

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS
Y
ARTES DE CHIAPAS**

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA EN GEOMÁTICA

TESIS PROFESIONAL

**CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS GRAVITACIONALES EN EL
TRAMO CARRETERO CHICOASÉN-COPAINALÁ, PARA LA
GENERACIÓN DE UN MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO EN GEOMÁTICA

PRESENTA

BRENDA JASMÍN NÚÑEZ GONZÁLEZ.

DIRECTOR

DR. JORGE ANTONIO PAZ TENORIO

CODIRECTOR

DR. FRANCISCO FÉLIX DOMÍNGUEZ SALAZAR





Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Dirección de Servicios Escolares
Departamento de Certificación Escolar
Autorización de impresión



Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Fecha: 17 de marzo 2020

C. Brenda Jasmín Núñez González

Pasante del Programa Educativo de: Ingeniería en Geomática

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

"Caracterización de procesos gravitacionales del tramo carretero Chicoasén – Copainalá, para la generación de un mapa de susceptibilidad"

En la modalidad de Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Dr. Mauro Moreno Corzo

Mtro. Benito Javier Villanueva Domínguez

Dr. Jorge Antonio Paz Tenorio

Firmas:

C.c.p. Expediente

Agradecimientos y Dedicatorias

Agradezco a Dios por que en todo momento está conmigo, por las bendiciones que Él me da día con día, por permitirme llegar hasta este momento de mi vida, por no permitir que me rindiera, por darme fortaleza en los momentos difíciles, por poner en camino personas que me han ayudado y puesto su confianza en mí.

A mis padres Teófilo y Martha que con trabajo y esfuerzo me han dado lo mejor de ellos, por hacerme sentir amada mostrando el cariño y comprensión, Gracias por estar siempre a mi lado y de apoyarme en cada una de las decisiones que he tomado en mi vida.

A mis Directores de Tesis que con su dedicación y pasión a su profesión me han dado la motivación de seguir adelante con esta investigación, ya que sin su ayuda no habría sido posible terminar este proyecto, gracias por tener paciencia y compartir sus conocimientos, gracias por ayudarme y animarme para seguir no solo con la investigación si no ser una mejor persona.

A mis hermanos que siempre hemos estados unidos no solo en los momentos felices, sino que también en los momentos difíciles gracias por mostrar su hermandad en la alegría y en la tristeza por demostrar que podemos confiar entre nosotros, por darme ánimos de seguir adelante.

Agradezco a la Universidad (UNICACH) por haberme aceptado ser parte de ella y abierto sus puertas, por darme la oportunidad de conocer a los profesores personas preparadas que con su conocimiento me han ayudado a ver el mundo de una manera diferente.

Agradezco a mi Novio que ha estado siempre a mi lado, por la ayuda que me ha brindado, no todo fue fácil al realizar esta investigación, sin embargo, siempre me dió la esperanza diciéndome que lo lograría.

Agradezco a mis Compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, compañeros de clases que estuvieron 4 años a mi lado apoyándome, siempre los recordaré y llevaré conmigo buenos momentos y experiencias.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I.....	10
1.1.- Planteamiento del problema.....	10
1.2.- Justificación del estudio.....	10
1.3.- Antecedentes	11
1.4.- Objetivos.....	17
1.4.1.- General.....	17
1.4.2.- Específicos.....	17
1.5.- Hipótesis	17
CAPÍTULO II	18
2.1.- Marco teórico.....	18
2.2.- Clasificación.....	18
2.2.1.- Caídos o derrumbes	19
2.2.2.- Flujos	19
2.2.2.1.- Flujos de lodo.....	19
2.2.2.2.- Flujos o avalancha de detritos.....	20
2.2.2.3.- Lahares.....	20
2.2.3.- Deslizamientos	20
2.2.3.1.- Rotacionales	21
2.2.3.2.-Traslacionales	21
2.2.4.- Expansiones o desplazamientos laterales	22
2.2.5.- Movimientos complejos	22
2.3.- Peligro.....	22
2.4.- Susceptibilidad.....	23
2.5.- Método heurístico.....	24
CAPÍTULO III.....	25
CARACTERÍSTICAS NATURALES Y SOCIALES	25
3.1.- Localización de la zona de estudio.....	25
3.2.- Población	25
3.3.- Topografía.....	27
3.4.- Pendiente	29

3.5.- Hidrología.....	31
3.6.- Geología.....	33
3.7.- Edafología.....	35
3.8.- Uso del Suelo y Vegetación.....	37
3.9.- Clima.....	39
3.10.- Lluvia como factor detonante.....	41
CAPÍTULO IV.....	43
METODOLOGÍA.....	43
4.1.- Trabajo de gabinete.....	43
4.2.- Trabajo de campo.....	43
4.2.1.- Materiales.....	44
4.2.1.1.- Cinta.....	44
4.2.1.2.- Brújula.....	44
4.2.1.3.- Navegador GPS Garmin 78 s.....	45
4.3.- Uso de la cinta.....	46
4.4.- Uso de la brújula y clinómetro.....	47
4.5.- Uso del navegador GPS Garmin 78 s.....	48
4.6.- Cálculo de la altura de talud.....	48
4.7.- Integración de información para la caracterización de los PG en taludes.....	49
4.8.- Mapa de Densidad de Drenaje.....	52
4.9.- Elaboración del mapa de susceptibilidad a PG.....	54
4.9.1.- Generar un centroide.....	61
CAPÍTULO V.- Resultados.....	63
CAPÍTULO VI. - Discusión.....	68
CAPÍTULO VII.- Conclusiones.....	68
CAPÍTULO VIII.- Recomendaciones.....	69
BIBLIOGRAFÍA.....	70
ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

No	TÍTULO	PAG
1	Flujo de detritos; (Google Earth, 2004).....	12
2	Caídos; (Google Earth, 2004).....	12
3	Caídos y Flujos de detritos; (Google Earth, 2004).....	13
4	Flujo de detritos y Caído; (Google Earth, 2004).....	13
5	Flujo de detritos; (Foto: Juan Carlos Calderón, 2010).....	14
6	Carretera Chicoasén-Copainalá; (Tipo de geología) (Paz, 2013).....	14
7 y 8	Caídos, tramo carretero Copainalá-Chicoasén; (Fuente: Propia).....	15
9	Caídos; (Fuente: Propia, trabajo de campo, 10/02/2019).....	16
10	Los caídos o derrumbes ocurren con frecuencia en las carreteras; (CENAPRED, 2008).....	19
11	Esquema de un caído o derrumbe; (CENAPRED, 2008).....	19
12	Esquema del deslizamiento; (CENAPRED, 2008).....	19
13	Flujo de tierra o suelo en materiales arcillo-arenosos; (CENAPRED, 2008).....	20
14	Lahar en el volcán Casitas, Nicaragua ocasionado por el Huracán Mitch. Más de 2000 personas perdieron la vida en este desastre; (CENAPRED, 2008).....	20
15	Esquema de un deslizamiento; (CENAPRED, 2008).....	20
16	Deslizamiento rotacional la Conchita, en California; (CENAPRED, 2008).....	21
17	Deslizamiento traslacional; (CENAPRED, 2008).....	21
18	Flujo deslizante en la Sierra Norte de Puebla ocasionadas por las lluvias de octubre de 1999; (CENAPRED, 2008).....	22
19	Mapa de Ubicación de Copainalá- Chicoasén; (Fuente: Elaboración propia).....	26
20	Mapa Topográfico Copainalá- Chicoasén; (Fuente: Elaboración propia).....	28
21	Mapa de Pendiente de Copainalá- Chicoasén; (Fuente: Elaboración propia).....	30
22	Mapa Hidrográfico de Copainalá- Chicoasén; (Fuente: Elaboración propia).....	32
23	Mapa Geológico de Copainalá- Chicoasén; (Fuente: Elaboración propia).....	34
24	Mapa Edafológico de Copainalá- Chicoasén; (Fuente: Elaboración propia).....	36
25	Mapa Uso de Suelo y Vegetación de Copainalá- Chicoasén; (Fuente: Elaboración	

	propia).....	38
26	Mapa de Clima de Copainalá- Chicoasén; (Fuente: Elaboración propia).....	40
27	Caídos; (Fuente: Propia, 17/03/2019)	42
28	Flujo de lutitas; (Fuente: Propia, 17/03/2019)	42
29	Cinta de fibra; (Fuente: Propia)	44
30	Brújula; (Fuente: Propia).....	44
31	Navegador GPS; (Fuente: Propia).....	45
32	Medición con cinta; (Fuente: Propia, trabajo de campo, 10/02/2019).....	46
33	Medición del ángulo con la brújula; (Fuente: Propia, trabajo de campo, 2019).....	47
34	Medición de la altura del talud; (Fuente: Propia, trabajo de campo, 10/02/2019)....	48
35	Mapa de Puntos de Verificación; (Fuente: Elaboración propia).....	51
36	Mapa de Densidad de Drenaje; (Fuente: Elaboración propia).....	53
37	Creación de la retícula; (Fuente: Propia).....	54
38	Recorte de las variables; (Fuente: Propia)	55
39	Cálculo de área; (Fuente: Propia)	55
40	Mapa de susceptibilidad a PG con la identificación de cada celda; (Fuente: Elaboración propia).....	59
41	Mapa de susceptibilidad a PG con el valor numérico de la susceptibilidad; (Fuente: Elaboración propia).....	60
42	Interpolación de los valores con la herramienta <i>spline</i> ; (Fuente: Propia).....	61
43	Mapa de susceptibilidad Chicoasén - Copainalá; (Fuente: Elaboración propia)	62
44	Talud No 29; (Tomada con Phantom 4 Pro + por Paz, 2019).....	65
45 y 46	Modelos 3D del punto No 29 generados con dron Phantom 4 Pro+; (Elaboró: Paz, diciembre 2019).....	66
47	Mapa de Susceptibilidad a Procesos Gravitacionales; (Fuente: Elaboración propia).....	67
48	Talud No 29, Rocas: conglomerado-lutita-caliza; (Fuente: Propia).....	73
49	Talud No 15, Caídos; (Fuente: Propia).....	73
50	Talud No 41; (Fuente: Propia).....	73

51	Talud No 20, Roca: lutita- caliza; (Fuente: Propia)	73
52	Talud No 40, Caídos; (Fuente: Propia, 18/05/2019).....	73

ÍNDICE DE GRÁFICAS

No	TÍTULO	PAG
1	Climograma (Estación 7069) Grijalva Chicoasén, periodo 1965-2003; (CONAGUA, 2018).....	41
2	Climograma (Estación 7366) Grijalva (CFE), Chicoasén, periodo 1981-2016; (CONAGUA, 2018).....	41
3	Climograma (Estación 7027) Copainalá, Copainalá, periodo 1927-2012; (CONAGUA, 2018).....	42
4	Clasificación por el tipo de roca; (Fuente: Elaboración propia)	64
5	Clasificación por la altura del talud; (Fuente: Elaboración propia)	64
6	Clasificación por el grado de susceptibilidad; (Fuente: Elaboración propia)	64

ÍNDICE DE TABLA

No	TÍTULO	PAG
1	Escala de los movimientos de ladera; (CENAPRED, 2001).....	24
2	Integración de datos de campo; (Fuente: Elaboración propia).....	50
3	Cálculo de las variables predominantes en cada celda de 1 km ² ; (Fuente: Elaboración propia).....	56
4	Orden de las variables; (Fuente: Elaboración propia).....	57
5	Ponderación Geológica; (Fuente: Elaboración propia).....	57
6	Ponderación de Pendiente; (Fuente: Elaboración propia).....	57
7	Ponderación de Densidad de Drenaje; (Fuente: Elaboración propia).....	57
8	Ponderación Edafológica; (Fuente: Elaboración propia).....	58
9	Ponderación Uso de Suelo y Vegetación; (Fuente: Elaboración propia).....	58
10	Ponderación Puntos de Verificación; (Fuente: Elaboración propia).....	58
11	Nivel de Susceptibilidad; (Fuente: Elaboración propia).....	58

12	Grado de susceptibilidad del tramo carretero Copainalá – Chicoasén; (Fuente: Elaboración propia).....	63
13	Corte de talud recomendable; (Castillo, 2005).....	69
14	Datos de campo y de gabinete de los puntos de verificación; (Fuente: Elaboración propia).....	78
15	Datos para la elaboración del mapa de susceptibilidad; (Fuente: Elaboración propia).....	96

INTRODUCCIÓN

La inestabilidad de una ladera es un fenómeno natural que ocurre cuando se pierde el equilibrio de los materiales que la componen y estos se desplazan por acción de la gravedad (CONAPROC, 2016), de ahí el término Procesos Gravitacionales (PG). Suelen afectar a un gran número de personas en el mundo; consisten básicamente en el transporte por fuerza de gravedad de material de diferente naturaleza a partir de planos de debilidad o de falla de corte, generándose un relleno en las partes más bajas que puede dañar o sepultar a personas, viviendas, vías de comunicación y zonas de cultivo. Las vías terrestres, entre ellas las carreteras, no son ajenas a daños de este tipo, impactando en la movilidad de personas, mercancías y llegando a aislar por algún tiempo a diferentes centros de población.

La carretera Chicoasén–Copainalá, localizada en la parte centro-occidente del estado de Chiapas, sufre y ha sufrido el impacto negativo de estos fenómenos, debido principalmente a las condiciones ambientales que prevalecen (geología, tipo de suelo, pendientes, presencia o ausencia de cubierta vegetal y cantidad de ríos y arroyos, entre otros), esto sumado a la acción de agentes considerados como detonadores (lluvias intensas, sismicidad, obra civil, principalmente). Ambos factores (condicionantes y detonadores) se identifican y se representan cartográficamente. Los recorridos en campo aportaron información nueva y puntual sobre las condiciones del terreno, a la vez que se emplearon instrumentos y técnicas Geomáticas obtención de coordenadas por medio de navegador GPS, cálculo de alturas de taludes por medio de clinómetro, estimación de magnitud de los PG por medio de cinta, apoyo de imágenes satelitales (Google Earth), procesamiento cartografía digital y de información por medio de software tipo Sistemas de Información Geográfica (SIG). En la etapa final, fue posible realizar un vuelo con dron para caracterizar uno de los taludes más altos.

La realización del trabajo de campo y los SIG, permitió realizar un mapa de susceptibilidad de la zona de estudio, aportando información relevante de las zonas con mayor susceptibilidad, así como los taludes que necesitan la intervención de obras de civiles de estabilización.

CAPÍTULO I

1.1.- Planteamiento del problema

En el tramo carretero Copainalá-Chicoasén hay laderas con pendientes muy inclinadas, taludes de corte, el tipo de geología está constituido con lutitas-areniscas del periodo Paleoceno que subyacen a algunos bloques de caliza y conglomerados (Paz et al. 2016), debido a estas características acompañado con las temporadas de lluvia, ocurren con frecuencia los procesos gravitacionales que en muchas ocasiones ponen en riesgo la vida de las personas, es un problema en cuestión al transporte afectando la circulación de los autos, y como consecuencia dificultan el transporte de mercancías que satisfacen necesidades básicas de las personas que viven en las colonias aledañas, así como también afectan el desplazamiento de las personas.

1.2.- Justificación del estudio

Es necesario brindar información relevante a las autoridades encargadas del mejoramiento de las carreteras de los municipios de Copainalá – Chicoasén, por medio de mapas y conocer las zonas con mayor susceptibilidad a procesos gravitacionales, caracterizando los condicionantes que los propician.

Es evidente que las autoridades, no han dado la atención adecuada a este problema el cual debe considerarse en el estudio y ejecución al realizar este tipo de obras civiles, que por norma se establece hacer los trabajos necesarios para mejorar la estabilidad de los cortes o terraplenes (SCT, 2000). Es por ello el interés del estudio específico del tramo carretero Copainalá-Chicoasén para conocer características, causas y efectos en relación a los procesos gravitacionales.

En este estudio se abordarán los PG en el aspecto de vías de comunicación, en donde es importante considerar las características de la Geología, Edafología, Topografía, Densidad de Drenaje, Cortes de Talud, que se presentan en sitios con manifestación de PG, a la vez de identificar zonas de susceptibilidad, lugares que puedan afectar la circulación de los vehículos provocando inseguridad al transporte, incomunicación en ambos municipios, comunidades aledañas y la Capital Tuxtla Gutiérrez.

1.3.- Antecedentes

Lario y Bardají (2016), mencionan que los movimientos de laderas normalmente no son tan espectaculares como los terremotos, inundaciones y otros fenómenos potencialmente destructivos de origen natural. Sin embargo, están extendidos de forma puntual y aislada y, a lo largo del tiempo, puede causar pérdidas económicas mayores que cualquier otro tipo de riesgo natural. Además, hay que tener en cuenta que muchas veces estos procesos gravitacionales ocurren como efectos secundarios de terremotos, precipitaciones torrenciales extremas y actividad volcánica, causando la mayor parte del daño y las víctimas de estos eventos.

Por su parte, Paz *et al* (2016) mencionan que el empleo de cartografía básica y temática, así como otras aplicaciones en línea, brindan información que debe ser complementada con recorridos en campo, para tener mayor certeza en la caracterización del sitio y generar cartografía de amenazas, e inferir los efectos negativos de estos procesos en zonas que presenten condiciones semejantes.

En el tramo carretero de Copainalá-Chicoasén, los procesos gravitacionales ocurren con más frecuencia en las épocas de lluvia, en este apartado se muestra algunas evidencias de estos procesos.

Se encontró evidencias de flujo de detritos con coordenadas 484926 E, 1879495 N (Ver Figura No. 1). Así como también la presencia de caídos en tres lugares, coordenadas 484723 E, 1879695 N (Ver Figura No. 2), (Google Earth, 2004).



Figura No. 1.-Flujo de detritos; (Google Earth, 2004)



Figura No. 2.-Caidos; (Google Earth, 2004)

Caído con coordenadas (484320 E, 1879438 N) (Ver Figura No. 3). Caído y flujo de detritos con coordenadas (484177 E 1879464 N) (Ver Figura No. 4), esto ocurrió el día 13 de junio del 2014, (Google Earth, 2004).



Figura No. 3.-Caídos y Flujo de detritos; (Google Earth, 2004)



Figura No. 4.-Flujo de detritos y Caído; (Google Earth, 2004)

Gutiérrez, (2010) menciona en su nota periodística EL UNIVERSAL, que el 26 de agosto del 2010 las fuertes lluvias provocaron deslaves causando problemas de incomunicación a poblados de Chicoasén y Copainalá (Ver Figura No. 5).



Figura No. 5.-Flujo de detritos; (Foto: Juan Carlos Calderón, 2010)

Uno de los condicionantes para que ocurran los procesos gravitacionales en la carretera Chicoasén-Copainalá es la geología. Según (Paz *et al*, 2015) como se puede ver en la Figura No. 6, donde se encuentran: lutitas-areniscas del Paleoceno que subyacen a algunos bloques de caliza y conglomerados, que favorecen el desprendimiento de material intensamente intemperizado.



Figura No. 6.- Carretera Chicoasén-Copainalá km 7.5 ($16^{\circ}59'56.6''$ N, $93^{\circ}08'27.48''$ W), (Tipo de Geología) (Paz, 2013)

El día 19 de julio de 2018, se encontró presencia de caídos debido a las fuertes lluvias poniendo en peligro la vida de las personas que transitan el lugar. Caídos con coordenadas (16°59'58.21"N, 93° 8'29.41"W) (Ver Figuras No. 7 y 8).



Figuras No. 7 y 8.- Caídos, Tramo carretero Copainalá-Chicoasén; (Fuente: Propia, 2019)

En el recorrido de campo 10 de febrero de 2019, se encontró presencia de caídos con coordenadas (483982 E, 1879821 N) (Talud No 15), abarcando una longitud de 24 m, el talud tiene una longitud de 48 m, con una altura de 17.9 m, (Ver Figura No. 9).



Figura No. 9.-Caídos; (Fuente: Propia trabajo de campo,10/02/ 2019)

1.4.- Objetivos

1.4.1.- General

- ❖ Caracterizar los Procesos Gravitacionales del tramo carretero Chicoasén-Copainalá con la finalidad de integrar un mapa de susceptibilidad que sirva como herramienta de apoyo en la toma de decisiones para protección y restauración del tramo.

1.4.2.- Específicos.

- ❖ Identificar los factores condicionantes y detonantes de los Procesos Gravitacionales.
- ❖ Identificar y ubicar los eventos históricos y recientes.
- ❖ Elaborar cartografía analítica que permita, zonificar las zonas de susceptibilidad.

1.5.- Hipótesis

El estudio de las características y elaboración de cartografía de los factores que condicionan los Procesos Gravitacionales permite integrar y elaborar un mapa de susceptibilidad con mayor confiabilidad.

CAPÍTULO II

2.1.- Marco teórico

Los Procesos Gravitacionales son fenómenos naturales que ocurren debido a la fuerza de la gravedad, en la actualidad hay muchos términos que se refieren a este proceso, la palabra Proceso Gravitacional (PG) proviene del término en inglés: gravitational proceses o procesos de ladera (slope processes) o más conocido como procesos de remoción en masa (mass movement processes). El término (mass movement) se refiere a los movimientos originados bajo la influencia de la gravedad y sin el empleo de transporte alguno (Alcántara, 2000).

Los procesos gravitacionales son fenómenos naturales que generan formas de relieve degradativo en las zonas de desprendimiento de material (circos de erosión), algunas veces acumulativos (depósitos de talud), por lo que modifican y modelan el entorno geográfico (Paz *et al.* 2016), los Procesos Gravitacionales ocurren cuando una ladera se vuelve inestable como consecuencia de los cambios en el equilibrio de la misma (Alcántara y Borja, 2004)

Para que una ladera se vuelva e inestable y ocurran los procesos gravitacionales intervienen factores condicionantes y factores desencadenantes; los factores condicionantes son aquellos que dependen de la propia naturaleza, estructura y forma del terreno (CONAPROC, 2016) como la pendiente, geomorfología, hidrología, uso de suelo, estratificación, tipos de rocas y suelos, fracturas e intemperismo.

Los factores desencadenantes son aquellos que provocan o desencadenan la inestabilidad (CONAPROC, 2016); la lluvia es uno de los principales detonantes de la inestabilidad y ocurrencia de los procesos gravitacionales, las actividades volcánicas, sismos, los cortes de talud, fugas de agua y sobre cargas.

2.2.- Clasificación

Se clasifican dependiendo el tipo de movimiento y materiales involucrados estos pueden ser roca o suelo, el suelo puede ser de partículas del tamaño de una arena o más finas.

Clasificación de los tipos de Procesos Gravitacionales (de acuerdo a CENAPRED, 2008):

2.2.1.- Caídos o derrumbes

Los caídos o derrumbes (Ver Figuras No. 10 y 11) son movimientos repentinos de suelos y fragmentos aislados de rocas que se originan en pendientes abruptas y acantilados, por lo que el movimiento es prácticamente de caída libre, rodando y rebotando.



Figura No. 10. Los caídos o derrumbes ocurren con frecuencia en las carreteras; (CENAPRED, 2008)



Figuras No. 11. Esquema de un caído o derrumbe; (CENAPRED, 2008)

2.2.2.- Flujos

Movimientos de suelos y/o fragmentos de rocas ladera abajo, en donde sus partículas, granos o fragmentos tienen movimientos relativos dentro de la masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla (Ver Figura No. 12).

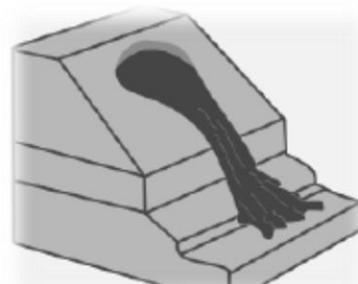


Figura No. 12. Esquema del deslizamiento; (CENAPRED, 2008)

Los flujos pueden ser de muy lentos a muy rápidos, así como secos o húmedos. Entre los más importantes se pueden distinguir los siguientes:

2.2.2.1.- Flujos de lodo

Masa de suelo y agua que fluye pendiente abajo muy rápidamente, y que contiene por lo menos 50% de granos de arena y limo, y partículas arcillosas.

2.2.2.2.- Flujos o avalancha de detritos

Movimiento rápido de una mezcla en donde se combinan partículas sueltas, fragmentos de rocas, y vegetación con aire y agua entrampados, formando una masa viscosa o francamente fluida que se mueve pendiente abajo. Estos movimientos también son conocidos como flujos de escombros (Ver Figura No. 13).



Figura No. 13. Flujo de tierra o suelo en materiales arcillo-arenosos; (CENAPRED, 2008)

2.2.2.3.- Lahares

Flujo de suelos o detritos que se originan en el talud de un volcán, generalmente disparado por lluvias intensas que erosionan depósitos volcánicos, deshielo repentino por actividad volcánica, por rotura de represas o desbordamiento de agua represada y/o por la ocurrencia de sismos (Ver Figura No. 14).

2.2.3.- Deslizamientos

Movimientos de una masa de materiales térreos pendiente abajo, delimitada por una o varias superficies, planas o cóncavas, sobre las que se desliza el material inestable (Ver Figura No. 15).

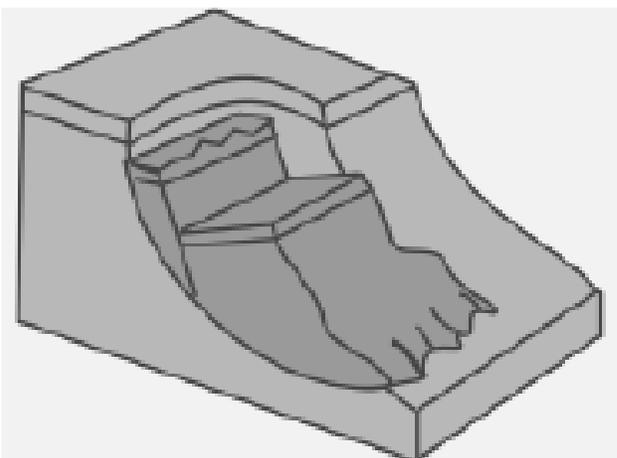


Figura 15. Esquema de un deslizamiento; (CENAPRED, 2008)



Figura No. 14. Lahar en el volcán Casitas, Nicaragua ocasionado por el Huracán Mitch. Más de 2000 personas perdieron la vida en este desastre; (CENAPRED, 2008)

Por la forma de la superficie de deslizamiento, se distinguen

2.2.3.1.- Rotacionales

Deslizamientos en los que su superficie principal de falla resulta cóncava, es decir, hacia arriba en forma de cuchara o concha, definiendo un movimiento rotacional de la masa inestable de suelos y/o fragmentos de rocas (Ver Figura No. 16). A menudo estos deslizamientos rotacionales ocurren en suelos arcillosos blandos, aunque también se presentan en formaciones de rocas blandas.



Figura No. 16. Deslizamiento rotacional la Conchita, en California; (CENAPRED, 2008)

2.2.3.2.-Traslacionales

Deslizamientos en los que la masa de suelos y/o fragmentos de rocas se desplaza hacia fuera y hacia abajo, a lo largo de una superficie principal más o menos plana, con muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo (Ver Figura No. 17). Usualmente determinan deslizamientos someros en suelos granulares, o bien, están definidos por superficies de debilidad en formaciones rocosas, tales como planos de estratificación, juntas y zonas de cambio de estado de meteorización en las rocas



Figura No. 17. Deslizamiento traslacional; (CENAPRED, 2008)

2.2.4.- Expansiones o desplazamientos laterales

Movimientos de masas térreas que ocurren en pendientes muy suaves, que dan como resultado desplazamientos casi horizontales. Con frecuencia son causados por licuación, fenómeno en el que los materiales sueltos y saturados, predominantemente arenosos y limosos, adquieren el comportamiento de un fluido como consecuencia de las vibraciones causadas por un sismo.

2.2.5.- Movimientos complejos

Los movimientos complejos son resultado de la transformación del movimiento inicial en otro tipo de movimiento al ir desplazándose ladera abajo. Las avalanchas de rocas y los flujos deslizantes son de los más comunes y pueden ocasionar cuantiosas pérdidas (Ver Figura No. 18).



Figura No. 18. Flujo deslizante en la Sierra Norte de Puebla ocasionadas por las lluvias de octubre de 1999; (CENAPRED, 2008)

2.3.- Peligro

Muchas veces estamos expuestos a diferentes sucesos naturales, en ocasiones esto puede ser potencialmente destructivo y causar daños a las personas, alterar el medio ambiente y afectar a las propiedades.

El Peligro hace referencia a la frecuencia de ocurrencia de un proceso y al lugar. Se define como la probabilidad de ocurrencia de un proceso de un nivel de intensidad o severidad determinado, dentro de un periodo de tiempo dado y dentro de un área específica. (CONAPROC, 2016).

Alcántara y Borja, (2004), dicen que la relación entre el peligro de un fenómeno natural y las condiciones vulnerables creadas por el ser humano en su espacio físico, económico, social, político y ambiental es lo que determina el grado de riesgo.

CENAPRED (2008) elaboró una tabla para conocer la velocidad que ocurren los procesos gravitacionales, esto permite saber cuál será el impacto a las propiedades, medio ambiente y zonas habitadas, la velocidad depende del tipo de movimiento y los tipos de materiales que estén involucrados, uno de los principales desencadenantes es la lluvia y uno de los condicionantes que más inciden es la pendiente; entre más agua de lluvia se acumule y más inclinada esté una ladera, más probable y rápida será el desplazamiento de los materiales. Para identificar el grado de peligro de un problema de inestabilidad de laderas, debemos partir del hecho que mientras mayor sea la velocidad del movimiento, mayor será su potencial destructivo (Ver Tabla No. 1).

2.4.- Susceptibilidad

“Es una propiedad del terreno que indica que tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste, para que pueda ocurrir inestabilidad, y se refiere solamente a factores intrínsecos a los materiales naturales de la ladera, sin considerar factores desencadenantes, como sería el caso de la precipitación o la sismicidad (Suárez J., 1998; citado por CENAPRED, 2016).

“La susceptibilidad frente a los movimientos de ladera expresa la mayor o menor la tendencia del terreno a la generación de movimientos. Es la condición general de estabilidad del terreno. El mapa de susceptibilidad es la predicción espacial del grado del azar (Chacón et al, 1994; Irigaray, 1995, citados por Valles y Villalba, 2018)

VELOCIDAD	INTERPRETACIÓN DE LA VELOCIDAD	POSIBLE IMPACTO DESTRUCTIVO
3 - 5 metros por segundo	Extremadamente rápido	Catástrofe de gran violencia
0.3 - 3 metros por minuto	Muy rápido	Extremadamente rápido
1.5 metros por día a 1.8 metros por hora	Rápido	Posible escape y evacuación, construcciones, posesiones y equipo destruido
1.5 a 13 metros por mes	Moderado	Estructuras bien construidas pueden sobrevivir
0.06 a 1.6 metros por año	Lento	Carreteras y estructuras bien construidas pueden sobrevivir si se les da el mantenimiento adecuado y constante
0.06 a 0.016 metros por año	Muy Lento	Algunas estructuras permanentes, construidas con criterios formales ingenieriles no sufren daños y si llegan a sufrir algún agrietamiento por el movimiento, pueden repararse
	Extremadamente lento	No hay daño a las estructuras construidas con criterios formales de ingeniería

Tabla No. 1.- Escala de los movimientos de ladera; (CENAPRED, 2001)

2.5.- Método heurístico

Para realizar el estudio e investigación de los procesos gravitacionales se utilizó el método heurístico, según (Ashraful, *et al* 2017) citando a (Kouli, *et al* 2010 y Anbalagan, 1992), (Paz, 2012), dicen, que el método heurístico es una técnica basada en el conocimiento considerando la opinión de los expertos sobre los factores que causan los procesos gravitacionales. El método heurístico es subjetivo puede cambiar según la opinión de diversos expertos (Ashraful, *et al* 2017).

El método heurístico ha sido utilizado por muchos expertos, (Paz, *et al* 2017) proponen la metodología para elaborar mapas de susceptibilidad a procesos gravitacionales utilizando el método heurístico combinado con cartografía temática, haciendo un análisis de ladera del sur Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

CAPÍTULO III

CARACTERÍSTICAS NATURALES Y SOCIALES

3.1.- Localización de la zona de estudio

El municipio de Copainalá se ubica entre los paralelos de 17° 00' y 17° 14' de latitud Norte; los meridianos 93° 08' y 93° 23' de longitud Oeste; altitud entre 100 y 1800 m. Colinda al Norte con los municipios de Tecpatán, Francisco León, Ocoatepec y Coapilla, al Este con los municipios de Coapilla y Chicoasén, al Sur con los municipios de Chicoasén, San Fernando y Berriozábal; al Oeste con los municipios de Berriozábal y Tecpatán. (INEGI, 2008) (Ver Figura No. 19).

La extensión territorial del municipio es de 342.84 km² la cual representa el 2.6 % del territorio de la región centro y el 0.44 de la superficie estatal, la cabecera municipal de Copainalá tiene una altitud de 440 msnm. (INAFED, S.F).

El municipio de Chicoasén se localiza entre los paralelos 16° 56' y 17° 31' de latitud Norte; los meridianos 93° 02' y 93° 12' de longitud Oeste entre 100 y 1300 m de altitud, el municipio de Chicoasén colinda al Norte con los municipios de Copainalá, Coapilla y Bochil; al Este con los municipios de Soyaló y Bochil; al Sur con los municipios de Soyaló, Usumacinta y San Fernando; al Oeste con los municipios de San Fernando y Copainalá. (INEGI, 2008).

Su extensión territorial es de 117.68 km² que representa el 0.1 por ciento con relación a la superficie estatal y el 0.42 por ciento de la regional. (INAFED, S.F).

3.2.- Población

Según INEGI, (2015) la población total del municipio de Copainalá fue de 21 050, mientras que el municipio de Chicoasén contaba con un total de población de 5 018 habitantes, en total encontramos que en la zona de estudio hay 26, 068 habitantes.

UBICACIÓN DE COPAINALÁ-CHICOASÉN, CHIAPAS, MÉXICO.

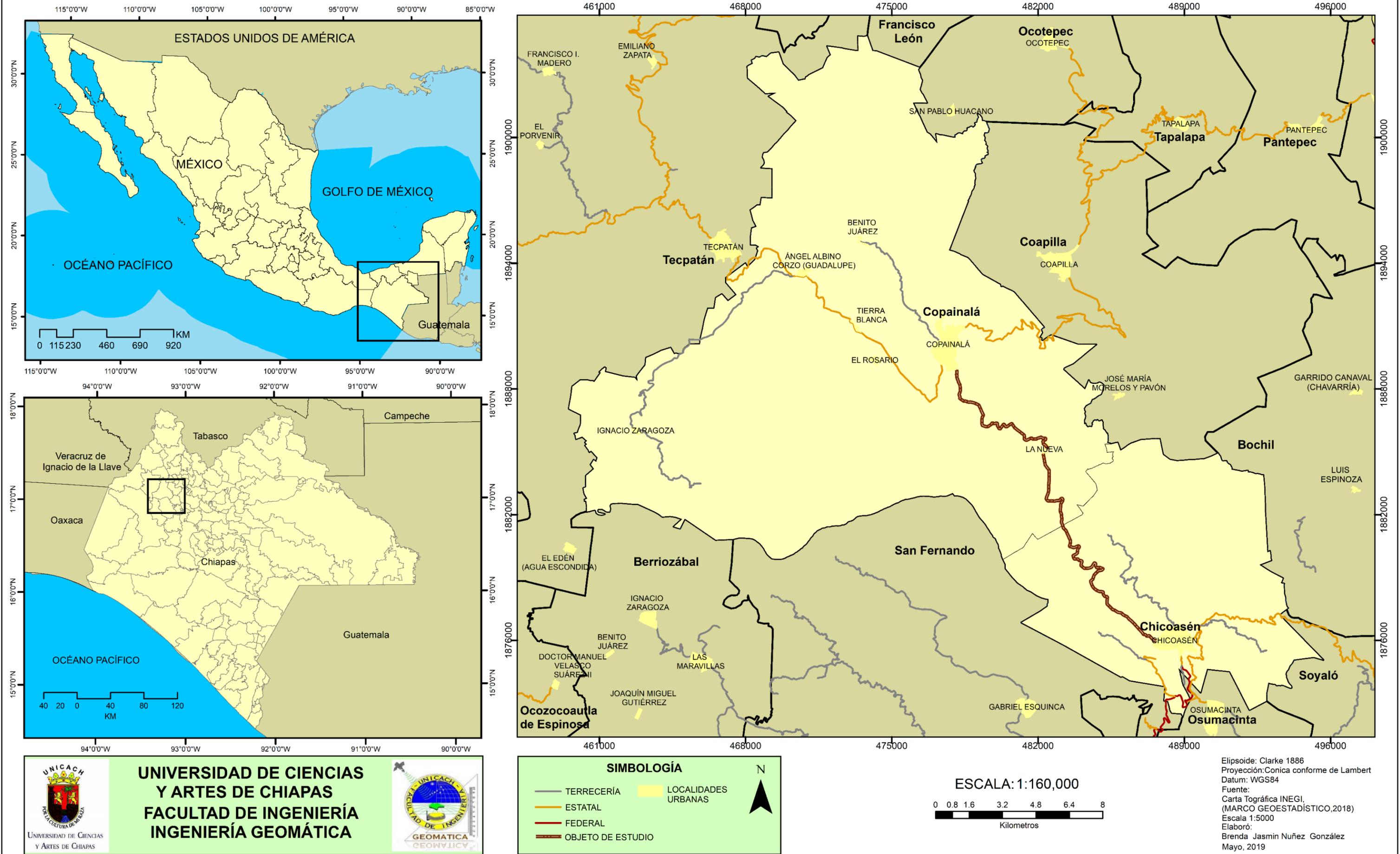


Figura No. 19.-Mapa de Ubicación de Copainalá-Chicoasén; (Fuente: Elaboración propia)

3.3.- Topografía

El mapa topográfico ayuda a entender como está formado el relieve de los municipios Copainalá y Chicoasén, y asociar la ocurrencia de los procesos gravitacionales donde el relieve es muy pronunciado.

El municipio de Copainalá tiene una altitud de 250 msnm en las zonas más bajas, en las partes más altas con altitud de 1750 msnm, (Ver Figura No. 20).

El municipio de Chicoasén tiene una altitud de 180 msnm en las zonas más bajas, mientras que en las partes más altas registra altitudes de 1500 msnm. La cabecera municipal de Chicoasén es de 180 msnm y 500 msnm (Ver Figura No. 20).

El tramo carretero de Copainalá-Chicoasén se encuentra ubicado a una altura de 180 msnm hasta 750 msnm. (Ver Figura No. 20).

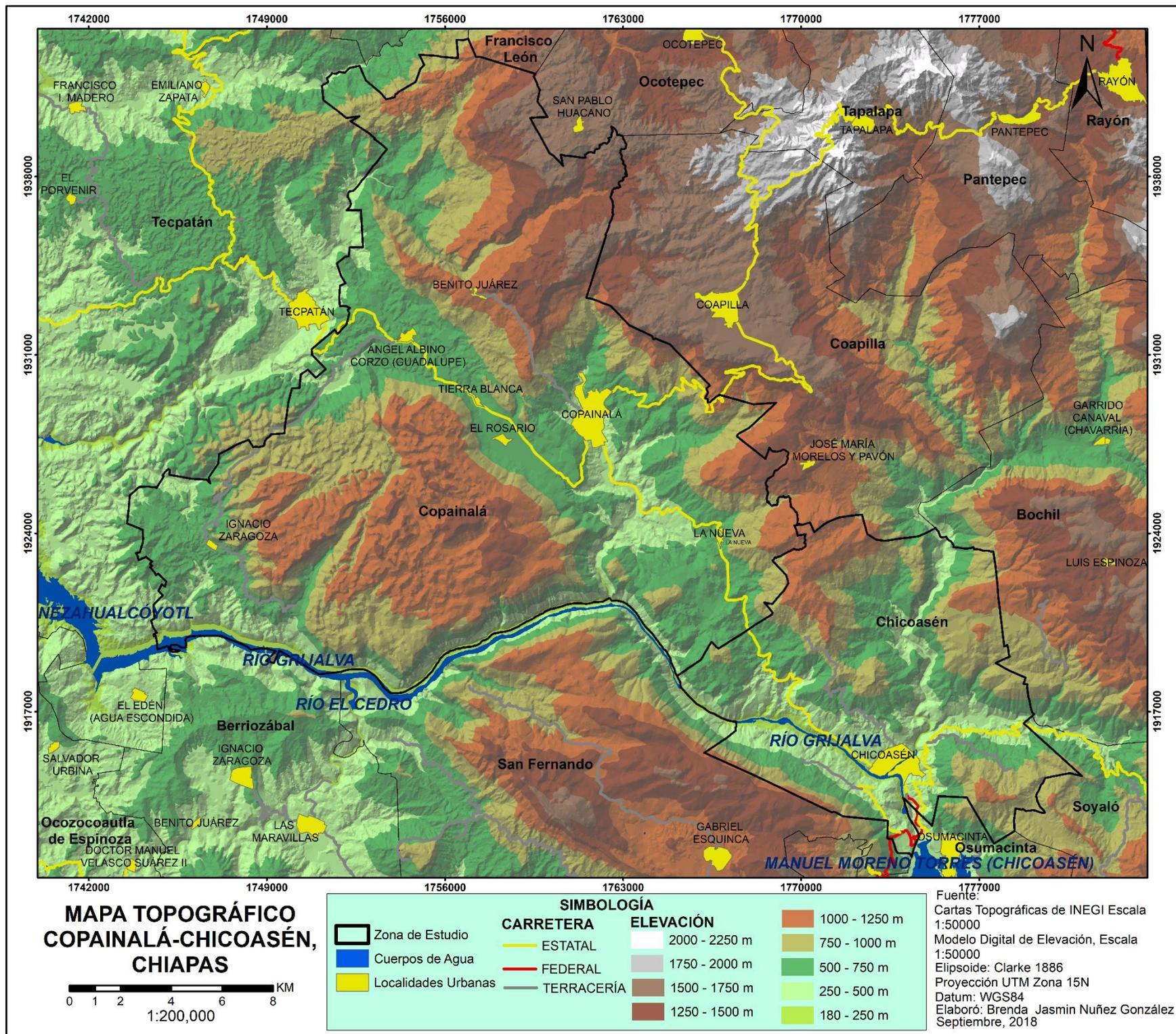


Figura No. 20.- Mapa Topográfico Copainalá-Chicoasén; (Fuente: Elaboración propia)

3.4.- Pendiente

La pendiente es uno de las condicionantes para la ocurrencia de los procesos gravitacionales, en la zona de estudio podemos encontrar cortes de talud con una pendiente muy pronunciada.

Para poder identificar este factor se elaboró un mapa de pendiente utilizando el software de ArcGIS, en el cual se empleó un MDE con una resolución de 50 m y con la herramienta de *Slope* realizamos el proceso de pendiente, y se clasifico según CENAPRED que lo divide en intervalos o categorías de menor de 15°, 15°-25°, 25°-35°, 35°-45° y mayor de 45°.

En el área de estudio se encontraron pendientes mayores de 45°, y el tramo carretero pasa por lugares donde la pendiente es de una categoría de 0°-15°, 15°-25° y 25°-35° (Ver Figura No. 21).

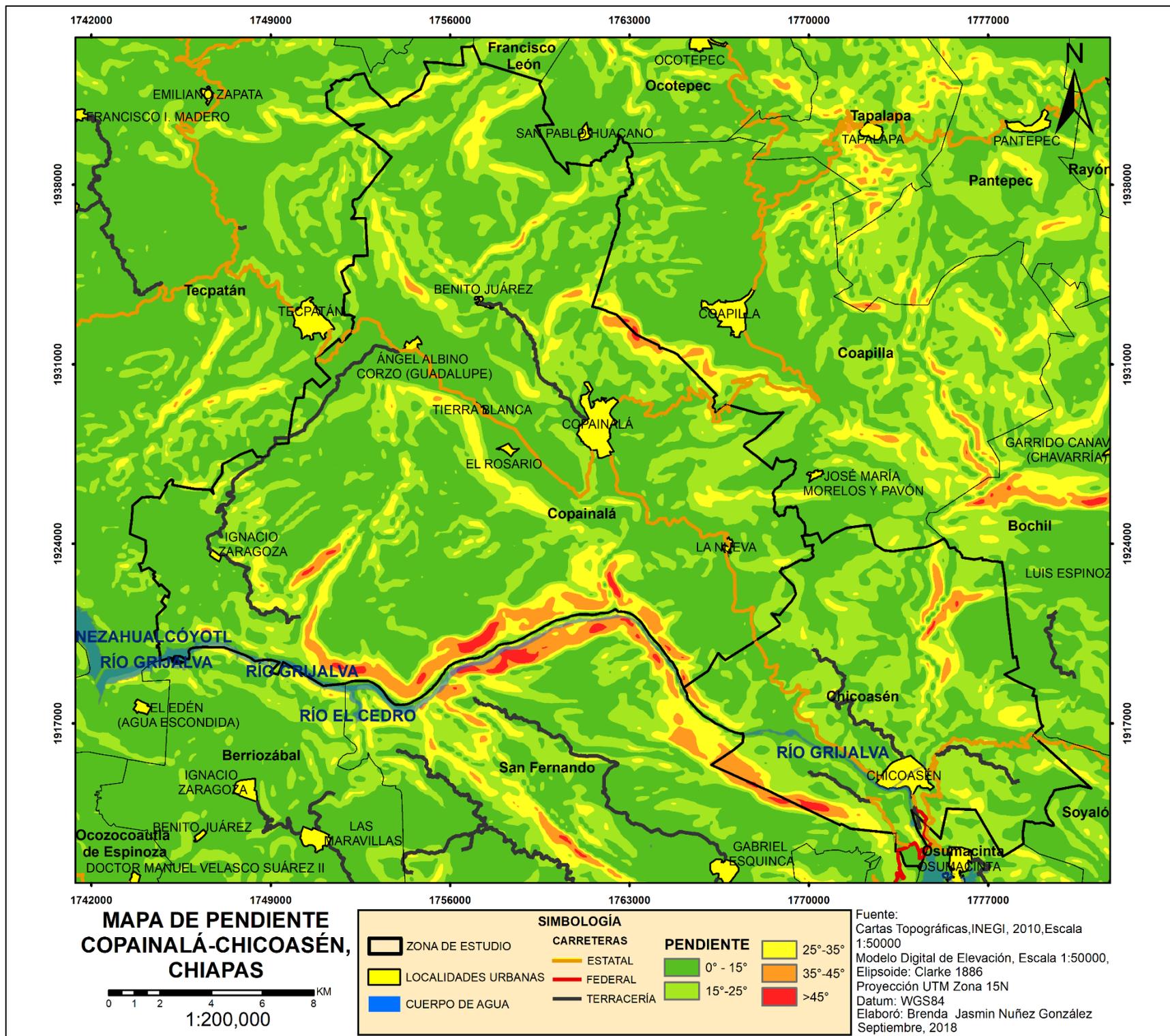


Figura No. 21.- Mapa de Pendiente de Copainalá- Chicoasén; (Fuente: Elaboración propia)

3.5.- Hidrología

Otro condicionante importante para que ocurran los procesos gravitacionales son las corrientes de agua. Según (Highland y Bobrowsky, 2008) dicen que la saturación por agua en las pendientes es la principal causa de los deslizamientos de tierra, la saturación puede producirse por efecto de lluvias intensas, deshielo, cambios en los niveles de agua subterránea, agua superficial y cambios de nivel a lo largo de las costas, presas de tierra y en las orillas de los lagos, reservorios, canales y ríos.

Para realizar el mapa de hidrología se obtuvieron datos del SIATL (Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas/Instituto Nacional de Estadística y Geografía). La clasificación de la red hidrográfica fue por orden, el orden mayor fue de 6 y el menor de 1.

En la zona se encuentran la Presa Manuel Moreno Torres y el río Grijalva, uno de los más caudalosos del país. Asimismo, corrientes perennes e intermitentes. Las corrientes de agua que pasan por la carretera de Copainalá - Chicoasén son intermitentes de orden 1 y desembocan en la subcuenca Alto de Grijalva (Ver Figura No. 22).

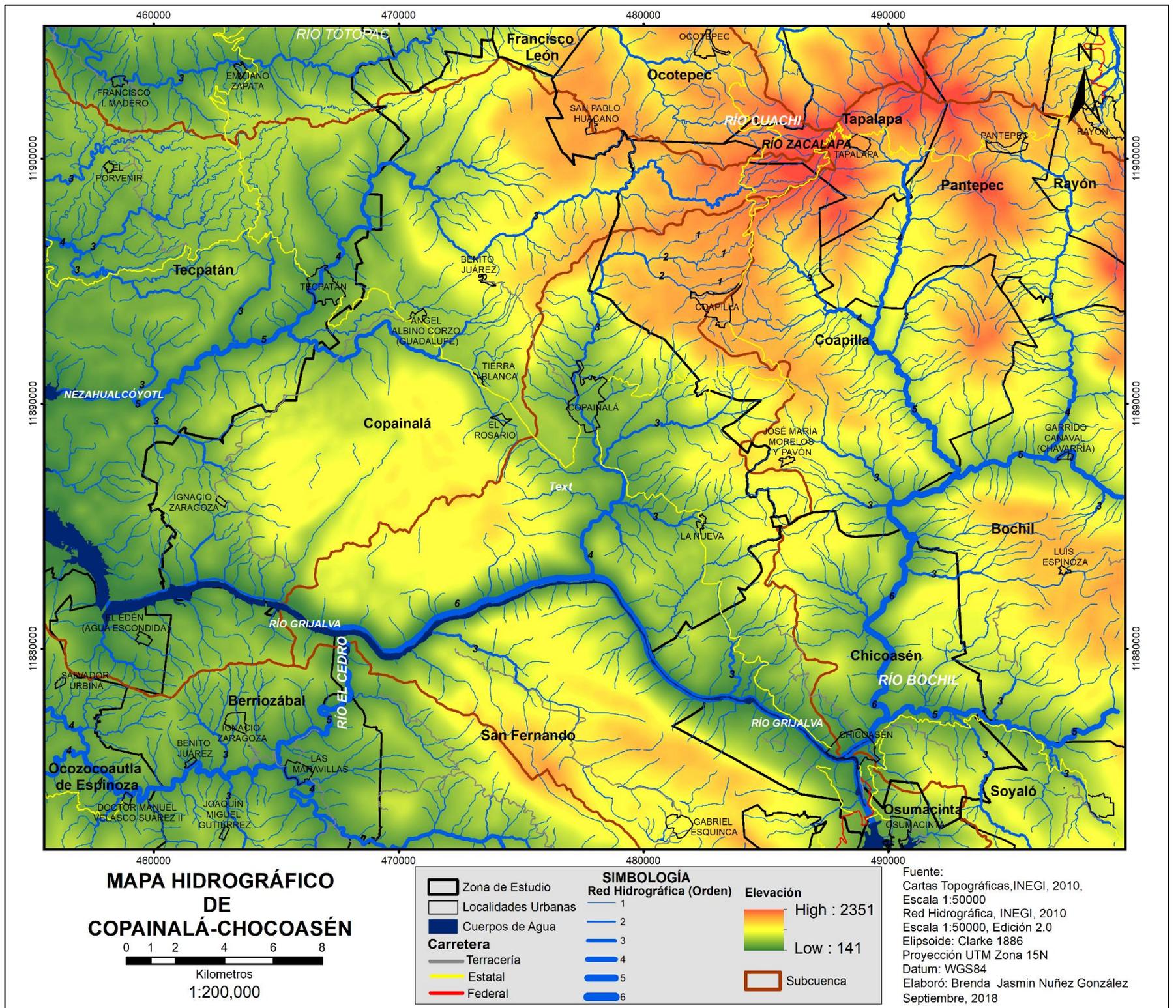


Figura No. 22.- Mapa Hidrográfico de Copainalá- Chicoasén; (Fuente: Elaboración propia)

3.6.- Geología

En el mapa de geología se observa que en tramo carretero de Copainalá-Chicoasén pasa por rocas lutitas y areniscas de la era Cenozoica y atraviesa una falla con una longitud de 27 Km, se encuentra tres fracturas que interceptan con el tramo carretero la primera con una longitud de 4.3 km, la segunda con una longitud de 5.4 km la tercera con una longitud de 5.2 km, (datos obtenidos de la carta geológica de INEGI, 2007) (Ver Figura No. 23).

Al eje estructural, línea que representa la traza del plano axial de un pliegue de rocas sedimentarias en la superficie del terreno, la falla, traza del plano de ruptura de la roca a lo largo del cual se produce un desplazamiento relativo entre los bloques que separa. La fractura, traza del plano de ruptura de la roca sin desplazamiento de los bloques que separa (INEGI, 2007).

Según (Paz *et al*, 2015) mencionan que la carretera Chicoasén-Copainalá (102) con ubicación: km 7.5 (16°59'56.6'' N, 93°08'27.48'' W) en el corte carretero se observan fallas y evidencias de flujos de detritos.

En el Municipio de Copainalá encontramos que la Geología está compuesta de caliza de la era Mesozoica y Cenozoica, lutita-areniscas de la era Cenozoica, pertenecientes a la clase sedimentaria por la cual tienen menor resistencia a las lluvias, andesita-brecha volcánica intermedia de era Cenozoica Cuaternario perteneciente a la clase ígnea intrusiva y aluvial de la era Cenozoica cuaternario (Ver Figura No. 23).

El municipio de Chicoasén el tipo de Geología es caliza de la era Mesozoica del Cretácico de clase sedimentaria, lutita-arenisca de la era Cenozoico, Paleógeno Eoceno y Paleógeno Paleoceno de clase sedimentaria (Ver Figura No. 23).

Por otra parte, De la Rosa *et al.*, (1989), identifican conglomerados sobre las lutitas y areniscas en las partes elevadas.

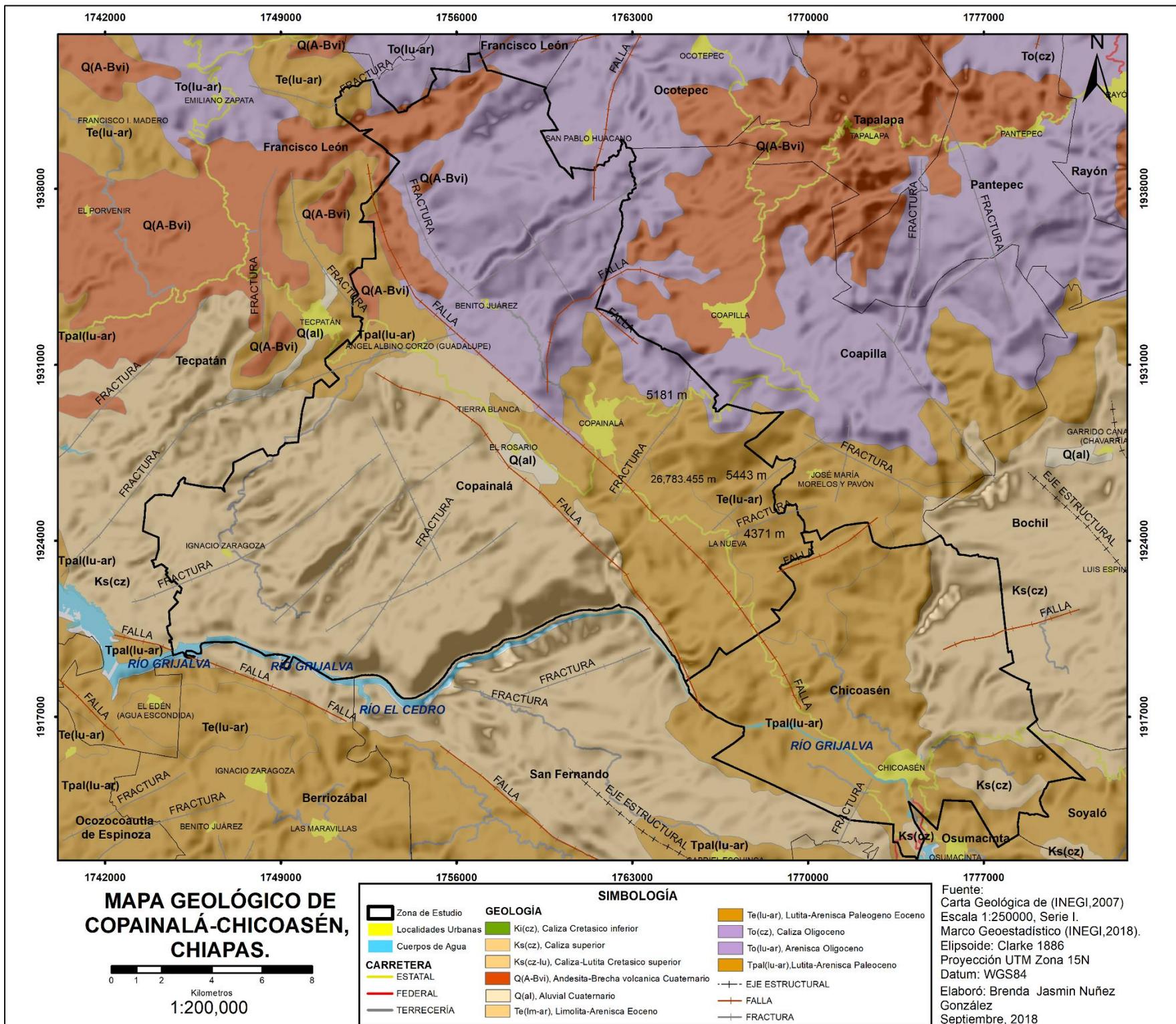


Figura No. 23.- Mapa Geológico de Copainalá- Chicoasén; (Fuente: Elaboración propia)

3.7.- Edafología

En el municipio de Copainalá predomina el tipo de suelo Leptosol, Luvisol, Phaeozhem, mientras que el municipio de Chicoasén predomina el tipo de suelo Leptosol, Luvisol, Regosol, el tramo carretero de Copainalá-Chicoasén está ubicado donde, el suelo predominante es el Leptosol (Ver Figura No. 24). Los datos para realizar el mapa fueron obtenidos de la carta edafológica de (INEGI, 2007) y procesados en el software de ArcGIS versión 10.5.

Los Leptosoles representan suelos con menos de 25 cm de espesor o con más de 80% de su volumen ocupado por piedras o gravas, son muy susceptibles a la erosión, los tipos de vegetación más relacionados con los afloramientos rocosos son el matorral desértico rosetófilo, la selva baja caducifolia y el bosque de encino (INEGI, 2015).

La clasificación del color de cada suelo se realizó base a la guía para la interpretación de cartografía Edafológica INEGI (2015).

3.8.- Uso del Suelo y Vegetación

Para realizar el mapa de vegetación se utilizaron las cartas de uso de suelo y vegetación (INEGI, 2011), a una escala 1:250000, se procesó la información en el programa de ArcGis 10.5, clasificando la vegetación por el tipo de cobertura.

Procesando la información se obtuvo como resultado que el municipio de Chicoasén cuenta con una mayor vegetación de Selva baja caducifolia y Bosque de encino, mientras que el municipio de Copainalá tiene una vegetación de Selva baja caducifolia, Bosque de encino, Bosque mesófilo de montaña, Selva perennifolia, Vegetación inducida y Agrícola-pecuaria-forestal (Ver Figura No. 25).

La carretera Copainalá-Chicoasén se encuentra en un lugar con vegetación de Selva baja caducifolia (Ver Figura No. 25), y en su mayoría la cubierta vegetal ha sido alterada o sustituida por cultivos anuales como el maíz y frijol.

El municipio de Copainalá, existen una gran variedad de especies de las que sobresalen las siguientes: cacahua, cunduj, pino, candox, mango, nanche, roble, caoba, amate, cedro, ceiba, hule, cuenta con una gran variedad de especies entre las que destacan las siguientes: mico de noche, tigrillo, iguana, conejo, víbora de cascabel, nauyaca, boa, corales, iguana de ribera, tortuga plana, entre otros (INAFED, S.F.).

El municipio de Chicoasén predomina la vegetación de Selva baja caducifolia, las principales especies son el nanche, roble, caoba, ceiba, chicozapote, guarumbo, hule y jimba, las especies más representativas en cuestión a la fauna es la boa, iguana de ribera, tortuga plana, tortuga cocodrilo, zopilote rey, armadillo, jabalí y mapache (INAFED, S.F.).

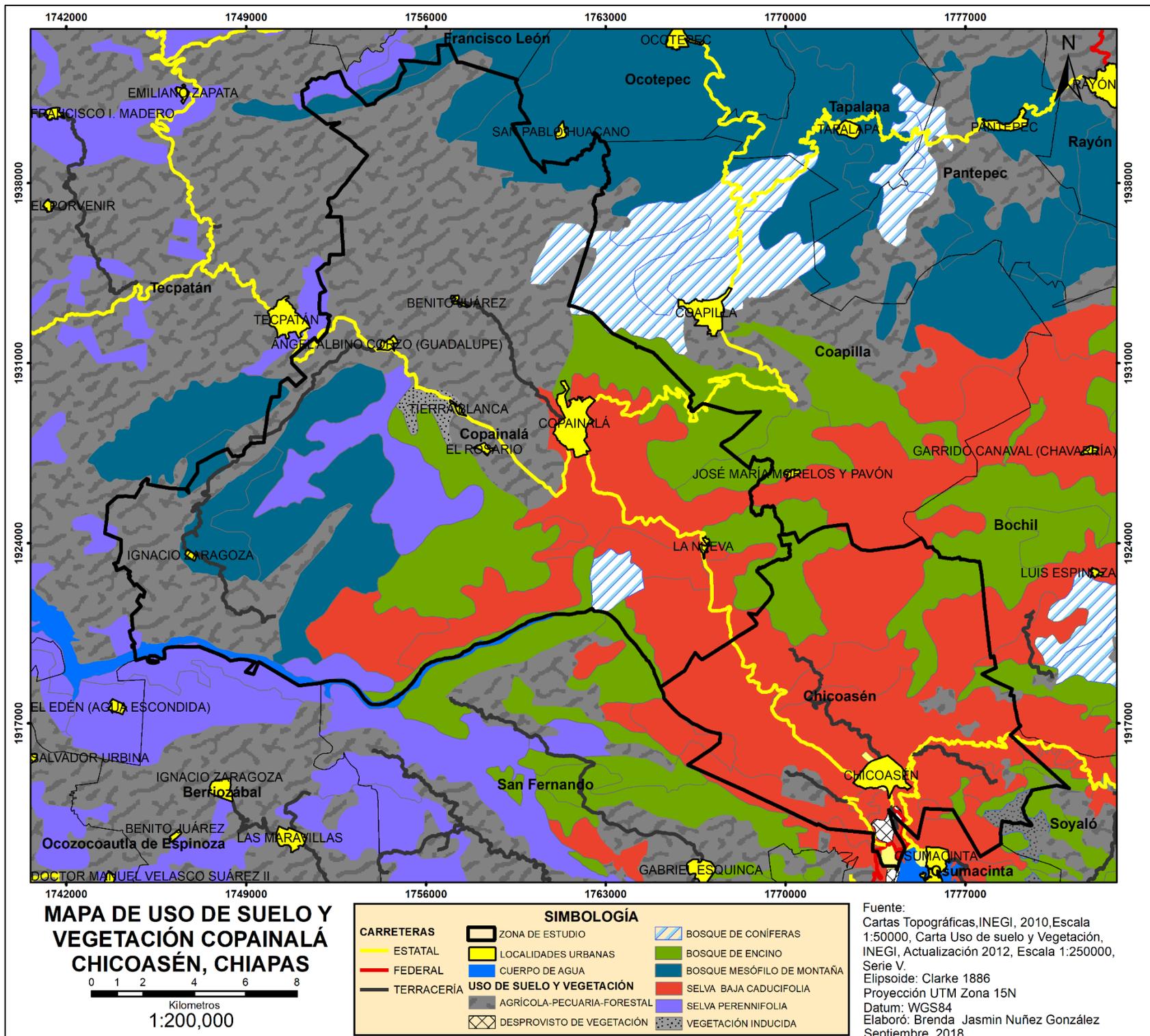


Figura No. 25.- Mapa de Uso de Suelo y Vegetación de Copainalá- Chicoasén; (Fuente: Elaboración propia)

3.9.- Clima

El mapa de clima fue realizado con insumos de Comisión Nacional para el Conocimiento Y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 1998), con la clasificación de Köppen modificado por (García,1964).

El clima predominante de municipio de Chicoasén es cálido subhúmedo, mientras que el municipio de Copainalá predomina el clima cálido subhúmedo y clima cálido húmedo, (Ver Figura No. 26).

Cálido húmedo Am(f), temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual.

Las características del clima de la zona de estudio son las siguientes (tomada del mapa de clima (CONABIO, 1998) (Ver Figura No. 26).

Cálido subhúmedo (Aw1), temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55.3 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

Cálido subhúmedo (Aw0), temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

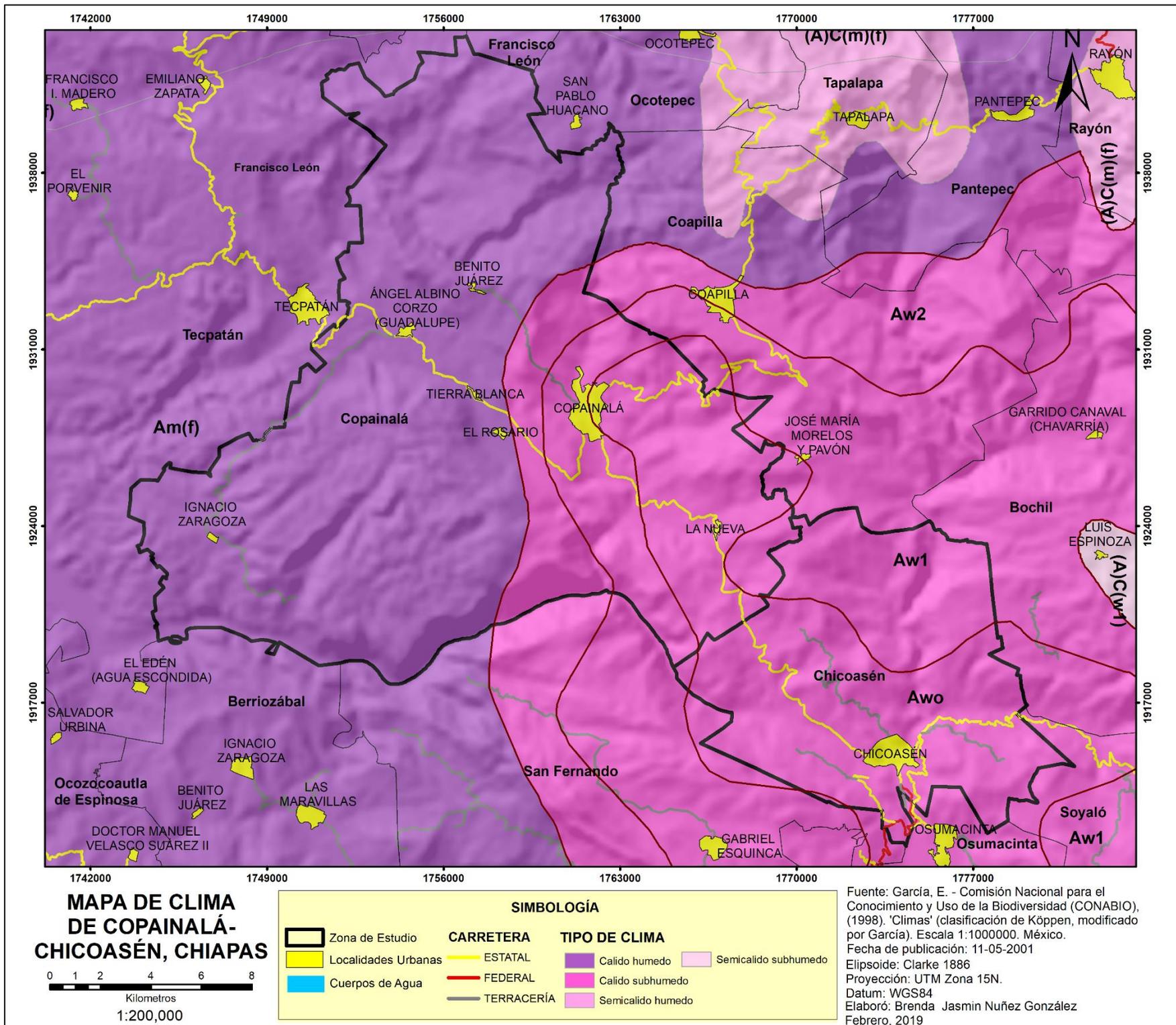
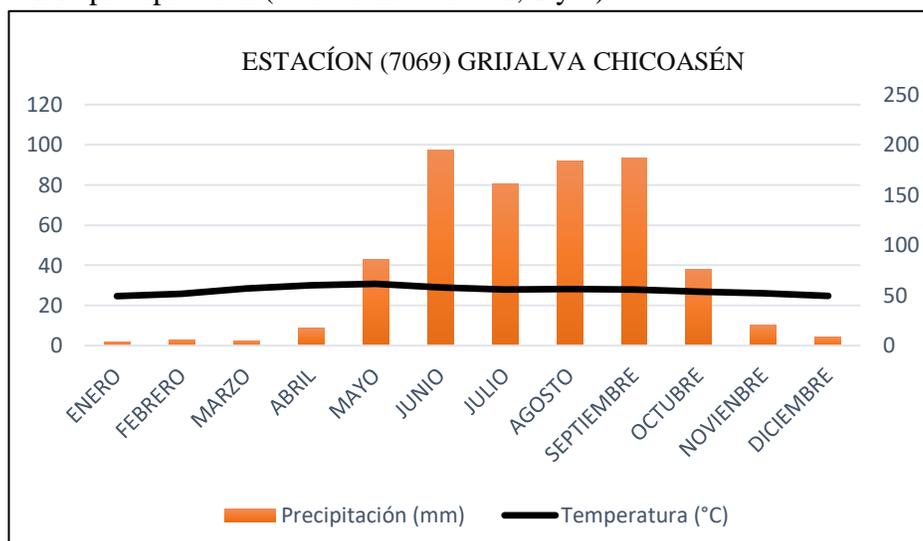


Figura No. 26.- Mapa de Clima de Copainalá- Chicoasén; (Fuente: Elaboración propia)

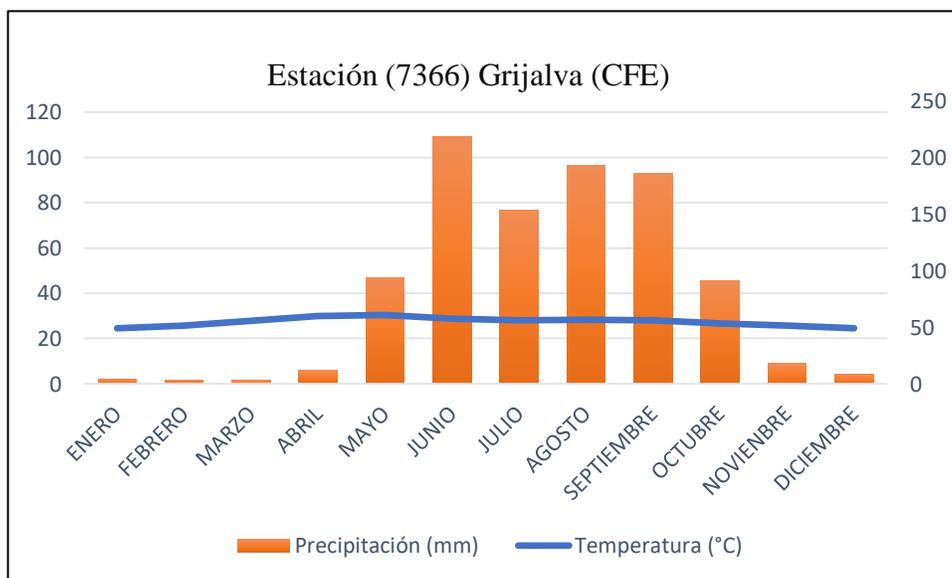
3.10.- Lluvia como factor detonante

Según Cuanalo *et al* (2006) dice que las lluvias son unos de los principales factores detonantes que afectan la estabilidad de las laderas, debido a esto se presentan los PG durante o después de la lluvia, presentando mayores problemas de estabilidad en las áreas de mayor precipitación.

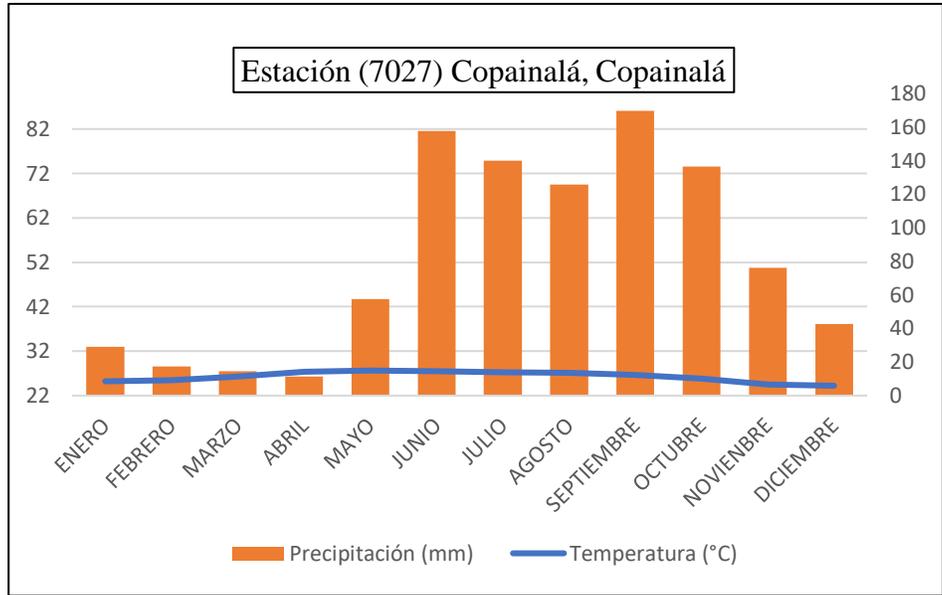
La precipitación además de los sismos es uno de los detonantes para la ocurrencia de los procesos gravitacionales, los climogramas nos muestran las temperaturas por meses en relación con la precipitación (Ver Gráficas No. 1, 2 y 3).



Gráfica No. 1.- Climograma (Estación 7069) Grijalva Chicoasén, periodo 1965-2003; (CONAGUA, 2018)



Gráfica No. 2.- Climograma (Estación 7366) Grijalva (CFE), Chicoasén, periodo 1981-2016; (CONAGUA, 2018)



Gráfica No. 3.- Climograma (Estación 7027) Copainalá, Copainalá, periodo 1927-2012; (CONAGUA, 2018)

El municipio de Chicoasén cuenta con lluvias de verano en (junio-septiembre), la canícula se presenta en el mes de julio (Ver Gráficas No. 1 y 2). En el municipio de Copainalá cuenta con lluvias en verano el mes de (junio-septiembre) y la canícula se presenta el mes de junio (Gráfica 3).

Los procesos gravitacionales son más frecuentes en temporadas de lluvias debido a la infiltración del agua saturando los estratos de lutitas-areniscas y en época de estiaje la desecación del suelo genera desprendimientos en la corona o cuerpo del talud donde se encuentran rocas de tipo caliza (Ver Figuras No. 27 y 28).



Figura No. 27.- Caídos; (Fuente: Propia, 17/03/2019)



Figura No. 28.- Flujo de lutitas; (Fuente: Propia, 17/03/2019)

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1.- Trabajo de gabinete

Para realizar los mapas temáticos fue necesaria información cartográfica generada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI):

Cartas topográficas escala 1:50000.

Capa de geología escala 1:250000.

Capa de edafología escala 1:250000.

Capa de uso de suelo y vegetación escala 1:250000.

MDE (Modelo de Elevación Digital): servirá para realizar un mapa de pendiente con una resolución de 50 m a escala 1:50000.

Datos de hidrología escala 1:50000 obtenidos de la página SIATL.

Lectura de artículos y revisión de otros mapas.

Para la ubicación de los puntos de interés, se identificarán sitios empleando Google Earth versión 7.3.2.5776, las imágenes son de año 2013, se empleó la herramienta Street View como apoyo adicional. A partir de las coordenadas UTM obtenidas, se generó una tabla en Excel para posteriormente, integrarla como datos X, Y en el programa de ArcMap 10.5 y se generó un archivo en formato SHP, Asimismo, se agregaron las capas de: carreteras, geología, comunidades urbanas y curvas de nivel, esto con la finalidad de asociar los procesos gravitacionales a otros elementos que también se encuentran en el tramo carretero Copainalá – Chicoasén; posteriormente se planearon los recorridos en campo.

4.2.- Trabajo de campo

La finalidad de realizar el trabajo en campo fue obtener información adicional y a detalle de la geología del lugar, la dimensión de los taludes, verificación de coordenadas UTM y toma de fotos como evidencia de que han ocurrido los procesos gravitacionales, principalmente caídos o flujos de detritos.

Se realizaron 7 visitas de campo para cubrir el tramo de 17.4 km

4.2.1.- Materiales

Para realizar el trabajo de campo se emplearon los siguientes:

4.2.1.1.- Cinta

Cinta 30 m de fibra de vidrio recubierta de PVC que puede mojarse y limpiarse fácilmente, se protege con un estuche metálico (figura 29).

Especificaciones

- ❖ Graduada por ambos lados
- ❖ Peso 433 g
- ❖ Empaque blíster
- ❖ Longitud 30 m (99ft)
- ❖ Espesor de la cinta 0.47 mm
- ❖ Ancho de la cinta 14.5 mm
- ❖ Escala cm-m / in-ft
- ❖ Color de la cinta amarilla.



Figura No. 29.-Cinta de fibra; (Fuente: Propia)

4.2.1.2.- Brújula

Brújula (Marca Brunton sin tripié, haciendo uso del clinómetro) (Ver Figura No. 30).

Especificaciones

- ❖ Humedeciendo el tiempo de la aguja: 30-60 años
- ❖ Círculo de graduación: $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$
- ❖ Dial escala: 1° el error de lectura: = 0.5
- ❖ Precisión del nivel de aire largo: $15' \pm 5' / 2\text{mm}$
- ❖ Precisión del nivel de círculo de aire: $30' \pm 5' / 2\text{mm}$
- ❖ Color: negro cuerpo plástico



Figura No. 30.-Brújula; (Fuente: Propia)

4.2.1.3.- Navegador GPS Garmin 78 s

Navegador GPS marca Garmin modelo 78 s 01102373, IC: 1792A-01664, FCC ID: IPH-01664 (Ver Figura No. 31).

Especificaciones

- ❖ Precisión entre 5 m hasta N m
- ❖ Dimensiones de la unidad (Ancho/Alto/Profundidad): 6,6 x 15,2 x 3 cm
- ❖ Tamaño de la pantalla (Ancho/Alto): 4,1 x 5,6 cm
- ❖ Resolución de pantalla (Ancho/Alto): 160 x 240 píxeles
- ❖ Tipo de pantalla: TFT transflectiva de 65.000 colores
- ❖ Peso: 218,3 g con pilas
- ❖ Batería: 2 pilas AA (no incluidas); se recomienda NiMH o litio
- ❖ Duración de la batería: 20 horas
- ❖ Resistente al agua: Sí (IPX7)
- ❖ Flotante: Sí
- ❖ Receptor de alta sensibilidad: Sí
- ❖ Interfaz del equipo: high-speed USB and NMEA 0183 compatible



Figura No. 31.- Navegador GPS; (Fuente: Propia)

Configuración: Para el levantamiento de los puntos se utilizó el datum WGS84 formato de coordenadas UTM zona 15 N.

Se activó la función *Wide Area Augmentation System* (WAAS) de alta sensibilidad y predicción por satélite HotFix™.

4.3.- Uso de la cinta



Se utilizó para medir las dimensiones de los procesos gravitacionales en cuanto a lo ancho. Y para obtener la distancia entre el observador y el talud para posteriormente obtener por trigonometría la altura de los PG. (Ver Figura No. 32)

Figura No. 32.- Medición con cinta; (Fuente: Propia, trabajo de campo 09/02/2019)

La distancia que se mide con la cinta puede corregirse por error de catenaria para tener una mayor precisión en la longitud del talud, utilizando la fórmula de Brinker y Wolf (1997).

$$C_s = W^2 L_s / 24 P_1^2$$

C_s = Diferencia entre la longitud de la curva y la de la cuerda que va un apoyo al siguiente.

L_s = Es la longitud (en pie) colgando de la cinta

W = El peso total de la cinta entre apoyos

P_1 = La tensión aplicada al longímetro.

Obteniendo los resultados de los cálculos de error por catenaria se aplica la fórmula:

$$\bar{L} = L + \sum C_s$$

Donde:

\bar{L} = Longitud corregida de la línea

L = Longitud registrada de la línea

$\sum C_s$ = Suma de las correcciones por catenarias individuales

En este caso no fue posible realizar esta corrección, ya que no se dispone de un dinamómetro para conocer el valor de la tensión aplicada.

4.4.- Uso de la brújula y clinómetro

El clinómetro de la brújula se utilizó para medir el ángulo vertical, de la siguiente manera:

Para conocer la altura por función trigonométrica según Solís, (2018) el nivel tubular y el vernier son perpendiculares, por lo tanto, para conocer el ángulo de inclinación es necesario inclinar el tubo ante el ojo en la dirección deseada y manipular el vernier hasta que la burbuja se vea en el centro del nivel tubular; el vernier indicará el valor del ángulo vertical o la inclinación.

Se gira por completo el visor frontal del instrumento, colocando su punto en un ángulo recto, se mantiene el espejo en un ángulo de 45° aproximadamente, el visor frontal debe estar dirigido al operador y el espejo a la izquierda, se observa el punto de interés a través de la mirilla frontal y la abertura del espejo, mientras se mueve el vernier de la caja hasta que quede centrada la burbuja del nivel rectangular, sin mover el vernier se toma lectura del ángulo (Ver Figura No. 33).



Figura No. 33.-Medición del ángulo con la brújula; (Fuente: Propia, trabajo de campo,2019)

Una vez teniendo estos datos, se aplica la función trigonométrica, donde: $(\text{Tan}(\theta)=\text{Cateto Opuesto}/ \text{Cateto Adyacente})$ obteniendo la altura de cada talud (Ver Figura No. 34)



Figura No. 34.- Medición de la altura del talud; (Fuente: Propia, trabajo de campo,10/02/2019)

4.5.- Uso del navegador GPS Garmin 78 s

Los puntos se levantarán en la parte media de cada talud utilizando la siguiente configuración: formato UTM zona 15N, Datum WGS84.

Para levantar un punto con el navegador GPS se debe permitir una lectura durante 5 minutos (aproximadamente) para que la información sea confiable, tiempo que marca el equipo.

4.6.- Cálculo de la altura de talud

Se calculó aplicando el Teorema de Pitágoras, donde: $(\text{Tan} (\theta)= \text{Cateto Opuesto}/ \text{Cateto Adyacente})$ se obtiene la altura de cada talud (Ver Figura No. 34)

Sustituyendo los Términos:

$$\text{Tan} (\theta)= \text{Altura}/\text{Distancia}$$

Se despeja la fórmula debido a que el dato obtenido en campo es del ángulo y la distancia que hay entre el ángulo y la altura.

$$\text{Altura} = \text{Tan}(\theta) * \text{Distancia} + 1.49$$

A la fórmula le sumamos 1.49 m que corresponde a la altura de la brújula con respecto al piso (Ver Figura No. 34).

4.7.- Integración de información para la caracterización de los PG en taludes

Al archivo SHP que se generó en gabinete (Ver Figura No. 35), se le adicionaron datos de la información temática obtenida por sobreposición en el software Arc Map, y los datos recopilados en campo (Ver Tabla No. 2).

Estructura final de la base de datos:

No = Punto de verificación

X, Y = Sistema de coordenadas en UTM

Ángulo = Ángulo medido con la brújula entre el ancho de la carretera y la altura del talud, (Distancia que hay entre el pie del talud y la corona del talud)

Ancho = Distancia entre el pie del talud y el punto donde se midió el ángulo (por lo general el ancho de la carretera)

Largo = Distancia medida entre el inicio y final del corte talud.

H = Altura del talud (obtenida aplicando el teorema de Pitágoras).

Teniendo integrado los datos de la tabla se integra la información temática obtenida por la sobreposición de capas (Anexos).

1. Geología
2. Edafología
3. Vegetación y uso de suelo
4. Pendiente
5. Hidrología (Densidad de Drenaje)
6. Clima

Se realizará un mapa de susceptibilidad a PG con el método heurístico propuesto por Paz *et al.*, (2017).

No	x	y	Ángulo	Ancho	Largo	altura	Tipo Roca
1	478653	1887387	33°	7	37	5.96585	Lutita
2	481864	1885609	44°	7	140.9	8.17982	Caliza Intemperizada
3	482051	1885668	37°	7	90	6.69488	Derrubios
4	482150	1885690	47°	7	21.8	8.92658	Lutita
5	482307	1885660	38°	6.89	20.9	6.80306	Derrubios
6	482282	1885535	37°	7	20	6.69488	Derrubios
7	482417	1885237	33°	7	30	5.96585	Derrubios (suelo-Caliza)
8	482976	1882681	32°	7.48	33	6.09402	Suelo
9	483093	1882752	23°	6	26.6	3.96685	Suelo
10	483093	1882510	34°	7.5	93	6.47881	Derrubios
11	483669	1880441	35°	7	40	6.32145	Lutita
12	483917	1880380	46°	7	192	8.66871	Lutita
13	483858	1880157	32°	11	48	8.29356	Lutita
14	483727	1879911	21°	7	208	4.10705	Lutita - Caliza
15	483982	1879821	67°	7	24	17.911	Lutita
16	484056	1879599	61°	8	184	15.8524	Lutita
17	484226	1879441	38°	7	144	6.889	lutita
18	484338	1879444	33°	7	72	5.96585	Derrubios
19	484679	1879836	58°05°	11	176	19.0808	Lutita - Derrubio parte superior
20	485055	1879446	63°	11	336	23.0087	Lutita - Caliza
21	484586	1878634	48°	9.9	100	12.4151	Lutita
22	484636	1878548	42°	9.2	40	9.70372	Lutita
23	484735	1878437	41°	8	159	8.37429	Lutita
24	484854	1878365	46°	8.5	160	10.222	Lutita - Derrubio parte superior
25	485035	1878323	49°	7.7	75.3	10.2778	Lutita - Derrubio parte superior
26	485115	1878222	37°	7.8	60	7.29772	Derrubios (conglomerados)
27	485164	1878132	34°	7.5	60	6.47881	Derrubios (conglomerados)
28	485285	1878087	38°	7.6	39	7.35777	Lutita
29	485303	1877963	72°	7	140	22.9638	Conglomerado-Lutita-Caliza
30	485303	1877797	38°	6.6	600	6.57649	Derrubios
31	485301	1877749	28°	7.6	25	5.46099	Derrubios
32	485532	1877516	30°	6.7	60	5.28825	Derrubios
33	486045	1877247	66°	7	40	5.96585	Derrubios
34	486242	1877137	63°	7	88	15.1583	Derrubios
35	486347	1877024	57°	7	64	12.1991	Lutita
36	486396	1876987	51°	7	32	10.0643	Lutita
37	486494	1876899	36°	8	24	7.23234	Conglomerado
38	486540	1876854	24°05°	8	31.1	4.99578	Conglomerados
39	486882	1876486	27°	7.1	28.7	5.03763	Conglomerados
40	487107	1876281	46°05°	7	24	8.68984	Lutita-Conglomerados
41	487277	1876220	68°	6.8	46	18.2506	Derrubio
42	487389	1876160	34°	8.2	80	6.95097	Lutita
43	487980	1875849	47°05°	8	35.5	10.024	Conglomerados

Tabla No. 2.- Integración de datos de campo; (Fuente: Elaboración propia)

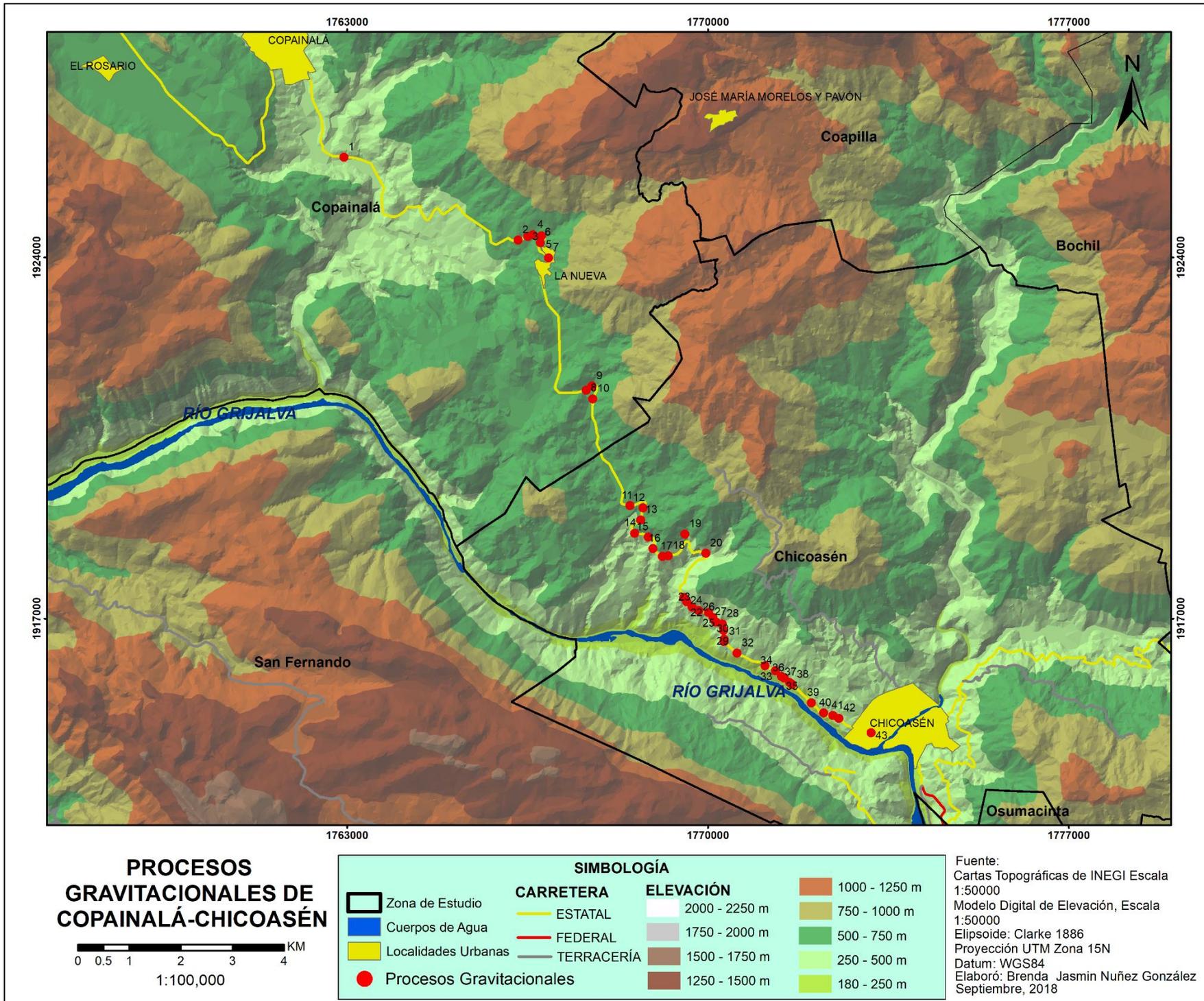


Figura No. 35.- Mapa de Puntos de Verificación; (Fuente: Elaboración propia)

4.8.- Mapa de Densidad de Drenaje

La densidad de drenaje es más real y confiable que la densidad de corriente, ya que expresa la longitud de las corrientes por unidad de área (Gámez, 2009), la densidad de drenaje es la longitud total de corrientes por el área en este caso 1 Km².

En la elaboración del mapa de Densidad de Drenaje se utilizó una cuadrícula de 1000 m X 1000 m, utilizando la herramienta Split se recortó la Red Hidrográfica. Con la herramienta *Calculate Geometry* se calcularon los metros lineales por Km². La clasificación de los datos de Densidad de Drenaje se utilizó el *método Natural Breaks (Jeanks)* (Ver Figura No. 36).

El tramo carretero Chicoasén-Copainalá se encuentra con las siguientes características en densidad de drenaje se encuentra en un promedio de 2011 M/Km², (Ver Figura No. 36)

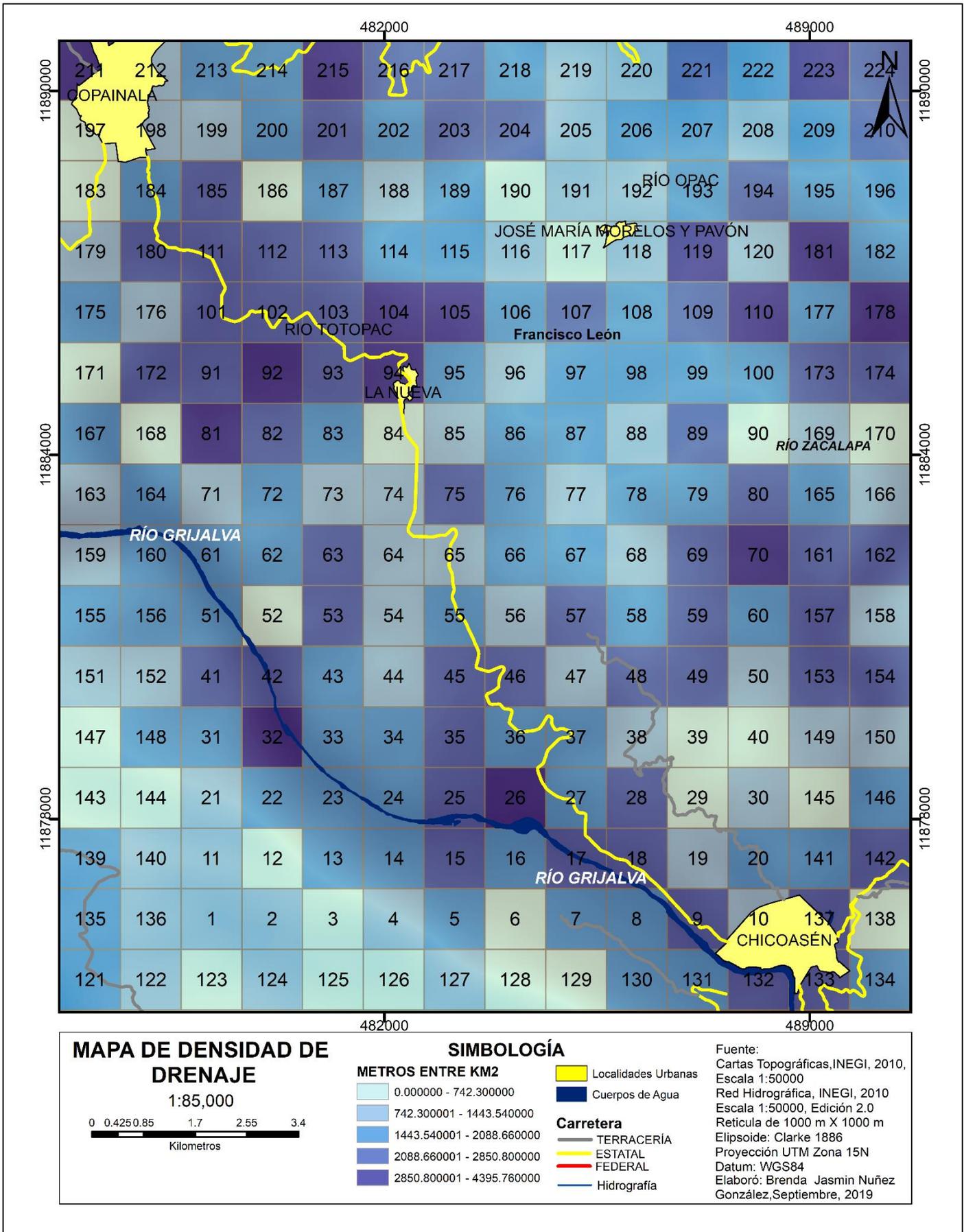


Figura No. 36.- Mapa de Densidad de Drenaje; (Fuente: Elaboración propia)

4.9.- Elaboración del mapa de susceptibilidad a PG

Se realizó el procesamiento de cada variable, Pendiente, Geología, Edafología, Densidad de Drenaje y Uso de suelo y Vegetación de en el programa de ArcGIS 10.5, utilizando la metodología empleada por Paz *et al* (2017), la variable clima no se tomó en cuenta en el procesamiento debido a que solo hay un tipo de clima predominante en la zona de estudio.

Para hacer el mapa de susceptibilidad a procesos gravitacionales se genera una retícula de 1000 m X 1000 m delimitando la zona de estudio el tramo carretero de Copainalá – Chicoasén, utilizando la herramienta de *Create Fishnet* (Ver Figura No. 37); una vez creadas las retículas se le añade una columna con el nombre CLAVE (la columna clave tiene que tener las propiedades de texto) para identificar cada cuadro.

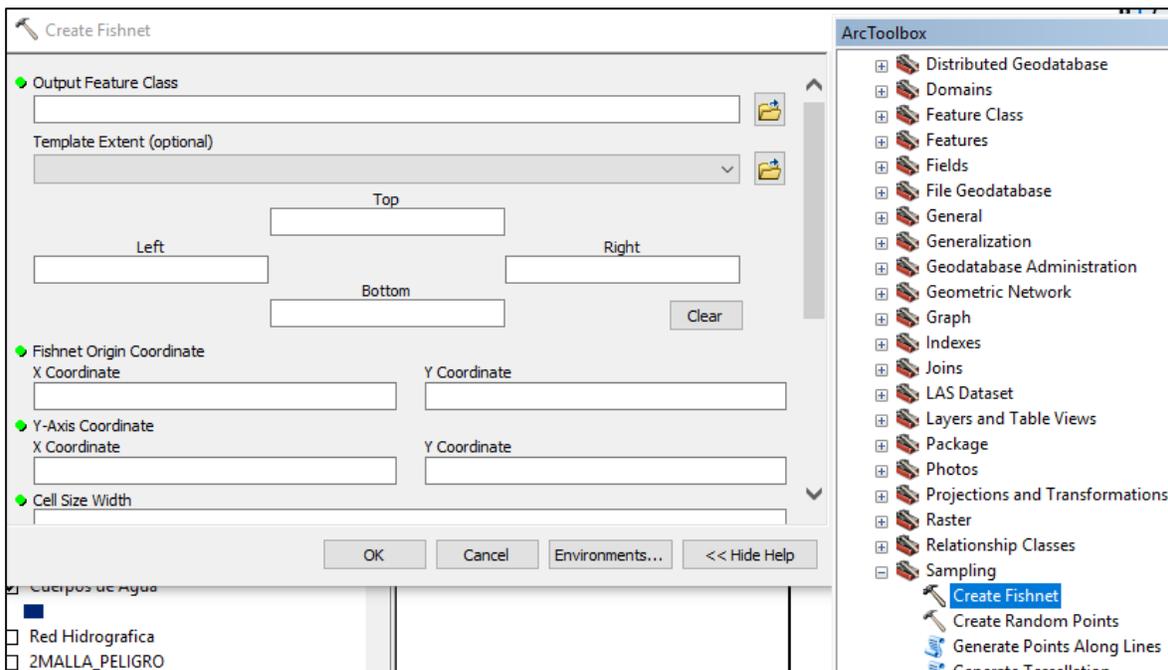


Figura No. 37.- Creación de la retícula; (Fuente: Propia)

Se utiliza la herramienta *Split* para cortar cada variable para realizar un mapa de susceptibilidad a PG, en el campo *Split Features* seleccionamos la columna que creamos con el nombre de CLAVE, esta herramienta nos genera cuadros con una dimensión de 1000 m X 1000 m de cada variable condicionante (Ver Figura No. 38).

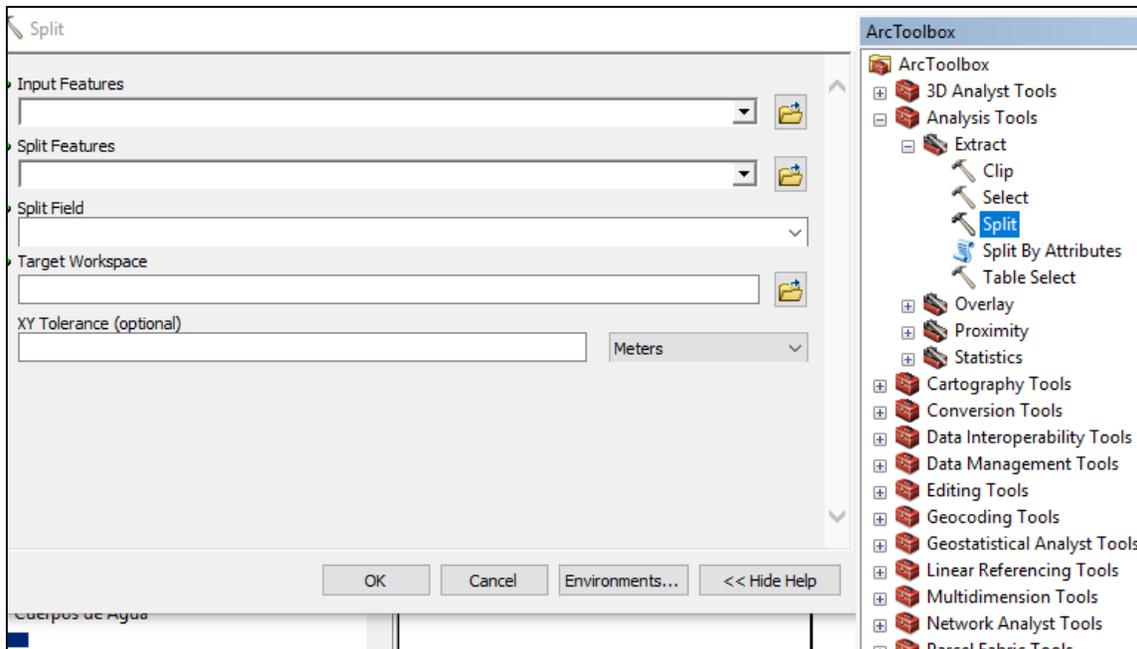


Figura No. 38.- Recorte de las variables; (Fuente: Propia)

Se calcula el área en hectáreas de cada variable condicionante (Pendiente, Geología, Edafología y Uso de suelo y vegetación) con la herramienta *Calculate Geometry* para saber cuál es el más predominante por la superficie ocupada dentro de cada celda de 1 km² (Ver Figura No. 39).

Los datos que se obtienen con la herramienta *Calculate Geometry* se registran en una tabla (Ver Tabla No. 3) para procesar la información.

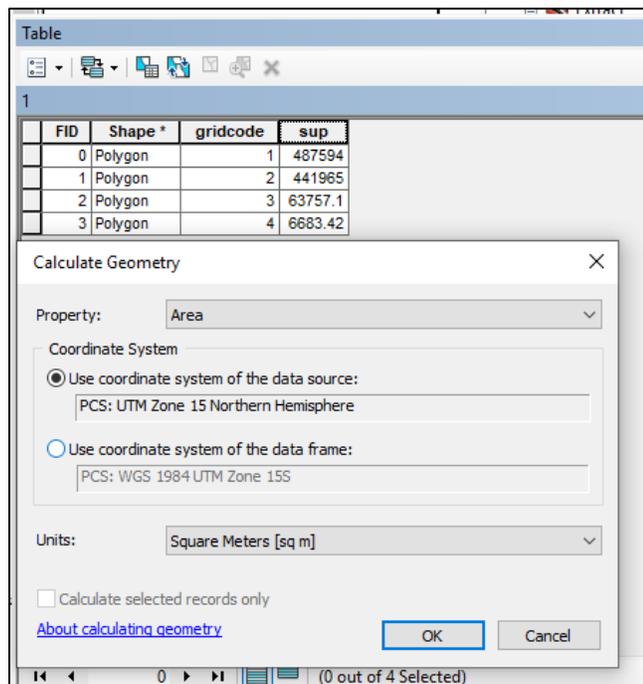


Figura No. 39.- Calculo de área; (Fuente: Propia)

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Edafología	Geología	Pendiente	Puntos de Verificación	Densidad de drenaje
1	Bosque de Encino	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	0° a 15°	0	832.7
2	Bosque de Encino	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	15° a 25°	0	1038.05
3	Bosque de Encino	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	0° a 15°	0	615.29
4	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	35° a 45°	0	1141.21
5	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	1725.9
6	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	723.2
7	Zona Habitada	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	1927.9
8	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	1939.7
9	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	4	2596.04
10	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	1	1196.15
11	Bosque de Encino	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	25° a 35°	0	1030.55
12	Bosque de Encino	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	0° a 15°	0	440.19
13	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	35° a 45°	0	1539.36
14	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	25° a 35°	0	1666.76
15	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	2348.17
16	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	1557.17
17	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	3	2743.72
18	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	6	2537.17
19	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	990.63
20	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	1912.11
21	Selva baja Caducifolia	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	15° a 25°	0	777.49

Tabla No. 3.- Cálculo de las variables predominantes en cada celda de 1 km²; (Fuente: Elaboración propia)

Teniendo los datos de cada variable con el programa de Excel, se ordenan las variables, siguiendo la metodología de (Paz *et al* (2017), (Ver Tabla No. 4)

Geología
Pendiente
Densidad de Drenaje
Edafología
Vegetación y Uso de Suelo
N° de Puntos de Verificación

Tabla No. 4.- Orden de las variables; (Fuente: Elaboración propia)

Se ponderan y normalizan (Ver Tablas No. 5,6,7,8, 9 y 10) las variables según las investigaciones y el conocimiento que se tiene del sitio colocando con mayor peso a la variable que influye más en la ocurrencia de los PG, los datos obtenidos se procesan en el programa de ArcMap versión 10.5, en el cual se agrega una columna con la suma de las variables correspondientes a cada cuadro esto permite hacer una clasificación del rango de susceptibilidad de cada cuadro siendo en esta zona el mínimo 6 y el mayor con un rango de 21 (Ver Figura No. 41) y realizar un mapa con la clave permite identificar y dar referencia con mayor facilidad las zonas con mayor y menor susceptibilidad a PG (Ver Figura No. 40).

Geología	Ponderación	Normalización
Lutita Arenisca Cenozoico	3	0.5
Caliza Mesozoico	2	0.333
Caliza Cenozoico	1	0.167

Tabla No. 5.- Ponderación Geológica; (Fuente: Elaboración propia)

Pendiente	Ponderación	Normalización
Mas de 45°	4	0.4
25° a 35°	3	0.3
15° a 25°	2	0.2
0° a 15°	1	0.1

Tabla No. 6.- Ponderación de Pendiente; (Fuente: Elaboración propia)

Densidad de Drenaje	Ponderación	Normalización
2850.800001 - 4395.760000	5	0.333
2088.660001 - 2850.800000	4	0.267
1443.540001 - 2088.660000	3	0.2
742.300001 - 1443.540000	2	0.133
0.000000 - 742.300000	1	0.067

Tabla No. 7.- Ponderación Densidad de Drenaje; (Fuente: Elaboración propia)

Edafología	Ponderación	Normalización
Regosol	5	0.333
Leptosol	4	0.267
Phaeozem	3	0.2
Luvisol	2	0.133
Alisol	1	0.067

Tabla No. 8.- Ponderación Edafológica; (Fuente: Elaboración propia)

Nº de Puntos de Verificación	Ponderación	Normalización
7	7	0.304
6	6	0.261
4	4	0.174
3	3	0.13
2	2	0.087
1	1	0.043
0	0	0

Tabla No. 9.- Ponderación Puntos de Verificación; (Fuente: Elaboración propia)

Vegetación y Uso de Suelo	Ponderación	Normalización
Zona Habitada	4	0.4
Zona Agrícola	3	0.3
Selva Baja Caducifolia	2	0.2
Selva Baja Perennifolia		
Bosque de Encino	1	0.1
Bosque de Coníferas		
Bosque Encino Arbustivo		

Tabla No. 10.- Ponderación Uso de Suelo y Vegetación; (Fuente: Elaboración propia)

La susceptibilidad se realizó con la suma de las variables clasificándolos en 5 niveles, Muy Bajo, Bajo, Media, Alto Y muy Alto (Ver Tabla No 11).

SUSCEPTIBILIDAD	Ponderación
Muy Baja	6 a 9
Baja	9 a 12
Media	12 a 14
Alta	14 a 17
Muy Alta	17 a 21

Tabla No. 11.- Nivel de Susceptibilidad; (Fuente: Elaboración propia)

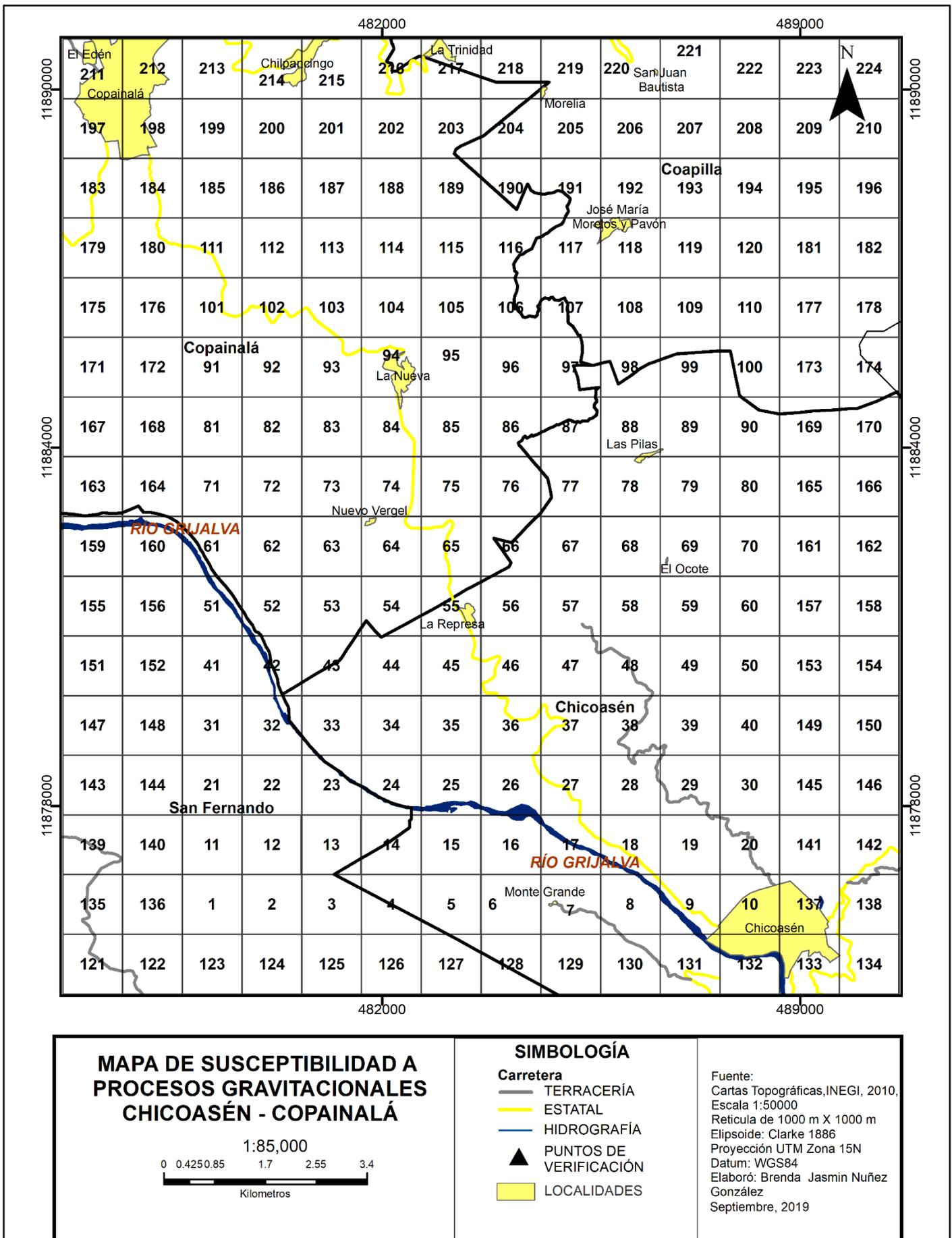


Figura No. 40.- Mapa de susceptibilidad a PG con la identificación de cada celda; (Fuente: Elaboración propia)

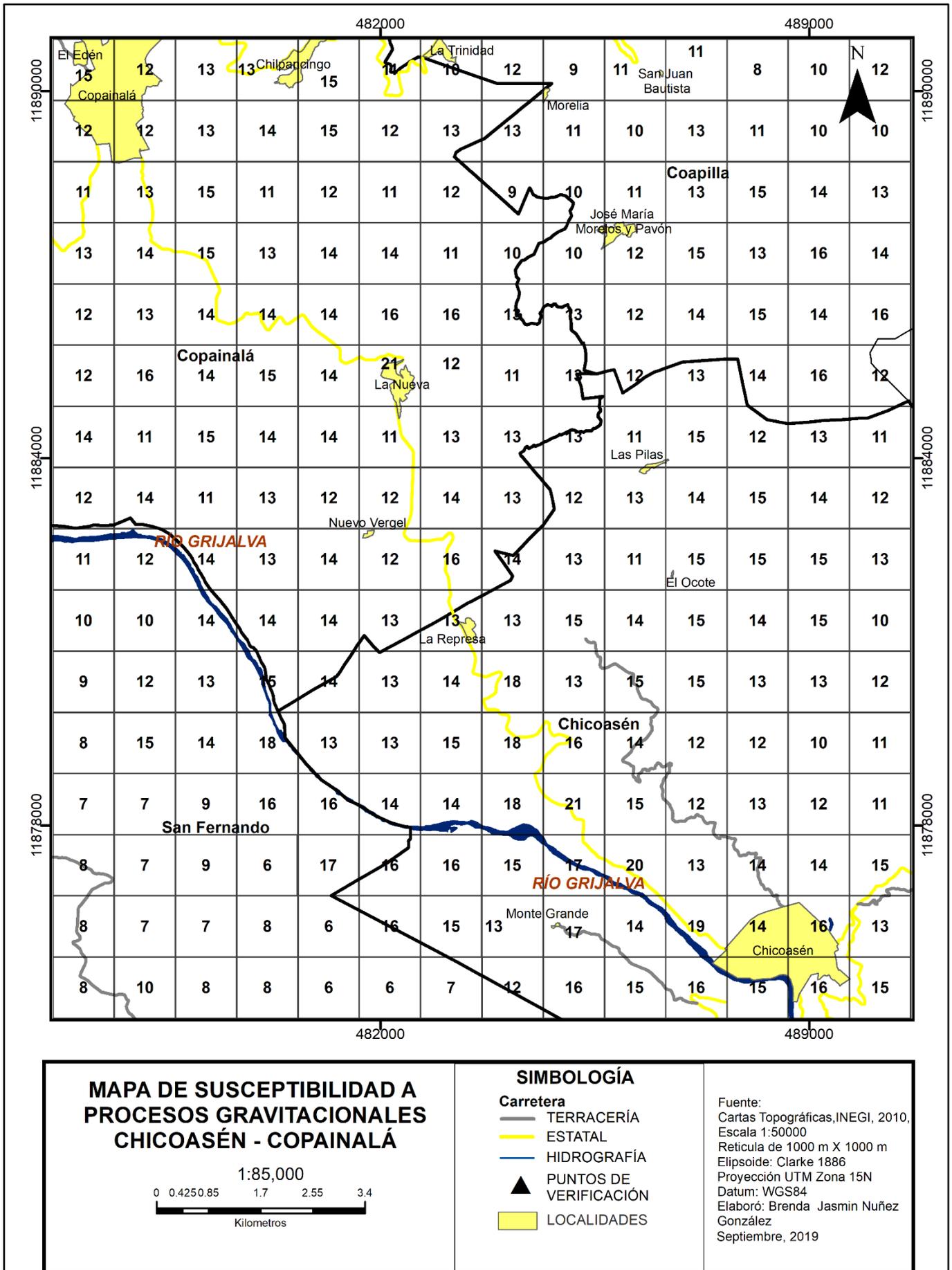


Figura No. 41.- Mapa de susceptibilidad a PG con el valor numérico de la susceptibilidad; (Fuente: Elaboración propia)

4.9.1.- Generar un centroide

Al ponderar las variables la suma deber ser igual a 1, el cual nos permite normalizar y generar un mapa a partir de un centroide procesado la información el programa de ArcMap, el centroide se genera con la retícula que se hizo con el programa de ArcMap versión 10.5, Con la herramienta *Data management tools, Feature, Feature To Point*.

Los datos de la suma de las variables de cada centroide se interpolaron con la herramienta *spline* que se encuentra en la extensión de *Spatial Analyst Tools*, utilizamos la opción *interpolation*, utilizando la herramienta *spline*, debido a que da una mejor homogeneidad en el resultado de la interpolación de los valores (Ver Figura No. 42).

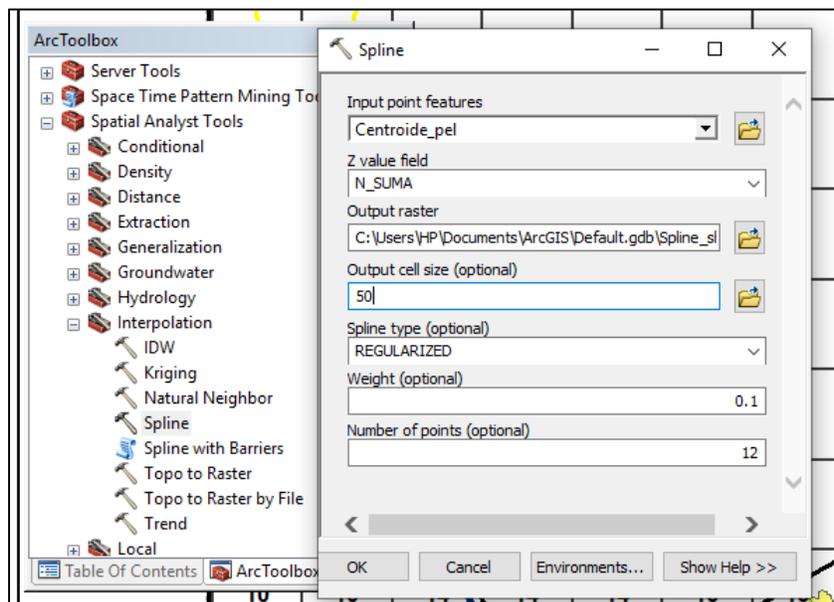


Figura 42.- Interpolación de los valores con la herramienta *spline*; (Fuente: Propia)

La clasificación de los datos de la susceptibilidad se utilizó la del software ArcGis versión 10.5, con la herramienta de clasificación utilizando la opción Natural Breaks(Jeans).

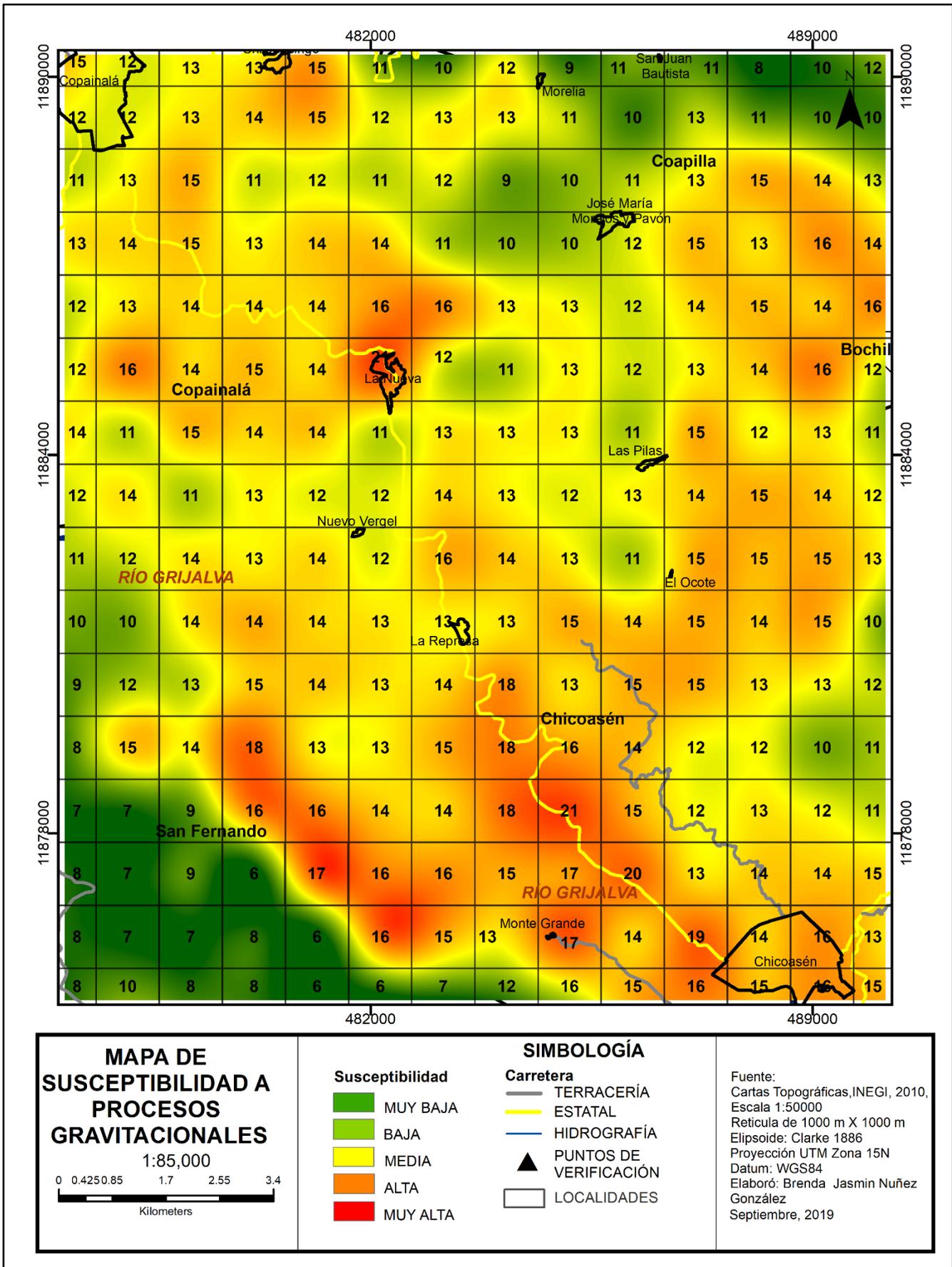


Figura No. 43.- Mapa de susceptibilidad Chicoasén - Copainalá; (Fuente: Elaboración propia)

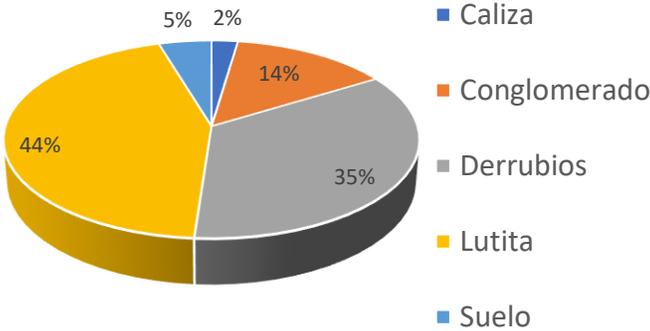
CAPÍTULO V.- Resultados

En el tramo carretero Copainalá- Chicoasén se realizó el registro de puntos específicos de los taludes de corte, además de la altura por método indirecto. También se obtuvieron fotografías de cada talud, identificando el tipo de roca (Ver Tabla No. 12), en total se caracterizaron 43 taludes de los cuales se encuentran en susceptibilidad Alta y Muy alta (Ver Figura No. 43).

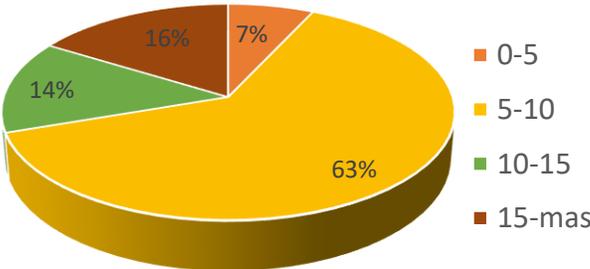
No	x	y	Ángulo	Ancho	Largo	altura	Tipo Roca	Grado de Susceptibilidad
1	478653	1887387	33°	7	37	5.96585	Lutita	Alta
2	481864	1885609	44°	7	140.9	8.17982	Caliza Intemperizada	Muy Alta
3	482051	1885668	37°	7	90	6.69488	Derrubios	Muy Alta
4	482150	1885690	47°	7	21.8	8.92658	Lutita	Muy Alta
5	482307	1885660	38°	6.89	20.9	6.80306	Derrubios	Muy Alta
6	482282	1885535	37°	7	20	6.69488	Derrubios	Muy Alta
7	482417	1885237	33°	7	30	5.96585	Derrubios (suelo-Caliza)	Muy Alta
8	482976	1882681	32°	7.48	33	6.09402	Suelo	Alta
9	483093	1882752	23°	6	26.6	3.96685	Suelo	Alta
10	483093	1882510	34°	7.5	93	6.47881	Derrubios	Alta
11	483669	1880441	35°	7	40	6.32145	Lutita	Muy Alta
12	483917	1880380	46°	7	192	8.66871	Lutita	Muy Alta
13	483858	1880157	32°	11	48	8.29356	Lutita	Muy Alta
14	483727	1879911	21°	7	208	4.10705	Lutita - Caliza	Muy Alta
15	483982	1879821	67°	7	24	17.911	Lutita	Muy Alta
16	484056	1879599	61°	8	184	15.8524	Lutita	Muy Alta
17	484226	1879441	38°	7	144	6.889	lutita	Muy Alta
18	484338	1879444	33°	7	72	5.96585	Derrubios	Muy Alta
19	484679	1879836	58°05'	11	176	19.0808	Lutita - Derrubio parte superior	Alta
20	485055	1879446	63°	11	336	23.0087	Lutita - Caliza	Alta
21	484586	1878634	48°	9.9	100	12.4151	Lutita	Muy Alta
22	484636	1878548	42°	9.2	40	9.70372	Lutita	Muy Alta
23	484735	1878437	41°	8	159	8.37429	Lutita	Muy Alta
24	484854	1878365	46°	8.5	160	10.222	Lutita - Derrubio parte superior	Muy Alta
25	485035	1878323	49°	7.7	75.3	10.2778	Lutita - Derrubio parte superior	Muy Alta
26	485115	1878222	37°	7.8	60	7.29772	Derrubios (conglomerados)	Muy Alta
27	485164	1878132	34°	7.5	60	6.47881	Derrubios (conglomerados)	Muy Alta
28	485285	1878087	38°	7.6	39	7.35777	Lutita	Muy Alta
29	485303	1877963	72°	7	140	22.9638	Conglomerado-Lutita-Caliza	Muy Alta
30	485303	1877797	38°	6.6	600	6.57649	Derrubios	Alta
31	485301	1877749	28°	7.6	25	5.46099	Derrubios	Alta
32	485532	1877516	30°	6.7	60	5.28825	Derrubios	Alta
33	486045	1877247	66°	7	40	5.96585	Derrubios	Muy Alta
34	486242	1877137	63°	7	88	15.1583	Derrubios	Muy Alta
35	486347	1877024	57°	7	64	12.1991	Lutita	Muy Alta
36	486396	1876987	51°	7	32	10.0643	Lutita	Muy Alta
37	486494	1876899	36°	8	24	7.23234	Conglomerado	Muy Alta
38	486540	1876854	24°05'	8	31.1	4.99578	Conglomerados	Muy Alta
39	486882	1876486	27°	7.1	28.7	5.03763	Conglomerados	Muy Alta
40	487107	1876281	46°05'	7	24	8.68984	Lutita-Conglomerados	Muy Alta
41	487277	1876220	68°	6.8	46	18.2506	Derrubio	Muy Alta
42	487389	1876160	34°	8.2	80	6.95097	Lutita	Muy Alta
43	487980	1875849	47°05'	8	35.5	10.024	Conglomerados	Alta

Tabla No. 12.- Grado de susceptibilidad del tramo carretero Copainalá – Chicoasén; (Fuente: Elaboración propia)

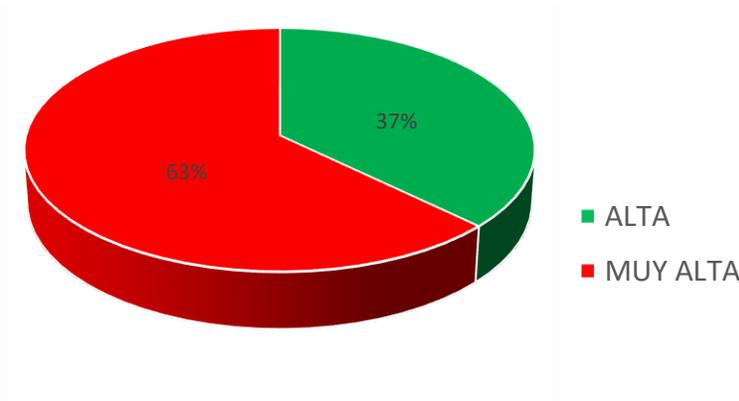
Comportamiento del talud por cada variable, el cual nos indica que del total de los 43 taludes el 44% está constituida por rocas de tipo lutita (Ver Grafica No. 4); mientras que el 63% se encuentra a una altura de 5 a 10 metros de altura (Ver Grafica No. 5), tiene como mayor porcentaje el grado de susceptibilidad Muy Alta (Ver Grafica No. 6).



Grafica No. 4.-Clasificación por el tipo de roca; (Fuente: Elaboración propia)



Grafica No. 5.- Clasificación por la altura del talud; (Fuente: Elaboración propia)



Grafica No. 6.- Clasificación por el grado de susceptibilidad; (Fuente: Elaboración propia)

Haciendo un análisis de la recopilación de los eventos históricos y del trabajo de campo los taludes que presentan mayor problema en cuestión a caídos y flujos de detritos, el talud número 15, 19, 20, 29 y 41 (Ver Tabla No. 10).

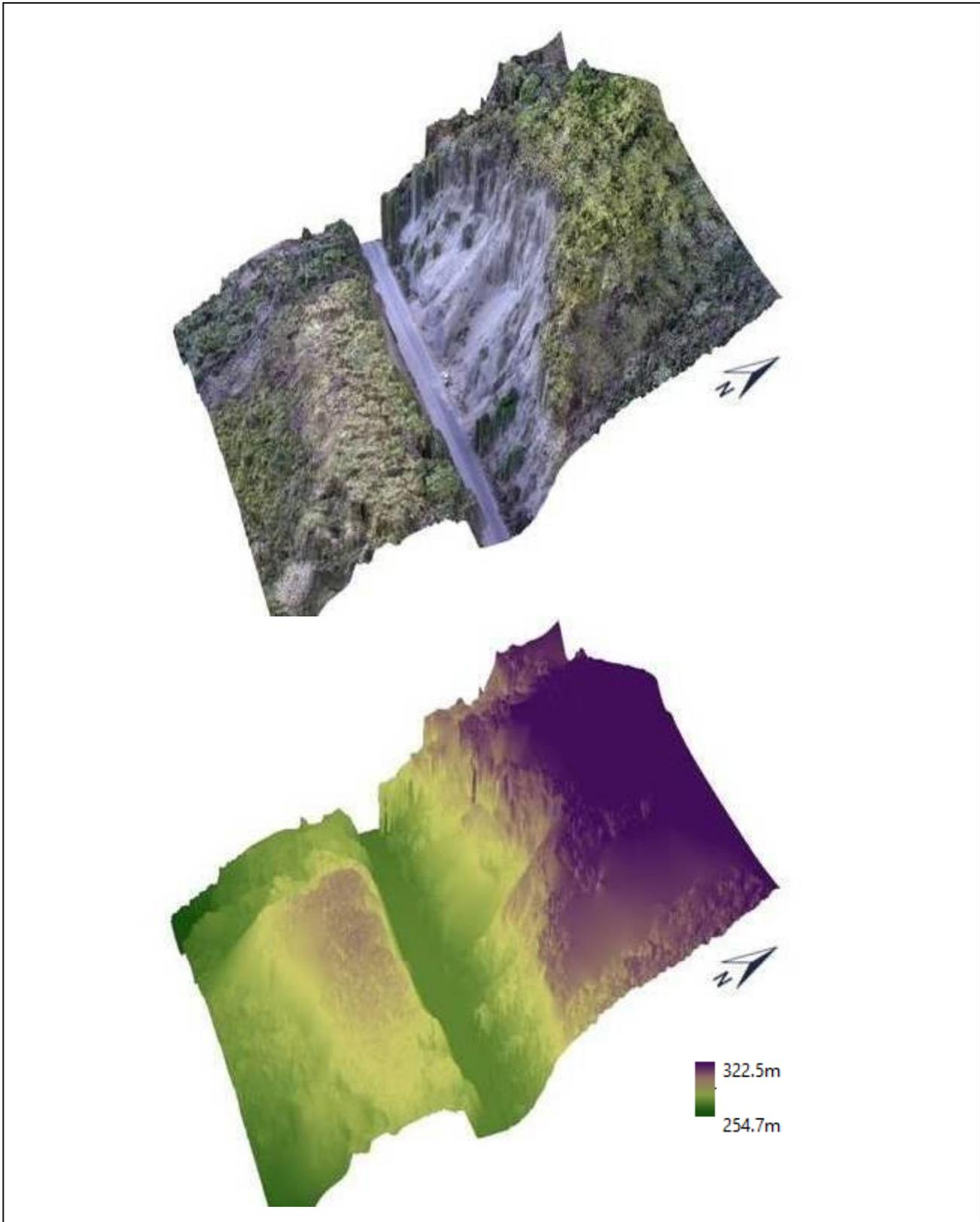
El talud No 29 (Ver Figura No. 44) está constituido por rocas de conglomerado-lutita-caliza, teniendo una altura 22.9 m de altura, en el mapa realizado de susceptibilidad a PG nos dice que se encuentra en una zona de muy alta susceptibilidad (Ver Figura No. 44).

Se elaboraron 7 mapas para describir el comportamiento de cada condicionante de los procesos gravitacionales, se integraron climogramas para conocer el comportamiento de la lluvia, el cual es un detonante para la ocurrencia de los procesos gravitacionales; se integró una base de datos con 224 registros que corresponden a cada celda de 1 km x 1km que cubren la zona de estudio. De igual forma, se generó una capa en formato ráster que indica el valor del peligro/susceptibilidad de la zona.

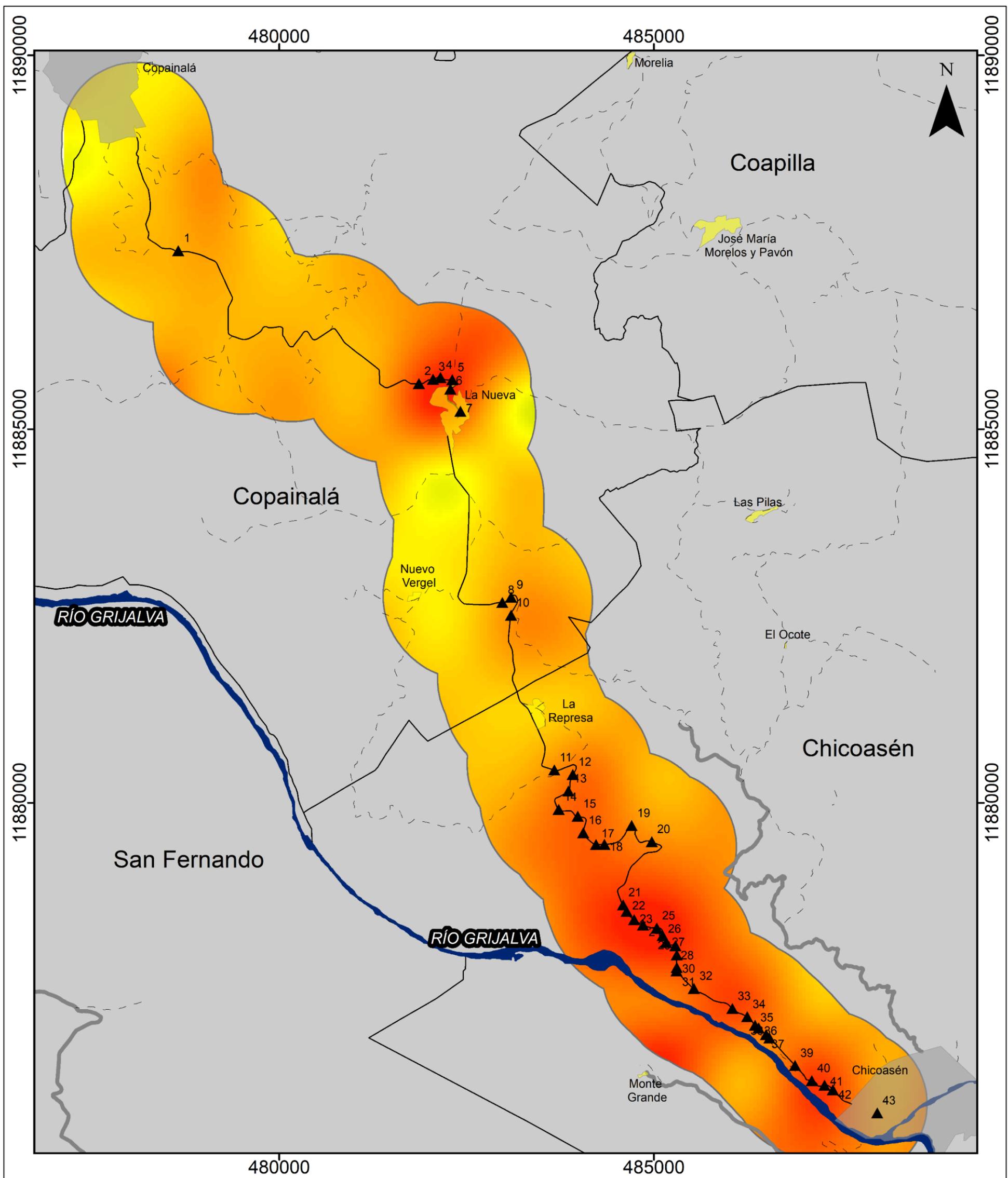


Figura No. 44.- Talud No 29; (Tomada con Phantom 4 Pro +, por Paz, noviembre 2019)

En las Figuras 45 y 46, se aprecian detalles de este talud. La ortofoto y el modelo digital de elevación fueron generados a través de levantamiento con Dron, modelo Phantom 4 Pro+, y se procesaron en los softwares Agisoft Photo Scan ver. 1.1.0 y Arc Scene ver. 10.4.1, Estos modelos ayudan a comprender la geometría del talud.



Figuras No. 45 y 46.- Modelos 3D del punto No 29 generados con dron Phantom 4 Pro+ (Sin puntos de control) procesados en ArcScene ver 10.4.1. Arriba, Ortofotografía, Abajo, Modelo Digital de Elevación; (Elaboró: Paz, diciembre 2019)



MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A PROCESOS GRAVITACIONALES DEL TRAMO CARRETERO COPAINALÁ-CHICOASÉN

1:50,000

0 0.25 0.5 1 1.5 2 2.5 Kilómetros

SIMBOLOGÍA

	MUY BAJA		CARRETERA
	BAJA		TERRACERÍA
	MEDIA		ESTATAL
	ALTA		CAMINOS
	MUY ALTA		PUNTOS DE VERIFICACIÓN
	LOCALIDADES URBANAS		
	LOCALIDADES RURALES		

Fuente:
 Cartas Topográficas, INEGI, 2010, Escala 1:50000
 Buffer del tramo Carretero a 1000 m
 Puntos de Verificación Levantados en campo con Navegador Garmin
 Elipsoide: Clarke 1886
 Proyección UTM Zona 15N
 Datum: WGS84
 Elaboró: Brenda Jasmin Nuñez González
 Octubre, 2019

Figura No. 47.- Mapa de Susceptibilidad a Procesos Gravitacionales; (Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO VI. - Discusión

La investigación se realizó con el propósito de conocer los factores condicionantes como la Geología, Pendiente, y los cortes de talud que intervienen y ocasionan los procesos gravitacionales, caracterizando cada uno en el tramo carretero Copainalá – Chicoasén.

Con los datos obtenidos se realizó un mapa de susceptibilidad a procesos gravitacionales en el cual, a partir de las variables involucradas, se establecieron rangos de susceptibilidad, encontrando que los taludes analizados se ubican en niveles de Alta y Muy Alta susceptibilidad a PG (Ver Figura No. 47).

Las lutitas de composición arenosa son las rocas predominantes en los puntos registrados, mismas que son problemáticas para cualquier obra civil si no se aplican técnicas adecuadas.

Cabe destacar que, además del documento escrito, se obtuvieron 7 mapas locales, una base de datos y una capa en formato ráster, estos dos últimos productos son compatibles con cualquier software tipo SIG, ya sea gratuito, de código abierto o comercial.

En el Talud No. 29 se realizó un vuelo con Dron Phantom 4 Pro+ (sin puntos de control), obteniendo fotografías oblicuas, y 36 fotos, mismas que se procesaron para generar una ortofoto y un Modelo Digital de Elevación. Las técnicas empleadas por la Ingeniería Geomática fueron de gran utilidad a lo largo de la investigación.

CAPÍTULO VII.- Conclusiones

La ubicación de los cortes de Talud y su descripción, así como la investigación de eventos ocurridos anteriormente ayudan a identificar lugares donde se presentan con frecuencia.

La elaboración de los mapas de los diferentes condicionantes ayudó a entender cómo se comporta cada variable y así elaborar un mapa de susceptibilidad a procesos gravitacionales.

Con las investigaciones realizadas se encontraron dos tipos de procesos gravitacionales de acuerdo con la clasificación del CENAPRED.

1-Caídos

2.-Flujos de Detritos

CAPÍTULO VIII.- Recomendaciones

Los Procesos Gravitacionales son fenómenos naturales asociados a la inestabilidad de una ladera y esto se debe a factores internos en este caso como son la geología, pendiente, estratigrafía, intemperismo y factores externos como la precipitación, cortes de talud, entre los externos, la población constantemente altera su entorno. Uno de estos cambios es la realización de construcción de carreteras para una mejor comunicación, aunque en algunos casos estas se ven afectadas por los procesos gravitacionales causando daños y dificultando la comunicación de los municipios; siendo el caso de esta investigación el principal acceso a la Capital de Tuxtla Gutiérrez, aunado a esto, hay un peligro permanente al que se expone la población que transita por dicho lugar. Para beneficio de ellos es necesario e importante investigar cómo se comportan los procesos gravitacionales y qué alternativas de solución existen. En este sentido, la elaboración de cartografía ayuda a comprender cada una de las variables que están involucradas.

La ubicación y caracterización de los taludes, y la integración de un inventario, ayudan a entender el comportamiento de los procesos para buscar una solución a cada caso. Según Del Castillo (2005) los taludes deben cumplir con especificaciones de acuerdo al tipo de geología (Ver Tabla No. 13).

A partir de los resultados obtenidos, se sugiere brindar el mantenimiento necesario a la carretera Chicoasén - Copainalá y dar especial atención a obras de ingeniería civil en el cual se sugiere la construcción de muro de gaviones para los taludes 15, 19, 20, 29 y 41.

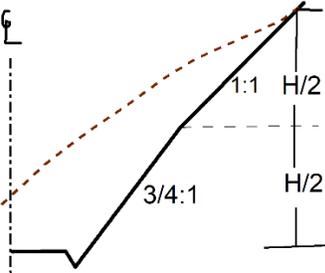
TIPO DE MATERIAL	TALUD RECOMENDABLE CON ALTURA MAYOR DE 15 M	OBSERVACIONES
Lutita suave de resistencia media muy fracturada		No construir contracunetas si no son bien impermeables. Descopetar a 3/4:1 la parte superior mas intemperizada

Tabla No. 13.- Corte de talud recomendable; (Castillo, 2005)

BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara Ayala I. (2000), *Landslides: ¿Deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología*, Investigaciones Geográficas (Mx), abril. Pp7-25.
- Alcántara Ayala I. y Borja Baeza C. R. (2004), *Procesos de remoción en masa y riesgos asociados en Zacapoaxtla. Investigaciones Geográficas*, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM ISSN 0188-4611, Núm. 53, pp. 7-26
- AshrafulIslam, Sanzida Murshed, SM Mainul Kabir, Atikul Haque Farazi, Md. Yousuf Gazi, IsratJahan, Syed Humayun Akhter, (2017), *Utilización de datos espaciales de código abierto para mapeo de susceptibilidad a deslizamientos de tierra en el distrito de Chittagong de Bangladesh: una evaluación para el enfoque de mitigación y reducción del riesgo de desastres*, Departamento de Geología, Universidad de Dhaka, Dhaka, Bangladesh, Vol.8 No.4.
- Brinker Russell C y Wolf Paul R. (1997), *Topografía*, ALFA OMEGA GRUPO EDITOR, S.A de C.V., México D.F. P86-87
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2001), *Cartilla de Diagnostico Preliminar de Inestabilidad de Ladera*, MILADERA, México D.F.
Recuperado de:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/89637/Cartilla_Diagnostico_Preliminar.pdf
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2008), *Inestabilidad de Ladera*, MILADERA, México D.F.
Recuperado de:
<http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/7FASCICULOINESTABILIDADDELADERAS.PDF>
- Coordinación Nacional de Protección Civil (CONAPROC, 2016), *Curso Causas que propician deslizamientos y medidas de prevención*, UNAM, CENAPRED. SEGOB
Recuperado de:
<http://www.cenapred.gob.mx/es/documentosWeb/Enaproc/IdentiDeslizamientos.pdf>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO,1998), *Climas*, (clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México,
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2018); *Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAS)*, *Recuperado de:* <https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s>
- Cuanalo C., O., & Quezada P., P., & Aguilar M., A., & Olivan R., A., & Barona D., E. (2006), *Sismos y lluvias, factores detonantes de deslizamientos de laderas en las regiones montañosas de Puebla*, México. e-Gnosis, 4(0).
Recuperado de:
<http://www.redalyc.org/pdf/730/73000413.pdf>

De la Rosa Z. J. I., Eboli M. A. y Dávila S, M. (1989), *Geología del Estado de Chiapas*. Comisión Federal de Electricidad. Subdirección de Construcción. Unidad de Estudios de Ingeniería Civil. México. 192 pp.

Del Castillo R. (2005), *La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres (Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas)*, México D.F., Limusa S.A de C.V., Volumen 1.

Gámez W. (2009), *Texto Básico de Hidrología*, Dirección de Investigación Extensión y Posgrado (DIEP), managua, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria.

Gutiérrez O. (2010), *Lluvias incomunican poblados de Chiapas*, Corresponsal, El UNIVERSAL, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Recuperado de:

<https://archivo.eluniversal.com.mx/notas/704541.html#1>

Highland L.M. y Bobrowsky Peter, 2008, *Manual de derrumbes. Guía para entender todo sobre los derrumbes*, Reston, Virginia, Circular 1325 del Sistema Geológico de los EUA, 129 p 39.

Instituto Nacional para el Federalismo (INAFED) (S.F), *Enciclopedia de los Municipios de México, Estado de Chiapas. Copainalá*

Recuperado de:

<http://inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM07chiapas/municipios/07021a.html>

Instituto Nacional para el Federalismo (INAFED) (S.F), *Enciclopedia de los Municipios de México, Estado de Chiapas. Chicoasén*

Recuperado de:

<http://www.siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM07chiapas/municipios/07029a.html>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI,2015), *Población*

Recuperado de:

<https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/default.html#Mapas>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI,2008), *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Copainalá, Chiapas.*

Recuperado de:

<file:///C:/Users/HP/Downloads/07021.pdf>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI,2008), *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Chicoasén, Chiapas.*

Recuperado de:

<file:///C:/Users/HP/Downloads/07029.pdf>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI,2007), *Conjunto Nacional de Datos Vectorial Edafológico*, Escala 1: 250 000 Serie II, en formato digital.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2007), *Conjunto de Datos Geológicos Vectoriales*, Escala 1:250 000 Serie 1, en formato digital.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2011) *Conjunto de datos vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación*, Escala 1:250 000 Serie V (Conjunto Nacional), en formato digital.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI,2015), *Guía para la interpretación de cartografía Edafología,, Escala 1:250 000, Serie III*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. -- México: INEGI, c2014.vii, 60 p28.

Lario Gómez J. y Bardají Azcárate T. (2016), *Introducción a los Riesgos Geológicos*, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Madrid.

Recuperado de:

<https://bit.ly/38ekCNd>

Paz Tenorio J. A. (2012), *Laderas inestables y la construcción social del riesgo; tres casos en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*, Tesis de Maestría. UNICACH. Tuxtla Gutiérrez.

Paz Tenorio, J.A., Gómez Ramírez, M., González Herrera, R. y Velasco Herrera, J.A. (2015), *Caracterización de Procesos Gravitacionales en Diferentes Ambientes Geológicos de Chiapas, México. Espacio I+D; Innovación más Desarrollo. 12. Recuperado de:* <http://www.espacioimasd.unach.mx/articulos/num12/pdf/gravitacionales.pdf>

Paz Tenorio J. A. (2016), *Procesos Gravitacionales y la Construcción Social del Riesgo en Tuxtla Gutiérrez*, Chiapas, México, Tesis obtener el grado de Doctor en Ciencias en Desarrollo Sustentable. UNICACH. Tuxtla Gutiérrez.

Paz Tenorio, J.A., Gómez Ramírez, M., González Herrera, R. y Velasco Herrera, J.A. (2017), *Metodología para elaborar mapas de susceptibilidad a procesos de remoción en masa, análisis del caso ladera sur de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Investigaciones Geográficas.*

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT,2000), *Abatimiento de Taludes*. N-CTR- CAR-1-01-015/00. Recuperado de: <https://normas.imt.mx/normativa/N-CTR-CAR-1-01-014-00.pdf>

Solís Carmona E, (2018), *Brújula, Manual de Usuario*, Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro), Laboratorio Topografía.

Suárez J. (1998), *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas. Instituto de Investigaciones sobre erosión y deslizamientos*, Bucaramanga, Colombia, 548 p.

Valles Peralta G. V. y Villalba Calderón D. R. (2018), *Medidas de Prevención ante Riesgos de Erosión y Fenómenos de Remoción en Masa, en el Área de Incidencia “Ciudad Arcángel”, Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura*, Trabajo de Investigación previo a la obtención del Título de Magíster en Gestión Integral de Cuencas hidrográficas. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Consulta en línea: https://www.academia.edu/40879298/Resultados_22.05.

ANEXOS



Figura No. 48. - Talud No 29, conglomerado-lutita-caliza; (Fuente: Propia)



Figura No. 49. - Talud No 15, Caídos; (Fuente: Propia)



Figura No. 50. - Talud No 41; (Fuente: Propia)



Figura No. 51. - Talud No 20, Roca: lutita-caliza; (Fuente: Propia)



Figura No 52.- Talud No 40, Caídos; (Fuente propia, 18/05/2019)

No	Topografía	Geología	Tipo de Corriente	Edafología	Climas	Precipitación	Vegetación	Pendiente	Foto
1	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de una corriente de agua de orden 4 intermitente a 80 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación de 900 mm a 1000 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	
2	Se encuentra a una altura de 500 m a 750 m msnm	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	No hay corrientes de agua cerca a 200 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación de 900 mm a 1000 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 0° a 15°	
3	Altura de 500 a 750 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de una corriente de agua de orden 2 intermitente a 100 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación de 900 mm a 1000 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 0° a 15°	
4	Se encuentra a una altura de 500 m a 750 m msnm	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de una corriente de agua de orden 2 intermitente a 100 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación de 900 mm a 1000 mm por año	Selva Baja Caducifolia (Zona habitada)	Pendiente de 0° a 15°	
5	Se encuentra a una altura de 500 m a 750 m msnm	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de una corriente de agua de orden 2 intermitente a 60 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación de 1000 mm a 1200 mm por año	Bosque de Encino (Zona habitada)	Pendiente de 15° a 25°	
6	Se encuentra a una altura de 500 m a 750 m msnm	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de una corriente de agua de orden 2 intermitente a 60 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación de 900 mm a 1000 mm por año	Selva Baja Caducifolia (Zona habitada)	Pendiente de 15° a 25°	
7	Altura de 500 a 750 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de una corriente de agua de orden 1 intermitente a 20 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación de 900 mm a 1000 mm por año	Selva Baja Caducifolia (Zona habitada)	Pendiente de 0° a 15°	
8	Se encuentra a una altura de 500 m a 750 m msnm	Te(lu-ar), Lutita-Arenisca Paleógeno Eoceno	No hay corrientes de agua cerca a 150 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación de 900 mm a 1000 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	
9	Se encuentra a una altura de 500 m a 750 m msnm	Te(lu-ar), Lutita-Arenisca Paleógeno Eoceno	Cerca de una corriente de agua de orden 1 intermitente	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación de 900 mm a 1000 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 0° a 15°	
10	Se encuentra a una altura de 500 m a 750 m msnm	Te(lu-ar), Lutita-Arenisca Paleógeno Eoceno	Cerca de una corriente de agua de orden 1 intermitente	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación de 900 mm a 1000 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 0° a 15°	

No	Topografía	Geología	Tipo de Corriente	Edafología	Climas	Precipitación	Vegetación	Pendiente	Foto
11	Altura de 500 a 750 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Entre una corriente de agua de orden 1 intermitente y una de orden 2 intermitente a 150 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación de 900 mm a 1000 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 0° a 15°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_2\2-11.jpg
12	Altura de 500 a 750 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de una corriente de agua de orden 2 a 45 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación de 900 mm a 1000 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 0° a 15°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_2\2-10.jpg
13	Altura de 500 a 750 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	No hay corrientes de agua cerca a 200 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación de 900 mm a 1000 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_2\2-9.jpg
14	Altura de 500 a 750 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de una corriente de agua de orden 3 intermitente a 150 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación de 900 mm a 1000 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_2\2-8.jpg
15	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	No hay corrientes de agua cerca a 300 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación de 900 mm a 1000 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_2\2-7.jpg
16	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	No hay corrientes de agua cerca a 70 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación de 900 mm a 1000 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_2\2-6.jpg
17	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de una corriente de agua de orden 1 a 150 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación de 900 mm a 1000 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_2\2-5.jpg
18	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	No hay corrientes de agua cerca a 200 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación de 900 mm a 1000 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 25° a 35°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_2\2-4.jpg
19	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	No hay corrientes de agua cerca a 200 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación de 900 mm a 1000 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 25° a 35°	
20	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de una corriente de agua de orden 2 a 35 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación de 900 mm a 1000 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 35° a 45°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_2\2-3.jpg
21	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de una corriente de agua de orden 1 intermitente a 50 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_2\2-2.jpg

No	Topografía	Geología	Tipo de Corriente	Edafología	Climas	Precipitación	Vegetación	Pendiente	Foto
22	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de una corriente de agua de orden 1 intermitente a 50 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_2\2-1.jpg
23	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	No hay corrientes de agua cerca a 200 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_3\3-9.jpg
24	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	No hay corrientes de agua cerca a menos de 250 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_3\3-8.jpg
25	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de una corriente de agua de orden 1 intermitente a 90 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_3\3-7.jpg
26	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de corriente de agua de orden 2 intermitente entre dos corrientes de agua de orden 1 intermitente a 50 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_3\3-6.jpg
27	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de corriente de agua de orden 2 intermitente entre dos corrientes de agua de orden 1 intermitente a 150 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_3\3-5.jpg
28	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de la zona de estudio se encuentra el río Grijalva con condición perenne con orden 6 y corriente de agua de orden 1 intermitente a 30 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_3\3-4.jpg
29	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de la zona de estudio se encuentra el río Grijalva con condición perenne con orden	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_3\3-3.jpg
30	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de la zona de estudio se encuentra el río Grijalva con condición perenne con orden	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_3\3-2.jpg
31	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de la zona de estudio se encuentra el río Grijalva con condición perenne con orden 6 y corriente de agua de orden 1 intermitente	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_3\3-1.jpg

No	Topografía	Geología	Tipo de Corriente	Edafología	Climas	Precipitación	Vegetación	Pendiente	Foto
32	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de la zona de estudio se encuentra el río Grijalva con condición perenne con orden 6 y corriente de agua de orden 1 intermitente	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_1\13.jpg
33	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de la zona de estudio se encuentra el río Grijalva con condición perenne con orden 6 y corriente de agua de orden 1 intermitente a 200 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_1\12.jpg
34	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de la zona de estudio se encuentra el río Grijalva con condición perenne con orden 6 a 200 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_1\11.jpg
35	Altura de 180 a 250 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de la zona de estudio se encuentra el río Grijalva con condición perenne con orden 6 a 200 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_1\10.jpg
36	Altura de 180 a 250 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno Y CONGLOMERADOS	Cerca de la zona de estudio se encuentra el río Grijalva con condición perenne con orden 6 a 200 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_1\9.jpg
37	Altura de 180 a 250 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno Y CONGLOMERADOS	Cerca de la zona de estudio se encuentra el río Grijalva con condición perenne con orden 6 a 200 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_1\8.jpg
38	Altura de 180 a 250 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno Y CONGLOMERADOS	Cerca de la zona de estudio se encuentra el río Grijalva con condición perenne con orden 6 a 200 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frío mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_1\7.jpg

No	Topografía	Geología	Tipo de Corriente	Edafología	Climas	Precipitación	Vegetación	Pendiente	Foto
39	Altura de 180 a 250 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno Y CONGLOMERADOS	Cerca de la zona de estudio se encuentra el río Grijalva con condición perenne con orden 6 y corriente de agua de orden 1intermitente a 150 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frio mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 15° a 25°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_1\6.jpg
40	Altura de 180 a 250 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno Y CONGLOMERADOS	Cerca de la zona de estudio se encuentra el río Grijalva con condición perenne con orden 6 y corriente de agua de orden 1 a 60 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frio mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 0° a 15°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_1\5.jpg
41	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno Y CONGLOMERADOS	Cerca de la zona de estudio se encuentra el río Grijalva con condición perenne con orden 6 y corriente de agua de orden 1 a 80 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frio mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 0° a 15°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_1\4.jpg
42	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de la zona de estudio se encuentra el río Grijalva con condición perenne con orden 6a a 300 m	Leptosol (LP)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frio mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 0° a 15°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_1\3.jpg
43	Altura de 250 a 500 msnm.	Tpal(lu-ar),Lutita-Arenisca Paleoceno	Cerca de la zona de estudio se encuentra el río Grijalva con condición perenne con orden 6 a 300 m	No Aplica (Zona Habitada)	Cálido Subhúmedo, temperatura media anual mayor a 22° c y temperatura del mes más frio mayor 18° c	Precipitación menos de 900 mm por año	Selva Baja Caducifolia	Pendiente de 0° a 15°	C:\b\Fotos_Talud_PG\T_C_1\1.jpg

Tabla No. 12.- Datos de campo y de gabinete de los puntos de verificación; (Fuente: Elaboración propia)

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Edafología	Geología	Pendiente	Puntos de Verificación	Densidad de drenaje	S_V_O	EDA_O	GEO_O	PEN_O	H_O	SUMA_V	N_S_V	N_EDA	N_GEO	N_PEN	N_DD	N_PV	N_SUMA
1	Bosque de Encino	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	0° a 15°	0	832.7	1	1	2	1	2	7	0.1	0.0667	0.33333	0.1	0.133	0	0.73333
2	Bosque de Encino	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	15° a 25°	0	1038.05	1	1	2	2	2	8	0.1	0.0667	0.33333	0.2	0.133	0	0.83333
3	Bosque de Encino	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	0° a 15°	0	615.29	1	1	2	1	1	6	0.1	0.0667	0.33333	0.1	0.067	0	0.66667
4	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	35° a 45°	0	1141.21	2	5	3	4	2	16	0.2	0.3333	0.5	0.4	0.133	0	1.56667
5	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	1725.9	2	5	3	2	3	15	0.2	0.3333	0.5	0.2	0.2	0	1.43333
6	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	723.2	2	5	3	2	1	13	0.2	0.3333	0.5	0.2	0.067	0	1.3
7	Zona Habitada	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	1927.9	4	5	3	2	3	17	0.4	0.3333	0.5	0.2	0.2	0	1.63333
8	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	1939.7	2	5	3	1	3	14	0.2	0.3333	0.5	0.1	0.2	0	1.33333
9	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	4	2596.04	2	4	3	2	4	19	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.267	0.1739	1.60725
10	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	1	1196.15	2	4	3	2	2	14	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.133	0.0435	1.34348
11	Bosque de Encino	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	25° a 35°	0	1030.55	1	1	2	3	2	9	0.1	0.0667	0.33333	0.3	0.133	0	0.93333

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Edafología	Geología	Pendiente	Puntos de Verificación	Densidad de drenaje	S_V_O	EDA_O	GEO_O	PEN_O	H_O	SUMA_V	N_S_V	N_EDA	N_GEO	N_PEN	N_DD	N_PV	N_SUMA
13	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	35° a 45°	0	1539.36	2	5	3	4	3	17	0.2	0.3333	0.5	0.4	0.2	0	1.63333
14	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	25° a 35°	0	1666.76	2	5	3	3	3	16	0.2	0.3333	0.5	0.3	0.2	0	1.53333
15	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	2348.17	2	5	3	2	4	16	0.2	0.3333	0.5	0.2	0.267	0	1.5
16	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	1557.17	2	5	3	2	3	15	0.2	0.3333	0.5	0.2	0.2	0	1.43333
17	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	3	2743.72	2	4	3	1	4	17	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.267	0.1304	1.46377
18	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	6	2537.17	2	4	3	1	4	20	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.267	0.2609	1.5942
19	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	990.63	2	4	3	2	2	13	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.133	0	1.3
20	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	1912.11	2	4	3	2	3	14	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.36667
21	Selva baja Caducifolia	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	15° a 25°	0	777.49	2	1	2	2	2	9	0.2	0.0667	0.33333	0.2	0.133	0	0.93333
22	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	25° a 35°	0	1572.51	2	5	3	3	3	16	0.2	0.3333	0.5	0.3	0.2	0	1.53333
23	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	25° a 35°	0	1894.14	2	5	3	3	3	16	0.2	0.3333	0.5	0.3	0.2	0	1.53333
24	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	2010.4	2	4	3	2	3	14	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.36667

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Edafología	Geología	Pendiente	Puntos de Verificación	Densidad de drenaje	S_V_O	EDA_O	GEO_O	PEN_O	H_O	SUMA_V	N_S_V	N_EDA	N_GEO	N_PEN	N_DD	N_PV	N_SUMA
25	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	2366.94	2	4	3	1	4	14	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.267	0	1.33333
26	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	2	4136.79	2	4	3	2	5	18	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.333	0.087	1.58696
27	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	7	2036.03	2	4	3	2	3	21	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.2	0.3043	1.67101
28	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	2255.61	2	4	3	2	4	15	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.267	0	1.43333
29	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	521.62	2	4	3	2	1	12	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.067	0	1.23333
30	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	1223.59	2	4	3	2	2	13	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.133	0	1.3
31	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	15° a 25°	0	2011.58	2	5	2	2	3	14	0.2	0.3333	0.33333	0.2	0.2	0	1.26667
32	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	35° a 45°	0	3042.97	2	5	2	4	5	18	0.2	0.3333	0.33333	0.4	0.333	0	1.6
33	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	1452.56	2	4	3	1	3	13	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.2	0	1.26667
34	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	1456.23	2	4	3	1	3	13	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.2	0	1.26667
35	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	2211.08	2	4	3	2	4	15	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.267	0	1.43333
36	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	4	1915.18	2	4	3	2	3	18	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.2	0.1739	1.54058

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Edafología	Geología	Pendiente	Puntos de Verificación	Densidad de drenaje	S_V_O	EDA_O	GEO_O	PEN_O	H_O	SUMA_V	N_S_V	N_EDA	N_GEO	N_PEN	N_DD	N_PV	N_SUMA
37	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	2	1662.05	2	4	3	2	3	16	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.2	0.087	1.45362
38	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	25° a 35°	0	1325.12	2	4	3	3	2	14	0.2	0.2667	0.5	0.3	0.133	0	1.4
39	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	0	2	4	3	2	1	12	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.067	0	1.23333
40	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	620.97	2	4	3	2	1	12	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.067	0	1.23333
41	Bosque de Encino	Regosol (RG)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	0° a 15°	0	2650.71	1	5	2	1	4	13	0.1	0.3333	0.33333	0.1	0.267	0	1.13333
42	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	35° a 45°	0	2118.79	1	4	2	4	4	15	0.1	0.2667	0.33333	0.4	0.267	0	1.36667
43	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	1650.24	2	4	3	2	3	14	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.36667
44	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	1360.35	2	4	3	2	2	13	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.133	0	1.3
45	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	2273.53	2	4	3	1	4	14	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.267	0	1.33333
46	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	4	2590.92	2	4	3	1	4	18	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.267	0.1739	1.50725
47	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	887.68	2	4	3	2	2	13	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.133	0	1.3
48	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	2249.96	2	4	3	2	4	15	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.267	0	1.43333
49	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	2198.04	2	4	3	2	4	15	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.267	0	1.43333

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Edafología	Geología	Pendiente	Puntos de Verificación	Densidad de drenaje	S_V_O	EDA_O	GEO_O	PEN_O	H_O	SUMA_V	N_S_V	N_EDA	N_GEO	N_PEN	N_DD	N_PV	N_SUMA
50	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	1267.51	2	4	3	2	2	13	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.133	0	1.3
51	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	35° a 45°	0	1922.41	1	4	2	4	3	14	0.1	0.2667	0.33333	0.4	0.2	0	1.3
52	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	35° a 45°	0	686.76	2	4	3	4	1	14	0.2	0.2667	0.5	0.4	0.067	0	1.43333
53	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	2681.18	2	4	3	1	4	14	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.267	0	1.33333
54	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	941.6	2	4	3	2	2	13	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.133	0	1.3
55	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	1628.27	2	4	3	1	3	13	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.2	0	1.26667
56	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	1437.27	2	4	3	2	2	13	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.133	0	1.3
57	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	2771.39	2	4	3	2	4	15	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.267	0	1.43333
58	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	1715.17	2	4	3	2	3	14	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.36667
59	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	2129.04	2	4	3	2	4	15	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.267	0	1.43333
60	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	1905.19	2	4	3	2	3	14	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.36667
61	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	35° a 45°	0	1560.59	1	4	2	4	3	14	0.1	0.2667	0.33333	0.4	0.2	0	1.3

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Edafología	Geología	Pendiente	Puntos de Verificación	Densidad de drenaje	S_V_O	EDA_O	GEO_O	PEN_O	H_O	SUMA_V	N_S_V	N_EDA	N_GEO	N_PEN	N_DD	N_PV	N_SUMA
62	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	1837.52	2	4	3	1	3	13	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.2	0	1.26667
63	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	2289.73	2	4	3	1	4	14	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.267	0	1.33333
64	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	1270.81	2	4	3	1	2	12	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.133	0	1.2
65	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	3	1034.05	2	4	3	2	2	16	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.133	0.1304	1.43044
66	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	1615.2	2	4	3	2	3	14	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.36667
67	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	1815.71	1	4	3	2	3	13	0.1	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.26667
68	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	949.82	1	4	3	1	2	11	0.1	0.2667	0.5	0.1	0.133	0	1.1
69	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	2417.61	2	4	3	2	4	15	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.267	0	1.43333
70	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	3202.07	2	4	3	1	5	15	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.333	0	1.4
71	Bosque de Coníferas	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	1387.03	1	4	3	1	2	11	0.1	0.2667	0.5	0.1	0.133	0	1.1
72	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	1701.5	2	4	3	1	3	13	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.2	0	1.26667
73	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	1024.97	2	4	3	1	2	12	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.133	0	1.2

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Edafología	Geología	Pendiente	Puntos de Verificación	Densidad de drenaje	S_V_O	EDA_O	GEO_O	PEN_O	H_O	SUMA_V	N_S_V	N_EDA	N_GEO	N_PEN	N_DD	N_PV	N_SUMA
74	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	886.41	2	4	3	1	2	12	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.133	0	1.2
75	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	2176.12	2	4	3	1	4	14	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.267	0	1.33333
76	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	1586.86	1	4	3	2	3	13	0.1	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.26667
77	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	925.54	1	4	3	2	2	12	0.1	0.2667	0.5	0.2	0.133	0	1.2
78	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	2008.45	1	4	3	2	3	13	0.1	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.26667
79	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	1855.63	2	4	3	2	3	14	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.36667
80	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	2523.9	2	4	3	2	4	15	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.267	0	1.43333
81	Bosque de Coníferas	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	3044.36	1	4	3	2	5	15	0.1	0.2667	0.5	0.2	0.333	0	1.4
82	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	2287.5	2	4	3	1	4	14	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.267	0	1.33333
83	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	1496.55	2	4	3	2	3	14	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.36667
84	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	426.22	2	4	3	1	1	11	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.067	0	1.13333
85	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	1085.58	2	4	3	2	2	13	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.133	0	1.3

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Edafología	Geología	Pendiente	Puntos de Verificación	Densidad de drenaje	S_V_O	EDA_O	GEO_O	PEN_O	H_O	SUMA_V	N_S_V	N_EDA	N_GEO	N_PEN	N_DD	N_PV	N_SUMA
86	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	1783.59	1	4	3	2	3	13	0.1	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.26667
87	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	1914.22	1	4	3	2	3	13	0.1	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.26667
88	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	1057.82	1	4	3	1	2	11	0.1	0.2667	0.5	0.1	0.133	0	1.1
89	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	2623.75	2	4	3	2	4	15	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.267	0	1.43333
90	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	453.58	2	4	3	2	1	12	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.067	0	1.23333
91	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	2279.16	2	4	3	1	4	14	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.267	0	1.33333
92	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	3816.05	2	4	3	1	5	15	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.333	0	1.4
93	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	2422.59	2	4	3	1	4	14	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.267	0	1.33333
94	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	6	3362.16	2	4	3	1	5	21	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.333	0.2609	1.66087
95	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	2025.27	1	4	3	1	3	12	0.1	0.2667	0.5	0.1	0.2	0	1.16667
96	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	1426.47	1	4	3	1	2	11	0.1	0.2667	0.5	0.1	0.133	0	1.1
97	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	2018.64	1	4	3	2	3	13	0.1	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.26667

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Edafología	Geología	Pendiente	Puntos de Verificación	Densidad de drenaje	S_V_O	EDA_O	GEO_O	PEN_O	H_O	SUMA_V	N_S_V	N_EDA	N_GEO	N_PEN	N_DD	N_PV	N_SUMA
98	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	1624.48	1	4	3	1	3	12	0.1	0.2667	0.5	0.1	0.2	0	1.16667
99	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	2015.79	1	4	3	2	3	13	0.1	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.26667
100	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	1732.46	2	4	3	2	3	14	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.36667
101	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	2541.76	2	4	3	1	4	14	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.267	0	1.33333
102	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	2726.36	2	4	3	1	4	14	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.267	0	1.33333
103	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	2213.38	2	4	3	1	4	14	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.267	0	1.33333
104	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	2968.76	2	4	3	2	5	16	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.333	0	1.5
105	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	4395.76	2	4	3	2	5	16	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.333	0	1.5
106	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	1933.05	1	4	3	2	3	13	0.1	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.26667
107	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	2292	1	4	3	1	4	13	0.1	0.2667	0.5	0.1	0.267	0	1.23333
108	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	1895.93	1	4	3	1	3	12	0.1	0.2667	0.5	0.1	0.2	0	1.16667
109	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	2850.8	2	4	3	1	4	14	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.267	0	1.33333

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Edafología	Geología	Pendiente	Puntos de Verificación	Densidad de drenaje	S_V_O	EDA_O	GEO_O	PEN_O	H_O	SUMA_V	N_S_V	N_EDA	N_GEO	N_PEN	N_DD	N_PV	N_SUMA
110	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	3198.08	2	4	3	1	5	15	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.333	0	1.4
111	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	1	2413.92	2	4	3	1	4	15	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.267	0.0435	1.37681
112	Selva baja Caducifolia	Phaeozem (PH)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	2597.58	2	3	3	1	4	13	0.2	0.2	0.5	0.1	0.267	0	1.26667
113	Selva baja Caducifolia	Phaeozem (PH)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	2294.41	2	3	3	2	4	14	0.2	0.2	0.5	0.2	0.267	0	1.36667
114	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	25° a 35°	0	1619.14	1	4	3	3	3	14	0.1	0.2667	0.5	0.3	0.2	0	1.36667
115	Bosque de Encino	Phaeozem (PH)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	2088.66	1	3	3	1	3	11	0.1	0.2	0.5	0.1	0.2	0	1.1
116	Bosque de Encino	Phaeozem (PH)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	1367.11	1	3	3	1	2	10	0.1	0.2	0.5	0.1	0.133	0	1.03333
117	Selva baja Caducifolia	Phaeozem (PH)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	524.84	2	3	3	1	1	10	0.2	0.2	0.5	0.1	0.067	0	1.06667
118	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	1259.93	2	4	3	1	2	12	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.133	0	1.2
119	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	3275.92	2	4	3	1	5	15	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.333	0	1.4
120	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	1094.95	2	4	3	2	2	13	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.133	0	1.3
121	Bosque de Encino Arbustivo	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	0° a 15°	0	1635.76	1	1	2	1	3	8	0.1	0.0667	0.33333	0.1	0.2	0	0.8

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Edafología	Geología	Pendiente	Puntos de Verificación	Densidad de drenaje	S_V_O	EDA_O	GEO_O	PEN_O	H_O	SUMA_V	N_S_V	N_EDA	N_GEO	N_PEN	N_DD	N_PV	N_SUMA
122	Zona Agrícola	Luvisol (LV)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	0° a 15°	0	1097.37	3	2	2	1	2	10	0.3	0.1333	0.33333	0.1	0.133	0	1
123	Zona Agrícola	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	0° a 15°	0	742.3	3	1	2	1	1	8	0.3	0.0667	0.33333	0.1	0.067	0	0.86667
124	Bosque de Encino Arbustivo	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	15° a 25°	0	1206.03	1	1	2	2	2	8	0.1	0.0667	0.33333	0.2	0.133	0	0.83333
125	Bosque de Encino Arbustivo	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	0° a 15°	0	611.19	1	1	2	1	1	6	0.1	0.0667	0.33333	0.1	0.067	0	0.66667
126	Bosque de Encino Arbustivo	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	0° a 15°	0	16.71	1	1	2	1	1	6	0.1	0.0667	0.33333	0.1	0.067	0	0.66667
127	Bosque de Encino Arbustivo	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	0° a 15°	0	827.53	1	1	2	1	2	7	0.1	0.0667	0.33333	0.1	0.133	0	0.73333
128	Selva baja Caducifolia	Alisol (AL)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	Más de 45°	0	0	2	1	3	5	1	12	0.2	0.0667	0.5	0	0.067	0	0.83333
129	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	Más de 45°	0	238.77	2	5	3	5	1	16	0.2	0.3333	0.5	0	0.067	0	1.1
130	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	1594.31	2	5	3	2	3	15	0.2	0.3333	0.5	0.2	0.2	0	1.43333
131	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	25° a 35°	0	1563.49	2	5	3	3	3	16	0.2	0.3333	0.5	0.3	0.2	0	1.53333
132	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	2241.74	2	5	3	1	4	15	0.2	0.3333	0.5	0.1	0.267	0	1.4
133	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	2525.94	2	5	3	2	4	16	0.2	0.3333	0.5	0.2	0.267	0	1.5

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Edafología	Geología	Pendiente	Puntos de Verificación	Densidad de drenaje	S_V_O	EDA_O	GEO_O	PEN_O	H_O	SUMA_V	N_S_V	N_EDA	N_GEO	N_PEN	N_DD	N_PV	N_SUMA
134	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	2035.1	2	5	3	2	3	15	0.2	0.3333	0.5	0.2	0.2	0	1.43333
135	Bosque de Encino Arbustivo	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	0° a 15°	0	1824.76	1	1	2	1	3	8	0.1	0.0667	0.33333	0.1	0.2	0	0.8
136	Bosque de Encino Arbustivo	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	0° a 15°	0	1022.45	1	1	2	1	2	7	0.1	0.0667	0.33333	0.1	0.133	0	0.73333
137	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	2258.94	2	5	3	2	4	16	0.2	0.3333	0.5	0.2	0.267	0	1.5
138	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	325.15	2	5	3	2	1	13	0.2	0.3333	0.5	0.2	0.067	0	1.3
139	Bosque de Encino Arbustivo	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	0° a 15°	0	1897.45	1	1	2	1	3	8	0.1	0.0667	0.33333	0.1	0.2	0	0.8
140	Bosque de Encino Arbustivo	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	0° a 15°	0	1015.27	1	1	2	1	2	7	0.1	0.0667	0.33333	0.1	0.133	0	0.73333
141	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	1926.34	2	4	3	2	3	14	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.36667
142	Selva baja Caducifolia	Regosol (RG)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	15° a 25°	0	2520.39	2	5	2	2	4	15	0.2	0.3333	0.33333	0.2	0.267	0	1.33333
143	Selva Perennifolia Arbustiva	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	0° a 15°	0	146.47	2	1	2	1	1	7	0.2	0.0667	0.33333	0.1	0.067	0	0.76667
144	Bosque de Encino Arbustivo	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	15° a 25°	0	0	1	1	2	2	1	7	0.1	0.0667	0.33333	0.2	0.067	0	0.76667
145	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	650.7	2	4	3	2	1	12	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.067	0	1.23333

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Edafología	Geología	Pendiente	Puntos de Verificación	Densidad de drenaje	S_V_O	EDA_O	GEO_O	PEN_O	H_O	SUMA_V	N_S_V	N_EDA	N_GEO	N_PEN	N_DD	N_PV	N_SUMA
146	Selva baja Caducifolia	Luvisol (LV)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	1722.98	2	2	3	1	3	11	0.2	0.1333	0.5	0.1	0.2	0	1.13333
147	Zona Agrícola	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	0° a 15°	0	0	3	1	2	1	1	8	0.3	0.0667	0.33333	0.1	0.067	0	0.86667
148	Zona Agrícola	Regosol (RG)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	15° a 25°	0	1868.66	3	5	2	2	3	15	0.3	0.3333	0.33333	0.2	0.2	0	1.36667
149	Selva baja Caducifolia	Luvisol (LV)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	15° a 25°	0	1223.52	2	2	2	2	2	10	0.2	0.1333	0.33333	0.2	0.133	0	1
150	Bosque de Encino	Luvisol (LV)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	35° a 45°	0	1179.77	1	2	2	4	2	11	0.1	0.1333	0.33333	0.4	0.133	0	1.1
151	Bosque de Encino	Luvisol (LV)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	15° a 25°	0	1365.38	1	2	2	2	2	9	0.1	0.1333	0.33333	0.2	0.133	0	0.9
152	Bosque de Encino	Regosol (RG)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	15° a 25°	0	835.93	1	5	2	2	2	12	0.1	0.3333	0.33333	0.2	0.133	0	1.1
153	Selva baja Caducifolia	Luvisol (LV)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	25° a 35°	0	2602.93	2	2	2	3	4	13	0.2	0.1333	0.33333	0.3	0.267	0	1.23333
154	Bosque de Encino	Luvisol (LV)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	25° a 35°	0	2254.59	1	2	2	3	4	12	0.1	0.1333	0.33333	0.3	0.267	0	1.13333
155	Zona Agrícola	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	0° a 15°	0	1798.89	3	1	2	1	3	10	0.3	0.0667	0.33333	0.1	0.2	0	1
156	Selva baja Caducifolia	Alisol (AL)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	15° a 25°	0	2009.08	2	1	2	2	3	10	0.2	0.0667	0.33333	0.2	0.2	0	1
157	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	2398.84	2	4	3	2	4	15	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.267	0	1.43333

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Edafología	Geología	Pendiente	Puntos de Verificación	Densidad de drenaje	S_V_O	EDA_O	GEO_O	PEN_O	H_O	SUMA_V	N_S_V	N_EDA	N_GEO	N_PEN	N_DD	N_PV	N_SUMA
158	Bosque de Encino	Luvisol (LV)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	25° a 35°	0	831.45	1	2	2	3	2	10	0.1	0.1333	0.33333	0.3	0.133	0	1
159	Bosque de Encino	Luvisol (LV)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	35° a 45°	0	1110.83	1	2	2	4	2	11	0.1	0.1333	0.33333	0.4	0.133	0	1.1
160	Bosque de Encino	Luvisol (LV)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	35° a 45°	0	1531.15	1	2	2	4	3	12	0.1	0.1333	0.33333	0.4	0.2	0	1.16667
161	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	2281.02	2	4	3	2	4	15	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.267	0	1.43333
162	Bosque de Encino	Luvisol (LV)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	35° a 45°	0	2174.66	1	2	2	4	4	13	0.1	0.1333	0.33333	0.4	0.267	0	1.23333
163	Bosque de Encino	Phaeozem (PH)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	35° a 45°	0	1131.19	1	3	2	4	2	12	0.1	0.2	0.33333	0.4	0.133	0	1.16667
164	Bosque de Coníferas	Leptosol (LP)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	35° a 45°	0	1822.45	1	4	2	4	3	14	0.1	0.2667	0.33333	0.4	0.2	0	1.3
165	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	1565.58	2	4	3	2	3	14	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.36667
166	Selva baja Caducifolia	Luvisol (LV)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	35° a 45°	0	946.43	2	2	2	4	2	12	0.2	0.1333	0.33333	0.4	0.133	0	1.2
167	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	25° a 35°	0	2018.07	2	4	2	3	3	14	0.2	0.2667	0.33333	0.3	0.2	0	1.3
168	Bosque de Coníferas	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	178.36	1	4	3	2	1	11	0.1	0.2667	0.5	0.2	0.067	0	1.13333

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Edafología	Geología	Pendiente	Puntos de Verificación	Densidad de drenaje	S_V_O	EDA_O	GEO_O	PEN_O	H_O	SUMA_V	N_S_V	N_EDA	N_GEO	N_PEN	N_DD	N_PV	N_SUMA
169	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	1254.28	2	4	3	2	2	13	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.133	0	1.3
170	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	15° a 25°	0	431.68	2	4	2	2	1	11	0.2	0.2667	0.33333	0.2	0.067	0	1.06667
171	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	25° a 35°	0	204.22	2	4	2	3	1	12	0.2	0.2667	0.33333	0.3	0.067	0	1.16667
172	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	25° a 35°	0	2162.92	2	4	3	3	4	16	0.2	0.2667	0.5	0.3	0.267	0	1.53333
173	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	25° a 35°	0	2735.04	2	4	3	3	4	16	0.2	0.2667	0.5	0.3	0.267	0	1.53333
174	Selva baja Caducifolia	Luvisol (LV)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	15° a 25°	0	2524.72	2	2	2	2	4	12	0.2	0.1333	0.33333	0.2	0.267	0	1.13333
175	Selva baja Caducifolia	Phaeozem (PH)	Caliza Mesozoico Cretácico Superior	15° a 25°	0	1772.52	2	3	2	2	3	12	0.2	0.2	0.33333	0.2	0.2	0	1.13333
176	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	764.94	2	4	3	2	2	13	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.133	0	1.3
177	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	2012.62	2	4	3	2	3	14	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.36667
178	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	3012.63	2	4	3	2	5	16	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.333	0	1.5
179	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	1255.12	2	4	3	2	2	13	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.133	0	1.3
180	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	2151.09	2	4	3	1	4	14	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.267	0	1.33333

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Edafología	Geología	Pendiente	Puntos de Verificación	Densidad de drenaje	S_V_O	EDA_O	GEO_O	PEN_O	H_O	SUMA_V	N_S_V	N_EDA	N_GEO	N_PEN	N_DD	N_PV	N_SUMA
181	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	3097.07	2	4	3	2	5	16	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.333	0	1.5
182	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	1569.15	2	4	3	2	3	14	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.36667
183	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	736.31	2	4	3	1	1	11	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.067	0	1.13333
184	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	0° a 15°	0	2045.73	2	4	3	1	3	13	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.2	0	1.26667
185	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Paleoceno	15° a 25°	0	2196.1	2	4	3	2	4	15	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.267	0	1.43333
186	Selva baja Caducifolia	Phaeozem (PH)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	143.7	2	3	3	2	1	11	0.2	0.2	0.5	0.2	0.067	0	1.16667
187	Bosque de Encino	Phaeozem (PH)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	1706.08	1	3	3	2	3	12	0.1	0.2	0.5	0.2	0.2	0	1.2
188	Bosque de Encino	Phaeozem (PH)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	1415.21	1	3	3	2	2	11	0.1	0.2	0.5	0.2	0.133	0	1.13333
189	Bosque de Encino	Phaeozem (PH)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	1521.43	1	3	3	2	3	12	0.1	0.2	0.5	0.2	0.2	0	1.2
190	Bosque de Encino	Phaeozem (PH)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	546.18	1	3	3	1	1	9	0.1	0.2	0.5	0.1	0.067	0	0.96667
191	Bosque de Encino	Phaeozem (PH)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	797.31	1	3	3	1	2	10	0.1	0.2	0.5	0.1	0.133	0	1.03333
192	Bosque de Encino	Phaeozem (PH)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	1292.49	1	3	3	2	2	11	0.1	0.2	0.5	0.2	0.133	0	1.13333

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Edafología	Geología	Pendiente	Puntos de Verificación	Densidad de drenaje	S_V_O	EDA_O	GEO_O	PEN_O	H_O	SUMA_V	N_S_V	N_EDA	N_GEO	N_PEN	N_DD	N_PV	N_SUMA
193	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	2048.95	1	4	3	2	3	13	0.1	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.26667
194	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	2235.51	2	4	3	2	4	15	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.267	0	1.43333
195	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	1622.24	2	4	3	2	3	14	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.36667
196	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Caliza Cenozoico Oligoceno	25° a 35°	0	1750.31	2	4	1	3	3	13	0.2	0.2667	0.16667	0.3	0.2	0	1.13333
197	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	690.56	2	4	3	2	1	12	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.067	0	1.23333
198	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	1443.54	2	4	3	1	2	12	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.133	0	1.2
199	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	989.8	2	4	3	2	2	13	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.133	0	1.3
200	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	1553.22	2	4	3	2	3	14	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.2	0	1.36667
201	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	2682.94	2	4	3	2	4	15	0.2	0.2667	0.5	0.2	0.267	0	1.43333
202	Bosque de Encino	Phaeozem (PH)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	1756.39	1	3	3	2	3	12	0.1	0.2	0.5	0.2	0.2	0	1.2
203	Bosque de Encino	Phaeozem (PH)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	2537.34	1	3	3	2	4	13	0.1	0.2	0.5	0.2	0.267	0	1.26667
204	Bosque de Encino	Phaeozem (PH)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	2476.04	1	3	3	2	4	13	0.1	0.2	0.5	0.2	0.267	0	1.26667

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Edafología	Geología	Pendiente	Puntos de Verificación	Densidad de drenaje	S_V_O	EDA_O	GEO_O	PEN_O	H_O	SUMA_V	N_S_V	N_EDA	N_GEO	N_PEN	N_DD	N_PV	N_SUMA
205	Bosque de Encino	Phaeozem (PH)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	813.18	1	3	3	2	2	11	0.1	0.2	0.5	0.2	0.133	0	1.13333
206	Bosque de Encino	Phaeozem (PH)	Caliza Cenozoico Oligoceno	15° a 25°	0	1935.25	1	3	1	2	3	10	0.1	0.2	0.16667	0.2	0.2	0	0.86667
207	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Caliza Cenozoico Oligoceno	25° a 35°	0	1529.79	2	4	1	3	3	13	0.2	0.2667	0.16667	0.3	0.2	0	1.13333
208	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Caliza Cenozoico Oligoceno	15° a 25°	0	1295.48	2	4	1	2	2	11	0.2	0.2667	0.16667	0.2	0.133	0	0.96667
209	Selva baja Caducifolia	Luvisol (LV)	Caliza Cenozoico Oligoceno	15° a 25°	0	1717.79	2	2	1	2	3	10	0.2	0.1333	0.16667	0.2	0.2	0	0.9
210	Bosque de Encino	Luvisol (LV)	Caliza Cenozoico Oligoceno	15° a 25°	0	2152.32	1	2	1	2	4	10	0.1	0.1333	0.16667	0.2	0.267	0	0.86667
211	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	2945.02	2	4	3	1	5	15	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.333	0	1.4
212	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	1424	2	4	3	1	2	12	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.133	0	1.2
213	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	1871.77	2	4	3	1	3	13	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.2	0	1.26667
214	Selva baja Caducifolia	Leptosol (LP)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	0° a 15°	0	1919.38	2	4	3	1	3	13	0.2	0.2667	0.5	0.1	0.2	0	1.26667
215	Selva baja Caducifolia	Phaeozem (PH)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	3093.97	2	3	3	2	5	15	0.2	0.2	0.5	0.2	0.333	0	1.43333
216	Bosque de Encino	Phaeozem (PH)	Caliza Cenozoico Oligoceno	15° a 25°	0	2562.64	1	3	1	2	4	11	0.1	0.2	0.16667	0.2	0.267	0	0.93333

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Edafología	Geología	Pendiente	Puntos de Verificación	Densidad de drenaje	S_V_O	EDA_O	GEO_O	PEN_O	H_O	SUMA_V	N_S_V	N_EDA	N_GEO	N_PEN	N_DD	N_PV	N_SUMA
217	Bosque de Encino	Phaeozem (PH)	Caliza Cenozoico Oligoceno	0° a 15°	0	2819.99	1	3	1	1	4	10	0.1	0.2	0.16667	0.1	0.267	0	0.83333
218	Bosque de Encino	Phaeozem (PH)	Lutita-Arenisca Cenozoico Eoceno	15° a 25°	0	2050.9	1	3	3	2	3	12	0.1	0.2	0.5	0.2	0.2	0	1.2
219	Bosque de Encino	Phaeozem (PH)	Caliza Cenozoico Oligoceno	15° a 25°	0	1174.77	1	3	1	2	2	9	0.1	0.2	0.16667	0.2	0.133	0	0.8
220	Zona Agrícola	Phaeozem (PH)	Caliza Cenozoico Oligoceno	15° a 25°	0	991.48	3	3	1	2	2	11	0.3	0.2	0.16667	0.2	0.133	0	1
221	Bosque de Encino	Leptosol (LP)	Caliza Cenozoico Oligoceno	0° a 15°	0	2319.83	1	4	1	1	4	11	0.1	0.2667	0.16667	0.1	0.267	0	0.9
222	Bosque de Encino	Luvisol (LV)	Caliza Cenozoico Oligoceno	0° a 15°	0	1849.53	1	2	1	1	3	8	0.1	0.1333	0.16667	0.1	0.2	0	0.7
223	Bosque de Encino	Luvisol (LV)	Caliza Cenozoico Oligoceno	0° a 15°	0	3971.33	1	2	1	1	5	10	0.1	0.1333	0.16667	0.1	0.333	0	0.83333
224	Selva baja Caducifolia	Luvisol (LV)	Caliza Cenozoico Oligoceno	25° a 35°	0	2594.33	2	2	1	3	4	12	0.2	0.1333	0.16667	0.3	0.267	0	1.06667

Tabla No. 15.- Datos para la elaboración del mapa de susceptibilidad; (Fuente: Elaboración propia)