

Riesgos socio-ambientales asociados a la construcción del Libramiento Xalapa-Perote, en el Municipio de Jilotepec, Veracruz

Environmental risk associated with the construction of the Beltway Xalapa-Perote, in the municipality of Jilotepec, Veracruz

Rodríguez Juárez Flor Idalia¹

Resumen: El presente trabajo analiza los riesgos socio-ambientales asociados a la construcción del libramiento Xalapa-Perote, en el municipio de Jilotepec, Veracruz. Se identificaron y se caracterizaron los factores detonadores del peligro de inundación e inestabilidad de ladera. Para evaluar cada uno de los factores se utilizó una escala semicuantitativa y se les asignó un valor a cada indicador, el cual está con relación al grado de ocurrencia probable y su capacidad de causar daño. Los principales factores detonadores del riesgo de inundación e inestabilidad de laderas fue la hidrología, geología, edafología y la vegetación y uso del suelo.

Abstract: This paper analyzes the socio-environmental risks associated with the construction of the beltway Xalapa-Perote, in the municipality of Jilotepec, Veracruz. They were identified and characterized the triggering factors of the danger of flooding and slope instability. To evaluate each of the factors was used a semi-quantitative scale and you assign a value to each indicator, which is related to the degree of probable occurrence and their ability to cause damage. The main triggering factors of the risk of flooding and instability of slopes was hydrology, geology, pedology and vegetation and land use.

Palabras clave: peligro; vulnerabilidad; riesgo; inundación; inestabilidad de laderas

Introducción

Riesgo socio-ambiental

Los riesgos socio-ambientales son procesos socialmente construido como producto de la interacción que se da entre la población y el medio ambiente (Lavell,1996). La perspectiva de esta acepción comienza a surgir a partir del terremoto del año 1755 en la ciudad de Lisboa. La

¹ Jefe de oficina de análisis espacial. Universidad Veracruzana

dimensión del desastre y la gran destrucción que causó el terremoto, despertó el interés de pensadores en indagar por su significado (Linayo, 2012).

De hecho, existe una confusión en el término de riesgo, por tanto, es necesario aclarar que el riesgo, es considerado por varios autores como el producto de la interacción del peligro/amenaza y la vulnerabilidad. Es decir, para que exista el riesgo es necesario que la población o comunidad se encuentre expuesta a un peligro/amenaza y sea vulnerable a la amenaza, de lo contrario no puede haber riesgo (Lavell, 2002).

La Ley de Protección Civil de México, (2012) considera al riesgo como daños o pérdidas probables sobre un agente afectable, resultado de la interacción entre su vulnerabilidad y la presencia de un agente perturbador (peligro o amenaza). Mientras que Cardona (2001), considera al riesgo como el potencial de pérdidas que puede ocurrirle al sujeto o sistema expuesto, resultado de la convolución de la amenaza y la vulnerabilidad.

Por otra parte, para la detección y prevención de posibles riesgos socio-ambientales es necesario un análisis de riesgo, que se define como un método ordenado y sistemático para identificar y evaluar los daños que pudieran resultar de peligros naturales y antropogénicos, así como las vulnerabilidades de construcciones, edificaciones, infraestructura o asentamientos humanos, dentro del predio en estudio, en el entorno próximo y en su cuenca (Art. 110. Reglamento de la Ley General de Protección Civil, 2014).

Por tanto, para llevar a cabo un análisis de riesgo, es necesario tomar en cuenta los factores que integran el riesgo, que son la vulnerabilidad y la amenaza-peligro; estos dos factores son concomitantes y para que se presente el riesgo es necesario la convolución de ambos en un área y en un tiempo determinado (Cardona, 2001).

Factores que integran el riesgo; Peligro/amenaza

Para Cardona (2001), el peligro/amenaza significa la posible ocurrencia de un fenómeno físico de origen natural, tecnológico y provocado por el hombre que puede manifestarse en un sitio específico y en un tiempo determinado produciendo efectos adversos en las personas, los bienes y el medio ambiente.

Por otro lado, Lavell (1996), clasifica las amenazas en naturales, socio-naturales y antropogénicas. Las naturales están asociadas con el origen geotectónico, geomórfico,

meteorológico e hidrológico (actividad volcánica, sismos, huracanes); las socio-naturales son intervenidas por las actividades humanas sobre los ecosistemas y ambientes naturales, como es el caso de inundaciones, deslizamientos y sequías, en cuanto a las antropogénicas es el producto de las actividades humanas, entre las cuales se encuentran el derrame de materiales tóxicos, contaminación de agua y aire por productos industriales, las explosiones entre otros.

Las amenazas aparentemente naturales que son provocadas por la construcción de viviendas en zonas no aptas, la deforestación, la destrucción de cuencas y sin las medidas cautelares ambientalmente necesarias, pueden provocar un aumento en la intensidad de inundaciones, deslizamientos y sequías (Monje, 2005); mientras que la urbanización sin infraestructura adecuada para el drenaje pluvial cambia el equilibrio del ecosistema local, generando inundaciones urbanas (Lavell, 1996).

Vulnerabilidad

Según la Ley General de Protección Civil, (2012), vulnerabilidad es la susceptibilidad que tiene una población a sufrir daños o pérdidas por la presencia de un fenómeno natural, determinado por factores físicos, sociales, económicos y ambientales. Mientras que Wilches-Chaux (1993) menciona que la vulnerabilidad es la incapacidad que tiene una sociedad para absorber y adaptarse a los cambios generados en su medio ambiente.

Por tanto, desde el punto de vista general, se entiende esta acepción como la probabilidad de que una sociedad expuesta a una amenaza, según el grado de sus elementos (características de vivienda, infraestructura, actividades productivas, factores sociales y económicos, etc.) pueda sufrir daños o pérdidas en caso de un desastre.

Algunos autores coinciden y mencionan que una de las causas que dan origen a la vulnerabilidad son; el crecimiento poblacional, los procesos económicos, políticos, demográficos y de urbanización, la presión sobre los recursos naturales etc. que afectan la asignación y distribución de recursos entre diferentes grupos de personas y reflejan la distribución del poder (Cardona, 2001; Wilches-Chaux,1993).

Wilches-Chaux (1989) citado en Maskrey (1998) menciona que la vulnerabilidad económica no sólo se basa en el problema de ingresos, está ligada también al problema de la dependencia económica nacional, a los pocos presupuestos públicos nacionales, regionales y

locales y la diversificación de la base económica.

Clasificación de riesgo

De acuerdo a su origen se clasifican los riesgos, sin embargo, existen muchas clasificaciones, puesto que hay muchas variedades de ellos. En este caso, se tomó la clasificación de riesgo que determina la Ley General de Protección Civil, 2014 y los clasifica en;

Riesgos naturales: son aquellos riesgos, en el que el agente causante de amenaza, es el medio natural y los clasifica en; fenómeno astronómico, fenómeno natural perturbador, fenómeno geológico y fenómeno hidrometeorológico.

Riesgos humanos; son aquellas situaciones de riesgo, en donde el principal responsable por el que se desarrollan son los seres humanos y los clasifica en; fenómeno antropogénico, fenómeno químico-tecnológico, fenómeno socio-organizativo, fenómeno sanitario-ecológico.

En este trabajo solo se aborda el fenómeno geológico (inestabilidad de ladera) y el hidrometeorológicos (inundaciones pluvial y fluvial).

Fenómenos geológicos

Los fenómenos geológicos tienen como causa directa las acciones y movimientos de la corteza terrestre. En este trabajo se estudió únicamente los procesos de inestabilidad de laderas.

Inestabilidad de laderas

El término de inestabilidad de laderas, también conocido como procesos de remoción en masa, deslizamientos, procesos gravitacionales, movimientos del terreno, son empleados ampliamente para indicar que una ladera no es estable (Cenapred, 2008).

Para el Sistema Nacional de Protección Civil y el Centro Nacional de Prevención de Desastres, la inestabilidad de ladera se considera como movimientos repentinos pendiente abajo, de masas de suelos y rocas, o, la pérdida de la capacidad del terreno natural para autosustentarse, lo que deriva en reacomodos y colapsos del mismo (Cenapred, 2001; 2008). Mientras, que para Brunsdén (1979), citado en Alcántara (2000) “los procesos de remoción en masa involucran el movimiento de los materiales formadores de las laderas, bajo la influencia de la gravedad y sin la asistencia primordial de algún agente de transporte fluido”.

Factores que condicionan la inestabilidad de laderas

Los factores que propician el problema de inestabilidad de ladera está determinado por dos tipos; los condicionantes o internos y los desencadenantes o externos. Estos procesos de ladera ocurren cuando se unen varios factores, ya que todos ellos contribuyen en diferente grado a que una porción de la ladera se vuelva inestable (Alcántara, 2000; Cenapred, 2008).

Varios autores mencionan una variedad de características de los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la inestabilidad de laderas, sin embargo, en este trabajo solo se mencionan algunos que se consideran relevantes.

En los factores internos-condicionantes, se encuentran los factores geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, edafológicos y vegetación. Estos factores son los que disminuyen la resistencia de los materiales, sin cambiar la tensión o esfuerzos (Alcántara, 2000).

Fenómenos hidrometeorológicos

Los fenómenos hidrometeorológicos se generan por la acción de los agentes atmosféricos, tales como: ciclones tropicales, lluvias extremas, inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres, etc. En este trabajo se estudió únicamente los las inundaciones pluviales y fluviales.

Inundaciones.

De acuerdo con el glosario internacional de hidrología (OMM/UNESCO, 1974), la definición oficial de inundación es: “aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce”. Estas ocurren cuando el suelo y la vegetación no pueden absorber toda el agua que llega al lugar y escurre sobre el terreno muy lentamente (Cenapred, 2001; 2004). Se caracterizan por su frecuencia y duración. La frecuencia es el número de inundaciones que ocurren durante un período de tiempo y dependen del clima, del material de las riberas del río y de la pendiente del canal. La duración es el tiempo durante el cual puede permanecer inundada la llanura de inundación, y pueden ser horas, días hasta meses y va depender del caudal del río, la pendiente del canal y las características climáticas (OEA, 1993).

Las inundaciones pueden ser de tipo pluvial y fluvial. La pluvial ocurre cuando el terreno se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse, pudiendo permanecer horas o días; mientras que la fluvial es cuando se desborda el agua de los ríos y queda sobre la superficie del terreno más cercano (Cenapred, 2004).

Factores que condicionan las inundaciones

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) menciona que los factores naturales que contribuyen a la inundación son los hidrológicos y los meteorológicos. De acuerdo a la OEA (1993), los factores que influyen en las inundaciones y se deben tomar en cuenta a la hora de la planificación para el desarrollo regional son: la topografía o pendiente del terreno, la geomorfología, tipo y calidad de suelos, la hidrología y la extensión de las inundaciones recurrentes. Mientras que Travieso-Bello (2012) menciona que los factores naturales y antropogénicos que determinan una inundación son: geología y geomorfología, edafología, hidrología, vegetación, uso del suelo e infraestructura hidráulica. Como hemos visto anteriormente, algunos autores mencionan una variedad de factores que determinan las inundaciones, sin embargo, en este trabajo solo se mencionan algunos.

Metodología

El trabajo se llevó a cabo en el municipio de Jilotepec, Veracruz, que se ubica entre las coordenadas 19° 35' 5.8" y 19° 38' 36.9" latitud norte y 96° 50' 58" y 96° 58' 6.8" longitud oeste. Este comprende una superficie aproximada de 72.38 km² y ocupa el 0.08% de la superficie del estado. Colinda al norte con los municipios de Tlacolulan, Coacoatzintla y Naolinco; al este con los municipios de Naolinco y Xalapa; al sur con los municipios de Xalapa y Banderilla; al oeste con los municipios de Banderilla, Rafael Lucio y Tlacolulan. En particular, se estudiaron las localidades con antecedentes de inundación y procesos de inestabilidad de laderas las cuales son: Linderos, Agua Dorada, Equimites, Piedra de Agua, Jilotepec (barrio de San Juan), Rincón del Muerto, Vista Hermosa, la Concepción (San Isidro), San Martín, Paso de San Juan y Rancho San Ignacio.

Análisis del peligro de inundación en el municipio de Jilotepec

Para el análisis del peligro de inundación se consideraron los siguientes factores con sus respectivos indicadores: antecedentes (tipo de proceso, año, situación actual), relieve (ángulo de inclinación de la pendiente), clima (precipitación), hidrología (cercanía del cuerpo de agua, pendiente del canal, el cuerpo de agua presenta meandros, presencia de vegetación herbácea, cobertura de vegetación riparia), edafología (tipo de suelo, permeabilidad, textura, compactación del suelo) y vegetación y uso del suelo (tipo de cobertura y grado de alteración). Las localidades

donde se evaluaron los factores mencionados anteriormente son: Linderos, Agua Dorada, Equimites, Piedra de Agua, Jilotepec (barrio de San Juan), Rincón del Muerto, Vista Hermosa, la Concepción (San Isidro), San Martín, Paso de San Juan y Rancho San Ignacio. Se evaluaron debido a que presentan antecedentes sobre el peligro de inundación.

Para evaluar cada uno de los indicadores mencionados anteriormente se utilizó una escala semicuantitativa. En la tabla 1, se presenta el valor asignado a cada indicador, el cual está con relación al grado de ocurrencia probable y de su capacidad de causar daño. Es decir, de 0-3 donde 0 fue asignado a la situación del indicador que presentó menor peligro y el valor 3 se asignó a la situación más crítica del indicador, lo cual refleja la situación de mayor peligro.

Tabla 1. Categorías cualitativa y semicuantitativa utilizadas en la evaluación de los indicadores del peligro de inestabilidad de laderas e inundación.

Descripción cualitativa	Valor semicuantitativo
Muy bajo	0
Bajo	1
Medio	2
Alto	3

Los valores asignados a cada categoría del indicador corresponden de acuerdo al grado de influencia, siendo el valor 3 la situación de mayor peligro para que se presente una inundación.

Análisis del peligro de inestabilidad de laderas

Para el análisis del peligro de inestabilidad de laderas se consideraron los siguientes factores con sus respectivos indicadores: Situación actual (tipo de proceso, año, implementación de medidas de mitigación), relieve (disección vertical del relieve, ángulo de inclinación de la pendiente, presencia de huecos en la ladera), geología (tipo de roca, grado de alteración de la roca, presencia de fisuras y grietas, presencia de fragmentos de roca en las partes intermedias o bajas de la ladera o valles), clima (precipitación), hidrología (cercanía del cuerpo de agua, salida de agua de las rocas, régimen del agua en la ladera), edafología (tipo de suelo, permeabilidad, espesor de la capa de suelo, textura, compactación del suelo, grado de saturación, acumulación de suelo en la base de la ladera o en valle) y vegetación y uso del suelo (tipo de cobertura y grado de alteración). Estos factores fueron evaluados en las localidades de Linderos, Jilotepec (barrio de San Juan),

Rincón del Muerto, Vista Hermosa y la Concepción con la colonia San Isidro, porque son las localidades que cuentan con antecedentes sobre el peligro de inestabilidad de laderas.

Para evaluar cada uno de los indicadores mencionados anteriormente se utilizó una escala semicuantitativa. En la tabla 1, se presenta el valor asignado a cada indicador, el cual está con relación al grado de ocurrencia probable y de su capacidad de causar daño.

Evaluación de indicadores de vulnerabilidad en las localidades del municipio de Jilotepec

Para el análisis de vulnerabilidad de las localidades afectadas en el municipio de Jilotepec, Ver, se tomó en cuenta las variables (Población, educación, económica, salud, vivienda, marginación, pobreza, rezago social, vías de comunicación y organización) en donde la población pudiera estar más vulnerable ante la exposición del peligro de inundación e inestabilidad de laderas.

Los indicadores se seleccionaron tanto para el peligro de inestabilidad de laderas y el peligro de inundación. Para el análisis de vulnerabilidad se hizo una comparación con un valor de referencia y el número de variables más vulnerables que presenta una localidad. El valor de referencia fue el municipio y algunos casos se comparó el municipio con el Estado de Veracruz.

Una sociedad con un bajo grado de organización y cohesión tienen poca capacidad para prevenir, mitigar o absorber situaciones en caso de desastre; pobre en información sobre su medio ambiente limita su capacidad de prevenir y actuar correctamente ante los riesgos que presenta la naturaleza; técnicas de construcción de viviendas inadecuadas en zonas de riesgos los vuelve más vulnerable ante una amenaza (Maskrey, (1985) citado en Maskrey 1998).

Resultados

Análisis del peligro de inundación

A continuación, se presenta el análisis de los factores y sus respectivos indicadores del peligro de inundación de la localidad de Linderos, Agua Dorada, Equimites, Piedra de Agua, Jilotepec (barrio de San Juan), Rincón del Muerto, Vista Hermosa, la Concepción (San Isidro), San Martín, Paso de San Juan y Rancho San Ignacio.

La localidad de Linderos, Rancho San Ignacio y Paso de San Juan presentan un peligro alto debido a la frecuencia y porque no se han implementado medidas; mientras que la localidad

de Agua Dorada, Rincón del Muerto, Vista Hermosa presenta un grado medio, debido a la frecuencia de las inundaciones y por las medidas que han implementado, pero no han funcionado. Finalmente, la localidad de Equimites, Piedra de Agua, Jilotepec (Barrio de San Juan), la Concepción y San Martín, tienen un grado bajo, esto se debe a las medidas que implementaron y que están funcionando, sin embargo, estas medidas han sido aplicadas en un tramo del río o se aplicaron en un solo río, por tanto, no está exentas de que ocurra nuevamente el peligro.

Tabla 1. Valoración de los indicadores de la situación actual de inundación

Localidades	Tipo de proceso de inundación	Años donde se presentaron	Situación actual	Valor
Linderos*	Corrientes de agua provenientes del libramiento	2012-2013-2014	No se han implementado medidas	3
Equimites	Desbordamiento del río por la cantidad de agua que descarga el libramiento	2011-2012-2015	En el año 2013, le pusieron tapa a la cuneta del centro de la localidad para que no se saliera el agua del río a la carretera. Si funcionó.	1
Agua Dorada	Corrientes de agua del libramiento que no fueron canalizadas y desbordamiento del río	2012-2013-2014	En el año 2013, levantaron muros de contención de piedra de aproximadamente 2 metros de altura en una parte del arroyo. No funcionó	2
Piedra de Agua	Corrientes de agua del libramiento que no fueron canalizadas	2013-2014-2015	En el año 2013, en un tramo del río realizaron un muro de contención con piedras de 3 metros de altura. Si funcionó	1
Jilotepec (barrio de san juan)*	Desbordamiento del río y por corrientes de agua que provienen del libramiento	1955-2011-2012-2013	En el año 2013 realizaron muros de contención de 3 metros de altura y en el 2014 desazolvaron el cauce del río y remodelaron el puente. Si funcionó.	1
Rincón del Muerto*	Desbordamiento del río por la cantidad de agua que proviene del libramiento	2011-2012-2013-2014	En el 2013 realizaron un puente para que la población pueda transitar y muros de piedra de 1 metro de altura. No funcionó	2
Vista Hermosa *	Desbordamiento del río y por corrientes de agua provienen del libramiento	2011-2012-2013-2015	En el año 2013 crearon una represa, realizaron un muro de contención de 1 metro de altura en un río. No funcionó.	2
La Concepción (San Isidro) *	Desbordamiento del río y por corrientes de agua que provienen del libramiento	2011-2012-2013-2015	En el año 2013 desazolvaron un tramo del cauce y realizaron un muro de contención a una altura de 2.5 metros en el río el Platanal. Si funcionó.	1

San Martin	Desbordamiento del río y por corrientes de agua que provienen del libramiento	2012-2013-2014	En el año 2014 en un tramo del río levantaron muros de contención con piedras a una altura de 2 metros. Si funciona	1
Rancho San Ignacio	Desbordamiento del río y por corrientes de agua que provienen del libramiento	2012-2013-2014-2015	No se han implementado medidas	3
Paso de San Juan	Desbordamiento del río por la cantidad de agua que descarga el libramiento	2011-2012-2013-2015	No se han implementado medidas	3

En la tabla 3, se aprecia que la mayoría de las localidades presenta un grado medio, a excepción de la localidad de San Martin y Rancho San Ignacio que representan un grado alto, esto se debe porque sus pendientes son planas a muy ligeras y estas son las más susceptibles de ser inundadas debido a que se encuentra en una llanura de inundación. Topográficamente la llanura de inundación es muy plana y se encuentra al lado de un río (OEA, 1993).

Tabla 3. Datos sobre el relieve (pendiente).

Localidades	Pendientes-	Valor
Linderos*	Ligera a medianamente inclinados (3-15°)	2
Equimites	Ligera a medianamente inclinados (3-15°)	2
Agua Dorada	Ligera a medianamente inclinados (3-15°)	2
Piedra de Agua	Ligera a medianamente inclinados (3-15°)	2
Jilotepec (barrio de san juan)*	Ligera a medianamente inclinados (3-15°)	2
Rincón del Muerto*	Muy fuertemente inclinados o abruptos (>30°)	1
Vista Hermosa*	Ligera a medianamente inclinados (3-15°)	2
La Concepción (San Isidro)*	Ligera a medianamente inclinados (3-15°)	2
San Martin	Planas a muy ligeramente inclinados (1-3°)	3
Rancho San Ignacio	Planas a muy ligeramente inclinados (1-3°)	3
San Juan	Ligera a medianamente inclinados (3-15°)	2

*Localidades con registro de desastres por inestabilidad de laderas

Debido a la ubicación geográfica de México, los ciclones tropicales causan lluvias intensas que pueden generar inundaciones (Cenapred, 2001). Por tanto, a la precipitación se le asignó un valor de 2 que significa medio. Debido a que la distribución de la precipitación del municipio está por arriba de la precipitación normal anual. Siendo el mes de junio, julio, agosto y septiembre los meses que cubren tan solo el 60.2% de la precipitación acumulada media anual

(Tabla 4).

Si la precipitación es fuerte y la infiltración lenta, o si el suelo ya se encuentra saturado debido a anteriores tormentas, las inundaciones pueden ser más frecuentes y sus consecuencias más graves. La falta de capacidad de almacenaje y la extensión y configuración del drenaje se pueden combinar para aumentar la velocidad y cantidad de la descarga (OEA, 1993).

Tabla 4. Valoración de la precipitación

Localidades	Precipitación normal (mm)	%	Meses	Valor
Linderos, Equimites, Agua Dorada, Piedra de Agua, Jilotepec (barrio de san juan), Rincón del Muerto, Vista Hermosa, La Concepción (San Isidro), San Martin, Paso de San Juan y	988.4	60.27	Junio a	2

En la tabla 5, se observa que las localidades de Equimites, Agua Dorada, barrio de San Juan, Rincón del Muerto, Vista Hermosa, la Concepción, San Martin y rancho San Ignacio presenta un grado alto al peligro de inundación, esto se debe porque cuentan con uno o dos ríos, los cuales atraviesan la localidad o pasan aguas arriba de la localidad. Además, tienen poca vegetación riparia y una fuerte presencia de vegetación herbácea en el cauce, esté ultimo genera un aumento a la resistencia al paso de las corrientes y una disminución en la capacidad hidráulica de los cauces fluviales, provocando un desbordamiento (OEA, 1993). Mientras que las localidades de Linderos, Piedra de Agua y Paso de San Juan presentan un nivel de peligro medio (Tabla 5).

Tabla 2. Valoración de los indicadores de hidrología

Localidades	Cercanía del cuerpo de agua (atraviesa la localidad, pasa cerca de la localidad aguas arriba, pasa cerca de la localidad aguas abajo), tipo (permanente o intermitente), orden	Pendiente del canal	El cuerpo de agua presenta meandros	Presencia de vegetación herbácea en el cauce	Cobertura de vegetación riparia	Valor integrado
Linderos*	Corriente de agua intermitente de primer orden, pasa cerca de la localidad aguas arribas. Valor: 2	Mucha pendiente Valor: 1	Nada o Pocos Valor: 1	Regular Valor: 2	Regular Valor: 2	2
Equimites	Corriente de agua los Equimites intermitente de tercer orden atraviesa la localidad.	Regular pendiente	Nada o Pocos	Mucho Valor: 3	Poco Valor: 3	3

	Valor: 3	Valor: 2	Valor: 1			
Agua Dorada	Corriente de agua intermitente de tercer orden y atraviesa la localidad. Valor: 3	Regular pendiente Valor: 2	Nada o Pocos Valor: 1	Mucho Valor: 3	Regular Valor: 2	3
Piedra de Agua	Corriente de agua intermitente de primer orden y pasa a la orilla de la localidad aguas abajo. Valor: 1	Mucha pendiente Valor: 1	Nada o Pocos Valor: 1	Regular Valor: 2	Regular Valor: 2	2
Jilotepec (barrio de san juan)*	Rio la India intermitente de primer orden y corriente de agua de primer orden, atraviesan la localidad. Las dos corrientes de agua se unen, atravesando la localidad. Valor: 3	Mucha pendiente Valor: 1	Nada o Pocos Valor: 1	Poco Valor: 1	Poco Valor: 3	3
Rincón del Muerto*	Corriente de agua intermitente de primer orden, atraviesa la localidad. Valor: 3	Regular pendiente Valor: 2	Nada o Pocos Valor: 1	Regular Valor: 2	Poco Valor: 3	3
Vista Hermosa*	2 corriente de agua Hilo de oro y el Manzano, intermitentes de primer orden. El Hilo de oro pasa cerca de la localidad aguas arriba, el manzano atraviesa la localidad. Valor: 3	Regular pendiente Valor: 2	Nada o Pocos Valor: 1	Mucho Valor: 3	Regular Valor: 2	3
La Concepción (San Isidro)*	Corriente de agua el Platanal, intermitente de primer orden y río la Vega de tercer orden. El Platanal atraviesa la localidad y el río la Vega pasa cerca de la localidad aguas abajo. Valor: 3	Poca pendiente Valor: 3	Regular Valor: 2	Poco Valor: 1	Poco Valor: 3	3
San Martin	Corriente de agua perenne de primer orden, atraviesa la localidad. Valor: 3	Poca pendiente Valor: 3	Mucho Valor: 3	Regular Valor: 2	Regular Valor: 2	3
Rancho San Ignacio	Corriente de agua la Vega perenne de 3 orden, se localiza en la orilla de la localidad, aguas arriba. Valor: 2	Poca pendiente Valor: 3	Mucho Valor: 3	Regular Valor: 2	Poco Valor: 3	3
San Juan	Dos corrientes de agua de segundo orden; intermitente y perenne. Corriente de agua intermitente pasa a la orilla de la localidad aguas abajo. Corriente de agua perenne pasa a la orilla de la localidad aguas arriba. Valor: 2	Regular pendiente Valor: 2	Regular Valor: 2	Poco Valor: 1	Regular Valor: 2	2

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de observación en campo.

*Localidades con registro de desastres por inestabilidad de laderas

Conforme a la tabla 6, las localidades de Linderos, Piedra de Agua, barrio de San Juan, la Concepción, San Martín, Rancho San Ignacio y paso de San Juan expresan un peligro alto, debido a la retención de humedad y compactación del suelo; mientras que los Equimites, Agua Dorada, Rincón del Muerto y Vista Hermosa presentan un peligro medio. Por una parte, los suelos leptosoles y Phaeozem tienen una baja capacidad de almacenamiento de agua; mientras que los andosoles tienen una mayor retención de humedad (FAO, 2009;2014).

Tabla 3. Valoración de los indicadores de edafología

localidades	Tipo de suelo	Permeabilidad	Textura del suelo	Compactación del suelo	Valor integrado
Linderos*	Andosol umbricol Valor: 1	Permeabilidad media. Valor: 2	Textura media. Valor: 2	Suelos compactados. Valor: 3	3
Equimites	Andosol umbricol Valor: 1	Permeabilidad media. Valor: 2	Textura media. Valor: 2	Suelos granulares sueltos. Valor: 2	2
Agua Dorada	Andosol umbricol Valor: 1	Permeabilidad media. Valor: 2	Textura media. Valor: 2	Suelos granulares sueltos. Valor: 2	2
Piedra de Agua	Andosol umbricol Valor: 1	Permeabilidad media. Valor: 2	Textura media. Valor: 2	Suelos compactados. Valor: 3	3
Jilotepec (barrio de san juan)*	Andosol umbricol Valor: 1	Permeabilidad media. Valor: 2	Textura media. Valor: 2	Suelos compactados. Valor: 3	3
Rincón del Muerto*	Phaeozem epiléptico Valor:2	Permeabilidad media. Valor: 2	Textura media. Valor: 2	Suelos granulares sueltos. Valor: 2	2
Vista Hermosa*	Phaeozem epiléptico Valor:2	Permeabilidad media. Valor: 2	Textura media. Valor: 2	Suelos granulares sueltos. Valor: 2	2
La Concepción (San Isidro)*	Phaeozem epiléptico Valor:2	Permeabilidad media. Valor: 2	Textura media. Valor: 2	Suelos compactados. Valor: 3	3
San Martín	Leptosol calcarico Valor:3	Permeabilidad media. Valor: 2	Textura media. Valor: 2	Suelos compactados. Valor: 3	3
Rancho San Ignacio	Phaeozem epiléptico Valor:2	Permeabilidad media. Valor: 2	Textura media. Valor: 2	Suelos compactados. Valor: 3	3
San Juan	Phaeozem epiléptico Valor:2	Permeabilidad media. Valor: 2	Textura media. Valor: 2	Suelos compactados. Valor: 3	3

Fuente: Elaboración propia con datos obtenido de la carta edafológica 1:250,000 de INEGI y observación en campo

*Localidades con registro de desastres por inestabilidad de laderas.

De acuerdo a la tabla 7, las localidades de Piedra de Agua, San Martín y Rancho San

Ignacio presentan un nivel de peligro alto debido a que tienen poca vegetación natural y aparte tienen un uso de suelo para agricultura temporal. Lo cual, los convierte más vulnerables porque estas actividades provocan cambios en las condiciones de descarga, generando que el caudal de los ríos se incremente durante los ciclones normales de precipitación y aumentando el riesgo de inundación (OEA, 1993).

Por otro lado, las localidades de Linderos, Equimites, Agua Dorada, la Concepción San Isidro y Paso de San Juan representan un grado de amenaza medio, esto se debe porque todavía tienen una vegetación regular con un uso de suelo de pastizal inducido. Finalmente, la localidad de Jilotepec (barrio de San Juan, Rincón del Muerto y Vista Hermosa son las localidades que presentan un grado bajo, porque el grado de alteración de su vegetación natural no es tan fuerte como en las otras localidades (Tabla 7).

Tabla 7. Valoración de los indicadores de la vegetación y uso del suelo

Localidades	Tipo de cobertura	Grado de alteración de la vegetación natural	Valor integrado
Linderos*	Pastizal inducido Valor:2	Regular vegetación natural Valor:2	2
Equimites	Pastizal inducido Valor:2	Regular vegetación natural Valor:2	2
Agua Dorada	Pastizal inducido Valor:2	Regular vegetación natural Valor:2	2
Piedra de Agua	Pastizal inducido Valor:2	Poca vegetación natural Valor:3	3
Jilotepec (barrio de San Juan)*	Bosque mesofilo de montaña. Valor:1	Mucha vegetación natural Valor:1	1
Rincón del Muerto*	Bosque mesofilo de montaña. Valor:1	Mucha vegetación natural, combinada con algunos cultivos de zacate. Valor:1	1
Vista Hermosa*	Bosque mesofilo de montaña. Valor:1	Mucha vegetación natural con cultivos de café. Valor:1	1
La Concepción (San Isidro)*	Agricultura de temporal Valor:3	Regular vegetación natural combinada con cultivos de café. Valor:2	2
San Martín	Bosque de encino Valor:1	Poca vegetación natural combinada con algunos fragmentos de pastizales y viviendas. Valor:3	3
Rancho San Ignacio	Agricultura de temporal Valor:3	Poca vegetación natural Valor:3	3

San Juan	Agricultura de temporal Valor:3	Regular vegetación natural Valor:2	2
----------	------------------------------------	---------------------------------------	---

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la interpretación de imagen de Google Earth y observación en campo

*Localidades con registro de desastres por inundación

Análisis integrado del peligro de inundación

En la tabla 8, expresa que el peligro de inundación está controlado por dos variables fundamentales como son; la hidrología y la edafología. También influye, pero en menor medida la precipitación seguido de la vegetación y uso del suelo y el relieve. Por tanto, la localidad de Piedra de Agua, Jilotepec (barrio de San Juan), la Concepción (San Isidro), San Martín y rancho San Ignacio presentan un peligro alto; mientras que las localidades restantes presentan un peligro medio. En general, el peligro es favorecido por las corrientes de agua que atraviesan la localidad, la presencia de vegetación herbácea en el cauce, la cobertura de vegetación riparia y la compactación del suelo. Por tanto, si la intensidad de las lluvias se hace más frecuente y fuerte, el aumento de inundación tendrá prácticamente en todas las localidades, debido a la saturación del suelo y la capacidad del agua del cauce. Por ejemplo, un suelo andosol se caracteriza por su capacidad de almacenaje, sin embargo, si las lluvias son frecuentes el suelo se puede saturar y habrá mayor escurrimiento superficial, provocando problemas de inundación más frecuentes y con consecuencias más graves (OEA, 1993).

Tabla 84. Valoración del análisis integral del peligro inundación

Localidades	Relieve	Clima	Hidrología	Edafología	Vegetación y uso del suelo	Total
Linderos	2	2	2	3	2	2
Equimites	2	2	3	2	2	2
Agua Dorada	2	2	3	2	2	2
Piedra de Agua	2	2	2	3	3	3
Jilotepec (barrio de san juan)	2	2	3	3	1	3
Rincón del Muerto	1	2	3	2	1	2
Vista Hermosa	2	2	3	2	1	2
La Concepción (San Isidro)	2	2	3	3	2	3
San Martin	3	2	3	3	3	3
Rancho San Ignacio	3	2	3	3	3	3
Paso de San Juan	2	2	2	3	2	2

Análisis del peligro de inestabilidad de laderas

Contar con antecedentes de la frecuencia de inestabilidad de laderas de un lugar, es de suma importancia, porque nos da una idea del estado de actividad del movimiento de ladera. De acuerdo a la tabla 9, la localidad del Rincón del Muerto y la Concepción (San Isidro) son las localidades que después de Vista Hermosa presentan una mayor frecuencia del peligro de inestabilidad de laderas y también son las que no han implementado medidas, por tanto, representa un grado alto (3). La localidad de Vista Hermosa es la que mayor número de inestabilidad de laderas ha presentado; mientras que Linderos y el barrio de San Juan son las localidades con menor número de frecuencia del peligro de inestabilidad de ladera han tenido, probablemente esto se debe a las medidas que han implementado.

Tabla 5. Valoración de la situación actual de los indicadores de inestabilidad de laderas.

Localidades	Tipo de proceso de inestabilidad de laderas	Año donde se presentó el peligro	Situación actual	Valor
Linderos	Deslizamiento traslacionales	2012, 2013	En el año 2013 implementaron la medida de gaviones en una parte de la localidad. Si funciona.	2
Barrio de San Juan, Jilotepec	Deslizamiento, actualmente ya no es visible	2011	En el año 2013 realizaron gaviones, mampostería y plantaciones de árboles. Si funciona.	1
Rincón del Muerto	Flujos y caídos o derrumbes	2012, 2013, 2015	No se han implementado medidas	3
Vista Hermosa	Caídos o derrumbes	2012, 2013, 2014, 2015	En el año 2013 pusieron un muro de contención en una parte de la localidad. Si funciona, aún se sigue presentando el problema.	2
La Concepción (San Isidro)	Flujos y caídos o derrumbes	2012, 2014, 2015	No se han implementado medidas	3

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de las entrevistas y observación en campo

De acuerdo a la tabla 10, las localidades que tienen un alto peligro de inestabilidad de laderas conforme a los indicadores del relieve son: Linderos, Rincón del Muerto y la Concepción (San Isidro). La característica principal que tuvo un peso fuerte para asignar el valor integrado al relieve fue la presencia de huecos en laderas y la pendiente. La primera es un indicio de la

modificación de la geometría de la ladera, porque está expuesta a los factores externos, tales como la erosión (Cenapred, 2008). Por otra parte, la mayoría de los deslizamientos se desarrollan, cuando las laderas son muy abruptas, sobre todo en relación con fuertes lluvias (Gutiérrez, 2008).

Tabla 6. Valoración de los indicadores del relieve

Localidades	Altitud (m) y Disección Vertical del Relieve (DVR) (km/km ²)	Pendientes	Presencia de huecos en laderas	Valor integrado
Linderos	Altitud de 1639 msnm, DVR-montañas ligeramente diseccionadas (100-250). Valor: 2	Ligeras a medianamente inclinadas (3-15°). Valor: 1	Presencia de abundantes huecos en la ladera. Valor: 3	3
Jilotepec (barrio de san juan)	Altitud de 1368 msnm, DVR-montañas medianamente diseccionadas (250-500). Valor: 3	Ligeras a medianamente inclinadas (3-15°). Valor: 1	Nula o poca presencia de huecos en la ladera Valor: 0	1
Rincón del Muerto	Altitud de 1403 msnm, DVR-montañas medianamente diseccionadas (250-500). Valor: 3	Muy fuertemente inclinadas o abruptos (>30°). Valor: 3	Presencia regular de huecos en la ladera Valor: 2	3
Vista Hermosa	Altitud de 1170 msnm, DVR-montañas medianamente diseccionadas (250-500). Valor: 3	Ligeras a medianamente inclinadas (3-15°). Valor: 1	Presencia regular de huecos en la ladera Valor: 2	2
La Concepción	Altitud de 1097 msnm, DVR-montañas ligeramente diseccionadas (100-250). Valor: 2	Ligeras a medianamente inclinadas (3-15°). Valor: 1	Presencia regular de huecos en la ladera Valor: 2	2
La Concepción (San Isidro)	Altitud de 1097 msnm, DVR-montañas ligeramente diseccionadas (100-250). Valor: 2	Mediana a fuertemente inclinados (15°-30°) Valor: 2	Presencia de abundantes huecos en la ladera. Valor: 3	3

De acuerdo a la tabla 11, se observa que las localidades que presentan una mayor incidencia al peligro son: Rincón del Muerto, Vista hermosa y la Concepción (San Isidro); mientras que Linderos, Jilotepec (barrio de San Juan) y la Concepción presenta menor incidencia

al peligro en cuanto a su geología. Los indicadores que juegan un papel importante para la valoración final de la variable son las siguientes; la alteración de las rocas, la formación de fisuras y grietas y presencia de fragmentos de roca en las partes intermedias o bajas de la ladera, ya que son un indicio de que la masa rocosa está perdiendo estabilidad y se provoque un movimiento de materiales. Por otra parte, si una roca presenta fisuras o grietas el agua se infiltra a través de esos espacios y empieza a agrandarlas, de modo que se rompe su continuidad con el sustrato, y deslizan ladera abajo (Iturralde-Vinent, 2009).

Tabla 71. Valoración de los indicadores de la geología.

Localidades	Tipo de roca	Grado de alteración de la roca	Presencia de fisuras y grietas	Presencia de fragmentos de roca en las partes intermedias o bajas de la ladera, mesetas o valles	Valor integrado
Linderos	Toba básica. Valor: 3	Rocas de medianas a fuertemente alteradas. Valor: 2	Rocas medianamente fisuradas y agrietadas. Valor: 2	Presencia regular de fragmentos de rocas en las partes intermedias o baja de la ladera, meseta o valle Valor: 2	2
Jilotepec (barrio de san juan)	Basalto. Valor: 1	Rocas sanas o muy poco alteradas. Valor: 1	Rocas sanas con ninguna o pocas fisuras y grietas. Valor: 1	Nula o poca presencia de fragmentos de rocas en las partes intermedias o baja de la ladera, meseta o valle Valor: 1	1
Rincón del Muerto	Basalto. Valor: 1	Rocas de medianas a fuertemente alteradas. Valor: 2	Rocas fuertemente fisuradas y agrietadas. Valor: 3	Presencia de abundantes fragmentos de roca en las partes intermedias o baja de la ladera, meseta o valle Valor: 3	3
Vista Hermosa	Toba básica-brecha volcánica básica. Valor: 3	Rocas fuertemente alteradas. Valor: 3	Rocas fuertemente fisuradas y agrietadas. Valor: 3	Presencia de abundantes fragmentos de roca en las partes intermedias o baja de la ladera, meseta o valle Valor: 3	3
La Concepción	Toba básica-brecha volcánica básica. Valor: 3	Rocas de medianas a fuertemente alteradas.	Rocas medianamente fisuradas y agrietadas.	Presencia regular de fragmentos de rocas en las partes intermedias o baja de la ladera, meseta o valle	2

		Valor: 2	Valor: 2	Valor: 2	
La Concepción (San Isidro)	Toba básica-brecha volcánica básica. Valor: 3	Rocas fuertemente alteradas. Valor: 3	Rocas fuertemente fisuradas y agrietadas. Valor: 3	Presencia de abundantes fragmentos de roca en las partes intermedias o baja de la ladera, meseta o valle Valor: 3	3

La precipitación es uno de los principales detonadores que provocan que una ladera sea inestable, debido a la infiltración del agua en la ladera. A este indicador se le asignó una ponderación de 2 que significa medio. Debido a que la distribución de la precipitación máxima diaria del promedio total anual se concentra en los meses de junio, julio, agosto y septiembre con un total de 639.8 mm (Tabla 12). Las fuertes precipitaciones pueden generar que se desestabilice una ladera, ya sea por erosión o por un incremento de agua en el subsuelo.

Tabla 8. Datos sobre la precipitación

Localidades	Precipitación (mm)	Meses	Valor
Jilotepec (barrio de san juan), Rincón del Muerto, Vista Hermosa, La Concepción y La Concepción (San Isidro).	639.8	Junio a septiembre	2

Con respecto a la tabla 13, se observa que la localidad Rincón del Muerto y Vista Hermosa tienen un alto nivel de peligro conforme a la hidrología; mientras que las localidades restantes su situación es moderadamente crítica. Las características que influyeron en el resultado del valor integrado son; la salida de agua de las rocas en la ladera y el régimen del agua en la ladera. La cantidad de agua en las rocas influye en la estabilidad de las laderas, debido al aumento de peso en la ladera (Wicander y Monroe, 2000). Cuando aparecen pequeños manantiales en la base de la ladera es un indicio de que la ladera está inestable (Iturralde-Vinent, 2009).

Tabla 13. Valoración de los indicadores de hidrología

Localidades	Cercanía del cuerpo de agua, tipo (permanente o intermitente) y orden.	Salida de agua de las rocas en la ladera	Régimen del agua en la ladera.	Valor integrado
Linderos	Corriente de agua intermitente de primer orden, pasa cerca de la localidad aguas arriba. Valor: 2	Rocas de la ladera sin salida de agua. Valor: 1	Hay niveles freáticos superficiales y zanjas donde se acumula el agua en la ladera. Valor: 2	2
Jilotepec (barrio de san juan)	Río la India intermitente de primer orden y corriente de agua de primer orden, atraviesan la localidad. Las dos corrientes de agua se unen, atravesando la localidad. Valor: 3	Rocas de la ladera sin salida de agua. Valor: 1	Hay niveles freáticos superficiales donde se acumula el agua en la ladera. Valor: 1	2
Rincón del Muerto	Corriente de agua intermitente de primer orden, atraviesa la localidad. Valor: 3	Roca de la ladera con salida de agua. Valor: 2	Hay niveles freáticos superficiales y depresiones donde se acumula el agua en la plataforma. Valor: 3	3
Vista Hermosa	2 corrientes de agua Hilo de oro y el Manzano, intermitentes de primer orden. El Hilo de oro pasa cerca de la localidad aguas arriba, el Manzano atraviesa la localidad. Los dos se unen al río la Vega en la parte baja de la localidad. Valor: 3	Roca de la ladera con salida de agua. Valor: 2	Hay niveles freáticos superficiales y zanjas donde se acumula el agua en la ladera. Valor: 2	3
La Concepción	Corriente de agua el Platanal, intermitente de primer orden y río la Vega de tercer orden. El Platanal atraviesa la localidad y el río la Vega pasa cerca de la localidad aguas abajo. Valor: 3	Rocas de la ladera sin salida de agua. Valor: 1	Niveles freático superficial. Valor: 1	2
La Concepción (San Isidro)	3 corrientes de agua perenne que pasan cerca de la localidad aguas arriba. Valor: 2	Roca de la ladera con salida de agua. Valor: 2	Hay niveles freáticos superficiales y zanjas donde se acumula el agua en la ladera. Valor: 2	2

En la tabla 14, se observa que las localidades que tienen un peligro alto con respecto a la variable de edafología son; Rincón del muerto, Vista Hermosa y la Concepción (San Isidro); mientras que Linderos, Jilotepec (barrio de San Juan) y la Concepción presentan un peligro medio. Las características que tienen un mayor peso en la variable de edafología son; grado de saturación de agua en el suelo, compactación del suelo y acumulación de suelo en la base de la ladera o en mesetas y valles. Debido a que la gran cantidad de agua que cae en el suelo puede generar la saturación del terreno, un aumento del peso volumétrico o escurrimientos que modifiquen la geometría de la ladera facilitando que se debilite y se caiga (Cenapred, 2001; 2008). El movimiento de materiales térreos ladera abajo, tienen que ver con la atracción de la gravedad y las características del terreno (Iturralde-Vinent, 2009). Es más probable que ocurra un movimiento de masas en las pendientes con materiales sueltos y poco consolidado que en los lechos rocosos (Wicander y Monroe, 2000).

Tabla 9. Valoración de los indicadores de edafología

Localidades	Tipo de suelo	Permeabilidad	Espesor de la capa de suelo (cm)	Textura del suelo	Compactación del suelo	Grado de saturación de agua en el suelo	Acumulación de suelo en la base de la ladera o en mesetas y valles	Valor integrado
Linderos	Andosol umbricol. Valor: 3	Permeabilidad media. Valor: 2	35 cm. Valor: 3	Textura media. Valor: 2	Suelos compactados. Valor: 2	Suelos saturados en agua. Valor: 2	Regular acumulación de suelo en la base de la ladera o en valles. Valor: 2	2
Jilotepec (barrio de san juan)	Andosol umbricol. Valor: 3	Permeabilidad media. Valor: 2	50 cm. Valor: 2	Textura media. Valor: 2	Suelos compactados. Valor: 2	Suelos saturados en agua. Valor: 2	Nada o poca acumulación de suelo en la base de la ladera o valle Valor: 1	2
Rincón del Muerto	Phaeozem epiléptico. Valor: 1	Permeabilidad media. Valor: 2	65 cm. Valor: 2	Textura media. Valor: 2	Suelos granulares sueltos.	Suelo inundado. Valor: 3	Regular acumulación de suelo en la	3

					Valor: 3		base de la ladera o en valles. Valor: 2	
Vista Hermosa	Phaeozem epiléptico. Valor: 1	Permeabilidad media. Valor: 2	25 cm. Valor: 3	Textura media. Valor: 2	Suelos granulares sueltos. Valor: 3	Suelos saturados en agua. Valor: 2	Mucha acumulación de suelo en la base de la ladera Valor: 3	3
La Concepción	Phaeozem epiléptico. Valor: 1	Permeabilidad media. Valor: 2	20 cm. Valor: 3	Textura media. Valor: 2	Suelos compactados. Valor: 2	Suelo seco. Valor: 1	Regular acumulación de suelo en la base de la ladera y en valles. Valor: 2	2
La Concepción (San Isidro)	Phaeozem epiléptico. Valor: 1	Permeabilidad media. Valor: 2	25 cm. Valor: 3	Textura media. Valor: 2	Suelos granulares sueltos. Valor: 3	Suelos saturados en agua. Valor: 2	Mucha acumulación de suelo en la base de la ladera. Valor: 3	3

En la tabla 15, se observa que la localidad de la Concepción y la Concepción (San Isidro) presentan un peligro alto (3), ya que la mayor parte de su superficie está cubierta por agricultura de temporal y sólo cuenta con fragmentos de vegetación natural combinada con cultivos de café; mientras que Linderos presenta un grado medio del peligro. Por otro lado, las localidades de Jilotepec, Rincón del Muerto y Vista Hermosa cuentan con mucha vegetación natural combinada con algunos cultivos de zacate y café. La vegetación en una ladera proporciona protección al suelo por el impacto de la lluvia, la erosión y permite que menor cantidad de agua escurra sobre la superficie y a su vez se reduzca la velocidad en los ríos.

Tabla 10. Valoración de los indicadores de vegetación y uso del suelo

Localidades	Tipo de cobertura	Grado de alteración de la vegetación natural	Valor integrado
Linderos	Pastizal inducido Valor:2	Vegetación natural regular Valor:2	2
Jilotepec (barrio de San Juan)	Bosque mesofilo de montaña. Valor:1	Vegetación natural abundante Valor:1	1
Rincón del Muerto	Bosque mesofilo de montaña. Valor:1	Vegetación natural abundante, combinada con algunos cultivos de zacate. Valor:1	1
Vista Hermosa	Bosque mesofilo de montaña. Valor:1	Vegetación natural abundante con cultivos de café. Valor:1	1
La Concepción	Agricultura de temporal Valor:3	Vegetación natural regular combinada con cultivos de café. Valor:2	3
La Concepción (San Isidro)	Agricultura de temporal Valor:3	Vegetación natural regular combinada con cultivos de café. Valor:2	3

Análisis integrado del peligro de inestabilidad de laderas

El peligro de inestabilidad de laderas en las localidades estudiadas del municipio de Jilotepec, está controlada por tres elementos fundamentales: la geología, la hidrología y la edafología. También influyen, pero en menor medida, el relieve, la precipitación y la vegetación y uso del suelo (Tabla 16). El grado de alteración de la roca, la presencia de fisuras y grietas, la salida de agua de las rocas, el régimen de agua en la ladera, el grado de saturación de agua en el suelo y la precipitación son, por ese orden los mecanismos desencadenantes más frecuentes.

La localidad de Linderos, Jilotepec (barrio de San Juan) y la Concepción son los menos problemáticos. Esto se debe a la poca intemperización y meteorización de las rocas y a la poca presencia de régimen de agua en la ladera (Tabla 16). Por el contrario, las localidades Rincón del Muerto, Vista Hermosa y la Concepción (San Isidro) presentan una alta situación crítica, favorecida por la fuerte intemperización (grietas y fisuras) y meteorización de las rocas, la presencia del régimen de agua en la ladera y el grado de saturación en el suelo.

Por tanto, si las lluvias se hacen más frecuentes, el aumento de inestabilidad de laderas (caídos y derrumbes, deslizamientos y flujos) tendrá lugar prácticamente en todas las localidades. Sin embargo, en la localidad (barrio de San Juan) el aumento será menor debido a la dureza de la roca y las medidas implementadas. Aunque, Rincón del Muerto presenta la misma naturaleza de

la roca que el barrio de San Juan, en está no se han implementado medidas.

Tabla 11. Valoración del análisis integral del peligro inestabilidad de laderas.

Localidades	Relieve	Geología	Precipitación	Hidrología	Edafología	Vegetación y uso del suelo	Total
Linderos	3	2	2	2	2	2	2
Jilotepec (Barrio de San Juan)	1	1	2	2	2	1	1
Rincón del Muerto	3	3	2	3	3	1	3
Vista Hermosa	2	3	2	3	3	1	3
La Concepción	2	2	2	2	2	3	2
La Concepción (San Isidro)	3	3	2	2	3	2	3

Análisis de la vulnerabilidad en las localidades del municipio de Jilotepec

De acuerdo a los datos de INEGI 2010, el municipio de Jilotepec tiene 31 localidades con un total de 15,313 habitantes; 7,401 son hombres y 7,912 son mujeres. La población total de las localidades afectadas son 12,927 habitantes, que equivale el 84% de la población total del municipio. Siendo Jilotepec, la Concepción, Vista hermosa primera manzana y San Juan las localidades con mayor número de habitantes. Mientras que las restantes solo representa el 20.8% de la población total de localidades afectadas.

Tabla 17. Datos generales de vulnerabilidad de las localidades afectadas

Concepto	Municipal	BSJ	Con	VH	PSJ	PA	Lin	VH2	SM	Equi	AD	RM
Población total (habitantes)	15313.	3871	3684	1569	1108	786	600	586	388	210	101	19
Tipo de población	Urbana	Urbana	Urbana	rural								
Población menor a 5 años (%)	11.21	11.2	9.7	6.2	8.3	11.2	16.8	20.8	11.3	23.3	10.8	0.0
Población de 65 o más años (%)	6.9	6.2	7.7	0.5	3.4	6.1	12.8	18.0	6.4	31.4	2.9	5.2
Grado promedio de escolaridad	7.2	8.2	7.6	6.6	6.0	7.7	6.5	6.5	7.0	6.4	4.9	8.8
Escuela primaria	Si cuenta	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No
Escuela secundaria o telesecundaria	Si cuenta	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	No	No	No	No

Escuela preparatoria o bachillerato	Si cuenta	Si	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Población de 8 a 14 años que no saben leer y escribir (%)	0.6	0.4	0.3	0.6	0.9	0.00	0.6	0.8	0.7	4.2	2.9	5.2
Población de 15 años y más analfabeta (%)	6.8	4.7	7.2	9.1	8.9	3.3	8.1	4.9	8.5	19.5	9.9	21.0
Población económicamente activa (%)	36.4	36.2	35.9	37.2	31.7	36.2	33.3	44.0	36.6	36.6	36.6	26.3
Población desocupada (%)	1.0	1.8	5.6	3.2	2.8	0.7	0.5	1.1	0.7	0.0	10.8	20.0
Población económicamente inactiva (%)	39.4	39.4	42.6	37.7	44.6	38.3	39.0	33.4	43.3	30.0	31.6	47.3
Población sin derechohabencia a servicios de salud (%)	53.5	57.7	46.9	65.3	38.8	58.6	45.6	63.6	62.3	56.6	36.6	57.8
Clínica o centro de salud	SI cuenta	Si	Si	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Vivienda con piso de tierra (%)	5.3	4.8	3.0	4.7	10.6	2.0	2.8	4.0	7.6	28.3	4.5	0.0
Vivienda sin servicio de agua (%)	12.3	3.6	11.9	14.9	2.9	12.9	7.6	24.0	8.6	47.1	31.8	80.0
Vivienda sin servicio de luz (%)	1.8	1.3	0.8	1.4	3.6	1.0	1.4	1.3	3.8	15.0	4.5	0.0
Vivienda sin servicio de drenaje (%)	3.1	0.8	3.1	3.7	3.3	3.1	0.7	6.0	3.8	3.7	18.1	20.0
Vivienda que no				3.2	4.8	3.1	4.2	3.3	3.8	17	4.5	0
Grado de marginación	Medio	Bajo	Medio	Alto	Alto	Bajo	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto
Grado de rezago social	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Medio
Platicas o programas de prevención.	SI cuenta	No	Si	Si	No	Si	Si	Si	No	No	No	No

Albergues	SI cuenta	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	No
Rutas de evacuación	SI cuenta	No	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	Si	No	No

Jilotepec (barrio de San Juan) (BSJ), la Concepción (Con), Vista Hermosa 1era manzana (VH1), Paso de San Juan (PSJ), Piedra de Agua (PA), Linderos (Lin), Vista Hermosa 2da manzana (VH2), San Martín (SM), Equimites (Equi), Agua Dorada (AD) y Rincón del Muerto (RM).

Análisis del riesgo de inundación

Conforme a la tabla 17, la localidad de Equimites, Agua Dorada, Rincón del Muerto, Linderos, San Martín, la Concepción y paso de San Juan presentan una vulnerabilidad alta debido al número de variables (población, educación, económica, salud, viviendas y organización) que se encuentran vulnerables y por abajo del municipal; mientras que las localidades de Piedra de Agua, Jilotepec (barrio de San Juan), la Concepción, San Martín y Rancho San Ignacio presenta un grado alto al peligro de inundación.

Por tanto, de acuerdo a los datos de peligro y vulnerabilidad analizados anteriormente, las localidades que presentan un riesgo alto en inundación son; Equimites, Agua Dorada, Rincón del Muerto, la Concepción y colonia San Martín. La localidad de Equimites, Agua Dorada y Rincón del Muerto no han recibido pláticas e información sobre qué hacer en caso de desastre, no cuentan con albergues, ni rutas de evacuación. Si el peligro se llegará a presentar más frecuente, sus ríos no tendrán la capacidad de almacenar tanta agua que provocara el desbordamiento y la población quedada expuesta al peligro porque no cuenta con la infraestructura para desalojar y albergar a sus habitantes, ni con rutas de evacuación. En caso de un desastre será más difícil de recuperarse debido a que la mayoría de su población son niños menores de 5 años y adultos mayores de 65 años, tienen una mayor población analfabeta y más de 30% de su población es económicamente inactiva.

Por otra parte, San Martín se encuentran en riesgo de inundación debido a que presentan un peligro alto y cuentan con muchas variables vulnerables; más del 40% de su población está conformado por PEI, más del 60% de su población están sin derechohabencia a servicios de salud, no cuenta con infraestructura de salud, no cuentan con albergues y la población no ha recibido información sobre qué hacer en caso de desastre.

Conforme a la localidad de la Concepción se encuentra en riesgo de inundación, debido a que presenta un peligro alto de inundación y tienen una alta vulnerabilidad en su población

económicamente inactiva, en la población de 15 años y más analfabeta y más del 40% de su población están sin derechohabencia al servicio de salud, a pesar de que cuenta con infraestructura de salud.

Análisis del riesgo de inestabilidad de ladera

De acuerdo a la tabla 17, las localidades de Linderos, Vista Hermosa y Rincón del Muerto presentan una alta vulnerabilidad debido al número de variables (educativa, económica, salud, viviendas y organización) que se encuentran vulnerables y por abajo del municipal. Mientras que la localidad de Vista hermosa, Rincón del Muerto y la Concepción (San Isidro) presentan un grado alto del peligro de inestabilidad de laderas. Por tanto, de acuerdo a los datos de peligro y vulnerabilidad analizados anteriormente, la localidad de Linderos, Vista Hermosa, Rincón del Muerto y la Concepción (San Isidro) se encuentran en riesgo de inestabilidad de laderas.

La localidad de Linderos está en riesgo debido a que presenta un grado medio en el peligro y una vulnerabilidad alta porque más del 28% de su población total está conformada por la población menor de 5 años y población de 65 años o más; tienen un bajo grado de promedio de escolaridad; mayor población de 15 años y más analfabeta; el 39 % de su población es económicamente inactiva y menos viviendas con televisión y radio. Además, todas las variables están por abajo del municipal.

La localidad del Rincón del Muerto a pesar de contar con pocos habitantes, está en riesgo debido a que presenta un grado alto en el peligro y una vulnerabilidad alta; más del 20% de su población de 15 años y más es analfabeta; más del 20% de su población está desocupada; el 47% de su población esta económicamente inactiva; más del 50% de su población no cuenta con el servicio de salud; el 80% de sus viviendas no cuentan con el servicio de agua; el 20% no cuenta con drenaje; no cuenta con albergues y rutas de evacuación, ni han tenido pláticas o programas de prevención en caso de un desastre.

La localidad de Vista Hermosa, está en riesgo debido a que presenta un grado alto en el peligro y cuenta con una vulnerabilidad media; más del 26% de su población es menor de 5 años y más del 18% de su población es de 65 años y más; tienen un bajo grado en promedio de escolaridad; más del 30% de su población es económicamente inactiva; más del 60% de su población no cuenta el servicio de salud; más del 20% de sus viviendas no cuentan con el servicio

de agua y el 7 % no cuenta con drenaje.

La localidad de la Concepción (San Isidro) está en riesgo debido a que presenta un grado alto en el peligro y un número de variables vulnerables; más del 15% de su población total está conformada por la población menor de 5 años y de 65 años y más; más del 42% de su población total está económicamente inactiva; más del 46% de su población no cuenta el servicio de salud; el 11% de sus viviendas no cuentan con el servicio de agua y más 90 % de sus viviendas no cuentan con internet.

Conclusiones y recomendaciones

Los factores que están detonando en mayor medida el riesgo de inundación en la localidad de Linderos y paso de San Juan es la edafología; en los Equimites, Agua Dorada, Rincón del Muerto, Vista Hermosa es la hidrología; en Piedra de Agua, la edafología y la vegetación y uso del suelo; en el barrio de San Juan, la hidrología y la edafología; en San Martín y Rancho San Ignacio, la hidrología, la edafología y la vegetación y uso del suelo. Siendo a localidad de Piedra de Agua, barrio de San Juan, la Concepción, San Martín y rancho San Ignacio las que presentan un peligro alto a la inundación.

Los factores que están detonando el riesgo de inestabilidad de laderas en la localidad de Linderos es el relieve; en el barrio de San Juan, la hidrología, la edafología y la precipitación; en el Rincón del Muerto, el relieve, la geología, la hidrología y edafología; en la Concepción, la vegetación y uso del suelo y en la Concepción (San Isidro), el relieve, la geología y la edafología. Siendo la localidad del Rincón del Muerto, Vista Hermosa y la Concepción (San Isidro) los que presentan un alto peligro de inestabilidad de laderas.

Con respecto, al análisis de vulnerabilidad las localidades que se encuentran más vulnerables son; Equimites, Agua Dorada y Rincón del Muerto debido a que no cuentan con infraestructura educativa y de salud, tienen un grado alto en analfabetismo y sin derechohabencia al servicio de salud. Por otra parte, no cuentan con albergues, ni rutas de evacuación en caso de que ocurra un desastre, además el mayor número de sus habitantes está conformado por los niños menores de 5 años y los adultos mayores de 65 años, esta población es más vulnerable debido a la poca resistencia que tienen para recuperarse de un desastre y también dependen de que otras personas los ayuden.

Todas las localidades estudiadas presentan un riesgo en el proceso de inestabilidad de laderas y de inundación. Sin embargo, las localidades que presentan un riesgo alto en inundación son; los Equimites, Agua Dorada, Rincón del Muerto, la Concepción y colonia San Martín; mientras que la localidad de Linderos, Vista Hermosa, Rincón del Muerto y la Concepción (San Isidro) presentan un riesgo alto en el proceso de inestabilidad de laderas.

Se recomienda fomentar la educación en el riesgo con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la sociedad ante futuros eventos, incentivando la participación comunitaria a través de programas que le permita conocer de forma clara mecanismos de prevención y autoprotección; promover convenios con los sectores público, social, privado y académico con el objeto de difundir la cultura de protección civil; promover la instrumentación de un Subsistema de Información de riesgos, peligros y vulnerabilidades que permita mantener informada oportunamente a la población.

Se recomienda implementar un plan local para emergencias y desastres, priorizando la protección de las personas, informando directamente del riesgo en los núcleos y urbanizaciones afectadas y preparando y difundiendo los planes de evacuación. Se pueden promover ejercicios periódicos de preparación y simulacros de evacuación en las instituciones educativas.

La implementación de un sistema de alerta temprana, a través de la instalación de un aparato de bajo costo de medición de lluvia instalados en aquellas zonas con problemas de inestabilidad de laderas e inundación. La medición de lluvia proporciona un dato muy importante para lograr la detección y pronóstico oportunos de la inestabilidad de una ladera (Cenapred, 2002).

De acuerdo al estudio realizado se encontró que uno de los factores detonadores que tiene mayor peso en el peligro de inestabilidad de laderas es la geología. Por tanto, se recomienda hacer un estudio geológico de la zona que defina el tipo de materiales, el grado de erosión para conocer las zonas propensas a presentar inestabilidad de laderas.

Para el caso de inundaciones se puede proponer medidas estructurales como la retención, almacenamiento y derivación del agua, hacer modificaciones al cauce (canalizarlo o entubarlo), construir bordos o muros de encauzamiento y modificar puentes o alcantarillas (CENAPRED, 2004). Sin embargo, antes de realizar las medidas estructurales se recomienda un estudio hidrogeomorfológico más detallado sobre el lugar, para saber dónde implementar estas medidas

debido a que las localidades estudiadas presentan de uno a dos ríos en sus localidades.

Se recomienda tener un registro de las localidades que han presentado el desastre de inundación e inestabilidad de laderas, debido a que uno de los inconvenientes en este trabajo fue el no saber las fechas exactas de cuando ocurrió el desastre, ni los daños ocasionados.

Bibliografía

- Alcántara, I. 2000. Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. Pp. 7-25. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM (41).
- Cardona, A.O D. 2001. La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo "Una crítica y una Revisión Necesaria para la Gestión" Centro de Estudio sobre Desastres y Riesgos CEDERI. Pp.1-18 Universidad De Los Andes, Bogotá, Colombia.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred) 2001. Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México. Pp. 80-97 y 139-144. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana (1a. edición). Secretaría de Gobernación y CENAPRED: México.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred) 2004. Serie Fascículos Inundaciones (1a. edición). Pp. 5-37. Secretaría de Gobernación y CENAPRED: México.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred) 2008. Serie Fascículos Inestabilidad de laderas (2a. edición). Pp. 5-27. Secretaría de Gobernación y CENAPRED: México.
- Lavell A., 2002. Riesgo, desastre y territorio. La necesidad de los enfoques regionales/transnacionales. Pp.140-147. En: Anuario Social y Político de América Latina y El Caribe, nro. 5, Flacso/Unesco / Nueva Sociedad, Caracas.
- Lavell A., 1996. Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación. Pp. 8-18. En: Ciudades en riesgo (M.A. Fernández, Comp.), La Red, USAID, Lima, Perú.
- Linayo A., 2012. Aproximaciones a la problemática de los desastres desde tres concepciones de la relación hombre-naturaleza. En: Arquetipo.
- Ley Estatal De Protección Ambiental. Gaceta Oficial, Órgano del Gobierno del Estado de

- Veracruz de Ignacio de la Llave, 16 Julio de 2014.
- Iturralde-Vinent, M. A., 2009. Geología de Cuba para todos. Pp. 92-103. Científico-Técnica y Sociedad Cubana de Geología, La Habana, Cuba.
- Monge G., H., 2005. La construcción de proyectos de infraestructura multinacionales en Centroamérica y sus consecuencias en la generación de riesgos. Pp. 135- 170. En: Comarcas vulnerables: Riesgos y desastres naturales en Centroamérica y el Caribe (A. Fernández, Comp.) CRIES, Buenos Aires.
- Organización de los Estados Americanos (OEA). 1993. Inundaciones. En: Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado. Washington, D.C.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2009. Base referencial mundial del recurso suelo. Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional. Pp. 70, 83 y 87. FAO. Roma.
- Travieso- Bello, A.C. 2012. Aplicación del modelo presión-estado-respuesta al análisis de riesgos por inundaciones en la cuenca del río Nautla, Veracruz. Pp. 90-125. En: las inundaciones de 2010 en Veracruz. Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico. México. D.F.
- Wilches-Chaux G., 1993. La vulnerabilidad global. Pp. 11-41. En: los desastres no son naturales (A. Maskrey, Comp.), La Red, USAID, Lima, Perú.
- Wicander R. y Monroe J., S. 2000. Movimientos de masas. En: Fundamentos de geología. Pp. 223- 230. Thomson Learni