

**Propuesta para la Reducción de la vulnerabilidad  
en la comunidad Nulti, Provincia del Azuay, en  
base a un análisis de riesgo de deslizamientos con  
Metodología TRES**

**Paul Sánchez Franco**

**Diplomado de Gestión Integral de Riesgos**

**Propuesta para la Reducción de la vulnerabilidad  
en la comunidad Nulti, Provincia del Azuay, en  
base a un análisis de riesgo de deslizamientos con  
Metodología TRES**

**Paul Sánchez Franco**

**Director: Ing. Javier Sotomayor**

**Monografía de grado para obtener el título de Diplomado  
Superior en Gestión Integral de Riesgo**

**Quito, Agosto 2008**

Ing. Javier Sotomayor  
Certifica que la presente monografía  
ha sido revisada y calificada, la misma  
cumple con los estándares solicitados

## Tabla de contenido

<a href="#">Tabla de contenido.....</a>	<a href="#">4</a>
<a href="#">Tabla de ilustraciones.....</a>	<a href="#">6</a>
<a href="#">Resumen.....</a>	<a href="#">7</a>
<a href="#">1. Introducción.....</a>	<a href="#">8</a>
<a href="#">2. Antecedentes.....</a>	<a href="#">8</a>
<a href="#">3. Justificación.....</a>	<a href="#">14</a>
<a href="#">3.1 Objetivo General.....</a>	<a href="#">15</a>
<a href="#">3.2 Objetivos específicos.....</a>	<a href="#">15</a>
<a href="#">4. Planteamiento del problema.....</a>	<a href="#">16</a>
<a href="#">5. Logica de intervención.....</a>	<a href="#">16</a>
<a href="#">5.1 Marco espacial.....</a>	<a href="#">16</a>
<a href="#">5.2 Marco teórico.....</a>	<a href="#">18</a>
<a href="#">5.2.1 Movimientos en masa.....</a>	<a href="#">18</a>
<a href="#">5.2.2 Tipos de movimientos.....</a>	<a href="#">18</a>
<a href="#">5.2.3 Tipos de materiales.....</a>	<a href="#">19</a>
<a href="#">5.2.4 Nomenclatura de los deslizamientos.....</a>	<a href="#">20</a>
<a href="#">5.2.5 Partes de un deslizamiento.....</a>	<a href="#">21</a>
<a href="#">5.2.6 Características especiales de un deslizamiento.....</a>	<a href="#">22</a>
<a href="#">5.2.7 Deslizamientos y humedad.....</a>	<a href="#">23</a>
<a href="#">5.2.8 Velocidad de deslizamiento.....</a>	<a href="#">23</a>
<a href="#">5.2.9 Clasificación de deslizamientos.....</a>	<a href="#">23</a>
<a href="#">5.3 Marco Técnico.....</a>	<a href="#">29</a>
<a href="#">5.3.1 Sistema TRES.....</a>	<a href="#">29</a>
<a href="#">5.3.2 Características del movimiento en Nulti.....</a>	<a href="#">30</a>
<a href="#">5.3.3 Geología.....</a>	<a href="#">33</a>
.....	<a href="#">33</a>
<a href="#">5.3.4 Uso de suelo.....</a>	<a href="#">34</a>
<a href="#">5.3.5 Actividad económica.....</a>	<a href="#">34</a>

5.3.6 Estado del movimiento.....	34
5.3.7 Clasificación del movimiento.....	35
5.3.8 Causa del movimiento.....	36
5.3.9 Daños en la población.....	36
5.3.10 Daños en accesos.....	44
5.3.11 Daños en tubería.....	45
5.3.12 Daños en cultivos.....	46
5.3.13 Daños en industrias cercanas.....	47
6. Categorización de riesgo.....	48
6.1 Peligros.....	50
6.2 Riesgo.....	51
7. Conclusiones.....	52
8. Propuesta.....	53
9. Bibliografía.....	57

## Tabla de ilustraciones

Ilustración 1: Mapa de deslizamientos en Ecuador.....	9
Ilustración 2: Esquema del deslizamiento.....	31
Ilustración 3: Deslizamiento de Nulti (64 Hectáreas).....	32
Ilustración 4: Deslizamiento antiguo, reactivado por el nuevo.....	33
Ilustración 5: señales de deslizamiento.....	34
Ilustración 6: viviendas destruidas por el movimiento.....	36
Ilustración 7: vivienda parcialmente colapsada.....	37
Ilustración 8: vivienda a punto de colapsar.....	38
Ilustración 9: vivienda a punto de colapsar.....	39
Ilustración 10: hundimiento en acceso principal.....	44
Ilustración 11: destrucción de tuberías.....	45
Ilustración 12: Cultivo de maíz destruido por movimientos de suelo.....	46
Ilustración 13: daños en la estructura de planta avícola.....	46
Ilustración 14: coliformes en muestra del colegio.....	48
Ilustración 15: casa reconstruida a pocos metros de la destruida.....	53
Ilustración 16: Cálculo de resistividad eléctrica.....	54

## **Resumen**

**Introducción:** el presente trabajo forma parte de un análisis exhaustivo del deslizamiento de Nulti, mediante visita de campo y lectura crítica de literatura sobre este evento adverso.

**Capítulo 1:** El análisis comienza con la localización espacial y social de la ciudad de Nulti.

**Capítulo 2:** Analiza la teoría fundamental de los deslizamientos, proporcionando los conceptos y definiciones de este evento adverso.

**Capítulo 3:** Parte fundamental del presente trabajo, usa el sistema de análisis de riesgo denominado TRES (Total Risk Evaluation System), para determinar las zonas de riesgo y coadyubar en la toma de decisiones.

**Capítulo 4:** Propone medidas de reducción de riesgos

## **1. Introducción**

A causa de la localización de la República del Ecuador en los límites del anillo circumpacífico, específicamente en la unión de la Placa sudamericana, con la placa de subducción de Nazca, nuestro país sufre frecuentemente los efectos de sismos, erupciones volcánicas y tsunamis.

Fenómenos climáticos y meteorológicos, como El Niño y la Niña son la causa de cambios climáticos que dan como resultado inundaciones, fuertes precipitaciones y sequías.

Estos fenómenos, conjuntamente con la actividad humana, resultan generalmente en fallas de suelo. Precisamente, esto ha ocasionado en la población de Nulti, provincia del Azuay, graves deslizamientos que han desequilibrado la vida cotidiana de la comunidad y han puesto en riesgo sus vidas, su ambiente y su propiedad.

Muchos esfuerzos se han realizado para reducir la vulnerabilidad, pero con este trabajo, propongo algunas medidas de gestión de riesgo que pudieran lograr esta tan anhelada seguridad.

## **2. Antecedentes**

El Ecuador, históricamente ha sufrido los embates de eventos adversos como los deslizamientos. La zona norte del país, la Sierra central y sur y las estribaciones orientales de la cordillera Oriental son las que más riesgo presentan ante este fenómeno.<sup>1</sup>

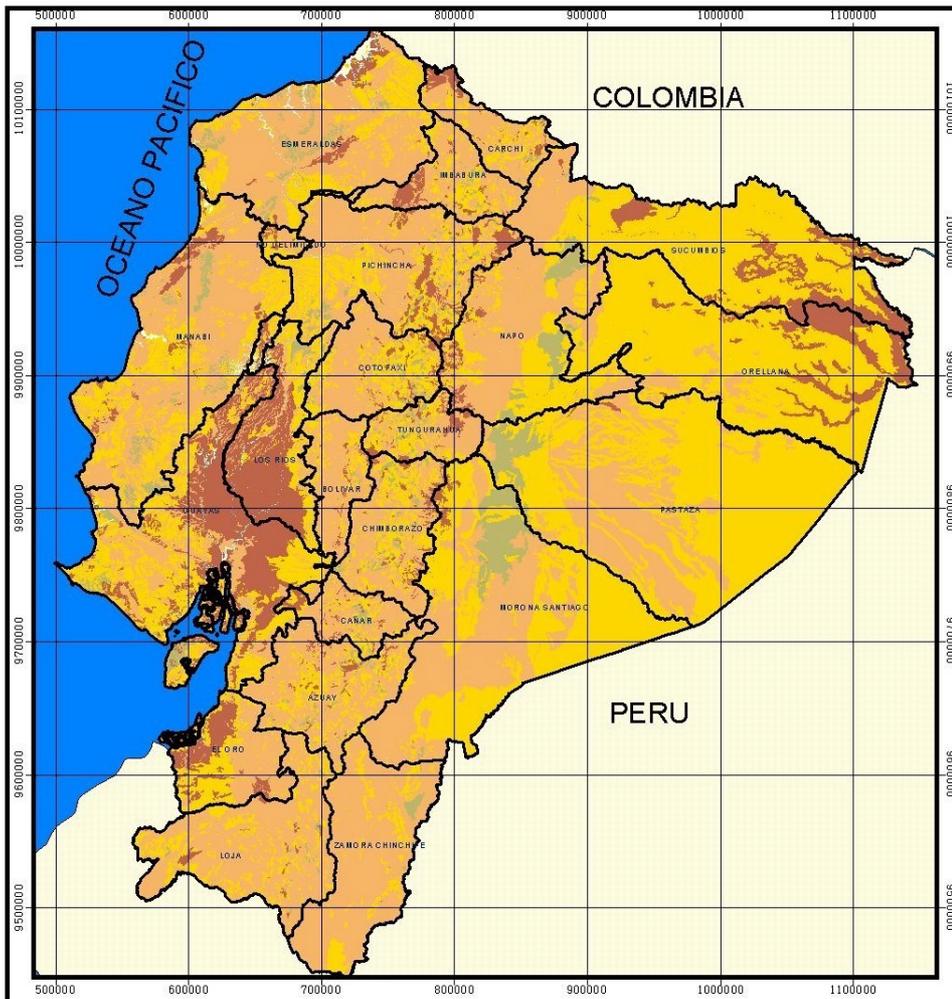
---

1 D'ercole, Robert. Amenazas, Vulnerabilidades, y Riesgo en el Ecuador, Oxfan, Mayo

Todas las ciudades del callejón interandino están expuestas en mayor o menor grado a los deslizamientos, sin embargo, algunas se han visto más afectadas que otras, debido principalmente a la vulnerabilidad y la capacidad de respuesta.

De acuerdo con DESINVENTAR, el 61% de los eventos adversos del Ecuador, han sido provocados por los deslizamientos, hecho que ha traído a los ecuatorianos dolor e impotencia ante la fuerza de la naturaleza.

El mapa 1. muestra en el Ecuador, los deslizamientos que se han producido, de acuerdo con el estudio realizado por Robert Drcole.



**Ilustración 1: Mapa de deslizamientos en Ecuador**

Es notorio de acuerdo al mapa, que los deslizamientos abarcan gran parte de nuestro territorio y por lo tanto debemos tener especial cuidado con su materialización y efectos.

El estudio realizado por Drcole, revela que 33 cantones del país, tienen mayores niveles de amenaza y de vulnerabilidad frente a desastres. Entre ellos se pueden citar:

San Lorenzo y Eloy Alfaro en Esmeraldas; Cotacachi, Urcuquí y Pimampiro en Imbabura; varios cantones de la zona de la Sierra central (Guano, Guamote, Chunchi, Pangua, Pujilí, etc.) y algunos situados en el límite entre El Oro, Azuay y Zamora Chinchipe, y los del sur de Loja. Otro grupo en los que el grado de amenaza es alto y muy alto y el nivel de vulnerabilidad relativamente alto se encuentran sobre todo en las estribaciones orientales de la cordillera Oriental y en la Sierra sur. Por el contrario, los cantones con un grado de amenaza relativamente alto y nivel de vulnerabilidad alto a muy alto son menos numerosos y están más dispersos.

Los cantones donde el grado de amenaza es alto y muy alto y el de vulnerabilidad relativamente bajo a muy bajo corresponden frecuentemente a las capitales provinciales serranas (Quito, Tulcán, Ibarra, Riobamba, Cuenca y Loja). Está claro que en estos cantones pueden producirse deslizamientos y derrumbes, que ocasionen pérdidas humanas y materiales importantes, sobre todo entre los sectores marginales, que se han desarrollado a menudo en terrenos de fuerte pendiente. Los deslizamientos ocurridos en Quito en abril del 2002 son un buen ejemplo de ello.

En la población de Nulti, provincia del Azuay, se han producido desde hace varios años deslizamientos, en especial en la zona de Paccha y Nulti, muy cercanas una de otra. En la década de los 80, se produjo en Paccha un megadeslizamiento que destruyó parte de la comunidad. En 2005, luego de un fuerte movimiento sísmico, se produjo un deslizamiento en la población de Nulti y desde entonces, la comunidad ha estado preocupada por lo efectos que un evento adverso como este podría causar.

En relación con este evento el periódico HOY, del 19 de Febrero del 2008, recoge la siguiente información que explica por sí misma la magnitud del evento:

*Preocupación por deslizamiento de tierra en las afueras de Cuenca.*

*La falla de Nulti se reactivó en noviembre pasado, cuando un fuerte temblor sacudió la zona sur del país*



*En Nulti, las casas se cuartejan por los continuos deslizamientos de tierra provocados por las lluvias.*

*Las constantes lluvias en la provincia del Azuay aceleran los movimientos de tierra en la parroquia Nulti (de 2 500 habitantes), ubicada a 7 km de Cuenca, en donde cinco casas están destruidas y otras seis han sufrido resquebrajamientos que ponen en riesgo la vida e integridad a sus ocupantes.*

*Todo comenzó el 15 de noviembre pasado, cuando un*

*fuerte temblor sacudió el sur del Ecuador y se reactivó la falla de Nulti. El terreno, desde ese entonces, comenzó a moverse. La casa de Joaquín Auquilla es la más destruida, pues su estructura es inservible, por lo que debió pedir alojamiento donde familiares que viven en zonas alejadas a ese sector.*

*Pero las viviendas de la familia Cedillo-Auquilla, Román-Auquilla, Auquilla-Bravo y de Víctor Lucero también están cuarteadas. La falla geológica afectó paredes y puso en peligro todas las estructuras, que en cualquier momento podrían colapsar.*

*Manuel Paucar, presidente de la Junta Parroquial de Nulti, manifestó que se necesitan aproximadamente \$450 mil para realizar los trabajos de mitigación que requiere esa zona.*

*Para el gobernador de la provincia del Azuay, Oswaldo Larriva, la situación en este sector no pasa por una simple decisión, sino que la falla geológica tiene que ser estudiada, “para luego tomar decisiones en beneficio de toda la parroquia y sus habitantes”.*

*“Esperemos a ver qué dicen los técnicos, después de que realicen los estudios pertinentes, para iniciar cualquier tipo de acción” expresó el gobernador azuayo. (RMT)*

### ***Otras causas del problema***

*El Municipio de Cuenca (Azúay) envió un completo equipo de maquinaria para realizar trabajos de excavación y permitir que fluya el agua que se encuentra formando colchones en todo el lugar.*

*Las lluvias y la falta de canales de evacuación son otras de las causas de los deslizamientos, que han ocasionado la destrucción de las viviendas. (RMT)*

Como podemos colegir, Nulti ha sufrido los efectos de deslizamientos desde hace muchos años. Se conoce que en 1994, ya se produjo un mega deslizamiento y producto de los estudios de la época, se sabe que existen zonas lacustres que alimentan de agua a la montañas del sector. Estas corrientes de agua fueron drenadas pero en la actualidad están contenidas en el interior de la montaña, lo que ha ocasionado graves daños en las viviendas y vías de acceso. Los deslizamientos en la zona comenzaron en 1995<sup>2</sup> y desde esa época se han venido sucediendo sucesivamente deslizamientos que han dañado un gran porcentaje de las viviendas de los pobladores de Nulti.

### **3. Justificación**

Los deslizamientos en la zona de Nulti, han ocasionado problemas al menos desde 1994 y han afectado a 1437 viviendas que se encuentran situadas en la zona de deslizamiento activo de Paccha y Nulti, ubicado a 2540 msnm con pendientes de 30%.

---

<sup>2</sup> [www.eluniverso.com/2005/04/01](http://www.eluniverso.com/2005/04/01)

Actualmente, existe 21 viviendas destruidas e inhabitables y 81 viviendas en zona de peligro, lo que quiere decir que el 8% de toda la población se encuentra en peligro directo de sufrir las consecuencias de este deslizamiento.

Por otro lado, la carretera Cuenca - Azogues, está destruida o en proceso de destrucción debido a la ocurrencia de estos deslizamientos.

En base a estas estadísticas, podemos elaborar los siguientes objetivos:

### ***3.1 Objetivo General***

Reducir la vulnerabilidad de la población frente a la amenaza de deslizamientos en el Centro Parroquial de Nulti y su periferia

### ***3.2 Objetivos específicos***

1. Establecer en Nulti un sistema de gestión de Riesgos, que reduzcan los riesgos de deslizamientos que causen desastres en la comunidad de influencia.
2. Poner a disposición y socializar con las autoridades municipales y comunidad en general el documento para su aplicación.
3. Comprobar la aplicación y pertinencia del Sistema TRES en deslizamientos.

## **4. Planteamiento del problema**

Sobre la base de la investigación realizada, se formuló la siguiente pregunta: ¿La zonificación y control de deslizamientos es la forma más efectiva de reducir la vulnerabilidad de la comunidad de Nulti?

Los elementos del tema pueden definirse a partir de la ubicación de los puntos críticos de falla de suelo y el análisis de las causas gatillantes del evento, para proponer las acciones necesarias con la ayuda de sistemas de causa-efecto.

La metodología TRES, propondrá a la comunidad en general, autoridades locales y regionales, los pasos a seguir para que la situación geográfica de la región y la comunidad a partir del estudio contribuyan a la no generación de daños y pérdidas con consecuencias de deslizamientos.

## **5. Logica de intervención**

### ***5.1 Marco espacial***

La parroquia Nulti se encuentra ubicada en el Cantón Cuenca, en una zona de relieve montañoso de alta pendiente. Limita al norte con la Parroquia Llacao, al Este con las Parroquias San Cristóbal del Cantón Paute y Jadán del Cantón Gualaceo, al sur con la Parroquia Paccha y al Oeste con la ciudad de Cuenca.

Tiene una extensión aproximada de 30 Km<sup>2</sup> . El centro poblado está ubicado en las faldas del cerro Jaishi de 2625 metros, al que se accede a través de la autopista Cuenca – Azogues, tomando el desvío al kilómetro

9.5, para luego seguir por una carretera de 2 kilómetros de largo.

La población de Nulti es de 4589 habitantes<sup>3</sup>, con una tasa de crecimiento del 2,2%. El 48,5% de la población está en un grupo de edad de menores de 20 años.

La población económicamente activa está conformada por 1200 personas 69% hombres y 31% mujeres. En la parroquia existen 1437 viviendas.

En relación al uso del agua, Nulti se abastece de ella mediante vertientes existentes en toda la montaña y es conducida a los domicilios por tubería y mangueras. En el último año, la empresa de agua potable de Cuenca ha instalado un pozo de agua que abastece al 48% la población.

El 89% de las viviendas no dispone de servicio de eliminación de excretas mediante conexión de red pública. El sistema de eliminación se lo hace principalmente mediante pozos sépticos o pozos ciegos.

Existe un sistema de alcantarillado en el centro parroquial y la recolección de basura se hace solamente en la cabecera parroquial. El 95% de las viviendas disponen de luz eléctrica.

---

<sup>3</sup> Censo poblacional 2001

## **5.2 Marco teórico**

### **5.2.1 Movimientos en masa**

Los movimientos en masa son procesos de la Geodinámica Externa, los cuales modifican las diferentes formas del terreno. Los deslizamientos, a su vez, son la principal manifestación de los movimientos en masa.

Los deslizamientos, como todos los movimientos en masa, involucran el movimiento, pendiente abajo, de los materiales que componen la ladera bajo la influencia de la gravedad y pueden ser disparados por lluvias, sismos y actividad humana.

### **5.2.2 Tipos de movimientos**

Los deslizamientos pueden ocurrir como: caídas, basculamientos, separaciones laterales, deslizamientos o flujos.

**Caídas:** masas desprendidas de pendientes muy fuertes o escarpes, que se mueven en caída libre, dando tumbos (saltos) o ruedan ladera abajo.

**Basculamientos:** rotación de uno o más elementos alrededor de un punto pivote

**Separaciones laterales:** movimiento de extensión lateral acompañado por fracturamiento cortante o tensional.

**Deslizamientos:** desplazan masas a lo largo de uno o más planos discretos. Pueden ser rotacionales o translacionales en su movimiento.

El movimiento rotacional se da donde la superficie de ruptura es curva, la masa rota hacia atrás alrededor de un eje paralelo a la ladera.

Este es el tipo de deslizamiento que se ha producido en Nulti.

El movimiento translacional se da cuando la superficie de ruptura es más o menos plana o suavemente ondulante y la masa se mueve paralela a la superficie del terreno

**Flujos:** masas que se mueven como unidades deformadas, viscosas, sin un plano discreto de ruptura

Algunos deslizamientos pueden presentar más de un tipo de movimiento, en este caso se describen como complejos.

### 5.2.3 Tipos de materiales

Los deslizamientos pueden involucrar desplazamientos en roca, suelo o una combinación de ambos.

**Roca:** se refiere a la roca dura o firme, la cual se encontraba intacta y en su sitio antes del movimiento

**Suelo:** se entiende como un conjunto de partículas sueltas, no consolidadas o roca pobremente cementada o agregados inorgánicos. El suelo puede ser residual (formado en el sitio) o material transportado.

El suelo se puede describir como detritos (suelo de grano grueso) o suelo propiamente dicho (suelo de grano fino). El detrito es un suelo con un 20 a 80% de fragmentos mayores de 2 mm. Suelo fino es el que está compuesto de más del 80% de fragmentos menores de 2 mm.

En el caso de Nulti, el tipo de material ha sido descrito como de detritos.

#### **5.2.4 Nomenclatura de los deslizamientos**

Debido a que un deslizamiento involucra una masa de suelo o roca moviéndose ladera abajo, este puede ser descrito con base en las diferencias entre la masa que forma el deslizamiento y la ladera que no ha fallado.

La ladera que no ha fallado se puede definir como la superficie original de terreno. Esta es, a su vez, la superficie que existía antes de que el movimiento se diera. Si esta es la superficie de un deslizamiento antiguo, el hecho debe resaltarse, pues se trata de una reactivación del deslizamiento.

La masa que se ha movido se conoce como el material desplazado, es decir, es el material que se ha movido de su posición original en la ladera. El mismo puede encontrarse en un estado deformado o no deformado.

El material desplazado sobreyace dos sectores distintos. El sector de pérdida es el área dentro de la cual el material desplazado descansa bajo la superficie original del terreno y está definido por la superficie de ruptura. En el caso de que no quede material sobre la superficie de ruptura o donde ha ocurrido flujo en vez de ruptura, es más conveniente utilizar el término área fuente. El sector de acumulación es el área donde el material desplazado descansa sobre la superficie del terreno. Este sector es definido por la superficie de separación subyacente, la cual separa el material desplazado del material estable, en el cual no se ha desarrollado ruptura alguna. En algunas ocasiones es mejor llamar a este sector área de deposición

### 5.2.5 Partes de un deslizamiento

**Corona:** sector de la ladera que no ha fallado y localizada arriba del deslizamiento. Puede presentar grietas, llamadas grietas de la corona.

**Escarpe principal:** superficie de pendiente muy fuerte, localizada en el límite del deslizamiento y originada por el material desplazado de la ladera. Si este escarpe se proyecta bajo el material desplazado, se obtiene la superficie de ruptura.

**Escarpe menor:** superficie de pendiente muy fuerte en el material desplazado y producida por el movimiento diferencial dentro de este material.

**Punta de la superficie de ruptura:** la intersección (algunas veces cubierta) de la parte baja de la superficie de ruptura y la superficie original del terreno.

**Cabeza:** la parte superior del material desplazado a lo largo de su contacto con el escarpe principal.

**Topo:** el punto más alto de contacto entre el material desplazado y el escarpe principal.

**Cuerpo principal:** la parte del material desplazado que sobreyace la superficie de ruptura localizada entre el escarpe principal y la punta de la superficie de ruptura.

**Flanco:** lado del deslizamiento

**Pie:** la porción de material desplazado que descansa ladera abajo desde la

punta de la superficie de ruptura.

**Dedo:** el margen del material desplazado más distante del escarpe principal.

**Punta:** el punto en el pie más distante del tope del deslizamiento.

## 5.2.6 Características especiales de un deslizamiento

Algunas veces se torna necesario describir el crecimiento de un deslizamiento. Se sugieren algunos términos en función de cómo la ruptura se propaga en relación con la dirección de movimiento.

**Ruptura retrogresiva:** ampliación del deslizamiento en la dirección opuesta a su movimiento.

**Ruptura en avance:** ampliación del deslizamiento en la dirección del movimiento. Donde la ampliación se da en ambas direcciones, se utiliza el término progresivo.

**Movimiento simple:** movimiento rotacional o translacional de una masa individual a lo largo de una superficie de ruptura particular.

**Movimiento múltiple:** una o más masas con el mismo tipo de movimiento a lo largo de dos o más superficies de ruptura distintas.

Si un movimiento múltiple se desarrolla a lo largo de un período de tiempo, se utiliza el término movimiento sucesivo.

## 5.2.7 Deslizamientos y humedad

***Seco:*** no hay humedad visible

***Húmedo:*** contiene algo de agua pero no en estado libre, se comporta como un sólido plástico y no como un fluido.

***Mojado:*** contiene suficiente agua para comportarse como un fluido, el agua fluye del material o forma depósitos significativos (charcas, lagunas).

Este es el caso de Nulti.

***Muy mojado:*** contiene suficiente agua para fluir como un líquido viscoso en pendientes bajas.

## 5.2.8 Velocidad de deslizamiento

La velocidad de movimiento de los deslizamientos varía desde extremadamente lenta (menos de 0.06 m/año) a extremadamente rápida (3 m/s).

## 5.2.9 Clasificación de deslizamientos

Los deslizamientos son clasificados con base en diferentes características de acuerdo a varios esquemas de clasificación.

Los esquemas varían de acuerdo con el propósito de la clasificación. La aplicación de los términos de una clasificación aceptada, facilita la comunicación y contribuye al desarrollo de generalizaciones válidas sobre la ocurrencia de los diferentes tipos de deslizamientos.

Algunos investigadores cuestionan la utilidad de los esquemas de clasificación, debido a las variaciones entre deslizamientos individuales o a la falta de cuantificación a la hora de definir subcategorías discretas.

Una de las clasificaciones más comúnmente utilizadas es la de Varnes (1978), Tabla 1, la cual utiliza el tipo de movimiento y la naturaleza del material. Posteriormente, la geometría, el movimiento y otras características son empleadas para definir subcategorías discretas.

Tipo de movimiento		Tipo de material		
		Roca	suelo	
			De grano grueso	De grano fino
Caídas		Caída de roca	Caída de detritos	Caída de suelos
Basculamiento		Basculamiento de rocas	Basculamiento de detritos	Basculamiento de suelos
Deslizamientos	Rotacionales	Deslizamiento rotacional de rocas	Deslizamiento rotacional de detritos	Deslizamiento rotacional de suelos
	Traslacionales	Deslizamiento traslacional de rocas	Deslizamiento traslacional de detritos	Deslizamiento traslacional de suelos
Separaciones laterales		Separación lateral en roca	Separación lateral en detritos	Separación lateral en suelo
Flujos		Flujo en rocas	Flujo de detritos	Flujo de suelos
Complejos		Combinación de dos o más rocas		

**Tabla 1: Tipos de deslizamientos**

## CAÍDAS

Todas las caídas se inician con un desprendimiento de suelo o roca de una ladera muy empinada, a lo largo de una superficie en la que poco o ningún desplazamiento cortante se desarrolla<sup>4</sup>. El material desciende en caída libre, saltando o rodando, el movimiento es de muy rápido a extremadamente rápido<sup>5</sup>

Solo cuando la masa desplazada es socavada, las caídas son precedidas por pequeños deslizamientos o movimientos de basculamiento que separan el material de la masa no perturbada<sup>6</sup>. Socavamiento ocurre típicamente en suelos cohesivos o rocas al pie de escarpes que sufren el ataque de las olas o debido a la erosión de márgenes de ríos.

<sup>4</sup> Cruden & Varnes, 1996

<sup>5</sup> IDEM

<sup>6</sup> Cruden & Varnes, 1996

## **BASCULAMIENTOS.**

Un basculamiento es la rotación hacia adelante (afuera) de una masa de suelo o roca, alrededor de un punto o eje bajo el centro de gravedad de la masa desplazada.

El basculamiento algunas veces es causado por el empuje del material localizado ladera arriba y otras veces por el agua presente en sus grietas.

Los basculamientos producen caídas o deslizamientos del material desplazado, dependiendo de la geometría del material en movimiento, la geometría de la superficie de separación y la orientación y extensión de las discontinuidades cinemáticamente activas. Los basculamientos varían de extremadamente lentos a extremadamente rápidos, algunas veces acelerando con el avance del movimiento.

## **DESLIZAMIENTOS.**

Un deslizamiento es un movimiento ladera abajo de una masa de suelos o rocas, que ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de ruptura o zonas relativamente delgadas de intensa deformación cortante.

Inicialmente, el movimiento no ocurre simultáneamente a lo largo de lo que, eventualmente, será la superficie de ruptura; el volumen de material desplazado se incrementa a partir de un área de falla local.

Muchas veces, los primeros signos de movimiento son grietas en la superficie original del terreno, a lo largo de lo que más deslizamiento.

El material desplazado puede deslizarse más allá de la punta de la superficie de ruptura, cubriendo la superficie original del terreno, la cual, a su vez, se convierte en superficie de separación.

### **Deslizamientos rotacionales.**

Estos deslizamientos se mueven a lo largo de superficies de ruptura curvas y cóncavas, con poca deformación interna del material. La cabeza del material desplazado se mueve verticalmente hacia abajo, mientras que la parte superior del material desplazado se bascula hacia el escarpe.

El escarpe principal es prácticamente vertical y carente de soporte, por lo que se pueden esperar movimientos posteriores que causen retrogresión del deslizamiento a la altura de la corona.

Ocasionalmente, los márgenes laterales de la superficie de ruptura pueden ser lo suficientemente altos y empinados, como para producir deslizamientos hacia la zona de pérdida.

El agua de escorrentía o un nivel freático somero pueden causar el desarrollo de lagunas en las secciones basculadas de material desplazado, lo que a su vez, mantiene el material saturado y perpetúa el movimiento hasta que se desarrolle una pendiente suficientemente baja.

### **Deslizamientos translacionales.**

La masa se desplaza a lo largo de una superficie de ruptura plana o suavemente ondulada y superponiéndose a la superficie original del terreno.

La superficie de ruptura usualmente se orienta a lo largo de discontinuidades como fallas, juntas, planos de estratificación o el contacto entre roca y suelos residuales o transportados.

En los deslizamientos translacionales la masa desplazada puede también fluir,

convirtiéndose en un flujo de detritos ladera abajo.

### **Separaciones laterales.**

La separación lateral se define como una extensión de una masa cohesiva de suelo o roca, combinada con la subsidencia del material fracturado en un material subyacente más blando.

La superficie de ruptura no es una superficie de corte intenso y el proceso es el producto de la licuefacción o flujo (extrusión) del material más blando.

Claramente estos movimientos son complejos, pero debido a que son muy comunes en ciertos materiales y situaciones geológicas, es mejor reconocerlos como un tipo separado de movimiento.

### **Flujos**

Un flujo es un movimiento espacialmente continuo, en el que las superficies de corte son de corta duración, de espaciamiento corto y usualmente no se preservan; la distribución de velocidades en la masa que se desplaza se compara con la de un fluido viscoso.

El límite inferior de la masa desplazada puede ser una superficie, a lo largo de la cual se desarrolla un movimiento diferencial apreciable o una zona gruesa de corte distribuido

Es decir, existe una gradación desde deslizamientos a flujos, dependiendo del contenido de humedad, la movilidad y la evolución del movimiento.

Los deslizamientos de detritos pueden convertirse en flujos de detritos extremadamente rápidos o avalanchas de detritos, en la medida en que el material desplazado pierde cohesión, aumenta de contenido de humedad o

encuentra pendientes más fuertes.

## **5.3 Marco Técnico**

### **5.3.1 Sistema TRES**

Los riesgos se analizaron mediante la combinación de varios factores y parámetros, que son colocados en el sistema TRES. Un breve resumen de este sistema a continuación se explica:

El sistema TRES relaciona peligros con vulnerabilidades y obtiene un valor de riesgo. Para saber cuan peligroso es el evento, relacionamos los siguientes parámetros:

1. Litología
2. Grado de humedad
3. Pendiente
4. Grado de susceptibilidad
5. Sismicidad
6. Lluvias intensas

Estos factores representan los sectores con potencial de presentar deslizamientos en caso de presentarse lluvias o sismos de regular intensidad.

Posteriormente, este factor puede ser potencializado o minimizado, de acuerdo a factores de vulnerabilidad, entre otros:

1. Economía
2. Preparación
3. Tecnología

4. Política
5. Educación
6. Aspectos físicos

Todos estos parámetros deben ser normatizados para ser susceptibles de operar entre ellos y obtener un valor de riesgos por deslizamientos. Resta por determinar si este valor es alto, medio o bajo. Para ello usamos técnicas de estadística y obtenemos un valor de aceptación de riesgo, con el que podemos determinar esta categorización de riesgo. Estos datos se pueden llevar a un sistema de información geográfica para la toma fina de decisiones de las autoridades.

Finalmente, la forma de visualizar estos resultados es en base a un sistema de coordenadas, en el que colocamos en las absisas y ordenadas, tanto los valores de peligro, como los valores de vulnerabilidad, obteniendo una curva que nos dice cuán arriba o abajo del criterio de aceptación está ese riesgo.

### **5.3.2 Características del movimiento en Nulti**

Técnicamente, se siguió la siguiente metodología.

1. Análisis bibliográfico
2. Visita de campo y análisis de riesgo
3. Zonificación

Dentro del análisis bibliográfico, se usaron datos de la Gobernación de la Provincia, Defensa Civil, Municipio de Cuenca, con los que se complementó la segunda fase, es decir la visita de campo y análisis de riesgo.

La visita de campo, se la realizó en la última semana de mayo, precisamente en la comunidad de Nulti, para ello, se siguió la siguiente metodología.

1. Entrevistas con Autoridades Provinciales
2. Entrevista con pobladores de Nulti
3. Recorrido por la zona de deslizamiento
4. Reuniones con técnicos de la provincia

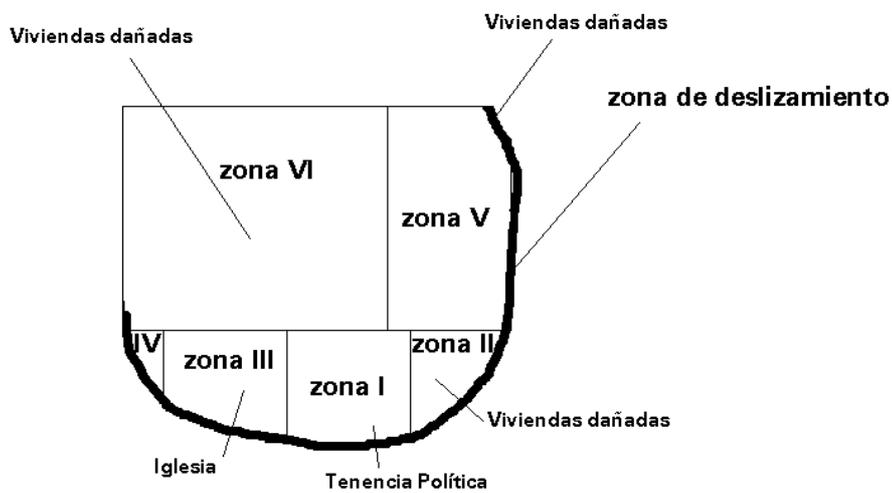
Para tener claro el panorama, se entrevista al Gobernador de la Provincia, Ing. Oswaldo Larriva, quien dispone que técnicos de la Gobernación y de la Prefectura estén al tanto de esta investigación, para ello, los ingenieros, Diego Coronel (Consejo Provincial del Azuay) y Antonio Valdiviezo (Municipio de Cuenca) salimos al campo en compañía de la Sra. Rosa Arcentales (Teniente Político de Nulti), Sra Liliana Pardo (Tenencia Política de Nulti), Sra. Ana Cecilia Araujo (Tenencia Política de Nulti) y Sr. Carlos Salinas (Defensa Civil del Azuay)

Con ellos, realizamos las siguientes actividades.

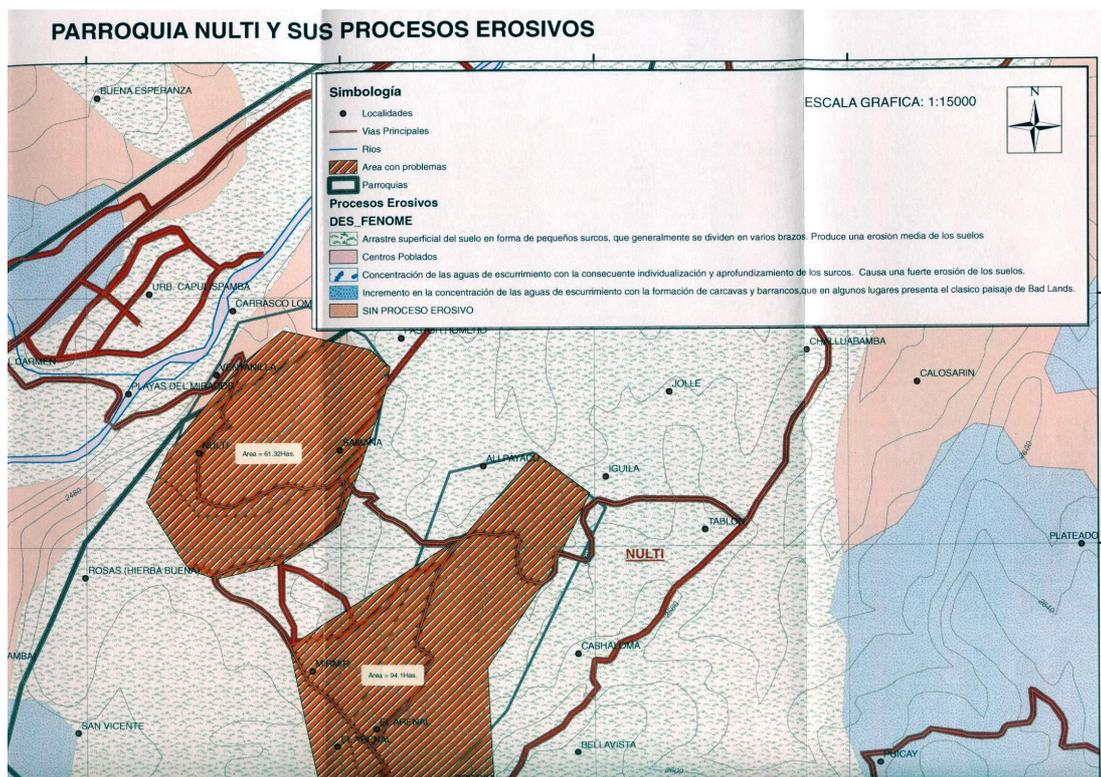
- Recopilación de información
- Levantamiento de datos
- Análisis de depósitos superficiales
- Características geológicas
- Características del movimiento

- Análisis biológico del agua
- Análisis de conductividad del agua
- Análisis geofísicos
- Análisis de gestión de riesgo

El movimiento en masa de Nulti tiene una forma de herradura, de aproximadamente 1500 metros de longitud.



**Ilustración 2: Esquema del deslizamiento**



**Ilustración 3: Deslizamiento de Nulti (64 Hectáreas)**

### 5.3.3 Geología

La población de Nulti corresponde a la formación Loyola del grupo Azogues, compuesta por limonitas y lutitas que meteorizan a arcillas. Este hecho es particularmente importante pues tienden a formar capas delgadas (láminas), que se orientan al azar, lo que deja un elevado porcentaje de espacios vacíos que se llenan con agua, que es el principal factor que gatilla un proceso de movimiento de masas.

Por otro lado, Nulti está atravesado por un anticlinal con dirección NE-SW, que produce laderas con fuertes pendientes lo que podría favorecer al desarrollo de movimientos en masa.

### **5.3.4 Uso de suelo**

El uso de suelo es mayormente agrícola – ganadero pero de autoconsumo.

### **5.3.5 Actividad económica**

La mayoría de la población se dedica al trabajo en el sector productivo de Cuenca.

### **5.3.6 Estado del movimiento**

El movimiento es progresivo, sucesivo. Tiene dos movimientos diferenciados: uno nuevo, activo con dirección: SE-NO, que reactiva un deslizamiento antiguo, con dirección aproximada S-N



**Ilustración 4: Deslizamiento antiguo, reactivado por el nuevo**



**Ilustración 5: señales de deslizamiento**

### **5.3.7 Clasificación del movimiento**

Deslizamiento rotacional, principalmente de tierra compuesto por areniscas, limos y arcillas saturadas.

### **5.3.8 Causa del movimiento**

La causa principal del movimiento se debe a:

- Material meteorizado, sometido a erosión subterráneo con movimientos tectónicos
- Lluvias intensas que producen grandes cantidades de agua superficial y subterránea. Cuando esta llena los poros del sedimento, destruye la cohesión entre las partículas permitiendo que se deslicen unas sobre otras con relativa facilidad. Esta saturación reduce la resistencia interna de los materiales, los cuales son puestos fácilmente en movimiento por fuerza de gravedad.

Fue notorio en la investigación que existían grandes cantidades de agua por toda la zona de deslizamiento.

Factores antrópicos: el taponamiento de vertientes por algunas razones, entre ellas; rellenos de quebradas, gran número de pozos ciegos, infiltración de aguas entubadas, falta de mantenimiento de sistemas de escorrentía natural y taponamiento de estas vertientes naturales debido a la presencia de agua potable proporcionada por ETAPA.

### **5.3.9 Daños en la población**

#### **5.4.1.1 Población**

Los movimientos en masa, no han producido hasta el momento pérdidas de vidas o heridos, sin embargo, hay daños severos en la infraestructura, de la siguiente manera:

### 5.4.1.2 Viviendas

Se observaron daños severos en las viviendas del sector, muchas de ellas han colapsado y otras están sufriendo daños día a día debido a movimientos rápidos.



**Ilustración 6: viviendas destruidas por el movimiento**

El resumen de los daños en casas se puede ver en el siguiente cuadro:

#### Casas que han colapsado total o parcialmente

Casa 1: Román Auquilla (8 adultos, 2 niños)

Casa 2: Sr. Carlos Cedillo (4 adultos, 2 niños)

Casa 3: Familia Auquilla Bravo (1 adulto)

Casa 5: José Pacurucu Santacruz (3 adultos) parcialmente colapsada

Casa 7: Víctor Hugo Lucero Lucero (5 adultos, 2 niñas) parcialmente colapsada

Casa 13: Giovanni Narváez (2 adultos y 2 niños)

Casa 14: José Miguel Narváez (5 adultos)



**Ilustración 7: vivienda parcialmente colapsada**

### Casas con agrietamientos severos

Casa 4: Leticia Brito (5 adultos)

Casa 6: Luis Peralta (5 adultos)

Casa 8: Luis Zhunio (4 adultos)

Casa 9: Familia Lazo Pacurucu (4 personas)

Casa 10: Francisco Urgilés (6 adultos, 4 niños)

Casa 11: Amelia Urgilés (2 adultos, 1 niño)

Casa 15: Delfín Narváez (5 adultos)

Casa 17: Rosario Gutama (2 adultos, 2 niños)

Casa 18: Jaime Guiracocha (2 adultos, un niño)

Casa 19: Antonio Guiracocha (2 adultos)

Casa 20: Narcisa Tigre (4 adultos, 2 menores)



**Ilustración 8: vivienda a punto de colapsar**



**Ilustración 9: vivienda a punto de colapsar**

En el potencial caso de deslizamiento total, se destruirán las casas de:

- Casa comunal
- Casa conventual
- Iglesia
- Cementerio
- Colegio Nacional Nulti
- Capilla de Ventanillas
- Manuel Pacaracu
- Miguel Pacaracu

- Rene Lucero
- Luis Lucero
- Julio Pacurucu
- Melania Pacurucu
- Luis Auquilla
- Lucero Cruz
- Manuel Paucar
- Pedro Paucar
- Carmen Morales
- Rosa Sotamba
- Gonzalo Auquilla
- Rodrigo Landy
- German Pacurucu
- Rosaura Rosero
- Antonio Pacurucu
- Juan Zhunio
- Fernando Quinteros
- Alejandro Suárez
- Joaquín Borja

- Estela Landy
- Sofía Auquilla
- Manual Lata
- Severo Narváez
- Justo Tenesaca
- Severo Sancho
- Armando Vásquez
- Flia Vásquez Gutierrez
- José Urgilés
- Jaime Viracocha
- Mercedes Tigre
- Víctor Sánchez
- Manuela Lata
- Pablo Durán
- Miguel Narváez
- Luis Baltazar
- Alvino Balarezo
- Teresa Lucero
- Gabriel Pulgarín

- Rafael Bermeo
- Angel Tenesaca
- Armando Tenesaca
- Giovanni Narváez
- Paulino Rodríguez
- Manuela Lata
- Zoila Lata
- Fabián Larriva
- José Narváez
- Angel Tenesaca
- Félix Tenesaca
- Gil Urgilés
- Flia Tenesaca
- Teresa Narváez
- Flia Lazo
- Fabián Urgilés
- Amanda Torres
- Francisco Illescas
- Jaime Lucero

- Flia Narváez
- Ariolfo Paredes
- Delfín Lucero
- Teodoro Rodríguez
- Holger Narváez
- Luis Lucero
- Tránsito Lucero
- Adriá Sáenz
- Gustavo Guzhnay
- Roswell Tenesaca
- Héctor Tenesaca

### **5.3.10 Daños en accesos**

Las vías de acceso hasta Nulti sufren hundimientos. Otras vías internas han sido bloqueadas por el deslizamiento.



**Ilustración 10: hundimiento en acceso principal**

### **5.3.11 Daños en tubería**

Las tuberías, especialmente las colocadas como medidas de reducción, se han destruido a causa del movimiento.



**Ilustración 11: destrucción de tuberías**

### **5.3.12 Daños en cultivos**

Los cultivos han sido afectados por el movimiento al ser alcanzados por flujos especialmente de arcilla



**Ilustración 12: Cultivo de maíz destruido por movimientos de suelo**

### **5.3.13 Daños en industrias cercanas**

El movimiento ha destruido la estructura metálica del plantel avícola localizado al pie del deslizamiento.



**Ilustración 13: daños en la estructura de planta avícola**

## 6. Categorización de riesgo

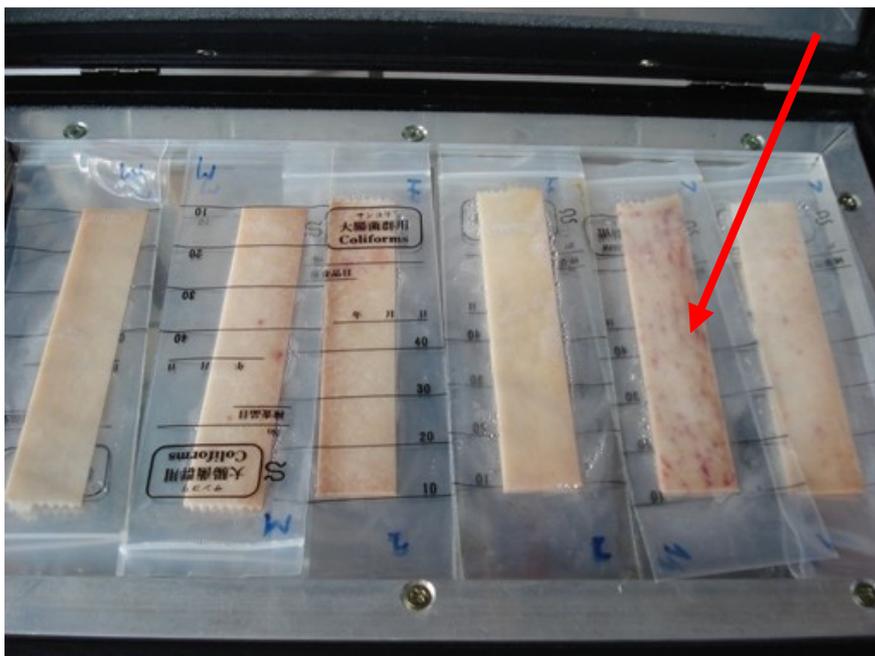
Siguiendo la metodología TRES<sup>7</sup>, vemos que la vulnerabilidad se ve afectada de la siguiente manera:

En el parámetro ambiental, las condiciones atmosféricas fueron muy duras en los meses de noviembre a abril. En el presente mes, se ve un clima en general cálido que ha provocado agrietamiento del suelo arcilloso

La calidad del agua analizada es en general buena, la conductividad encontrada en casi todas las vertientes encontradas a lo largo del movimiento revelan valores de 870  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la parte alta del deslizamiento, hasta 6000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el pie del movimiento. Esto puede reflejar que se trata de agua de vertiente. Cabe resaltar que los valores últimos reflejan una gran conductividad. En lo relacionado a pruebas de coliformes y bacterias, se puede colegir que de todas las muestras tomadas, solamente la que corresponde a la que proviene del Colegio Verbo presenta coliformes.

---

<sup>7</sup> Total Risk Evaluation System. Sánchez Paul. 2006



**Ilustración 14: coliformes en muestra del colegio**

En el parámetro económico, vemos que la actividad económica, se basa en trabajo para empresas en Cuenca y en agricultura y ganadería especialmente de autoconsumo, con bajo acceso al mercado laboral y nivel de ingreso en general bajo.

En lo relacionado a lo social podemos notar que existe un buen nivel de organización e la comunidad. En general existe un buen nivel de participación aunque se pudo presenciar reclamos de algunos ciudadanos por la forma en la que se estaban llevando las medidas de reducción de riesgos. Aparentemente hay una buena comunicación con las instituciones locales, pero no hay una coordinación interinstitucional para resolver el problema.

En educación no existe ningún programa no formal o formal para capacitar a la población en lo referente a su riesgo. No se evidenció ninguna campaña de reducción de riesgos ni se pudo establecer los

alcances de programas de prevención.

En lo relacionado con la percepción de riesgo, hay poco conocimiento sobre desastres y en especial sobre los deslizamientos. Nula preparación para gestión de riesgos en la comunidad y aunque existe una buena actitud, aparecen grupos que están en desacuerdo con lo actuado.

En lo político, hay una autonomía operativa local, pero no existe una autonomía económica, o que puede frenar los procesos de gestión de riesgo. Existe un buen liderazgo político y en general buena participación ciudadana.

Se han realizado algunos trabajos científicos y análisis. Los estudios no han sido socializados con la comunidad y no se han cumplido con todas las recomendaciones propuestas en esos informes.

En el parámetro físico, los materiales de construcción son en su mayoría de concreto pero sin resistencias ni reforzamientos. Las viviendas se han ubicado en zonas de riesgo. Las características de suelo potencializan el riesgo de deslizamientos.

## **6.1 Peligros**

En relación a los peligros, podemos decir que la susceptibilidad litológica corresponde a suelos de limonita y arcilla, que lo hace muy susceptible.

La pendiente está en el orden de los 25 a 30% y la susceptibilidad a la humedad ha sido alta en los últimos meses.

No se consideró como evento disparador a los sismos a pesar de la ocurrencia de uno en el mes de noviembre del 2007.

Como evento disparador se consideró a la humedad existente con lluvias entre 100 y 200 mm por 24 horas.

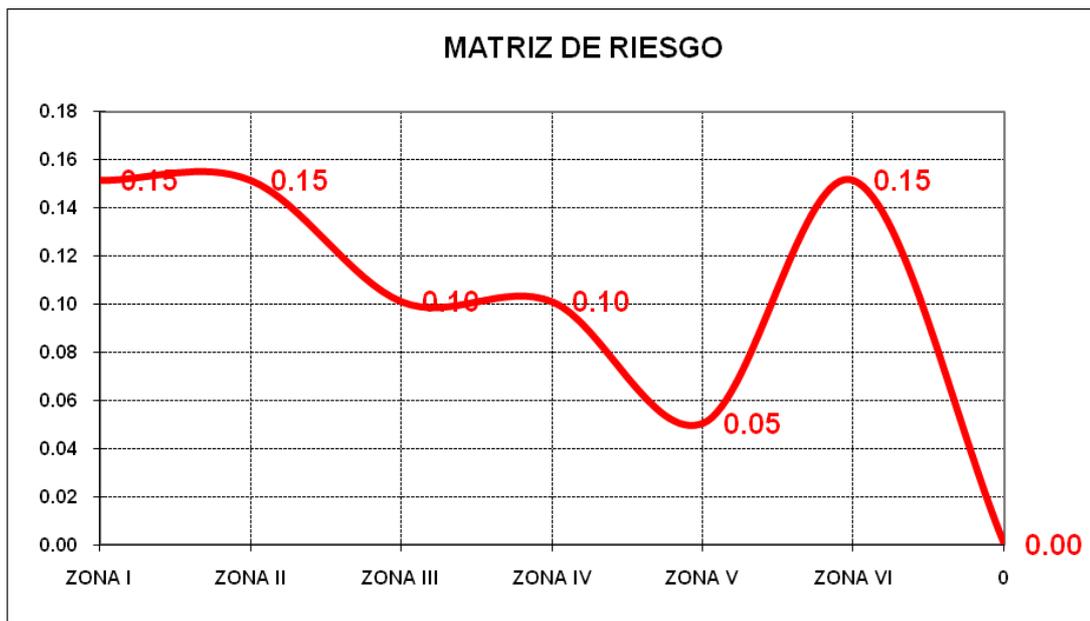
La clase de deslizamiento se ha clasificado en III.

En relación con la calificación de riesgo, ha sido dada con una puntuación de 3 (máximo)

## 6.2 Riesgo

El sistema TRES, califica al riesgo con un valor de 0.15

Con este valor, podemos graficar de la siguiente manera:



El nivel crítico de aceptación de riesgo para el evento es de: 0,06

	Mínimo	Máximo
<b>RIESGO BAJO</b>	<b>0</b>	<b>0.06</b>
<b>RIESGO MEDIO</b>	<b>0.07</b>	<b>0.12</b>
<b>RIESGO ALTO</b>	<b>0.13</b>	<b>0.17</b>
<b>RIESGO MUY ALTO</b>	<b>0.18</b>	<b>1</b>

## 7 . Conclusiones

- Debido a una gran cantidad de agua en la zona de estudio, se convierte en el principal factor que desestabilizan a los terrenos inestables, reactivando deslizamientos o generando deslizamientos secundarios dentro de la masa antigua que se puso en movimiento.
- Se ha incrementado el agua subterránea por taponamiento de vertientes, fugas en tubería de agua, construcción de pozos sépticos, lo que ha influido notablemente en la inestabilidad geológica.
- La deforestación de los terrenos para pastizales y cultivos de ciclo corto favorecen la inestabilidad de estos terrenos.
- Las viviendas pueden caerse violentamente, debido a la velocidad de movimiento que actualmente se produce, especialmente las que se encuentran en la zona VI del deslizamiento.
- la dinámica de movimiento es mayor en las zonas, I, II y VI y es menor en la zona III y IV
- la falta de conciencia de riesgo y preparación en la comunidad puede contribuir a un incremento en el riesgo.
- Las viviendas y otras estructuras se encuentran en zonas de riesgo.
- No existen programas de educación y difusión de gestión de riesgo
- No existen planes de respuesta ni sistemas de alerta

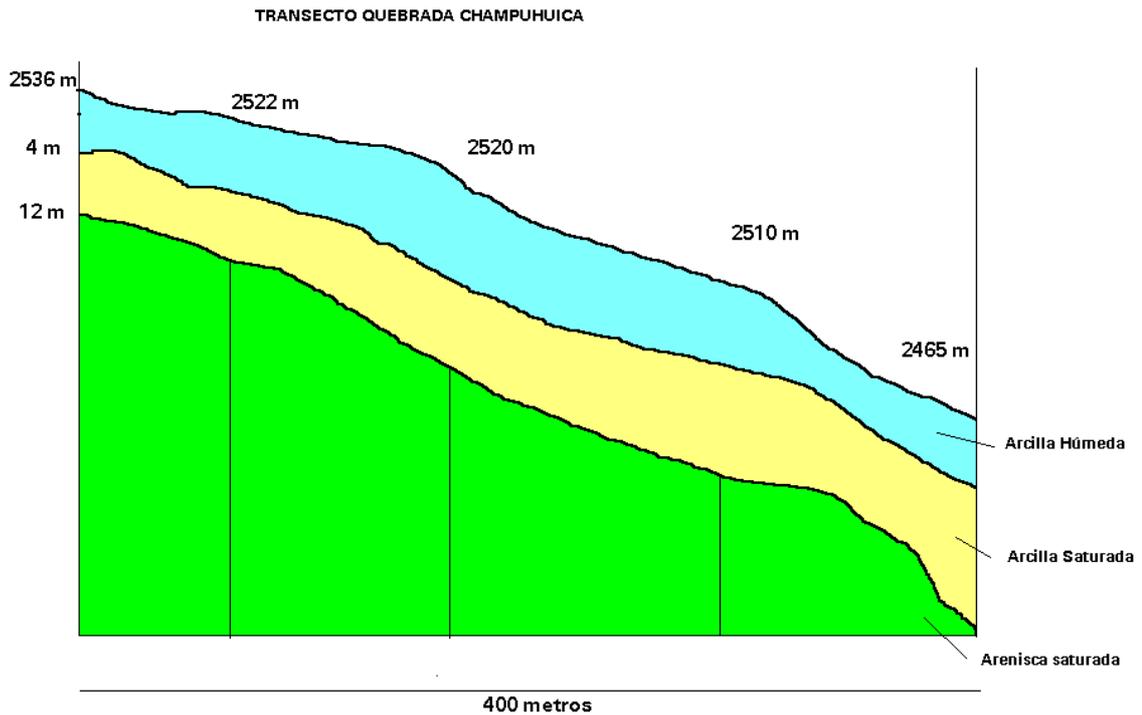
## 8 . Propuesta

- Siendo el agua en la zona de estudio el factor más importante que produce movimiento en masa, es necesario drenarla hasta que la ladera se estabilice. Para ello podría ser una buena medida la elaboración de pozos, internos o someros, que con un sistema de succión quite el agua en exceso, para ser llevada a sitios de riesgo bajo de movimiento en masa.
- Una vez estabilizada la ladera, se puede establecer un sistema de colectores internos que conduzcan el agua hasta el mismo sector inicial
- Bioestabilización mediante reforestación con plantas nativas tipo chaparro, puede constituir una red para detener posibles movimiento en masa, debido a sus raíces y a su consumo de agua.
- Se debe reubicar a las viviendas que están en las zonas de deslizamiento
- Una vez estabilizada la ladera, se debe revisar y reforzar las estructuras que no han sufrido daño aparente.
- Es necesario impedir que se usen las viviendas destruidas, especialmente las ubicadas en la zona VI.
- No se debe permitir la construcción de viviendas en los mismos sitios o sitios muy cercanos a los que produjeron daños severos en las estructuras. Ya hay una vivienda reconstruida a pocos pasos de la destruida. En el momento de nuestra visita, se nos comunicó de la intención de reconstruir las viviendas en los mismos sitios



**Ilustración 15: casa reconstruida a pocos metros de la destruida**

- Mediante la participación del Municipio de Cuenca, se debe establecer la normativa para impedir la construcción de estructuras en la zona de riesgo.
- Terminar el estudio de resistividad eléctrica, que se viene haciendo por parte del Ingeniero Coronel del Consejo Provincial, con el fin de conocer la ubicación de vertientes y poder intervenir sobre ellas drenándolas hasta sitios seguros una vez que se establezca la ladera.



**Ilustración 16: Cálculo de resistividad eléctrica**

- Se debe hacer una revisión exhaustiva del sistema de alcantarillado y agua potable por parte de ETAPA, con el fin de asegurarse de que no existen fugas de agua por el sistema.
- Animar a la población para que no taponen las vertientes naturales de agua.
- Establecer un sistema de gestión de riesgo que contemple no solamente la parte geológica, sino también la intervención en los parámetros de vulnerabilidad, sociales, económicos, físicos etc.
- Establecer un sistema de alerta temprana sensible a movimientos
- Incrementar las conciencia de vivir con riesgo dentro de la comunidad
- Revisar las estructuras de fuera del movimiento actual, por presentar síntomas de movimiento de masas.
- Clase III (moderada) No se debe permitir infraestructura si no se

realizan estudios geotécnicos. Se debe usar estructuras de retención, manejo de agua, bioestabilizadores.

- Se debe tener especial cuidado con los rellenos. Apto para uso urbano de muy poca densidad.

## 9. Bibliografía

- ADCR, Total Risk Disaster Management, 2004
- ADCR, Sabo in Japan, 2004
- ALEGRE, Claude. Las iras de la Tierra, 2000
- KUROIWA, Julio. Reducción de Desastres, 2000
- LUTGENS, Mark. Ciencias de la Tierra, 1990
- MOTHEs, Patricia. Paisaje volcánico de la sierra ecuatoriana, 1980
- OCEANO, Atlas visual de geología, 1985
- SANCHEZ, Paul, Sistema TRES de análisis de riesgo, 2004
- SANCHEZ, Paul. Gestión de Riesgo en desarrollo de comunidades, 2000