas de ellas relacionadas con la disponibilidad y calidad de los datos y del modelo mismo.

En futuros escenarios este método podría permitir realizar evaluaciones prospectivas, pero debe tenerse en cuenta que en la gestión de riesgos la dinámica es una característica importante al involucrar a las poblaciones y el entorno socioambiental y por lo tanto la actualización de las evaluaciones de riesgo debería hacerse al menos una vez al año, en esta situación sería de extrema utilidad la existencia de una IDE de carácter nacional en la que se pueda contar con la información de mayor detalle y más actualizada.

La búsqueda de paralelos entre los varios tipos de modelos definidos en la literatura (Strobl, 1999) permite encuadrar el modelo usado entre los modelos de tipo prescriptivo pues facilita la toma de decisiones, teórico pues se basa en una interacción postulada entre variables, operacional pues combina un modelo y los SIG para la comprensión y repetición de los procesos, sectorial pues comprende un aspecto temático y espacial parcial, de interacción espacial pues las tablas

resultantes se basan en las relaciones topológicas, estocástico pues como fue dicho al principio las relaciones de base son probabilísticas, distribuido pues se hace un tratamiento diferenciado de los parámetros, estático ya que constituye una evaluación limitada a una temporalidad; pero aunque en general se perseguiría obtener o contar con un modelo matemático o determinista es posible trabajar con estas aproximaciones con el respaldo de que rara vez las condiciones en la naturaleza pueden ser modeladas de manera exacta por ellos.

Recomendaciones para posteriores trabajos y mejoras en este campo son por ejemplo estandarizar las escalas de definición de los niveles de trabajo en el campo de los riesgos pues se encontró en uso al menos dos escalas, contar con información a escala local que permita elaborar escenarios correspondientes con las realidades y necesidades locales, contar con datos e información cuyos metadatos estén bien documentados.

Otro aspecto importante que se deja pendiente por no estar en el alcance de esta tesis y que se recomienda abordar en futuros trabajos es la validación de los resultados usando técnicas y métodos disponibles o ya probados como por ejemplo los usados por Gómez y Bosque (2004) a través de un análisis de incertidumbre en los datos y la estructura del modelo, la teoría de conjuntos difusos o métodos bayesianos (Fallas, 2002); o el análisis de la propagación del error mediante técnicas estadísticas como las fórmulas propuestas por Fallas (2002), o las técnicas de Montecarlo también usadas en la determinación de errores de los datos y el modelo.

Un aspecto que es de permanente interés por ejemplo es la valoración económica de las posibles pérdidas causadas por un evento adverso o desastre, lo que

ayudaría a determinar el costo beneficio de determinadas acciones preventivas tomadas para cada escenario de riesgo, en este sentido los escenarios futuros deberían considerar el integrar la variable financiera para agregar valor a los resultados.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asef, M. R. (2008). Modelling the elements of country vulnerability to earthquake disasters. *Disasters*, 32(3), 480–98. Recuperado el 16 de noviembre 2013 de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18958916>
- Bonham-Carter, G. (1994). *Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS*. Recuperado el 18 de enero de 2014 de <http://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=7OMiShJX0wAC&pgis=1>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Registro Oficial No. 449 del 20 de octubre del 2008 Montecristi: Asamblea Nacional Constituyente de la República del Ecuador.
- DIPECHO. (2007). Gestión del Riesgo en los Procesos de Planificación Territorial, 77.
- DPAE. (n.d.). Plan Escolar para la Gestión del Riesgo. Recuperado septiembre 28 de 2013, de http://svrdpae8n1.sire.gov.co/portal/page/portal/sire/componentes/formacionComunidad/Documentos/dpae3/cdos_9.html
- Estacio, J. (2011). Sistema de Información Geográfica Unificado sobre la Gestión de Riesgos en el DMQ.
- Fallas, J. (2002). Toma de Decisiones y Sistemas de Información Geográfica. *Telesig. Programa de Manejo de Vida Silvestre Y Escuela de Ciencias Ambientales Universidad Nacional*, 18.
- García, V. M. (2002). *Escenarios de Riesgo, VMGL, 2002..doc - Lideres.pdf* (p. 7). Recuperado el 11 de noviembre de 2013 de <http://www.disaster-info.net/lideres/spanish/mexico/participantes/Garcia/Lideres.pdf>
- Gómez, M., & Bosque, J. (2004). Aplicación de Análisis de Incertidumbre Como Método de Control del Riesgo en la Toma de Decisiones. *Geofocus. Revista Internacional de Ciencia Y Tecnología de La Información Geográfica*, (1578-5157), 179–208.
- Guesgen, H., Albrecht, J. y, & Grundner, S. (2000). Erosion Modeling in a Raster-Based GIS with Fuzzy Logic - FLAIRS00-050.pdf. Recuperado el 01 de octubre de 2013, de <http://www.aaai.org/Papers/FLAIRS/2000/FLAIRS00-050.pdf>
- Hevia, O. (n.d.). Metodología de Escenarios : ¿ Utopía o Concreción Prospectiva en las Ciencias Sociales ?, 61–80.

- Huerta, F. (2011, January). Indicadores Urbanos para Sergio Toral III: Una Muestra de la Realidad Actual de la Zona Noroeste de Guayaquil, 11. doi:ISSN No. 1390-3284 LATINDEX
- IDEAM. (2011). Protocolo Incendios 4Oct.pdf. Recuperado el 14 de junio de 2013, de [https://www.siac.gov.co/documentos/PROTOCOLO INCENDIOS 4Oct.pdf](https://www.siac.gov.co/documentos/PROTOCOLO_INCENDIOS_4Oct.pdf)
- INDECI. (2006). Microsoft Word - Manual de Estimacion de Riesgo 20Jul07.doc - doc319_contenido.pdf. Recuperado el 22 de abril de 2013, de http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc319/doc319_contenido.pdf
- ISDR. (2009). 2009 UNISDR Terminología Sobre Reducción del Riesgo.
- La Red-Corporación OSSO-EIRD. (2013). Desinventar. Recuperado el 02 de marzo de 2013 de <http://online.desinventar.org/desinventar/#ECU-DISASTER>
- Malczewski, J. (2000). Review Article On the Use of Weighted Linear Combination Method in GIS : Common and Best Practice Approaches, 4(1).
- Marcano, A. y C. S. (2010). La Gestión de Riesgos de Desastres y el Uso de los Sistemas de Información. *Revista Universitaria Arbitrada de Investigación Y Diálogo Académico*, 6(3), 44–64.
- Metzger, P. Un Sistema de Información para la Preparación de Lima y Callao ante un Sismo, nov 2012.
- Mountain, S. U. N. (2011). Propuesta Metodológica para el Estudio de Vulnerabilidades Ante Amenazas Sísmicas , Volcánicas y Climáticas para Municipalidades Medianas y Pequeñas del Ecuador.
- OCHA-ONU. (2008). Detalles desastres ecuador.pdf.
- Ponce, E., & Rodríguez, O. (2012). Propuesta de Modelo de Negocio de Economía Popular y Solidaria Aplicado en Monte Sinaí de Guayaquil: Reutilización de Aceites Vegetales Usados para Producción de Biocombustibles y Derivados.
- Pusineri, G. (n.d.). Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para la prevención de riesgos y la formulación de planes de contingencia en inundaciones. Recuperado el 14 de mayo de 2014, de <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/Geo4/archivos/pusineri.pdf>
- Rafiq, L. et al. (2005). Hazardscapes : Ranking Disaster Risk In Pakistan.
- Resl, R., Atzmanstorfer, K., & Strobl, J. (2010). Lección 7 Superposición - Overlay, (UNIGIS), 1–13.

- Schernthanner, H. (2005). Fuzzy Logic Approach for Landslide Susceptibility Mapping, "Rio Blanco", Nicaragua. Master thesis. *Mycotoxin Research*, 6(2), 100. doi:10.1007/BF03192151
- SINAPRED. (2001). Reconociendo los Escenarios de Riesgo. Recuperado el 15 de noviembre de 2013 de <http://www.disaster-info.net/lideres/spanish/mexico/biblio/spa/doc13996/doc13996-2.pdf>
- SNGR/ECHO/UNISDR. (2012). Referencias Básicas para la Gestión de Riesgos 2013 - 2014, 236.
- SGR. (2014). Mapas de Amenazas. Recuperado de <http://www.gestionderiesgos.gob.ec/biblioteca/>
- Strobl, J. (1999). 2. Categorización de modelos, (1993), 7–20.
- SUBDERE Gobierno de Chile, S. D. D. R. Y. A. (n.d.). Guía: Análisis de Riesgos Naturales para el Ordenamiento Territorial(p. 131).
- UNGRD. (2012). Formulación del Plan Municipal de Gestión del Riesgo. Sistema Nacional de Gestión, (Versión 1).
- USAID. (2005). Bases Administrativas para la Gestión de Riesgos (BAGER). Recuperado Septiembre 19, 2014, de <http://diplomadogsrd.socialesudec.cl/wp-content/uploads/2011/09/BAGER-MR.pdf>
- USAID. (2009). Curso de Reducción del Riesgo de Desastres Curso de Reducción del Riesgo de Desastres (p. 103).
- Villalón, M. (2003). Guía para la Elaboración de Inventarios de Elementos en Riesgo en Áreas Vulnerables a Inundaciones y Sismos en Costa Rica Individual Final Assignment Riesgo en Áreas Vulnerables a Inundaciones y Sismos, 42.
- Wilches-Chaux, G. (1998). *Auge, Caída y Levantada de Felipe Pinillo, Mecánico y Soldador o Yo Voy a Correr el Riesgo* (p. 105).
- Wilches-Chaux, G. (2006). Brújula, Bastón y Lámpara para Trasegar los Caminos de la Educación Ambiental.

ANEXOS

Script python para obtención de infraestructuras y población en riesgo

```
import arcgisscripting

import sys, string, os, arcgisscripting

#Se crea una variable gp con el módulo geoprocesador
gp=arcgisscripting.create(9.3)

#Se define el workspace, este puede cambiar para cada caso
gp.workspace="D:\\GDBs\\POBLACION.gdb\\Datos_INEC"

#Creo variables para las capas de riesgo
Rinun="D:\\Temporal\\EscenariosTesis\\riesgo_inun.shp"
Rmm="D:\\Temporal\\EscenariosTesis\\riesgo_mm.shp"

#Creo feature layers temporales para riesgos por Inundacion y por MM
gp.MakeFeatureLayer_management(Rinun,"Intersect_I")
gp.MakeFeatureLayer_management(Rmm,"Intersect_MM")

print "ok1"

#Creo una lista (de objetos)con las feature clases del workspace declarado
listFC=gp.ListFeatureClasses()

print listFC

print "ok2"

# Voy a recorrer las feature clases de la geodatabase una por una haciendo
# las intersecciones con las capas de riesgo, para esto hago
# un lazo for-loop por la lista que creé
for fc in listFC:
    print "Archivo "+fc+" es leído"
```

```

output_feature_class1="D:\\Temporal\\Resultados_1.gdb\\Tesis_escenarios\\"+fc+
"_int_inun"

print "ok3"

gp.OverWriteOutput = 1

#Creo un feature layer temporal del fc en proceso

gp.MakeFeatureLayer_management(fc,"Intersect_fc")

gp.Intersect_analysis("Intersect_I #;Intersect_fc
#",output_feature_class1,"", "", "")

output_feature_class2="D:\\Temporal\\Resultados_1.gdb\\Tesis_escenarios\\"+fc+
"_int_mm"

gp.Intersect_analysis("Intersect_MM #;Intersect_fc
#",output_feature_class2,"", "", "")

print "hechas las intersecciones de "+ fc

# Creo un objeto describe de la feature class en proceso

desc=gp.describe(fc)

if desc.ShapeType=="Polyline" or desc.ShapeType=="Polygon":

gp.AddField_management(output_feature_class1,"geometry","DOUBLE",12,2)

gp.AddField_management(output_feature_class2,"geometry","DOUBLE",12,2)

print "archivo es de tipo punto"

print "terminado"

```