

Perspectiva para zonificación del riesgo por deslizamientos para el cantón Riobamba

Perspective for zoning the risk by slides for the Riobamba canton



Bustamante Calderón Diana Patricia
Gobierno de la Provincia de Chimborazo
e-mail: ingdiana22@gmail.com

Resumen

El objetivo principal de este trabajo es zonificar el riesgo por deslizamientos para el cantón Riobamba, empleando procedimientos de estadística multivariada y Sistemas de Información Geográfica (SIG) como una alternativa metodológica que permita a autoridades y entes gubernamentales encargados de la Gestión del Riesgo Cantonal tomar decisiones óptimas en pro del beneficio de la ciudadanía que habitan las zonas más riesgosas así como para el entorno en general. Asimismo, se presenta una metodología desarrollada por el equipo científico de Infraestructura de Datos Espaciales en Europa (INSPIRE, 2012) que relaciona variables clave para el análisis de información entre ellos: Vulnerabilidad, Exposición y Riesgo; para el cantón Riobamba el 13% de su superficie tiene un alto riesgo de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

Palabras clave: zonificación; riesgo; peligrosidad; exposición; vulnerabilidad y deslizamiento

Abstract

The main objective of this work is to zonify the landslide risk for the canton of Riobamba, using multivariate statistical procedures and Geographic Information Systems (GIS) as a methodological alternative that allows authorities and governmental entities in charge of Cantonal Risk Management to make decisions optimal for the benefit of citizens who live in the most risky areas as well as the environment in general. Likewise, a methodology developed by the scientific team of Spatial Data Infrastructure in Europe (INSPIRE, 2012) is presented, which relates key variables for the analysis of information among them: Vulnerability, Exposure and Risk; for the Riobamba canton, 13% of its surface has a high risk of occurrence of mass removal phenomena.

Keywords: zoning; risk; hazard; exposure; vulnerability and sliding

Introducción

Los desastres en la región Centroamericana y específicamente los deslizamientos, en la última década, han puesto en evidencia la corta recurrencia de las amenazas y la enorme vulnerabilidad de la región. La deforestación, el cambio climático y la pobreza han contribuido al incremento de la vulnerabilidad (GTZ, 2007). Ecuador es considerado uno de los países de mayor biodiversidad, fertilidad de suelos y dotación de recursos naturales, sin embargo, contrasta con este potencial de desarrollo, el hecho de ser uno de los países de la región con mayor proba-

bilidad de ocurrencia de desastres naturales. Tanto por el incremento de las condiciones de vulnerabilidad (inadecuado uso del suelo, densidad poblacional, incremento de la frontera agrícola) como por la cada vez más frecuente, manifestación de fenómenos de origen geológico-geomorfológico (sismos, erupciones volcánicas, y deslaves o deslizamientos) e hidrometeorológicos. Dentro de estos últimos se destacan los fenómenos de lluvia locales como también los regionales a través de fenómenos de lluvias intensas y prolongadas que llegan a originar con frecuencia inundaciones relacionados con la ocu-

rrencia de “El Niño” (SENPLADES, 2009). En Chimborazo, eventos históricos han marcado presentes desastrosos, es así, el terremoto de 1797 obligó a reconstruir Riobamba en otro sitio, las erupciones del Tungurahua marcan la historia de Guano y de Penipe. Los deslizamientos han obligado a cambiar el trazado de la carretera en Alausí, Chunchi, Guamoto y Pallatanga (Fig. 1). Las inundaciones son frecuentes en Cumandá; los incendios forestales en Pallatanga y Colta, y las heladas y sequías en varias zonas agrícolas (FLACSO, 2009). Por otra parte, estudios recientes realizados por la organización Geólogos del Mundo en la provincia de Chimborazo confirmaron que las edificaciones de la ciudad de Riobamba no están preparadas para soportar un sismo de magnitud mayor a 7 y que la población tampoco está capacitada (Telégrafo, 2013).

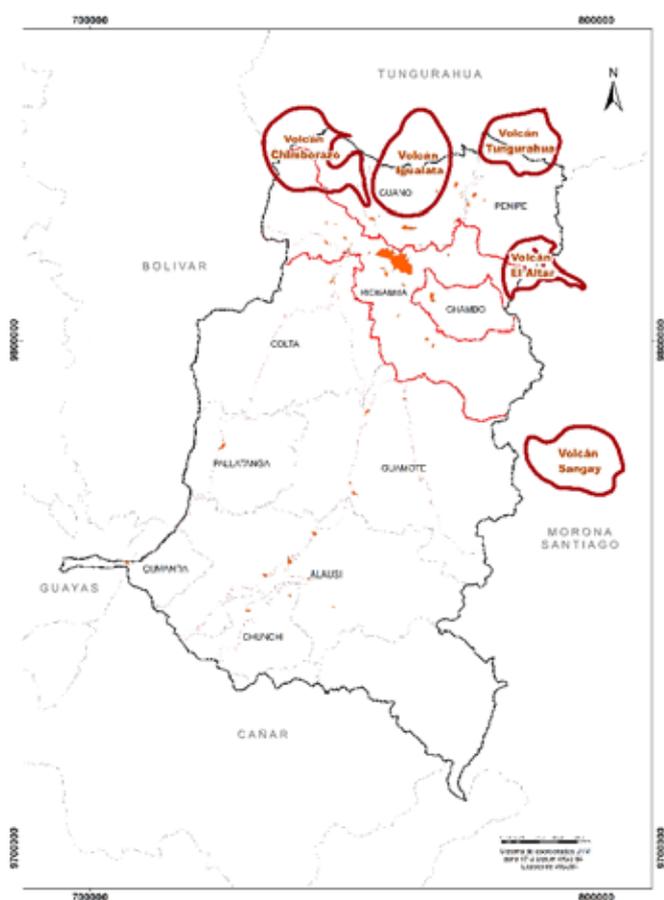


Figura 1. Ubicación de áreas afectadas históricamente por erupciones volcánicas en Chimborazo

En el cantón Riobamba, territorio altamente expuesto a amenazas de origen natural (volcánicas, sísmicas, hidroclimáticas, geomorfológicas) y antrópico (tecnológicas, incendios, explosiones); hecho que a su vez se combina con el aumento de la vulnerabilidad como resultado del crecimiento desordenado de la población, poca preparación de la población para hacer frente a desastres, problemas de accesibilidad (GADMR, 2015).

Los registros históricos con respecto a los deslizamientos para el cantón se dan desde 1940, datan la

desaparición del pueblo de Cacha, cerca de 5000 muertos aproximadamente. En otra parroquia de Riobamba, Químiag, en el 2006 el mismo fenómeno ocasionó la evacuación de la zona por seguridad. Las familias afectadas perdieron sus viviendas y cultivos. En el mismo año en San Juan se registró la muerte de algunos habitantes así como también la pérdida de viviendas y unidades de producción agrícolas.

El inventario de movimientos en masa de la SNGR (2012) que se muestra en la figura 2 permite visualizar el deslizamiento calificado como “extremadamente grande”, ocurrido al sur de Cacha. Le siguen en un orden menor de magnitud, dos registros de deslizamientos “grandes” en Químiag y al norte de Cacha. Además se presentan en Licto movimientos “medio grandes”. Existen otros eventos poco influyentes cuya magnitud va de “muy pequeño” a “medio” ubicados en las parroquias, Punín, Flores, Pungalá y Químiag.

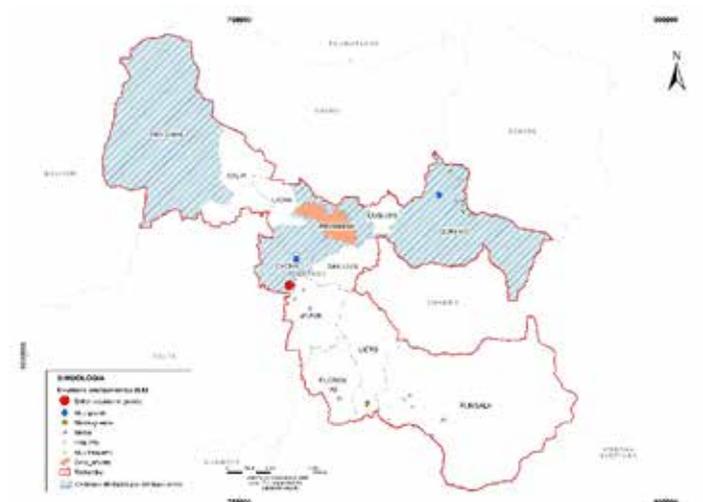


Figura 2. Ubicación de eventos históricos de deslizamientos ocurridos en el cantón Riobamba desde el año 2012 a la actualidad

Por lo antes expuesto, el objeto del presente trabajo es conocer la distribución del riesgo por deslizamiento en el cantón Riobamba y contribuir con herramientas que ayuden a la ordenación del territorio.

Materiales y métodos.

La metodología a utilizarse en el presente estudio establece dos fases: la primera la recopilación de información y la segunda el análisis de las coberturas mediante herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Recopilación de información.

Luego de la recopilación de información de diferentes organismos rectores, se depuraron las variables para eliminar las coberturas que no poseían los metadatos necesarios para presentar la información.

Las variables utilizadas se seleccionaron en función de la metodológica de INSPIRE (2012), quienes conciben al riesgo como la expresión: riesgo (risk) = peligrosidad (hazard) x exposición (exposure) x vulnerabilidad (vulnerability). En este enfoque queda clara la distinción entre los conceptos de “riesgo” y de “peligrosidad” pues presenta una nueva visión en la evaluación de la amenaza. A diferencia de enfoques como el de Mora y Varson (1991) quienes consideraban factores intrínsecos o de susceptibilidad y factores externos o “de disparo” cuyo producto terminan por conformar la amenaza. Otros enfoques metodológicos, como la de Newman et al. (1978) presentaba importantes avances pero un poco incipientes para la era actual.

Mora y Varson (1991) han permitido generar centenares de mapas de amenazas con herramientas SIG. Sin embargo nuevas tendencias y enfoques establecido por INSPIRE (2012) han permitido incluir un análisis más robusto y confiable.

En el análisis de información se decidió trabajar con coberturas raster, con un tamaño de pixel de 5x5 y los valores de los factores que conforman el componente de vulnerabilidad reclasificados en 4 categorías con las siguientes consideraciones: clase 1 (vulnerabilidad baja), clase 2 (vulnerabilidad media baja), clase 3 (vulnerabilidad media alta) y clase 4 (vulnerabilidad alta). Con esta información y a través de la herramienta Map Algebra se elaboraron las consultas matemáticas necesarias para definir las zonas de riesgo del cantón Riobamba.

Tabla 1. Identificación de componentes de riesgo.

Componente	Variable	Parámetro	Indicador	Datos	Fuente
Vulnerabilidad	Densidad Poblacional	V.Social	Número de población en km2	2010	INEC a nivel de sector dispersos
	Tipo de vivienda	V. Física	Tipo de viviendas en las que habita la población	2010	INEC nivel de sector dispersos
	NBI	V. Económica	Necesidades Básicas Insatisfechas	2010	INEC nivel parroquial
	Uso del suelo	V. Ambiental	Tipo de uso de suelo	2013	GADPCH Escala: 1:25000
	Manejo del riesgo	V. Institucional	Número de eventos presentados vs número de eventos atendidos	2015	SNGR Y GADMR
	Zonificación rural en el Plan de Uso de Suelo	V. Institucional	El uso permitido en los sectores más vulnerables y de mayor peligrosidad	2017	GADMR
Peligro	Precipitación	Físico	Distribución espacial en el área del municipio de la precipitación	2014	MAE: 1:100000
	Pendientes	Físico	Distribución espacial en área del municipio de la inclinación del terreno	SIN AÑO	SIGAGRO Escala: 1:250000
	Geología	Físico	Definición tipo de roca	2005	INIGEM: Escala: 1:250000
Exposición	Susceptibilidad a movimientos en masa	Físico	Áreas altamente susceptibles a movimientos en masa	2003	MAGAP – STGR Escala: 1:250000

Análisis de las coberturas sig.

Los primeros análisis en zonificación de riesgos para procesos de remoción de masa fueron llevados a cabo por Newman et al. (1978). Por otra parte,

Componente vulnerabilidad.

La vulnerabilidad es concebida por Castro et.al. (1995) como la susceptibilidad al daño o destrucción de elementos culturales por un fenómeno ex-

tremo. La vulnerabilidad o las amenazas, por separado, no representan un peligro. Pero si se juntan, se convierten en un riesgo, en la probabilidad de que ocurra un desastre. Sin embargo los riesgos pueden reducirse o manejarse.

Para la zona en estudio el abordaje de la vulnerabilidad de acuerdo a la realidad territorial cantonal de Riobamba se realizó a través de las siguientes variables: densidad poblacional, tipo de vivienda, necesidades básicas insatisfechas, uso del suelo y manejo del riesgo.

a) Densidad Poblacional. En el cantón Riobamba, de acuerdo al INEC (2010), existen 225714 Habitantes, 106840 son hombres y 118901 mujeres. En este cantón, capital de la provincia de Chimborazo se concentra el 49.7% de toda la población provincial y su densidad poblacional alcanza los 2654 hab/km² en contraposición a la parroquia Pungalá, localidad con la menor densidad poblacional de la provincia (21.16 hab/km²). En la tabla 2 se muestra la asignación de pesos para la densidad poblacional en el cantón Riobamba.

Tabla 2. Valoración de la densidad poblacional del cantón Riobamba.

Valor densidad (hab/km ²)	Peso	Vulnerabilidad
0 - 55,230341	1	Baja
55,230341 - 191	2	Media baja
191 - 326,769659	3	Media alta
326,769659 - 382	4	Alta

Fuente: INEC, 2010

b) Tipo de vivienda. Según el tipo de vivienda en el cantón Riobamba se puede determinar que los materiales utilizados para la construcción de las viviendas varían desde los utilizados en los techos como: hormigón (55%), asbesto (10%) y zinc (8.7%); los utilizados para las paredes exteriores: ladrillo (86%), adobe (6.9%) y hormigón (5.8%); y los empleados en los pisos como: ladrillo (26.20%), duela (25.18%) y cerámica (21.5%).

Para el uso de esta variable se realizó una evaluación previa que relaciona el tipo de material que se utiliza en el techo, paredes y en el piso de las viviendas. Y la posterior valoración para el análisis de vulnerabilidad. En la tabla 3 se exponen los distintos rangos obtenidos de dicha reclasificación y el paso y categorización de vulnerabilidad asignados a cada uno de ellos.

Tabla 3. Valoración del tipo de vivienda.

Tipo de material	Peso	Vulnerabilidad
0 - 8,128083	1	Baja
8,128083 - 10,055556	2	Media baja
10,055556 - 11,983028	3	Media alta
11,983028 - 20,111111	4	Alta

Fuente: INEC, 2010

c) Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas. En función a los valores de este índice, en el cantón Riobamba la población en situación de pobreza alcanza los 103.056 habitantes. Siendo Cacha, Químiag y Flores las parroquias con mayor inyección de este rango pues allí el 99% de la población se encuentra incluida dentro de los niveles de pobreza (INEC, 2010). La asignación de pesos para el índice NBI en el cantón Riobamba se muestra en la siguiente la tabla 4.

Tabla 4. Valoración de las necesidades básicas insatisfechas.

Índice de densidad poblacional	Peso	Vulnerabilidad
2277 - 5536,541583	1	Baja
5536,541583 - 5850,97705	2	Media baja
5850,97705 - 9110,518633	3	Media alta
9110,518633 - 42900	4	Alta

Fuente: INEC, 2010

d) Uso del suelo. En el cantón Riobamba el principal uso de suelo es el de conservación y producción (65.8%), seguido del uso agrícola (13%) y del pecuario con el 10%. Existen otros usos como el agropecuario mixto, tierras improductivas, nubes y aguas inferiores al 5%. Para la valoración de "usos del suelo" necesaria para crear un mapa de vulnerabilidad ambiental, se clasificaron los usos del suelo de 1 a 4 en función de su vulnerabilidad frente al peligro de movimientos en masa, los usos como tierras improductivas o desnudas tendrán una vulnerabilidad igual a 4 y los de conservación y producción tendrán una vulnerabilidad igual a 1.

Tabla 5. Valoración del Uso del suelo.

Uso	Peso	Vulnerabilidad
Agrícola	3	Media alta
Agropecuaria mixto	3	Media alta
Agua	2	Media baja
Antrópico	4	Alta
Conservación y producción	1	Baja
Nube	1	Baja
Pecuario	2	Media baja
Tierras improductivas	4	Alta

Fuente: GADPCH, 2014

e) Manejo del riesgo. En el Ecuador, de acuerdo a la normativa legal, existe un manual que establece las acciones que deben ejecutar las instituciones integrantes de los Comités de Operaciones de Emergencia (COE) en los niveles nacionales, provinciales, municipal/metropolitano, así como, en los de Comisiones Parroquiales ante emergencias. Los integrantes del comité actuarán en representación de sus respectivas instituciones. Para la definición del manejo del riesgo se consideraron para el cantón Riobamba a las unidades de gestión de riesgos establecidas en los niveles provincial, cantonal y las comisiones parroquiales, así como el accionar concreto frente a eventos naturales adversos, mientras mayor sea el número de entidades al servicio de emergencias naturales menor será la vulnerabilidad que presenta la parroquia para superar el riesgo. En la tabla 6 se muestra la categorización de la vulnerabilidad en función de las unidades de gestión identificadas. De esta manera se asigna una categoría de vulnerabilidad alta a las parroquias que cuentan con el menor número de unidades de gestión.

Tabla 6. Valoración del Manejo del riesgo.

Manejo del riesgo	Peso	Vulnerabilidad
4.6- 6	1	Baja
3.1-4.5	2	Media baja
1.6 - 3	3	Media alta
0-1.5	4	Alta

Fuente: SNGR, 2017

f) Zonificación rural en el Plan de Uso de Suelo. Luego del evento sísmico adverso ocurrido en el Ecuador el 16 de abril de 2016, se adoptaron una serie de medidas y normativas que conllevaron a la implementación de la ley orgánica de ordenamiento territorial, uso y gestión de suelo, que compromete a los niveles cantonales a zonificar el cantón en pro de los usos permitidos en la extensión territorial de su competencia. De acuerdo a lo que establece la Zonificación para el cantón Riobamba, el 57.27% de la extensión territorial está permitido el uso para protección y conservación, el 39.9% para producción agropecuaria, y el 2.7% para aprovechamiento extractivo. En la tabla 7 se muestra la clasificación de vulnerabilidad asignada a cada uno de los usos.

Tabla 7. Valoración de la Zonificación rural en el Plan de Uso de Suelo.

Uso Principal	Peso	Vulnerabilidad
Producción Agropecuaria	1	Baja

Protección y Conservación	2	Media baja
Producción Agropecuaria	3	Media alta
Aprovechamiento Extractivo (AE)	4	Alta

Fuente: GADMR, 2017

g) Creación del mapa de vulnerabilidad. Para crear el mapa síntesis de vulnerabilidad se utilizó la herramienta sum del "raster calculator" en el Spatial Analyst Tools/Map Algebra: Raster1 + Raster2 + Raster3 + Raster4+ Raster 5 + Raster 6. De esta manera, el raster resultante contendrá valores comprendidos entre 4 y 16. En la tabla 8 se muestra las categorización de la vulnerabilidad en función de este rango de valores, la cual guió la construcción la reclasificación de las capas ráster correspondientes a cada variable de vulnerabilidad.

Tabla 8. Valoración de la Vulnerabilidad.

Vulnerabilidad	Peso	Vulnerabilidad
0-6	1	Baja
7-12	2	Media baja
13-18	3	Media alta
19-24	4	Alta

Elaborado por: El autor

Componente peligro

Existen varios puntos de vista cuando al hablar de peligro se refiere, una de ellas es la presentada por Castro et.al (1995) quienes la describe como la fragilidad del sistema, la recurrencia del evento y la energía del fenómeno.

a) Precipitación. Según GADMR (2015:264), la precipitación anual promedio en el cantón es de 564,5 mm. Este valor está determinado por datos agrometeorológicos que sitúan a los meses de enero, marzo, abril, mayo como los de mayor cantidad de lluvia mientras que febrero, julio, agosto son los meses de menor registro pluviómetro. Las parroquias de Pungalá, Licto y Flores presentan altos niveles de precipitación los cuales se pueden presentar de forma lenta o gradual y de forma violenta o súbita, mientras que las parroquias de Punín, San Luis, Cacha, Riobamba, Licán, Cubijíes y Químiag presentan una mediana precipitación y las parroquias de San Juan y Calpi presentan una baja precipitación lo que conlleva a zonas desérticas y de baja productividad. La asignación de pesos para la precipitación en el cantón Riobamba se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9. Valoración de la precipitación.**

Milimetraje (mm)	Peso	Peligrosidad
478,296875 - 715,489781	1	Baja
715,489781 - 1016,976624	2	Media baja
1016,976624 - 1400,185032	3	Media alta
1400,185032 - 1887,266602	4	Alta

Fuente: INEC, 2010

- b) Pendientes. La superficie del territorio del cantón Riobamba, posee pendientes abruptas mayores al 70%, predominantes en las parroquias de San Juan, Cacha, Pungalá y Químiag. Las pendientes muy fuertes, escarpados que van del 50-70%, ubicadas en las parroquias de Pungalá, Químiag y San Juan mayoritariamente. Pendientes fuertes colinadas de 25-50% predominantes en todo el cantón con una mínima presencia en el área correspondiente a las parroquias Riobamba y Cubijíes. Existen también pendientes irregulares con ondulación moderada 12-25% en Químiag, San Juan y Pungalá. Pendiente con una inclinación regular, suave o ligeramente ondulada 5-12% en los alrededores de la Parroquia Riobamba con predominio en las parroquias de Químiag, San Luis, Licán y el área de la Parroquia urbana de Yaruquíes. También presenta pendientes planas o casi planas 0-5%, ubicadas en las parroquias Punín, Licto y San Luis y en menor proporción en las parroquias San Juan, Calpi y Riobamba (PDyOT, 2015). En la tabla 10 se muestra la asignación de pesos para las pendientes del cantón.

Tabla 10. Valoración de las pendientes.

Nro. de Habitantes	%	Peso	Peligrosidad
Plano o casi plano	0 – 5	1	Baja
Suave o ligeramente inclinado	6 – 12	1	Baja
Moderadamente ondulado	13 – 25	2	Media baja
Colinado	26 – 50	3	Media alta
Escarpado	51 – 70	4	Alta
Montañoso	Más de 70	4	Alta

Fuente: FAO, 2000.

- c) Geología. La geología del cantón Riobamba está caracterizada por afloramientos de rocas volcánicas, constituidas por depósitos de piroclastos y lavas intermedias, presente en las parroquias de Químiag y Pungalá. Las principales formaciones son la Piñón presente con lavas basálticas, tobas, brechas, rocas ultrabásicas y la Yunguilla con Lutitas, calizas, volcanoclastos (3000 m).

Las Unidades Apagua presentes en el cantón con: lutitas, grauwacas (2000m), Lavas andesíticas a rio-

líticas, piroclastos (3000m); La Unidad Guamote con pizarras, cuarcitas; la Unidad Alao Paute con Metavolcanitas basálticas y andesíticas, esquistos, Granodiorita, diorita, pórfido de edad cenozoica, Andesitas a riolitas, piroclastos (1000-2000m) y Granito gneísico per aluminico +/- granate

La Unidad de Peltectec presente con: «Melange» ofiolítico, Andesitas a riolitas, piroclastos (1000-2000m),. Avalanchas de escombros, piroclastos primarios y retrabajados y flujos de lava, Granodiorita, diorita, pórfido de edad cenozoica, Lavas basálticas, tobas, brechas, rocas ultrabásicas Lutitas, calizas, volcanoclastos (3000m). La asignación de pesos para la variable geología en el cantón Riobamba se muestra en la tabla 11 donde también se puede observar que la categorización de la peligrosidad se corresponde con las características litológicas.

Tabla 11. Valoración de las necesidades básicas insatisfechas.

Litología	Peso	Peligrosidad
Aluvión grueso, permeable, compacto, nivel freático bajo 1. Calizas duras permeables. Rocas intrusivas, poco fisuradas, bajo nivel freático. Basaltos, andesitas, ignimbritas. Características físicas mecánicas: materiales sano con poca o ninguna meteorización, resistencia al corte elevada, fisuras sanas, sin relleno	1	Baja
Rocas sedimentarias no o muy poco alteradas, poco fisuradas, moderado 2. Rocas intrusivas, calizas duras. Características físico mecánicas: resistencia al corte media a elevada	2	Media baja
Rocas sedimentarias, intrusivas, lavas, ignimbritas, tobas poco medio 3 soldadas, rocas metamórficas mediana a fuertemente alteradas,... niveles freáticos relativamente altos	3	Media alta
Aluviones fluvio lacustres, suelos piroclásticos poco compactados, alto 4 rocas fuertemente alteradas. Materiales aluviales, coluviales de muy baja calidad mecánica, rocas muy alto 5 con estado de alteración avanzado, drenaje pobre. Se incluyen los casos 3 y 4 con niveles freáticos muy someros, sometidos a gradientes hidrodinámicos elevados	4	Alta

Fuente: Mora y Varson (1991).

g) Creación del mapa de peligro. Para crear el mapa síntesis de peligro al igual que en el caso de la vulnerabilidad se utilizó la herramienta sum del “raster calculator” en el Spatial Analyst Tools/Map Algebra. Al sumarse tres capas raster, los rangos de la capa raster resultante se definen de la siguiente manera: Peligro 1 = 0-3, Peligro 2 = 4-6, Peligro 3 = 7-9 y Peligro 4 = 10-12. En la tabla 12 se presentan los niveles de peligrosidad para el mapa raster obtenido de la reclasificación.

- Peligro 1 = 0-3
- Peligro 2 = 4-6
- Peligro 3 = 7-9
- Peligro 4 = 10-12

La asignación de pesos para la zonificación de riesgo para movimientos en masa del cantón Riobamba se muestra en la siguiente Tabla.

Tabla 12. Valoración de la peligrosidad.

Peligro	Peso	Peligrosidad
0-3	1	Baja
4-6	2	Media baja
7-9	3	Media alta
10-12	4	Alta

Componente exposición.

a) Susceptibilidad a movimientos en masa. De la información generada por MAGAP – STGR (2003) relacionada a la susceptibilidad de movimientos en masa para el cantón Riobamba se obtiene que el 45% del territorio tiene una alta susceptibilidad, el 34% de la extensión territorial del cantón presenta condiciones medianamente susceptibles, el 5.7% presenta zonas moderadamente susceptibles y el 14.8% tiene condiciones bajamente susceptibles a movimientos. La asignación de pesos para la susceptibilidad a movimientos en masa del cantón Riobamba se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Valoración de la susceptibilidad a movimientos en masa.

Descripción	Cualificación	Exposición
Baja a nula susceptibilidad a movimientos en masa	1	Baja
Moderada susceptibilidad a movimientos en masa	2	Media baja
Mediana susceptibilidad a movimientos en masa	3	Media alta
Alta susceptibilidad a movimientos en masa	4	Alta

Fuente: MAGAP – STGR, 2003

Mapa de riesgos.

Para crear el mapa de riesgos utilizando la herramienta sum del “raster calculator” en el Spatial Analyst Tools/Map Algebra: Vulnerabilidad + Peligro + Exposición

El raster resultante contendrá valores comprendidos entre 0 y 12. Observe la tabla a continuación y clasifique el raster obtenido (Reclassify) para obtener niveles de peligrosidad de 1 a 4 donde:

Tabla 14. Valoración de riesgos.

Peligro	Peso	Peligrosidad
0-3	1	Baja
4-6	2	Media baja
7-9	3	Media alta
10-12	4	Alta

Resultados

De los análisis realizados con las variables de vulnerabilidad en el cantón Riobamba de la provincia de Chimborazo, se obtuvo que: el 50.9% del territorio se encuentra con una vulnerabilidad media alta, principalmente en las parroquias San Juan, Calpi, Licán, Riobamba, San Luis y Punín; el 48% de la superficie se determinó con una vulnerabilidad media baja, en las parroquias Químiag y Pungalá principalmente; y, el 1% del territorio del cantón se ha ubicado con una vulnerabilidad alta extendido en la parroquia San Juan, Cacha, Licán, Licto y la matriz, Riobamba (Figura 3).



Figura 3. Mapa de vulnerabilidad del cantón Riobamba

En el mapa de exposición de ocurrencia de los movimientos en masa para el cantón Riobamba se tiene el 45% de la extensión territorial con una alta exposición a que eventos similares se produzcan en el territorio, el 34% con una ocurrencia media alta, el 5.7% con una ocurrencia media baja y el 14.8% con un ocurrencia baja. Además se puede observar el inventario de movimientos en masa en el cantón y la magnitud del daño causado en el sector según el tamaño de simbología (Ver figura 4).

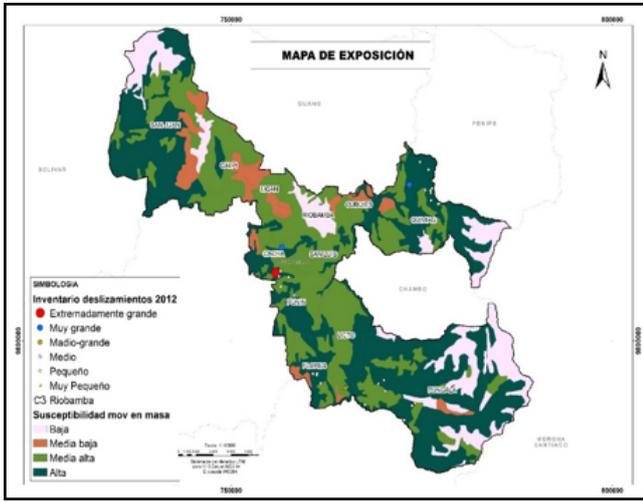


Figura 4. Mapa de exposición del cantón Riobamba

En la figura 5, se observa el mapa de peligro del cantón, el 49% del territorio tiene una peligrosidad a la ocurrencia de movimientos en masa media, principalmente en las parroquias Licán, Calpi, Cacha, Punín, San Luis, Flores y Riobamba; el 44.2% de la superficie se determinó una vulnerabilidad media alta y el 5% del territorio del cantón se ha ubicado con una vulnerabilidad alta extendido en las parroquias San Juan, Pungalá y Químiag.,

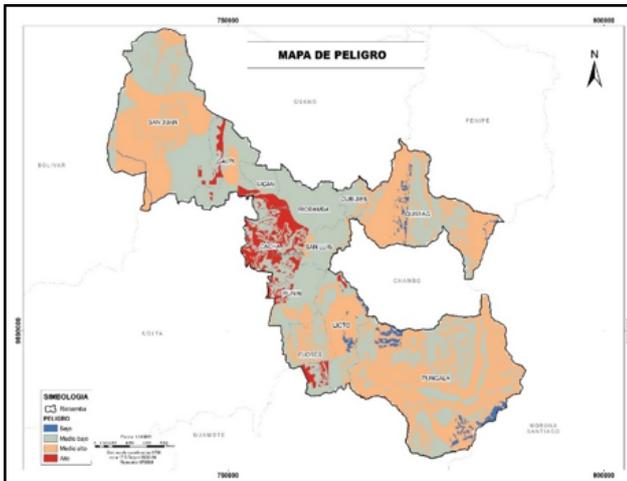


Figura 5. Mapa de peligro del cantón Riobamba

Zonificación del riesgo por deslizamientos para el cantón Riobamba.

El resultado final del análisis realizado, se tiene que el 13% del territorio cantonal tiene un alto riesgo de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, el 72,7% del área total posee una probabilidad media alta de ocurrencia y el 13% del territorio tiene condiciones medias bajas para la presentación de eventos naturales relacionados a la remoción de masas (Figura 6).



Figura 6. Mapa de zonificación del riesgo.

Determinar las zonas más críticas que requieren atención especial en los riesgos por deslizamiento para el cantón riobamba.

Las zonas más críticas, representan 12623,8 ha; estas áreas requieren especial atención en el manejo de riesgos por deslizamientos y están estrechamente relacionadas a eventos previos ocurridos, esto de acuerdo al inventario realizado por SNGR (2012). Es importante considerar también, de darse un evento natural por movimientos en masa, que aspectos de comunicación y poblacionales afectaría; para el cantón, las principales vías que serían afectada, a más de las del sector puntual, serían la vía Panamericana Sur que conecta a la provincia de Chimborazo con Tungurahua, Latacunga y Pichincha. El centro urbano consolidado, capital de la provincia, donde se albergan casi el 20% de la población, de acuerdo al análisis realizado se encontraría rodeado y por ende afectada por estas zonas que son susceptibles a eventos naturales de esta naturaleza (Figura 7).

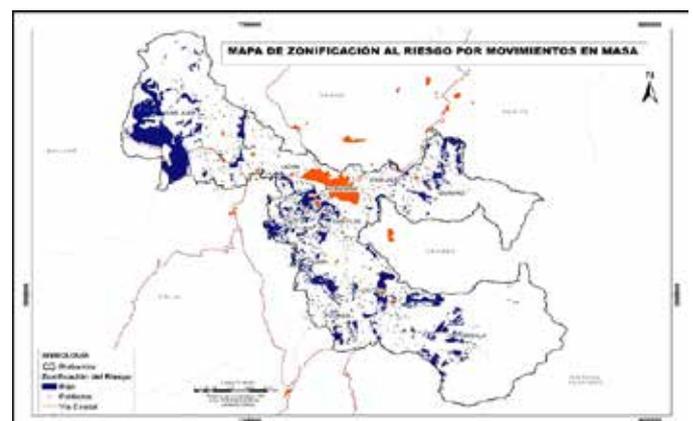


Figura 7. Mapa de zonificación del riesgo y áreas vulnerables

Conclusiones

El método propuesto para analizar la zonificación del riesgo por movimientos en masa está en función a la metodología establecida por INSPIRE (2012) y la puesta en marcha en el cantón Riobamba. El análisis como la metodología implementada engloban integralmente el problema de riesgos por movimientos en masa y las variables consideran son las más relevantes y actuales para el cantón.

El uso de herramientas SIG no sólo permite organizar la información sino por el número de variables se logra celeridad en el proceso, lo que no se tendría al aplicar la metodología de forma no automatizada.

El presente trabajo se propone como un documento no definitivo que puede ser retroalimentado o ajustado con nuevas variables no consideradas para el entorno, logrando así perfeccionarlo y aplicarlo estimando otras variables, incluyendo trabajos actualizados y con mejores escalas para el análisis.

Una vez ubicadas las zonas más propensas a presentar movimientos en masa y aún más cuando estas áreas ya tienen registros de pérdida de vidas humanas en deslizamientos ocurridos en el mismo sector en años anteriores, es necesario implementar un programa integral de manejo del riesgo por eventos naturales, sobre todo preparando a la población en la resiliencia frente a estos problemas sociales. Se destaca el importante aporte de las variables englobadas dentro del componente de vulnerabilidad. Cuya integración mostró una alta categorización en las zonas que presentan una alta exposición y peligro de ocurrencia de tipo de fenómenos. Se identificaron determinados sectores en el oeste de Riobamba a donde debieran realizarse de forma prioritaria medidas de mitigación y prevención de eventos de deslizamiento en masa.

Referencias bibliográficas

Castro, C., Brignardello, A. y Cereceda, P.(1995), Determinación de áreas con riesgo morfo dinámico en San Juan Bautista, Isla Robinson Crusoe. Revista Geográfica de Chile Terra Australis, núm 40, pp. 43-61.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación).(2000). Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de los Suelos.

FLACSO (Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales).(2009). Agenda de Reducción de Riesgos, Quito, Ecuador.

GADPCH (Gobierno Autónomo Descentralizado de la provincia de Chimborazo).(2014). Cobertura Natural y Uso del Suelo de la Provincia de Chimborazo, Chimborazo, Ecuador.

GTZ (Cooperación Técnica Alemana). (2007). Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña, Santiago de Chile.

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas). (2010). Censo de Población y Vivienda, Quito.

INIGEM (Instituto nacional de investigación Geológico Minero Metalúrgico). (2005). Geología del Ecuador, Quito, Ecuador.

INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe).(2012). Data Specification on Natural Risk Zones –Draft Guidelines. INSPIRE Thematic Working Group Natural Risk Zones. Recuperado de http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_NZ_v3.0RC2.pdf

MAE (Ministerio del Ambiente de Ecuador).(2014). Índice Ombrotérmico para Ecuador Continental, Quito, Ecuador.

MAGAP – STGR (Ministerio del Ambiente de Ecuador-Secretaría Técnica de Gestión de Riesgos). (2003). Susceptibilidad de movimientos en masa, Quito, Ecuador.

Mora, S. y Vahrson,W. (1991). Determinación a priori de la amenaza de deslizamientos sobre grandes áreas, utilizando indicadores morfodinámicos, en memoria sobre el Primer Simposio. Bogotá, Colombia, pp. 259-273.

Newman, E., Paradis, A. y Brabb E., (1978). Feasibility and cost of using a computer to prepare landslide susceptibility maps of the San Francisco Bay region, California. Bulletin 1443. U.S. Geological Survey. Revista Reston, núm. VI, pp. 29.

GADMR (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba). (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015-2019. Riobamba, Chimborazo.

GADMR (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba). (2017). Ordenanza que contiene el código urbano para el cantón Riobamba Chimborazo, Ecuador.

SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo). (2009). Plan del Buen Vivir, Quito, Ecuador.

SNGR (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos). (2012). Inventario de deslizamiento en el cantón Riobamba. Chimborazo, Ecuador.

Riobamba no está preparada para los riesgos naturales, (2013). Telégrafo. Quito, Ecuador. Disponible en: <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional-centro/1/riobamba-no-esta-preparada-para-los-riesgos-naturales>