



SISTEMA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL  
COORDINACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

## Proyecto

# Análisis de umbrales de lluvia en municipios de alta marginación, expuestos a inestabilidad de laderas. Casos de Chiapas y Oaxaca

## Dirección de Investigación

Subdirección de Dinámica de Suelos y Procesos Gravitacionales

Alberto Enrique González Huesca

Leobardo Domínguez Morales

**2021**



**SEGURIDAD**

SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



**CNPC**

COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL



**CENAPRED**

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	3
LA INESTABILIDAD DE LADERAS Y SU RELACIÓN CON LA LLUVIA.....	3
UMBRALES QUE DETONAN DESLIZAMIENTOS EN LA REPÚBLICA MEXICANA.....	6
CASOS DE INESTABILIDAD DE LADERAS PRODUCIDOS POR EVENTOS METEOROLÓGICOS RECIENTES EN LOS ESTADOS DE CHIAPAS Y OAXACA.....	11
ANÁLISIS DE UMBRALES DE LLUVIA CON BASE EN EL ESTUDIO DE CASOS RECIENTES DE INESTABILIDAD DE LADERAS EN LOS ESTADOS DE CHIAPAS Y OAXACA.....	11
ÍNDICES DE MARGINACIÓN EN MUNICIPIOS DE CHIAPAS Y OAXACA.....	24
CONCLUSIONES.....	25
REFERENCIAS.....	26





## INTRODUCCIÓN

Cada año, en las zonas montañosas de México y durante la temporada de lluvias (mayo a noviembre) suceden numerosos casos de inestabilidad de laderas. Si bien de mayo a noviembre es la época de mayores casos, también es factible que se presenten eventos en la temporada de estiaje (diciembre a abril), aunque en menor cantidad, debido a la presencia de frentes fríos, como ha sucedido en Tijuana, Baja California, Angangeo, Michoacán, Temascaltepec y El Oro de Hidalgo, Estado de México.

De acuerdo con registros históricos del CENAPRED de 1999 a 2021, alrededor del 85% de casos de inestabilidad de laderas documentados han sido detonados por lluvias intensas y prolongadas, por lo que constituyen el principal factor desencadenante de este tipo de fenómenos, aunque sus efectos no son los mismos en las diferentes regiones del país. Su ocurrencia es el resultado de la combinación de factores climáticos, geológicos, hidrológicos, geomorfológicos y antropogénicos tales como incendios forestales, deforestación, cortes y/o excavaciones, vibraciones, sobrecargas y saturación por fugas en los sistemas de agua potable y drenaje.

El grado de afectación a la población, vías de comunicación y obras de infraestructura en general, dependerá en gran medida, además de los factores mencionados, del grado de exposición y de la vulnerabilidad de los sistemas expuestos, la cual está estrechamente ligada con el grado de marginación del municipio en cuestión.

Históricamente, las entidades que han sido más afectadas, es decir, en donde han ocurrido mayor número de decesos y la mayor cantidad de daños materiales son Puebla, Veracruz, Oaxaca, Guerrero y Chiapas que, en general, son las que registran los más altos índices de marginación de todo el país. Para ejemplificar esta correlación de causas-efectos, en este trabajo se revisarán y analizarán los casos documentados de inestabilidad de laderas sucedidos en los estados de Chiapas y Oaxaca, durante las lluvias intensas y prolongadas ocurridas de mayo a noviembre de 2020, tratando de correlacionar la lluvia registrada con los casos de deslizamientos y los índices de marginación de los municipios en donde ocurrieron dichos fenómenos de inestabilidad de laderas.

La experiencia indica que a medida que se tenga mayor cantidad de datos estadísticos de casos de inestabilidad de laderas, conociendo no solamente sus causas, sino también sus efectos, se tendrá un conocimiento cada vez más preciso de los umbrales de lluvia que los detonan y de sus posibles consecuencias para la población, permitiendo contar con elementos cada vez más certeros para el alertamiento de fenómenos que pudieran ser detonados por lluvias, facilitando con ello la implementación de medidas preventivas y de planes operativos por parte de las autoridades de Protección Civil a nivel municipal, estatal y nacional.



## LA INESTABILIDAD DE LADERAS Y SU RELACIÓN CON LA LLUVIA

Como ya se mencionó, el factor principal que detona deslizamientos de laderas en México es la lluvia, seguida de los sismos y de la actividad volcánica; aunque en las últimas décadas la actividad humana ha contribuido notoriamente a este proceso debido a la deforestación, la modificación del régimen de los escurrimientos y los cortes que realiza para la construcción de caminos y viviendas (Domínguez, 2011). La determinación cuantitativa del riesgo por inestabilidad de laderas requiere de estudios diversos y multidisciplinarios que implican la participación de ingenieros, geólogos, geomorfólogos, hidrólogos, sismólogos, geógrafos, urbanistas, sociólogos y economistas, entre otras disciplinas de las ciencias de la tierra, del clima y del espacio.

En la Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (CENAPRED, 2006), se menciona que la lluvia tiene una gran contribución en la inestabilidad de laderas, por el efecto que tiene en la saturación del terreno, en el aumento del peso volumétrico del suelo y, de manera más trascendente, en la reducción de la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos (por efecto de la presión de poro); asimismo, las corrientes extraordinarias en la parte baja de la ladera propician socavación, deslizamientos y cambios en la geometría de las laderas.

De acuerdo con Mendoza y Domínguez (2006) la mayoría de los deslizamientos disparados por lluvias intensas y de larga duración se han presentado en laderas constituidas por suelos residuales y depósitos de origen sedimentario o aluvial, causando cuantiosos daños materiales, los cuales han cobrado cientos de vidas, especialmente en los estados de Baja California, Chiapas, Colima, Durango, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla y Veracruz.

Los casos más relevantes de deslizamientos detonados por lluvias, documentados en México en los últimos 20 años, son el deslizamiento de Teziutlán, Puebla, el 5 de octubre de 1999, por la interacción de la depresión tropical Núm. 11 y el frente frío 5, donde perdieron la vida 110 personas (CENAPRED, 2006), el de la comunidad La Pintada, Guerrero, del 16 de septiembre de 2013 (Figura. 1), durante el paso de la depresión tropical Manuel y el huracán Ingrid, donde perecieron 71 personas (Flores, 2013), y los sucedidos en diversas localidades de la Sierra Norte de Puebla entre el 6 y el 8 de agosto de 2016, por los remanentes del huracán Earl, donde hubo 41 fallecidos (Domínguez et. al, 2016). En todos ellos, la lluvia fue el factor desencadenante principal.

En la literatura técnica existen numerosos casos documentados que relacionan a la intensidad o a la cantidad de lluvia que cae en una zona o región, con la ocurrencia de deslizamientos de laderas.



*Figura 1. Deslizamiento en la comunidad La Pintada, Guerrero, ocurrido el 16 de septiembre de 2013*

### **Qué es un umbral y para qué sirve**

A los indicadores de lluvia que detonan deslizamientos se les conoce como umbrales críticos de precipitación. En términos de inestabilidad de laderas, son valores a partir de los cuales la situación de estabilidad de una ladera o talud alcanza un proceso de estabilidad crítica, por lo que a partir de dicho valor la posibilidad de que se presente un deslizamiento es prácticamente inminente. En general existen diferentes metodologías cuya finalidad es definir o establecer aquellos valores mínimos o máximos.

Algunas de esas metodologías se basan únicamente en conocer la cantidad de lluvia (intensidad, acumulada o la combinación de ellas) que detona o moviliza el deslizamiento de una masa de suelo o roca, con o sin lluvias precedentes. Otros métodos se enfocan en analizar el efecto que el agua produce en el interior de la masa del suelo, a través del concepto ingenieril del grado de saturación o índice de humedad del suelo. En cualquier caso, existen variables que resultan muy difíciles de cuantificar ya que representan un alto grado de incertidumbre, ya sea en los modelos del terreno o de los pronósticos de lluvia, además de la influencia de las actividades humanas que modifican las condiciones naturales del entorno.

En todos los casos, para definir los umbrales de lluvia se requiere información precisa y detallada de los registros de precipitación de las estaciones meteorológicas más cercanas al sitio donde han ocurrido deslizamientos de tierra. Dichos registros y su relación con la fecha y hora de ocurrencia del o de los deslizamientos sucedidos en una zona o región, son los factores clave para relacionar el comportamiento de las precipitaciones mensuales, quincenales, semanarias, diarias u horarias y su relación con la ocurrencia de deslizamientos. En este sentido el efecto de la lluvia dependerá fundamentalmente de la intensidad, duración y distribución de la tormenta.

Los umbrales de lluvia para los cuales han ocurrido deslizamientos en diferentes partes del mundo han sido determinados a partir de la necesidad de mitigar los desastres relacionados



con este tipo de fenómenos. En Hong Kong por ejemplo, han logrado acumular una gran cantidad de información histórica a través de varios años de monitorear la ocurrencia de deslizamientos y su relación con las lluvias, llegando a las siguientes conclusiones (Brand, 1985, CENAPRED, 2006):

- Los deslizamientos en su gran mayoría son inducidos por lluvias cortas y localizadas de intensidad alta, y éstos ocurren prácticamente al mismo tiempo que se presenta el máximo de la lluvia horaria.
- La lluvia antecedente no es un factor mayor en la ocurrencia de deslizamientos, excepto en el caso de deslizamientos menores que tienen lugar bajo lluvias de relativamente baja intensidad. En estos casos, solo la lluvia antecedente de unos cuantos días parece ser significativa.
- Una intensidad de lluvia de aproximadamente 70 mm/hora parece ser el valor de un umbral arriba del cual ocurren los deslizamientos. El número de ellos y la severidad de sus consecuencias aumenta dramáticamente conforme crece la intensidad horaria respecto a este umbral.
- La lluvia de 24 h. generalmente es corta, de intensidad alta, y por tanto puede usarse como un indicador de la probabilidad de deslizamientos. Una lluvia de 24 h. de menos de 100 mm es poco probable que provoque un deslizamiento mayor.

Para tomar en cuenta el efecto de la lluvia en los análisis de evaluación del peligro de deslizamiento de laderas se requiere, en primer lugar, contar con información confiable sobre la intensidad y la duración de la lluvia que cae en una zona o región, y su relación con los deslizamientos de laderas y el tipo de suelos que las forman (CENAPRED, 2006). También son importantes los datos sobre ubicación del sitio, altura y pendiente de la ladera, distancia de recorrido y velocidad del deslizamiento, fecha y hora de ocurrencia, límites de afectación, volumen removido y tipo de deslizamiento, así como información sobre los daños directos (pérdida de vidas humanas y costos económicos).

El análisis de información histórica sobre los registros de lluvias y la ocurrencia de deslizamientos de laderas en una ciudad o región, así como su correlación con el tipo de materiales que las forman, permitiría identificar los umbrales de lluvia (intensidad y duración) para los cuales se producen deslizamientos en una zona determinada y sus periodos de retorno. La lluvia acumulada registrada en días también es un factor importante, ya que en muchas zonas los deslizamientos ocurren después de que una ladera ha estado sometida a varios días de lluvia, saturando el terreno y creando escurrimientos o flujos superficiales de agua.

## UMBRALES QUE DETONAN DESLIZAMIENTOS EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Con el objetivo de definir umbrales de lluvia para los cuales han ocurrido deslizamientos en algunas regiones de México, se tiene el antecedente de un trabajo, en el cual, se revisó la información histórica de casos documentados de inestabilidad de laderas detonados por lluvias intensas en las vertientes del Golfo de México, del océano Pacífico, así como del norte



de la Península de Baja California, con el fin de establecer umbrales preliminares de lluvia acumulada para los cuales es posible que ocurran deslizamientos en laderas (Domínguez, 2011). De esta manera y con base en estudios similares realizados en otros países, se definieron cuatro periodos de retorno (5, 10, 25 y 50 años) para los cuales se analizaron las lluvias con duración de 24 horas, según los umbrales que pueden propiciar deslizamientos en zonas donde el suelo se encuentra saturado por lluvias previas.

La determinación de los umbrales se basó en el análisis de las gráficas de lluvia acumulada y su relación con la ocurrencia de deslizamientos. En la mayoría de los casos se observó que existe una relación entre la lluvia acumulada que produce deslizamientos y el promedio anual de lluvia que cae en una región, siendo esta relación de aproximadamente 0.244.

Con base en esta relación y la precipitación media anual de cada estado para el periodo 1941-2005, publicada por el Servicio Meteorológico Nacional (<https://smn.conagua.gob.mx/es/>), se determinaron los umbrales de lluvia para las siguientes regiones: 340 mm para la vertiente del Golfo, 370 mm para el Pacífico y 35 mm para el norte de Baja California. Estos valores definen entonces los valores extremos para los cuales pueden ocurrir deslizamientos en laderas y, por lo tanto, corresponderían al límite mínimo para definir la escala de peligro muy alto.

A partir de la relación entre lluvia acumulada que detona deslizamientos y el valor medio anual, se definieron los umbrales de lluvias en las demás regiones en las que se dividió al país, según se indica en la Tabla 1a. Como se puede observar en dicha tabla, los umbrales que se definieron resultan del promedio anual que el Servicio Meteorológico Nacional tiene registrado en cada estado y su interacción con los estados que conforman una misma región. Con este procedimiento se definieron los umbrales para las ocho regiones planteadas por el Ing. Alonso Echavarría Luna en el libro Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México (CENAPRED, 2001), que son: 1) Golfo de México, 2) Golfo Norte, 3) Eje Neovolcánico, 4) Pacífico Sur, 5) Pacífico Norte, 6) Golfo Cal-ChD, 7) Baja California y 8) Baja California Sur (Figura. 2).

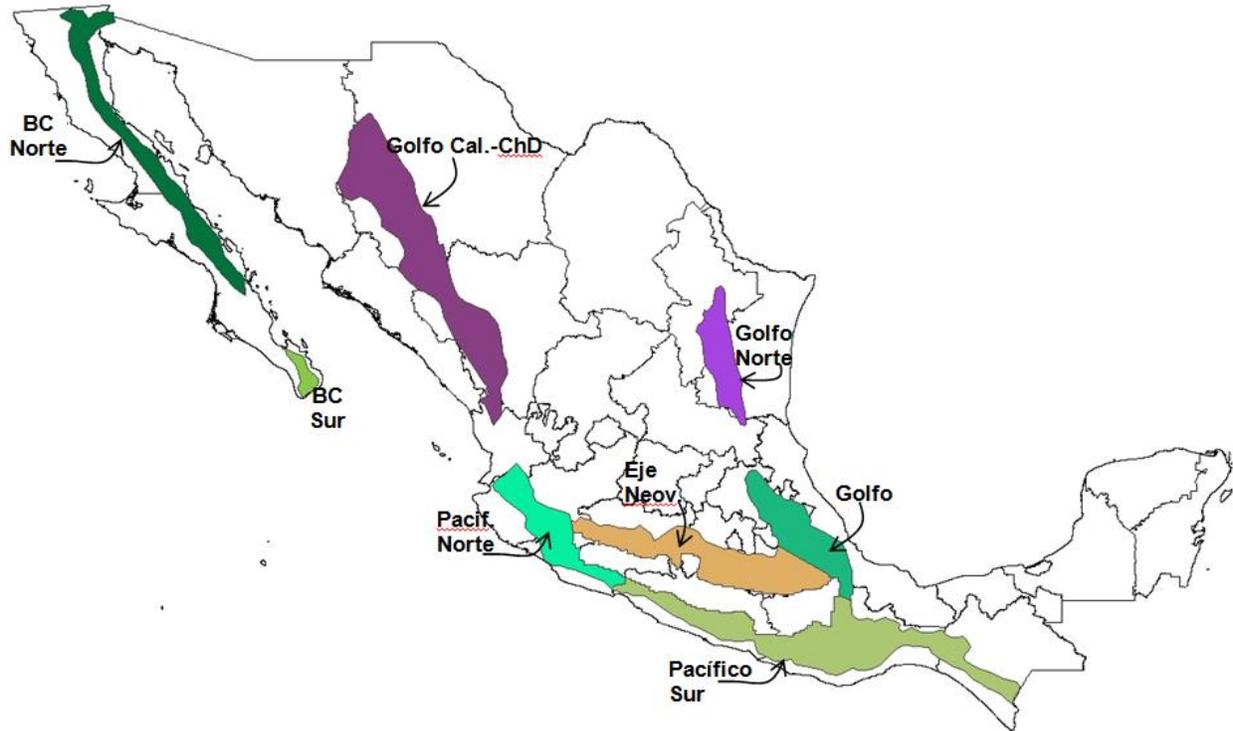


Figura 2. Subdivisión en regiones del mapa de inestabilidad de laderas (Domínguez, 2011)

Como se puede apreciar, los análisis indicados tienen cierto grado de incertidumbre asociado a los valores medios de las lluvias anuales de cada estado, mismas que dependen del número y localización de las estaciones meteorológicas. Un análisis más detallado podría hacerse considerando exclusivamente los valores medios de las lluvias históricas que se han registrado en las estaciones meteorológicas de cada región o lugar donde han sucedido deslizamientos.

Un razonamiento lógico respecto a los niveles de peligro medio y alto que podrían adoptarse (tomando como valores absolutos los umbrales que detonan deslizamientos, según la Tabla 1a), sería considerar para el nivel de peligro medio la mitad de los valores de peligro muy alto y, para peligro alto, tres cuartas partes de dichos valores. De esta manera los umbrales para peligro medio alto y muy alto para las ocho regiones en las que se dividió el mapa de la Fig. 2 serían los que se indican en la Tabla 1a.





Tabla 1a. Umbrales de lluvia para los cuales pueden ocurrir deslizamiento en las ocho regiones de México (Domínguez, 2011)

Análisis de la precipitación media mensual para el periodo 1941-2005 por entidad federativa					
<b>1 Golfo de México</b>					
Veracruz	1492	364.05			
Puebla	1271	310.12			
Oaxaca	1518.8	370.59			
			<b>Umbrales</b>		
			Muy Alto	Alto	Medio
			348.25	261.19	174.13
<b>2 Golfo Norte</b>					
Tamaulipas	767.3	187.22			
Nuevo León	602.2	146.94			
			<b>Umbrales</b>		
			Muy Alto	Alto	Medio
			167.08	125.31	83.54
<b>3 Eje Neovolcánico</b>					
Michoacán	806.7	196.83			
Estado de México	876.7	213.91			
Morelos	884	215.70			
Puebla	1271	310.12			
			<b>Umbrales</b>		
			Muy Alto	Alto	Medio
			234.14	175.61	117.07
<b>4 Pacífico Sur</b>					
			24 horas		
Chiapas	1968.9	480.41			
Guerrero	1105.4	269.72			
Oaxaca	1518.8	370.59			
			<b>Umbrales</b>		
			Muy Alto	Alto	Medio
			373.57	280.18	186.79
<b>5 Pacífico Norte</b>					
Michoacán	806.7	196.83			
Colima	883.2	215.50			
Jalisco	820.6	200.23			
			<b>Umbrales</b>		
			Muy Alto	Alto	Medio
			204.19	153.14	102.09
<b>6 Golfo BC-Coahuila</b>					
Coahuila	326.8	79.74			
Durango	499	121.76			
			<b>Umbrales</b>		
			Muy Alto	Alto	Medio
			100.75	75.56	50.37
<b>7 Baja California</b>					
			<b>Umbrales</b>		
			Muy Alto	Alto	Medio
Tijuana	273		35.00	26.25	17.50
<b>8 Baja California Sur</b>					
			<b>Umbrales</b>		
			Muy Alto	Alto	Medio
Baja California Sur	176.2		42.99	32.24	21.50

Con esta información se realizó un análisis de los mapas de isoyetas que se han publicado en las metodologías para la identificación de peligros y riesgos del CENAPRED, sobreponiendo a las zonas susceptibles a los deslizamientos, las curvas de igual valor de lluvia (isoyetas) equivalentes a los umbrales determinados. En un trabajo más reciente (Domínguez et. al, 2017), se propusieron nuevos umbrales, con base en el análisis de la información geológica, geomorfológica y meteorológica de casos documentados entre 1999 y 2013, a fin de implementar un procedimiento semicualitativo para definir umbrales de lluvia que detonan deslizamientos (Tabla 1b).



*Tabla 1b Umbrales de lluvia que detonan inestabilidad de laderas por entidad federativa, a partir de casos documentados (Dominguez et. al, 2017)*

	SEMARNAT 1941-2017 Lluvia promedio por entidad federativa, mm	Umbrales de lluvia		
		Muy Alto (mm)	Alto (mm)	Medio (mm)
<b>1. Golfo de México</b>				
Tabasco	2396	585	438	292
Veracruz de Ignacio de la Llave	1511	369	277	184
Puebla	1278	312	234	156
Hidalgo	795	194	145	97
Oaxaca	1489	363	272	182
<b>2. Golfo Norte</b>				
Tamaulipas	778	190	142	95
Nuevo León	613	150	112	75
<b>3. Centro y Eje Neovolcánico</b>				
Estado de México	863	211	158	105
Morelos	942	230	172	115
Ciudad de México	713	174	130	87
Tlaxcala	715	174	131	87
Querétaro	571	139	104	70
<b>4. Pacífico Sur</b>				
Chiapas	1995	487	365	243
Guerrero	1116	272	204	136
Oaxaca	1489	363	272	182
<b>5. Pacífico Norte</b>				
Michoacán de Ocampo	815	199	149	99
Colima	939	229	172	115
Jalisco	830	203	152	101
Nayarit	1099	268	201	134
<b>6. Golfo BC-Coahuila</b>				
Coahuila de Zaragoza	341	83	62	42
Durango	499	122	91	61
Sinaloa	765	187	140	93
<b>7. Baja California</b>				
Baja California	200	49	37	24
<b>8. Baja California Sur</b>				
Baja California Sur	183	45	33	22
<b>9. Norte</b>				
Chihuahua	436	106	80	53
Sonora	425	104	78	52
San Luis Potosí	945	231	173	115
Zacatecas	516	126	94	63
Aguascalientes	473	115	87	58
Guanajuato	618	151	113	75
<b>Península de Yucatan - Zonas Llanas</b>				
Campeche	1198	292	219	146
Quintana Roo	1276	311	234	156
Yucatán	1078	263	197	132
Significado de los rangos:				
<b>Muy Alto</b>	Peligro muy alto, ya que al rebasarse este valor podrían presentarse varios deslizamientos de dimensión y volumen grande, cuyos efectos serían devastadores si suceden en zonas pobladas o en tramos carreteros.			
<b>Alto</b>	Peligro alto, ya que al rebasarse este valor podría presentarse al menos un deslizamiento de dimensión y volumen grande, con daños considerables si el evento sucede en una zona poblada o en tramos carreteros.			
<b>Medio</b>	Peligro medio, ya que al rebasarse este valor podrían presentarse caídos de roca y/o deslizamientos de tierra con volúmenes pequeños y moderados, principalmente en cortes carreteros.			

Dependiendo de la cantidad de lluvia pronosticada en 24 h, se utilizan diferentes intervalos de colores para definir posibles escenarios de inestabilidad de laderas, de este modo, en el color amarillo (umbral medio) pueden presentarse deslizamientos o caídos de roca con volúmenes pequeños y moderados, principalmente en caminos y cortes carreteros. A partir del anaranjado (umbral alto) el número de deslizamientos o caídos de roca en caminos y cortes carreteros aumenta y es factible que se presente al menos un deslizamiento de dimensión y volumen grande, con daños considerables si sucede en zonas pobladas. Finalmente, en el





color rojo (umbral muy alto) indica que al rebasarse este valor, el número de deslizamientos y caídos o derrumbes en cortes carreteros es más numeroso y es factible, incluso, que pueden suceder más de un deslizamiento de tamaño y volumen considerable.

La determinación de umbrales de lluvia y su integración a un sistema de alerta temprana tiene grandes beneficios en la toma de decisiones, y contribuye en el fortalecimiento del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC).

## **CASOS DE INESTABILIDAD DE LADERAS PRODUCIDOS POR EVENTOS METEOROLÓGICOS RECIENTES EN LOS ESTADOS DE CHIAPAS Y OAXACA**

En el año 2020, se produjeron numerosos eventos de inestabilidad de laderas en los estados de Chiapas y Oaxaca, originados por eventos meteorológicos importantes, entre los que destacan los ocasionados por:

- La depresión tropical Amanda y la tormenta tropical Cristóbal, entre el 30 de mayo y el 8 de junio.
- La depresión tropical número Trece-E, entre el 24 y el 28 de agosto.
- La baja presión asociada con los remanentes del huracán Nana, del primero al 07 de septiembre.
- Las bandas nubosas asociadas a la tormenta tropical Beta, entre el 15 y el 21 de septiembre.
- El frente frío número Cuatro, entre el 29 de septiembre y el 3 de octubre.
- El ciclón-depresión tropical Eta y la presencia de una masa de aire frío, entre el primero y el 10 de noviembre.

Se llevó a cabo una estadística de casos de inestabilidad de laderas, construida a partir de notas periodísticas de internet, datos proporcionados por el Centro Nacional de Comunicación y Operación de Protección Civil (CENACOM), Twitter, además de información proporcionada por la Secretaría de Protección Civil del estado de Chiapas y por información enviada por la Coordinación Estatal de Protección Civil de Oaxaca en solicitudes de corroboración y emergencia.

## **ANÁLISIS DE UMBRALES DE LLUVIA CON BASE EN CASOS RECIENTES DE INESTABILIDAD DE LADERAS EN LOS ESTADOS DE CHIAPAS Y OAXACA**

### **Depresión Tropical Amanda y tormenta tropical Cristóbal**

En el caso de la depresión tropical Amanda y la tormenta tropical Cristóbal, se cuantificaron siete casos de inestabilidad de laderas en el estado de Chiapas entre el 30 de mayo y el 5 de junio (Tabla 2), de acuerdo con datos del Servicio Meteorológico Nacional (Tabla 3 y Figura 3), se presentaron precipitaciones acumuladas superiores a 200 mm y de hasta 500 mm de lámina de lluvia en 24 h en el periodo mencionado.

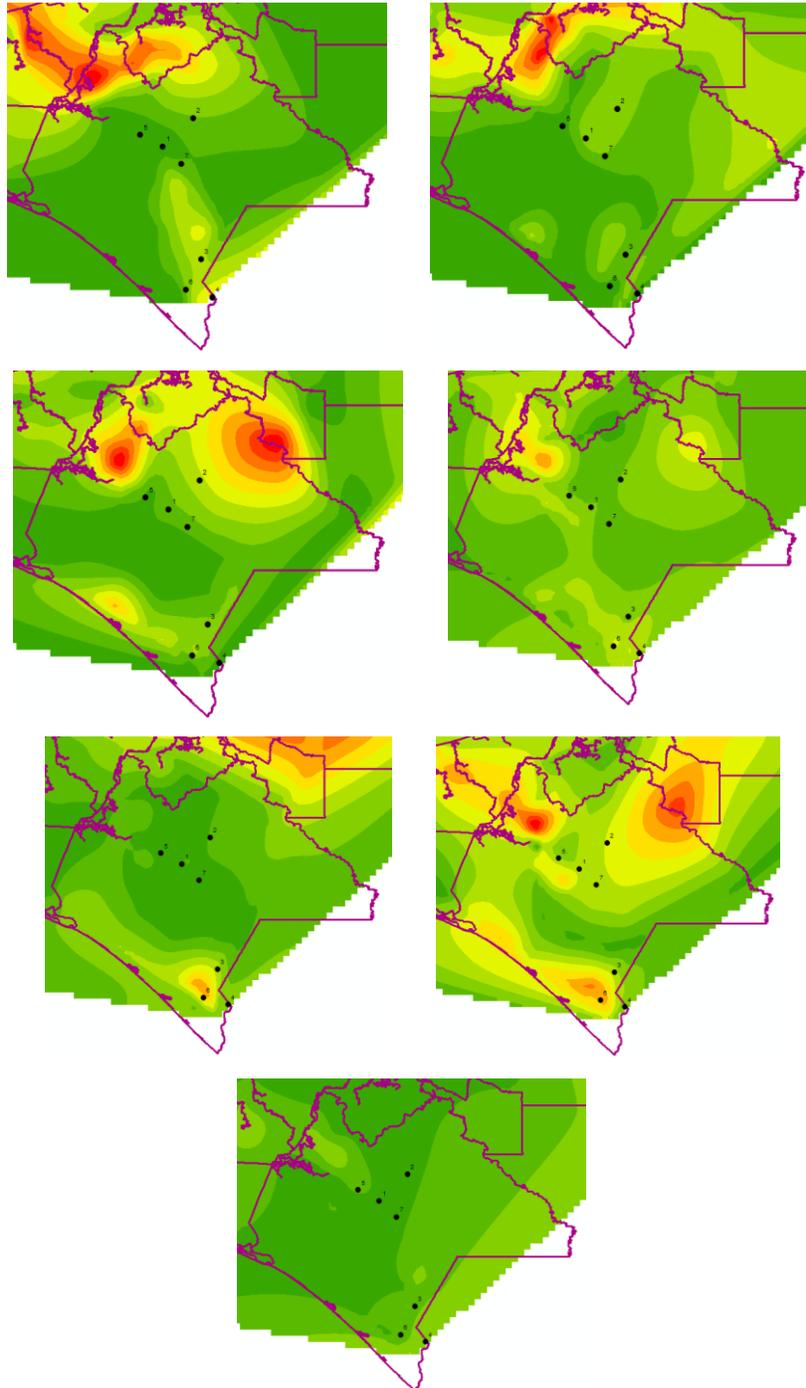
*Tabla 2 Casos de inestabilidad de laderas producidos por la depresión tropical Amanda y la tormenta tropical Cristóbal en el estado de Chiapas*

NÚMERO DE CASOS	FECHA	LONGITUD	LATITUD	MUNICIPIO	COMUNIDAD	FUENTE
1	30/05/2020	-92.63126	16.71780	San Cristóbal de las Casas	Colonia Salsipuedes	Noticia
2	01/06/2020	-92.30707	17.02422	Sitalá		SPC Chiapas
3	01/06/2020	-92.22156	15.50487	La Grandeza	Comunidad Maíz	CENACOM
4	02/06/2020	-92.10038	15.09371	Unión Juárez	Cantón Chiquihuite	SPC Chiapas
5	03/06/2020	-92.87394	16.84339	Chamula	Comunidad Chigton	Noticia
6	05/06/2020	-92.38497	15.17557	Tuzantal	Manacal	SPC Chiapas
7	05/06/2020	-92.43178	16.53223	Amatenango del Valle	Primaria Amado Nervo	SPC Chiapas

*Tabla 3 Datos de lámina de lluvia en 24 h del 30 de mayo al 05 de junio en los casos de inestabilidad de laderas reportados por la presencia de la depresión tropical Amanda y la tormenta tropical Cristóbal en el estado de Chiapas*

FECHA	NÚMERO DE CASO						
	1	2	3	4	5	6	7
30/05/2020	6.38	33.32	53.96	78.60	6.70	35.85	19.88
31/05/2020	43.74	36.28	24.17	15.62	12.08	9.57	29.82
01/06/2020	21.21	49.36	27.91	5.88	12.72	31.20	17.52
02/06/2020	27.78	27.62	37.33	43.61	30.87	53.10	23.81
03/06/2020	31.08	32.33	107.90	76.92	20.03	179.21	25.27
04/06/2020	88.56	98.78	84.56	59.27	76.12	156.49	88.91
05/06/2020	6.99	22.97	48.46	86.71	35.59	43.08	20.28
SUMA	225.74	300.66	384.29	366.61	194.11	508.50	225.49





*Figura 3. Mapas diarios de precipitación acumulada obtenidos a partir de datos interpolados del Servicio Meteorológico Nacional del 30 de mayo al 05 de junio en el estado de Chiapas*





## Depresión tropical número Trece-E

En el caso de la depresión tropical número Trece.E, se cuantificaron 27 casos de inestabilidad de laderas en el estado de Oaxaca el 27 de agosto (Tabla 4), de acuerdo con datos del Servicio Meteorológico Nacional (Tabla 5 y Figura 4), se presentaron precipitaciones acumuladas superiores a 200 mm de lámina de lluvia en 24 h en el periodo comprendido entre el 24 y el 28 de agosto.

*Tabla 4 Casos de inestabilidad de laderas producidos por la depresión tropical número Trece-E en el estado de Oaxaca*

NÚMERO DE CASOS	FECHA	LONGITUD	LATITUD	MUNICIPIO	FUENTE
1	27/08/2020	-97.93606	17.03270	Constancia del Rosario	Declaratoria
2	27/08/2020	-97.93464	17.03555	Constancia del Rosario	Declaratoria
3	27/08/2020	-95.41566	16.81910	Guevea de Humboldt	Declaratoria
4	27/08/2020	-96.82070	18.11936	Huautla de Jiménez	Declaratoria
5	27/08/2020	-96.49993	16.12920	San Agustín Loxicha	Declaratoria
6	27/08/2020	-96.62123	17.93495	San Andrés Teotilápam	Declaratoria
7	27/08/2020	-98.06855	16.54351	San Antonio Tepetlapa	Declaratoria
8	27/08/2020	-96.78653	16.08696	San Baltazar Loxicha	Declaratoria
9	27/08/2020	-96.33774	16.00422	San Mateo Piñas	Declaratoria
10	27/08/2020	-96.68937	16.19222	San Miguel Coatlán	Declaratoria
11	27/08/2020	-96.68903	16.10229	San Miguel Coatlán	Declaratoria
12	27/08/2020	-97.77209	17.02431	Santa María Yucuhiti	Declaratoria
13	27/08/2020	-96.42107	15.93187	Pluma Hidalgo	Declaratoria
14	27/08/2020	-96.41753	15.93105	Pluma Hidalgo	Declaratoria
15	27/08/2020	-96.41748	15.93006	Pluma Hidalgo	Declaratoria
16	27/08/2020	-96.22265	16.19437	San Francisco Ozolotepec	Declaratoria
17	27/08/2020	-96.22211	16.11118	San Francisco Ozolotepec	Declaratoria
18	27/08/2020	-96.26177	16.13830	San Juan Ozolotepec	Declaratoria
19	27/08/2020	-96.28719	16.13402	San Juan Ozolotepec	Declaratoria
20	27/08/2020	-97.00855	16.93660	San Miguel Peras	Declaratoria
21	27/08/2020	-97.01500	16.94145	San Miguel Peras	Declaratoria
22	27/08/2020	-96.36635	17.68496	San Pedro Yólox	Declaratoria
23	27/08/2020	-96.61321	16.13354	Santa Lucía Miahuatlán	Declaratoria
24	27/08/2020	-96.22383	16.01192	Santiago Xanica	Declaratoria
25	27/08/2020	-95.90742	17.15856	Santiago Zacatepec	Declaratoria
26	27/08/2020	-96.31033	16.15007	Santo Domingo Ozolotepec	Declaratoria
27	27/08/2020	-96.30514	17.30340	Villa Talea de Castro	Declaratoria

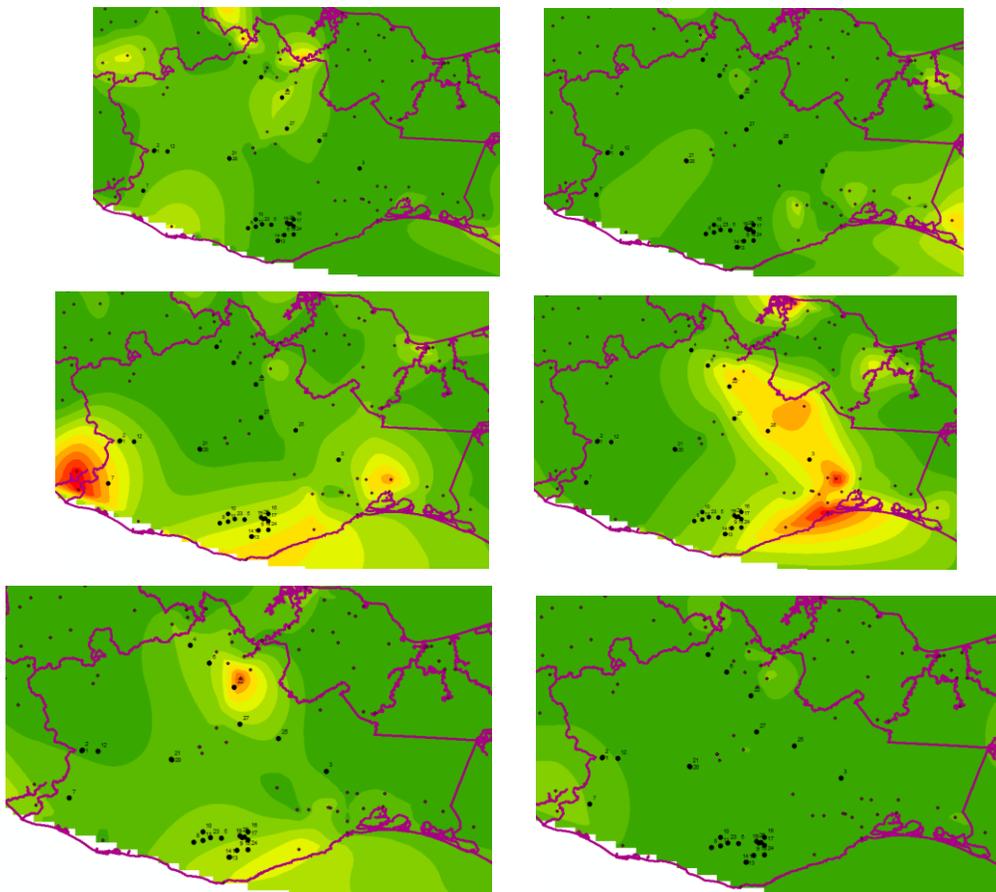




*Tabla 5 Datos de lámina de lluvia en 24 h del 24 al 28 de agosto en los casos de inestabilidad de laderas reportados por la presencia de la depresión tropical número Trece-E en el estado de Oaxaca*

FECHA	NÚMERO DE CASO																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
22/08/2020	9.88	10.55	0.37	10.98	3.47	13.99	12.98	8.38	1.05	6.67	6.32	11.86	1.52	1.40	1.40	1.08	0.83	1.08	1.24	10.03
23/08/2020	11.81	11.77	15.03	3.11	6.16	8.57	15.27	8.13	5.76	8.31	7.09	13.26	4.18	4.18	4.16	8.83	8.42	7.77	7.39	19.59
24/08/2020	54.59	52.62	38.73	10.18	55.55	12.27	90.11	53.60	66.61	47.89	54.55	41.20	69.41	69.90	69.77	56.14	61.85	59.18	59.03	8.30
25/08/2020	5.18	4.93	69.63	19.64	32.75	41.85	6.07	25.94	41.59	25.91	27.97	4.97	39.58	39.51	39.68	40.50	43.60	40.65	39.87	8.70
26/08/2020	12.16	12.23	11.66	32.49	38.07	41.70	18.04	35.54	45.00	33.94	36.59	12.23	46.98	46.51	46.46	37.05	41.24	39.63	39.72	17.90
27/08/2020	37.10	36.54	3.57	14.20	9.60	10.63	58.33	12.73	8.39	11.07	11.46	29.80	8.81	8.97	8.76	8.51	8.19	8.35	8.42	7.74
SUMA	130.72	128.64	138.99	90.60	145.60	129.01	200.80	144.32	168.40	133.79	143.98	113.32	170.48	170.47	170.23	152.11	164.13	156.66	155.67	72.26

FECHA	NÚMERO DE CASO						
	21	22	23	24	25	26	27
22/08/2020	10.05	23.99	5.24	0.55	8.80	1.45	17.87
23/08/2020	19.59	13.81	6.73	7.83	4.57	7.18	3.35
24/08/2020	7.83	7.51	53.64	68.92	28.29	57.35	9.60
25/08/2020	8.19	64.94	29.28	47.02	70.25	38.31	45.87
26/08/2020	15.89	89.14	36.69	46.41	25.03	38.89	39.22
27/08/2020	7.48	11.06	10.55	7.81	16.34	8.53	22.39
SUMA	69.03	210.45	142.13	178.54	153.28	151.71	138.30



*Figura 4 Mapas diarios de precipitación acumulada obtenidos a partir de datos interpolados del Servicio Meteorológico Nacional del 24 al 27 de agosto en el estado de Oaxaca*





## Baja presión asociada con los remanentes del huracán Nana

En el caso de la baja presión asociada con los remanentes del huracán Nana, se cuantificaron cinco casos de inestabilidad de laderas en el estado de Oaxaca el 5 de septiembre (Tabla 6), de acuerdo con datos del Servicio Meteorológico Nacional (Tabla 7 y Figura 5), se presentaron precipitaciones acumuladas superiores a 180 mm de lámina de lluvia en 24 h hasta la fecha mencionada.

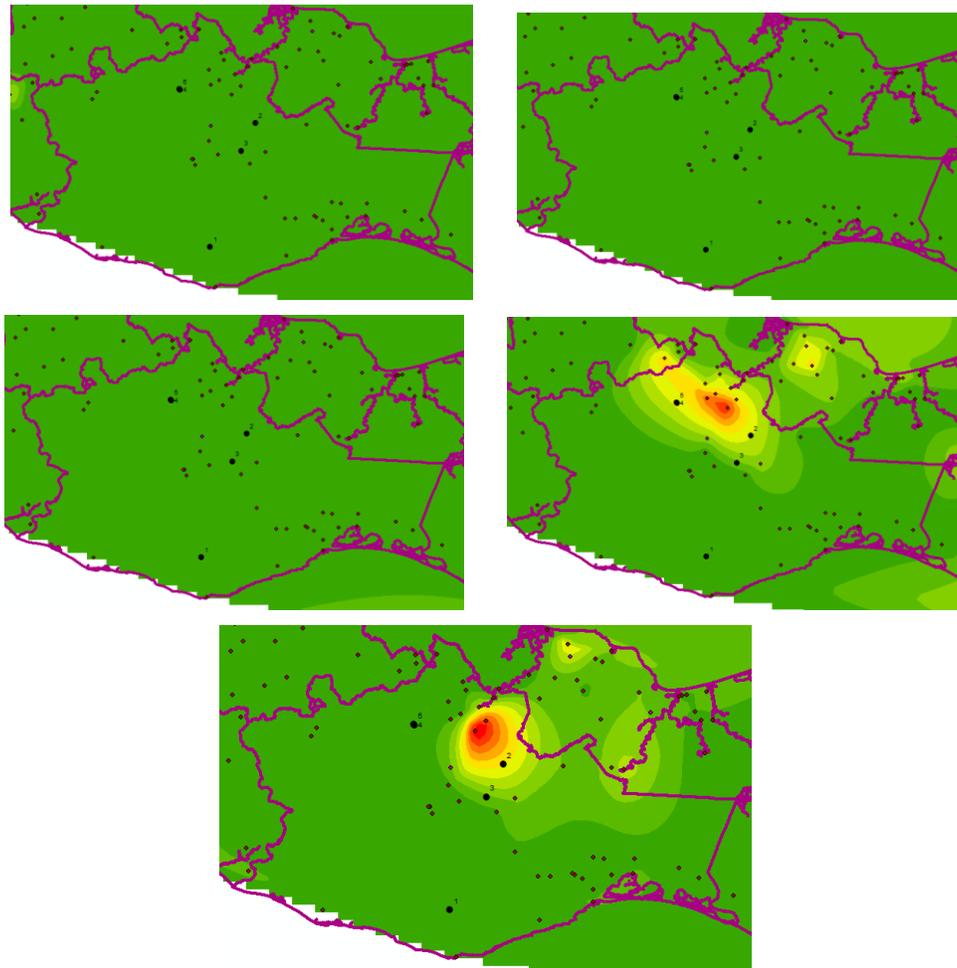
*Tabla 6 Casos de inestabilidad de laderas producidos por la baja presión asociada con los remanentes del huracán Nana en el estado de Oaxaca*

NÚMERO DE CASOS	FECHA	LONGITUD	LATITUD	MUNICIPIO	FUENTE
1	05/09/2020	-96.53481	16.11061	San Agustín Loxicha	Declaratoria
2	05/09/2020	-96.03773	17.46777	San Juan Petlapa	Declaratoria
3	05/09/2020	-96.19584	17.16380	San Mateo Cajonos	Declaratoria
4	05/09/2020	-96.86754	17.83347	Concepción Pápalo	Declaratoria
5	05/09/2020	-96.86979	17.83727	Concepción Pápalo	Declaratoria

*Tabla 7 Datos de lámina de lluvia en 24 h del primero al 5 de septiembre en los casos de inestabilidad de laderas reportados por la presencia de la baja presión asociada con los remanentes del huracán Nana en el estado de Oaxaca*

FECHA	NÚMERO DE CASO				
	1	2	3	4	5
01/09/2020	1.25	0.15	0.61	2.05	1.98
02/09/2020	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03/09/2020	0.00	1.22	0.01	0.00	0.00
04/09/2020	0.05	34.99	15.33	36.51	36.50
05/09/2020	9.08	151.36	54.81	8.76	8.49
SUMA	10.38	187.72	70.76	47.32	46.97





*Figura 5 Mapas diarios de precipitación acumulada obtenidos a partir de datos interpolados del Servicio Meteorológico Nacional del primero al 5 de septiembre en el estado de Oaxaca*

### **Bandas nubosas asociadas a la tormenta tropical Beta**

En el caso de las bandas nubosas asociadas a la tormenta tropical Beta, se cuantificaron cinco casos de inestabilidad de laderas en el estado de Oaxaca el 19 de septiembre (Tabla 8), de acuerdo con datos del Servicio Meteorológico Nacional (Tabla 9 y Figura 6), se presentaron precipitaciones acumuladas superiores a 300 mm de lámina de lluvia en 24 h en la fecha mencionada.



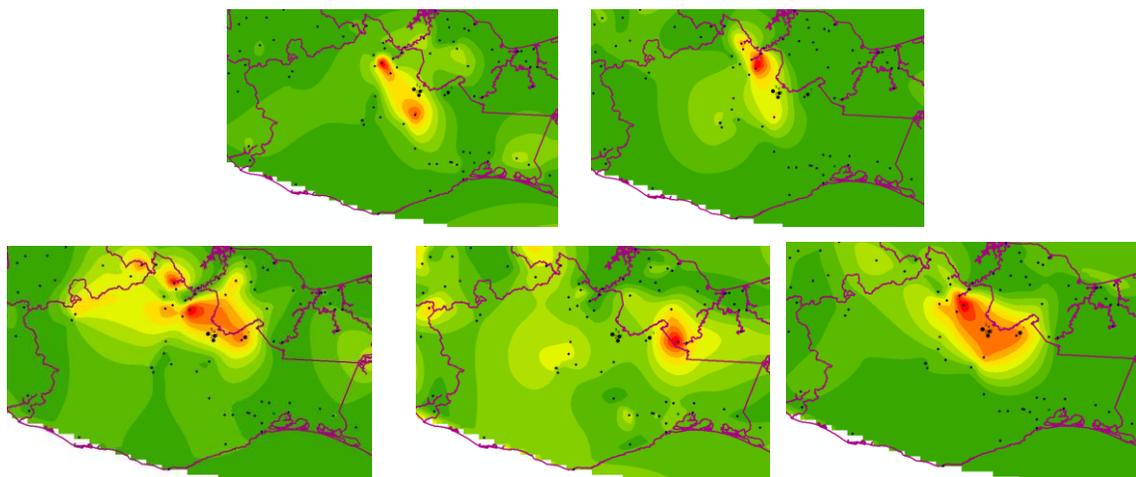


*Tabla 8 Casos de inestabilidad de laderas producidos por las bandas nubosas asociadas a la tormenta tropical Beta en el estado de Oaxaca*

NÚMERO DE CASOS	FECHA	LONGITUD	LATITUD	MUNICIPIO	FUENTE
1	19/09/2020	-95.42694	17.49028	San Juan del Río	Declaratoria
2	19/09/2020	-95.94083	17.53583	San Juan del Río	Declaratoria
3	19/09/2020	-95.94333	17.53750	San Juan del Río	Declaratoria
4	19/09/2020	-95.85284	17.50746	San Juan Lalana	Twitter
5	19/09/2020	-95.87047	17.44655	San Juan Lalana	Twitter

*Tabla 9 Datos de lámina de lluvia en 24 h del 15 al 19 de septiembre en los casos de inestabilidad de laderas reportados por la presencia de las bandas nubosas asociadas a la tormenta tropical Beta en el estado de Oaxaca*

FECHA	NÚMERO DE CASO				
	1	2	3	4	5
15/09/2020	5.60	72.15	71.82	64.28	74.18
16/09/2020	0.27	67.50	67.76	59.12	62.08
17/09/2020	70.03	59.88	60.10	59.78	52.44
18/09/2020	39.93	26.91	26.75	27.20	26.82
19/09/2020	107.35	113.99	114.13	112.13	114.38
SUMA	223.18	340.43	340.56	322.51	329.90



*Figura 6 Mapas diarios de precipitación acumulada obtenidos a partir de datos interpolados del Servicio Meteorológico Nacional del 15 al 19 de septiembre en el estado de Oaxaca*





## Frente frío núm. 4

En el caso del frente frío Núm. 4, se cuantificaron 10 casos de inestabilidad de laderas en el estado de Chiapas entre el 30 de septiembre y el 4 de octubre (Tabla 10), de acuerdo con datos del Servicio Meteorológico Nacional (Tabla 11 y Figura 7), se presentaron precipitaciones acumuladas superiores a 200 mm y de hasta 500 mm de lámina de lluvia en 24 h en el periodo mencionado.

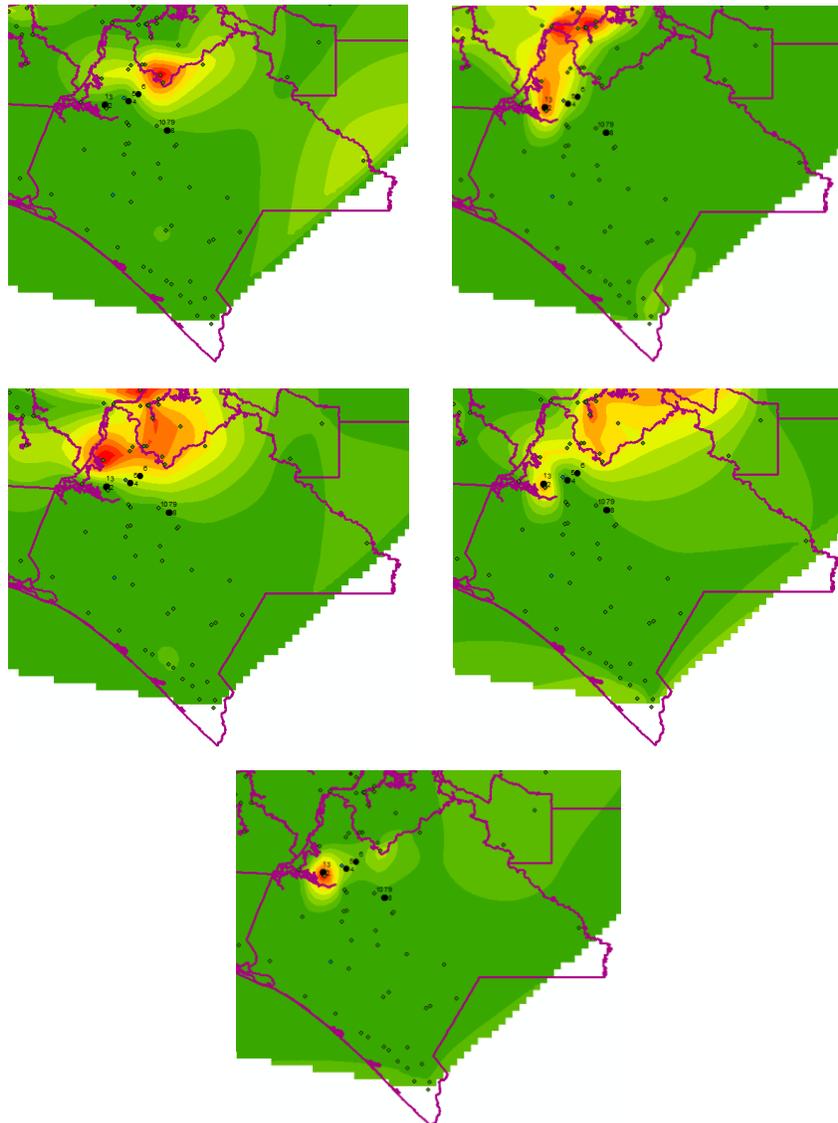
*Tabla 10 Casos de inestabilidad de laderas producidos por el frente frío Núm. 4 en el estado de Chiapas*

NÚMERO DE CASOS	FECHA	LONGITUD	LATITUD	MUNICIPIO	FUENTE
1	01/10/2020	-93.33732	17.16090	Tecpatán	Twitter
2	01/10/2020	-93.34734	17.15451	Tecpatán	Twitter
3	01/10/2020	-93.34281	17.15698	Tecpatán	Twitter
4	02/10/2020	-93.10241	17.19358	Tapalapa	Twitter
5	02/10/2020	-93.10629	17.19321	Tapalapa	Twitter
6	03/10/2020	-93.00694	17.26417	Tapilula	Twitter
7	04/10/2020	-92.70492	16.89751	Larráinzar	Twitter
8	04/10/2020	-92.70889	16.89743	Larráinzar	Twitter
9	04/10/2020	-92.70656	16.89747	Larráinzar	Twitter
10	04/10/2020	-92.70938	16.89740	Larráinzar	Twitter

*Tabla 11 Datos de lámina de lluvia en 24 h del 30 de septiembre al 04 de octubre en los casos de inestabilidad de laderas reportados por la presencia del frente frío Núm. 4 en el estado de Chiapas*

FECHA	NÚMERO DE CASO									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30/09/2020	8.01	6.92	7.44	11.04	9.66	46.18	15.22	15.08	15.20	15.08
01/10/2020	154.92	158.87	156.87	68.86	70.53	52.26	8.16	8.20	8.18	8.20
02/10/2020	25.95	21.38	23.74	60.42	60.13	82.00	19.19	18.81	18.82	18.44
03/10/2020	139.31	146.15	143.85	12.37	11.79	49.70	22.45	21.68	22.13	21.68
04/10/2020	207.07	219.60	218.30	68.92	70.46	50.47	14.36	13.75	14.07	13.75
SUMA	535.26	552.92	550.20	221.61	222.57	280.61	79.38	77.52	78.40	77.15





*Figura 7 Mapas diarios de precipitación acumulada obtenidos a partir de datos interpolados del Servicio Meteorológico Nacional del 30 de septiembre al 04 de octubre en el estado de Chiapas*

### **Ciclón-depresión tropical Eta y la presencia de una masa de aire frío**

En el caso de la depresión tropical Eta y la presencia de una masa de aire frío, se cuantificaron 30 casos de inestabilidad de laderas en el estado de Chiapas entre el primero y el 06 de noviembre (Tabla 12), de acuerdo con datos del Servicio Meteorológico Nacional (Tabla 13 y Figura 8), se presentaron precipitaciones acumuladas superiores a 400 mm de lámina de lluvia en 24 h en el periodo mencionado.





**Tabla 12 Casos de inestabilidad de laderas producidos por el ciclón-depresión tropical Eta y la presencia de una masa de aire frío en el estado de Chiapas**

NÚMERO DE CASOS	FECHA	LONGITUD	LATITUD	MUNICIPIO	COMUNIDAD	FUENTE
1	01/11/2020	-92.31833	17.27361	Tumbalá	Tramo Tumbalá-Joljamil	Twitter
2	01/11/2020	-92.32583	17.34083	Tumbalá	Tramo Crucero Bambú-Esperanza Porvenir	Twitter
3	02/11/2020	-92.71548	16.94093	Santiago el Pinar	Tramo Santiago el Pinar-Larráinzar	Declaratoria
4	02/11/2020	-92.27888	17.10633	Chilón	Tramo Edén-Guaquitepec	Declaratoria
5	02/11/2020	-93.23945	17.48797	Sunuapa	Tramo Sunuapa-Santa Cruz	SPC Chiapas
6	02/11/2020	-93.23994	17.48972	Sunuapa	Tramo Sunuapa-Espejo	SPC Chiapas
7	02/11/2020	-93.07611	17.24778	Pantepec	Laguna Grande	SPC Chiapas
8	02/11/2020	-93.07795	16.90159	Ixtacomitán	Tramo Ixtacomitán-Matamoros 2da Sección	SPC Chiapas
9	02/11/2020	-92.14095	16.68756	Chanal	Tramo Naranjal-La Mendoza	SPC Chiapas
10	02/11/2020	-92.68755	16.91880	Aldama	Tramo Coco-Tabac	SPC Chiapas
11	02/11/2020	-92.68716	16.91928	Aldama	Tramo Xuxchén-Coco	SPC Chiapas
12	02/11/2020	-92.68691	16.91782	Aldama	Tramo Aldama-Tzelejpobtic	SPC Chiapas
13	02/11/2020	-92.27243	17.10468	Chilón	Tramo Cojtomil-Guadalupe Paxila	Declaratoria
14	02/11/2020	-92.27129	17.10707	Chilón	Tramo Cojtomil-Guadalupe Paxila	Declaratoria
15	02/11/2020	-92.27626	17.10633	Chilón	Tramo Refugio-Pojcol	Declaratoria
16	02/11/2020	-92.27021	17.10462	Chilón	Tramo Bachajón-Edén	Declaratoria
17	03/11/2020	-93.00888	17.36270	Solosuchiapa	Tramo Villahermosa-Escopetazo	Twitter
18	03/11/2020	-92.85042	17.34464	Amatán	Comunidad La Granja	SPC Chiapas
19	05/11/2020	-93.01858	17.23669	Ixhuitán	Tramo Tapilula-Rayón	Visitado
20	06/11/2020	-93.04100	17.42694	Solosuchiapa	Tramo Solosuchiapa-Ixtacomitán	Visitado
21	06/11/2020	-93.00653	17.35464	Solosuchiapa	Tramo Solosuchiapa-Ixhuitán	Visitado
22	06/11/2020	-92.99611	17.38978	Solosuchiapa	Camino a Ejido Álvaro Obregón	Visitado
23	06/11/2020	-93.01658	17.37669	Solosuchiapa	Puente El Chiapaneco	Visitado
24	06/11/2020	-93.01489	17.21400	Tapilula	Tramo Tapilula-Rayón	Visitado
25	06/11/2020	-93.37569	17.37236	Ostuacán	Cerca cauce río Grijalva	Visitado
26	06/11/2020	-93.00422	17.28650	Ixhuitán	Cerca cabecera municipal	Visitado
27	06/11/2020	-92.37406	17.09853	Chilón	Tacuba Nueva	Visitado
28	06/11/2020	-92.05639	17.11522	Chilón	Ramosil	Visitado
29	06/11/2020	-92.23567	15.47219	La Grandeza	Al sur de la comunidad La Grandeza	Visitado
30	06/11/2020	-92.21042	15.50206	La Grandeza	Al este de la comunidad La Grandeza	Visitado

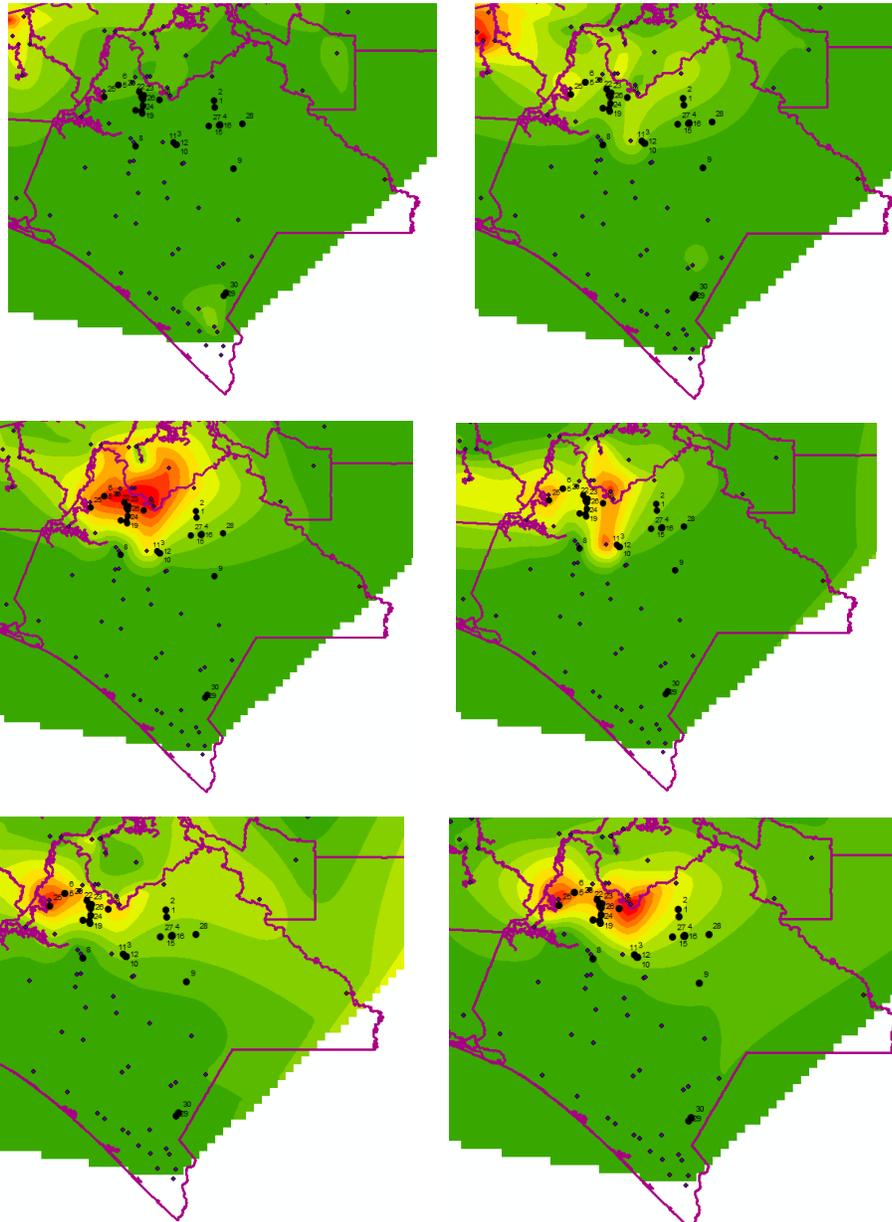
**Tabla 13 Datos de lámina de lluvia en 24 h del primero al 06 de noviembre en los casos de inestabilidad de laderas reportados por la presencia del ciclón-depresión tropical Eta y la presencia de una masa de aire frío en el estado de Chiapas**

FECHA	NÚMERO DE CASO																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
01/11/2020	3.85	3.87	4.54	3.84	17.09	16.99	7.62	1.12	5.46	3.40	3.42	3.42	3.86	3.88	3.85	3.88	11.18	9.05	7.65	13.21
02/11/2020	40.35	45.95	43.23	28.28	66.72	66.70	43.54	11.85	9.11	35.46	36.18	35.71	27.97	28.29	28.21	28.06	49.27	52.78	44.33	51.70
03/11/2020	40.93	46.38	42.97	28.83	92.10	90.26	67.28	8.66	8.53	35.04	37.65	36.20	28.48	28.65	28.74	28.39	88.88	93.45	68.65	97.92
04/11/2020	6.79	7.58	14.76	4.53	16.59	15.99	12.00	3.18	0.82	11.71	12.07	11.48	4.45	4.46	4.51	4.43	14.58	18.93	13.06	14.42
05/11/2020	19.35	20.39	14.93	16.28	45.70	44.12	26.88	2.16	8.43	13.86	14.12	14.08	16.21	16.26	16.27	16.21	31.36	32.82	25.41	33.90
06/11/2020	105.24	115.69	92.57	82.00	198.96	195.99	129.38	25.90	37.25	83.13	83.73	83.76	81.18	81.27	81.76	80.94	176.91	230.54	142.92	180.54
SUMA	216.51	239.86	213.00	163.76	437.16	430.05	286.70	52.87	69.60	182.60	187.17	184.65	162.15	162.81	163.34	161.91	372.18	437.57	302.02	391.69





FECHA	NÚMERO DE CASO									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
01/11/2020	10.66	11.71	11.47	6.98	15.41	8.76	3.48	4.96	14.65	12.88
02/11/2020	48.97	50.13	49.79	42.97	78.14	46.52	30.18	22.26	3.97	4.45
03/11/2020	87.39	93.12	90.55	65.29	74.19	77.13	31.79	22.95	0.13	0.16
04/11/2020	14.51	15.01	14.52	12.94	19.65	13.97	5.57	2.94	0.18	0.20
05/11/2020	30.88	32.26	32.03	23.86	49.57	27.95	16.47	16.43	1.83	2.20
06/11/2020	175.97	184.98	177.89	135.18	206.00	161.27	89.47	65.64	8.78	10.63
SUMA	368.38	387.21	376.25	287.22	442.96	335.60	176.96	135.18	29.54	30.52



*Figura 8 Mapas diarios de precipitación acumulada obtenidos a partir de datos interpolados del Servicio Meteorológico Nacional del primero al 06 de noviembre en el estado de Chiapas*





## INDICES DE MARGINACIÓN EN MUNICIPIOS DE CHIAPAS Y OAXACA

De acuerdo con el Consejo Nacional de Población (2021) el índice de marginación es una medida-resumen que permite diferenciar los estados y municipios del país según el impacto general de las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas.

La construcción del índice de marginación toma como base la información censal generada por el país por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), precisamente en los temas de educación, vivienda, distribución territorial e ingresos de la población. Gracias a esto, el Consejo Nacional de Población (CONAPO) ha podido estimar este índice para 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 y 2015. Para 2020, y a pesar de la epidemia de la COVID-19, el INEGI levantó el Censo de Población y Vivienda 2020 durante el mes de marzo y publicó los resultados definitivos del cuestionario básico a inicio del 2021, y en marzo los del cuestionario ampliado. Con esta nueva información, en el primer trimestre de 2021, se inició el trabajo de actualización del índice de marginación por entidad federativa y municipio 2020.

En este nuevo ejercicio se decidió cambiar de técnica estadística para su estimación. El nuevo modelo estadístico ofrece resultados similares a los ejercicios anteriores, estadísticamente es robusto y presenta múltiples bondades matemáticas. Una de sus principales ventajas, consiste en que los resultados de cada medición podrán ser comparables en el tiempo y entre unidades geográficas, incluso, permite valorar las brechas temporales y territoriales de manera directa, algo que no era posible con los resultados generados con el Análisis de Componentes Principales.

En el mapa de grado de marginación por municipio (Figura 9), se sobrepusieron los municipios en los que se documentaron casos de inestabilidad de laderas en los estados de Oaxaca y de Chiapas.

La mayor parte de los casos de inestabilidad de laderas reportados se presentaron en municipios de Muy Alto grado de marginación, 10 municipios se encontraron en Alto y únicamente seis en Medio.

De acuerdo con el Consejo Nacional de Población (2021) el índice de marginación es una medida-resumen que permite diferenciar los estados y municipios del país según el impacto general de las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas.

Aunque los estados de Chiapas y Oaxaca tienen de acuerdo con Domínguez et al, (2017), umbrales medios de 243 y 182 mm de lámina de lluvia en 24 h que generan deslizamientos, la marginación tanto en viviendas como en infraestructura, los vuelven entidades con mayor vulnerabilidad y riesgo a la ocurrencia de fenómenos de inestabilidad de laderas. Tienen que presentarse en general lluvias superiores a 200 mm para que se empiecen a manifestar de manera significativa estos procesos en comunidades y vías de comunicación.

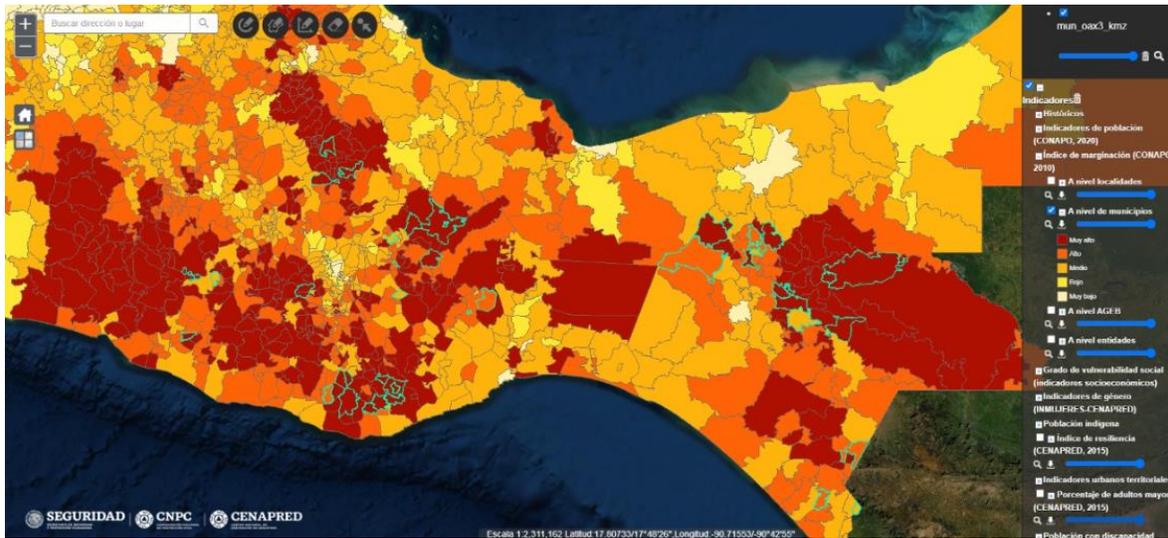


Figura 9 Sobre posición de municipios en donde se documentaron casos de inestabilidad de laderas al mapa municipal de grado de marginación de Consejo Nacional de Población (2020)

## CONCLUSIONES

La determinación de umbrales de lluvia y su integración a un sistema de alerta temprana tiene grandes beneficios en la toma de decisiones, y contribuye al fortalecimiento del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC). De acuerdo con el trabajo desarrollado por (Domínguez et. al, 2017), se propusieron tres niveles o rangos de valores límite de precipitación para los cuales pueden ocurrir fenómenos de inestabilidad de laderas, Medio, Alto y Muy Alto. Como ya se indicó, al rebasarse ese valor del primer caso (medio), podrían presentarse caídos de roca y/o deslizamientos de tierra con volúmenes pequeños y moderados, principalmente en cortes carreteros. Al rebasarse el segundo nivel (alto), podría presentarse al menos un deslizamiento de dimensión y volumen grande, con daños considerables si el evento sucede en una zona poblada. Finalmente, si se rebasa el tercer nivel (muy alto), podrían presentarse varios deslizamientos de dimensión y volumen grande, cuyos efectos tendrían consecuencias devastadoras si suceden en zonas urbanas o rurales.

De los umbrales de lluvia que generan deslizamientos definidos por (Domínguez et. al, 2017), se estableció que para los estados de Chiapas y Oaxaca se tienen valores límite de 243 y 182 mm, respectivamente, de lámina de lluvia en 24 h, a partir de los cuales pueden presentarse caídos de roca y/o deslizamientos de tierra con volúmenes pequeños y moderados, principalmente en cortes carreteros. De acuerdo con las estadísticas de casos documentados obtenidas en el presente informe, se corroboró la pertinencia de estos valores, ya que con lluvias acumuladas del orden de 200 mm, en 24 y 48 h, se registraron numerosos casos de inestabilidad de laderas en vías de comunicación.

El motivo de que existan variaciones en los valores de umbrales de lluvia que detonan fenómenos de inestabilidad de laderas, es que se tienen variaciones en los factores involucrados, como el uso de suelo, las características geológicas del terreno y factores de





origen antrópico, como la presencia de fugas de agua, deforestación, cortes mal ejecutados, vibraciones en el terreno, etc.

Cabe señalar que los umbrales de lluvia son utilizados cada año en el CENAPRED, como referentes en las Notas Técnicas de alertamiento que se realizan para informar a las autoridades estatales y municipales de Protección Civil, de las posibilidades de que se presenten fenómenos de inestabilidad de laderas, según los pronósticos de lluvia del Servicio Meteorológico Nacional. Con este procedimiento, el CENAPRED cumple con una de sus funciones respecto a la investigación de condiciones críticas y el uso de los resultados de estas investigaciones en las acciones de prevención.

Para verificar o modificar los umbrales de lluvia aquí discutidos, es necesario que los municipios y los estados de la república, mantengan un monitoreo constante de los casos de inestabilidad de laderas que se susciten en sus comunidades y se obtenga información de las estaciones de lluvia cercanas a las zonas de inestabilidad. Con ello, estará en posibilidad de mejorar o modificar los umbrales aquí analizados.

Por otra parte, con fines de protección civil y prevención de desastres, es importante que en municipios de alta marginación se establezcan planes preventivos ante el pronóstico de eventos meteorológicos capaces de generar lluvias extraordinarias que detonen fenómenos de inestabilidad de laderas. En este sentido, se tienen que mejorar los canales de comunicación entre las autoridades y la población en general para que el alertamiento sea eficaz.

Cabe señalar que la inestabilidad de laderas es un fenómeno multifactorial, en el cual existen factores humanos que pueden incidir en su ocurrencia, es decir, no solamente se encuentra implicada la cantidad de lluvia pronosticada en un determinado municipio, sino también variables antrópicas como por ejemplo las fugas de agua, las sobrecargas y los cortes en el terreno.

Se debe también inculcar a la población a identificar síntomas de inestabilidad en laderas y taludes, como es el caso de la presencia de agrietamientos, escarpes e falla, inclinación de árboles y cercas, hundimientos en el terreno, etc. Es decir, en sitios con especial propensión, para fortalecer la prevención, es necesaria una adecuada difusión acerca del origen e impacto de estos fenómenos, a fin de salvar vidas, viviendas e infraestructura en general en municipios de alto grado de marginación, como es el caso de los estados de Chiapas y Oaxaca.

## REFERENCIAS

Brand, E., (1985), "Predicting the performance of residual soil slopes", Proc. 11th Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engrg., San Francisco, Balkema, Vol. 5, pp. 2541-2578.

Flores F., (2013), "Tarjeta Informativa", Subsecretaría de Protección Civil Estatal, Chilpancingo, Guerrero, 5 p.

"Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México", (2001), Secretaría de Gobernación. CENAPRED, México, 225 p.



**SEGURIDAD**

SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



**CNPC**

COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL



**CENAPRED**

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES

Domínguez L., (2011), "Mapa preliminar de peligros por deslizamientos de laderas", Secretaría de Gobernación, CENAPRED, México, 6 p.

Domínguez L., González A., Nieto A. y Hernández A., (2016), "Análisis geológico y geotécnico de las afectaciones sucedidas por deslizamientos, flujos de escombros y desbordamiento de ríos en diversas localidades de la Sierra Norte de Puebla afectadas por la depresión tropical Earl", CENAPRED, México, 71 p.

Domínguez L., González A. y Nava G., (2017), "Análisis de umbrales de lluvia que detonan deslizamientos en México y sus posibles aplicaciones a un Sistema de Alerta Temprana por Inestabilidad de Laderas: SIAT-LADERAS", Resúmenes de la Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana, 22 al 27 de octubre, Puerto Vallarta, Jalisco, México.

"Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos", (2006), Fenómenos Geológicos, CENAPRED, México. 280 p.

Consejo Nacional de Población (2021), "Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2020", Nota técnica, Secretaría de Gobernación, México, 15 p.

---

Elaboró

Alberto Enrique González Huesca

---

Colaboró y revisó

Leobardo Domínguez Morales

---

Aprobó

Carlos Gutiérrez Martínez

Av. Delfín Madrigal No. 665, Col. Pedregal de Santo Domingo, Alcaldía  
Coyoacán, Ciudad de México. Tel: 5511036000 ext. 72019, [www.gob.mx/cenapred](http://www.gob.mx/cenapred)

Avisos de privacidad en <https://www.gob.mx/cenapred/es/documentos/avisos-de-privacidad-del-cenapred>

Página 26 de 26

