

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA ENTRE LOS CENTROS
POBLADOS DE LA SINRA Y AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS - PROVINCIA
DE CHOTA**

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor:

Bach. Bustamante Sánchez, Hans

Asesor:

M.Cs. Ing. Arapa Vilca, Victor Ausberto

Cajamarca - Perú

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador** : BUSTAMANTE SÁNCHEZ HANS
DNI : 72169450
Escuela Profesional : INGENIERÍA GEOLÓGICA
- Asesor** : M. CS. ING. ARAPA VILCA VICTOR AUSBERTO
Facultad : INGENIERÍA
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
- Título de Trabajo de Investigación:**
CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA ENTRE LOS CENTROS POBLADOS DE LA SINRA Y
AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS – PROVINCIA DE CHOTA
- Fecha de evaluación:** 27 abril de 2025
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 22%
- Código Documento:** trn:oid::: 3117:453118062
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 27/04/2025



FIRMA DEL ASESOR
M. CS. ING. ARAPA VILCA VICTOR AUSBERTO
DNI: 29552145



Firmado digitalmente por:
BAZAN DIAZ Laura Sofia
FAU 20148258601 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 27/04/2025 19:31:08-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : "CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA ENTRE LOS CENTROS POBLADOS DE LA SINRA Y AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS – PROVINCIA DE CHOTA"

ASESOR : M.Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0168-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 29 de abril de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **treinta días del mes de abril de 2025**, siendo las diez horas (10:00 a.m.) en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica (Ambiente 4J – 210), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.
Vocal : Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.
Secretario : M.Cs. Ing. Roberto Severino Gonzales Yana.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada "CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA ENTRE LOS CENTROS POBLADOS DE LA SINRA Y AJIPAMPA, DISTRITO DE LAJAS – PROVINCIA DE CHOTA", presentado por el Bachiller en Ingeniería Geológica HANS BUSTAMANTE SÁNCHEZ, asesorado por el M.Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : 04.00 PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : 11.00 PTS.
EVALUACIÓN FINAL : 15.00 PTS. *Quince*

..... (En letras)

En consecuencia, se lo declara *APROBADO* con el calificativo de *Quince* acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las *11.00* horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.
Presidente

Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.
Vocal

M.Cs. Ing. Roberto Severino Gonzales Yana.
Secretario

M.Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca.
Asesor

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, mi Señor y Salvador, dador por excelencia porque él pone el querer como el hacer por darme sabiduría, inteligencia acepto y reconozco que sin su ayuda no hubiese sido posible llevar a cabo esta investigación, por ello y por mucho más gracias Dios a mi alma mater Universidad Nacional de Cajamarca, a mi asesor MCs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca, por aceptar ser mí asesor y mentor durante esta etapa de investigación.

HB.

DEDICATORIA

A mis Padres, Eladio Bustamante Mejía y Olga Sánchez Díaz; por apoyarme constantemente en cada momento de mi vida a mis hermanas por estar siempre pendiente de mí y apoyándome para crecer como persona y como profesional. A todos ellos se los dedico con mucho aprecio y amor, Gracias por tanto y perdón por tan poco.

HB.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	3
MARCO TEÓRICO	3
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS	3
2.1.1 Internacionales	3
2.1.2 Nacionales	3
2.1.3 Locales	4
2.2 BASES TEÓRICAS	5
2.2.1 Geodinámica y procesos geodinámicos	5
2.2.2 Geomorfología	7
2.2.2.1 Morfogénesis	8
2.2.2.1.1 Ambientes geomorfológicos	9
2.2.2.2 Morfoestructura y/o Litología	13
2.2.2.3 Morfometría	13
2.2.2.3.1 Perfiles morfométricos	17
2.2.2.4 Morfocronología	18
2.2.2.5 Morfología	19
2.2.3 Cartografiado geomorfológico	23
2.2.4 Jerarquización geomorfológica	27
2.2.5 Nomenclatura, colores y simbología de los mapas geomorfológicos	29
2.2.6 Enfoques geomorfológicos	30
2.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	31
CAPÍTULO III	34

MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	34
3.1.1 Geográfica	34
3.1.2 Política	34
3.1.3 Accesibilidad	34
3.1.4 Clima	35
3.2 PROCEDIMIENTOS	36
3.2.1 Etapa de pre campo	36
3.2.2 Etapa de campo	36
3.2.3 Etapa post – campo	37
3.2.4 Metodología	37
3.2.4.1 Población de estudio	38
3.2.4.2 Muestra	38
3.2.4.3 Unidad de análisis	38
3.2.5 Identificación de variables	38
3.2.6 Técnicas	38
3.2.7 Instrumentos y Equipos	39
3.2.7.1 Equipos	39
3.2.7.2 Materiales	39
3.2.8 Tratamiento, Análisis de Datos y Presentación de Resultados	40
3.3 GEOLOGÍA	41
3.4 GEOMORFOLOGÍA	49
CAPÍTULO IV	86
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	86
4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	86
4.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	98
CAPÍTULO V	99
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
5.1 CONCLUSIONES	99
5.2 RECOMENDACIONES	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
ANEXOS	104

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Relación de procesos geodinámicos y unidades geomorfológicas.....	6
Tabla 02: Índices de contraste de relieve.....	14
Tabla 03: Índice y Valor de Densidad de Drenaje.....	16
Tabla 04: Índice y valor por frecuencia de drenaje.	16
Tabla 05: índice valor de textura de drenaje.....	16
Tabla 06: Patrones principales de drenaje y caracterización cualitativa de los materiales donde se desarrolla.	17
Tabla 07: Clases o Atributos y sus ejemplos del perfil de la topografía.	20
Tabla 08: La forma de la topografía.	20
Tabla 09: Rango de pendientes asociadas a las unidades morfogenéticas.	21
Tabla 10: Formas de la superficie.....	21
Tabla 11: Clasificación de Fenómenos de Remoción en Masas.	22
Tabla 12. Colores establecidos para los polígonos de las unidades geomorfológicas.	30
Tabla 13. Coordenadas UTM-WGS84 de los vértices de la zona de investigación.	34
Tabla 14. Coordenadas UTM-WGS84 de los vértices de la zona de investigación.....	35
Tabla 15: Tabla climática - datos históricos de 1991 - 2021	36
Tabla 16: Tipo de investigación.	37
Tabla 17. Tabla de identificación de variables.	38
Tabla 18: Análisis y cuantificación de geoformas en la zona de investigación, por el tipo de ambiente, tamaño de geoformas, área y porcentaje total.	87
Tabla 19: Geoformas por el tipo de ambiente, simbología y cantidad de geoformas encontradas en el Ambiente Denudativo.	88
Tabla 20: Geoformas por el tipo de ambiente, simbología y cantidad de geoformas encontradas en el Ambiente Estructural.	89
Tabla 21: Número de Geoformas del ambiente Fluvial por el tipo de unidad y su simbología. Las unidades mayores y menores con su respectivo porcentaje	90
Tabla 22: Geoformas de ambiente antrópico por el tipo de unidad, simbología y el número de geoformas encontradas y su respectivo porcentaje.....	91
Tabla 23: Geoformas de ambiente Kárstico por el tipo de unidad, simbología y el número de geoformas encontradas.	92
Tabla 24: Geoformas de ambiente Lacustre por el tipo de unidad, simbología y el número de geoformas encontradas.	93

Tabla 25. Cantidad de unidades geomorfológicas tanto mayores como menores según el ambiente morfogenético de los centros poblados la Sinra y Ajipampa.	93
Tabla 26: Inclinación de las superficies de las Unidades Geomorfológicas y su descripción.	96

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Perfil Esquemático del Ambiente Estructural.....	10
Figura 02: Perfil esquemático con laderas estructurales y denudacionales de edad relativa variable (Robertson y Jaramillo, 2012).....	10
Figura 03: Perfil esquemático de los piedemontes aluvio-torrenciales compuestos por abanicos con grados de disección variable según su edad.....	11
Figura 04: Perfil esquemático de Ambiente Fluvial con sus respectivas unidades (Robertson y Jaramillo, 2012).	11
Figura 05: Perfil esquemático del Ambiente Marina con subambientes de playas, marismas, terrazas marinas, arrecifes coralinos y acantilados.....	12
Figura 06: Perfiles morfométricos (Centeno, 2008).....	18
Figura 07: Relación entre los atributos topográficos y los niveles categóricos del sistema de las clasificaciones de las geoformas (Carvajal, et al, 2004).	19
Figura 08: Perfil esquemático de una ladera y la relación entre forma de la misma y los procesos generados en ella. (Tomado y modificado de Delrymple et al. 1968 en Cortes. 1989).....	23
Figura 09: Estructura de geomorfología.	25
Figura 10: Esquema de jerarquización geomorfológica.	29
Figura 11. Mapa de la vía de acceso a la zona de investigación (Google MAPS, 2024).....	35
Figura 13: Se determina los 6 ambientes Morfogenéticos con sus porcentajes y el número de geoformas totales encontradas en la zona de estudio.	87
Figura 14: Distribución de las geoformas de origen Denudacional, la geoforma que más área ocupa son las colinas y las lomadas.....	89
Figura 15: Distribución de las geoformas de origen estructural, las laderas y las terrazas ocupan un 25 % del total del ambiente estructural, seguidamente de los escarpes ocupan un 19% con una cantidad de cinco unidades geomorfológicas, los cerros estructurales solo representan el 6% del 100% del ambiente estructural.....	90
Figura 16: Representación en porcentaje de todas las geoformas en el ambiente fluvial, podemos evidenciar que tanto el cauce como las terrazas y el cauce permanente de río son los que se evidencias durante toda la zona en el margen derecho e izquierdo del río chotano.....	91
Figura 17: Representación del área de las unidades geomorfológicas antrópico. Predominando los terrenos agrícolas con un mayor porcentaje del total del área del ambiente.	92

Figura 18: Representación del área de las unidades geomorfológicas Kársticas en porcentaje según el número de geoformas encontradas en el Ambiente Kárstico.....	93
Figura 19: Diagrama de barras donde representa la inclinación de la superficie de las unidades geomorfológicas, tomando en cuenta el área de cada pendiente.....	97

REGISTRO FOTOGRÁFICO

	Pág.
Foto 1: Calizas margosas con intercalación de pequeños niveles de lutitas calcáreas de la Formación Chúlec, ubicadas a 100 metros de la quebrada el molle; con Coordenadas: E 745664, N 9275261, Cota 2072 m.s.n.m.....	42
Foto 2: Calizas bituminosas grisáceas intercalada con un estrato de calizas margosas con fósiles bivalvos. Aflora al margen izquierdo del Rio Chotano aguas abajo en el Centro Poblado de Ajipampa Coordenadas: N 9275243, E 747604 y Cota 2090 m.s.n.m.	42
Foto 3: Intercalaciones de calizas intemperizadas con lutitas grisáceas de Formación Pulluicana, Afloramiento en el margen izquierdo de Cerro en Molle del centro Poblado Ajipampa de coordenadas: E 747973, N 9274762, Cota 2153 m.s.n.m.....	43
Foto 4: Afloramiento de la Formación Quilquiñan-Mujarrum. Coordenadas, E 749273, N 9274761, Cota 2136 m.s.n.m.	43
Foto 5: Calizas bien estratificadas de la Formación Cajamarca. Coordenadas, E 749573, N 9274462, Cota 2154 m.s.n.m.	44
Foto 6: Estratificación de Calizas y areniscas rojizas característico de la Formación Chota. Al Norte de Lajas. Coordenadas, E 749573, N 9274462, Cota 2154 m.s.n.m.....	44
Foto 7: Depósitos cuaternarios fluviales generados por el Río Chotano. Coordenadas: E 749009, N 9274715 Cota 2119 m.s.n.m.....	45
Foto 8: Depósitos cuaternarios coluviales, Coordenadas: E 749164, N 9276820, Cota 2343 m.s.n.m.....	46
Foto 9: Depósitos Aluviales en el área de investigación, Coordenadas: E 748958, N 9274601, Cota 2115 m.s.n.m.	46
Foto 10: Estratificación en la Fm. Cajamarca. Coordenadas: E 748624, N 9274789, Cota 2113 m.s.n.m.	47
Foto 11: Anticlinal en el la Fm. Pariatambo. Coordenadas: E 748616, N 9274908, Cota 2121 m.s.n.m.	48
Foto 12: Falla de normal en el área de investigación. Coordenadas: E 747139, N 9275363, Cota 2072 m.s.n.m.	48
Foto 13: Falla de normal en material cuaternario en el área de investigación. Coordenadas: E 747714 N 9274500, Cota 2089 m.s.n.m.....	49
Foto 14: se observa terrazas estructurales producto de la erosión que presenta una serie de niveles o escalones, ubicada al SW de Lajas. En el cerro Coordenadas: E 748607, N 9275867, Cota 2482 m.s.n.m.....	50
Foto15: se observa un espinazo estructural, en la imagen Satelital, al E del distrito de Lajas. Coordenadas: E 749009, N 9276890, Cota 2512 m.s.n.m. Fuente: GOOGLE EARTH PRO (2024)	51

Foto 16: Escarpe estructural en la margen derecha del rio Chotano con una pendiente de 68° cubierto por vegetación. Coordenadas: E 747161, N 9274788, Cota 2074 m.s.n.m.....	52
Foto 17: Escarpe estructural en el cerro el Lajeño, este escarpe es de ambiente estructural denudativo. Se evidencia el proceso de erosión en la cresta del escarpe con una pendiente de 70°. Coordenadas: E 747608, N 9275989, Cota 2401 m.s.n.m.....	52
Foto 18: se observa un valle en V parte del rio Chotano, producto de la meteorización fluvial se formó escarpe estructural en ambos flancos. Coordenadas: E 748585, N 9274917, Cota 2121 m.s.n.m.....	53
Foto 19: se observa ladera estructural al NW del distrito de Lajas en rocas carbonatadas de la Formación Cajamarca, a 200 metros de la quebrada San Carlos. Coordenadas: E 749137, N 9273511, Cota 2329 m.s.n.m.	53
Foto 20: se observa Cerro estructural escarpado abrupto parte del flanco izquierdo del cerro Ajipampa en la Fm. Pulluicana, Coordenadas: E 747689, N 9273906, Cota 2548 m.s.n.m.	54
Foto 21: se observa loma elongada al NE de la Sinra, en rocas carbonatadas de la Fm. Pulluicana, Coordenadas: E 748996, N 9276855, Cota 2446 m.s.n.m.	55
Foto 22: loma elongada en la margen Izquierda de la carretera Lajas – Ajipampa, en la Fm. Quilquiñan Mujarrum, Coordenadas: E 747944, N 9274681, Cota 2105 m.s.n.m.....	55
Foto 23: se observa dos lomas al NW de Lajas, en rocas carbonatadas de la Fm. Pulluicana, también se puede evidenciar la ladera estructural kárstica al lado izquierdo de la foto. Coordenadas: E 749479, N 9276367, Cota 2456 m.s.n.m ...	56
Foto 24: se observa la Ladera estructural denudativa con una intercalación de calizas y conglomerados de areniscas propios de la Formación Chota está ubicado al NE de Lajas. Coordenadas: E 746754, N 9276014, Cota 2205 m.s.n.m.	56
Foto 25: Cerro testigo estructural rodeado de lomas denudativas, en la comunidad de la Sinra, el cerro es llamado el solitario su NE de Lajas. Coordenadas: E 748754, N 9266025, Cota 2205 m.s.n.m.	57
Foto 26: se observa la terraza denudativa coluvial en la parte superior y en la parte inferior de la foto se puede evidenciar un escarpe denudativo, ambas geoformas se encuentran en la parte derecha del puente San Carlos.....	58
Foto 27: En la parte superior de la foto se puede ver una Ladera estructural. En la parte media podemos evidenciar una Ladera denudacional y en la parte inferior podemos evidenciar una superficie de aplanamiento. Así como se evidencia al N de Ajipampa.....	59
Foto 28: Terrazas acumulativas estas lo encontramos en el ambiente Denudativo, podemos observar en la parte derecha está la terraza 1 en la parte intermedia terraza 2 y la parte inferior terraza3, está ubicada a 100 metros de la escuela la Sinra.	59

Foto 29: Vista de la vertiente o piedemonte aluvio torrencial en la comunidad de La Sinra. Fuente: INGEMET, 2022.	60
Foto 30: Piedemontes coluvio –torrencial, deslizamiento de flujo en la Sinra, en material coluvial Coordenadas: E 747935, N 9276532, Cota 2613 m.s.n.m.	60
Foto 31: Vista aérea del deslizamiento antiguo (DA-1) en la comunidad de La Sinra, Fuente: INGEMET, 2022. Coordenadas: E 748007, N 9276467.	61
Foto 32: Se aprecia un conjunto de lomas denudativas, en ambos márgenes de la loma mayor, esta geoforma se encuentra en la Formación Quilquiñan Mujarrum, al NE de la comunidad de San Carlos.	62
Foto 33: Loma denudativa bisectada por un pequeño cauce de río esporádico al margen izquierdo del río chotano aguas abajo, a 500 metros del distrito de Lajas. Coordenadas: E 750818, N 9275250.	62
Foto 34: Se observa ladera de pendiente abrupta al S de Ajipampa en rocas carbonatadas, de la formación Quilquiñan Mujarrum y Pullucana Coordenadas: E 747079, N 9275563, Cota 2142 m.s.n.m.	63
Foto 35: Se observa ladera de pendiente inclinada en la parte S de Trigopampa. También en la base de la pendiente se denota planicies coluviales.	63
Foto 36: Se observa superficie de aplanamiento NE de Ajipampa, el material cuaternario es aprovechado para actividades de ganadería y agricultura Coordenadas: E 749729, N 926257, Cota 2379 m.s.n.m.	64
Foto 37: Se observa superficie de aplanamiento al NE de Ajipampa, rodeada por rocas carbonatadas, de la Formación Quilquiñan Mujarrum Coordenadas: E 747418, N 927608, Cota 2403 m.s.n.m.	64
Foto 38: Se observa terrazas fluviales en la margen derecha e izquierda del río Chotano, Coordenadas: E 748047, N 9275257, Cota 2109 m.s.n.m.	65
Foto 39: Se observa terrazas fluviales en la margen derecha e izquierda del río Chotano, estas terrazas se observan en todo el margen de la zona de estudio. Son aprovechadas para la agricultura, Coordenadas: E 748713, N 9276685, Cota 2509 m.s.n.m.	66
Foto 40: Se observa terrazas fluviales altas en la margen derecha e izquierda del río Chotano. Son aprovechadas para la agricultura, Coordenadas: E 748713, N 9276685, Cota 2110 m.s.n.m.	66
Foto 41: Se observa terrazas fluviales en formación, en la margen derecha e izquierda del río Chotano que tiene un cauce permanente, también se puede observar terrazas, Coordenadas: E 748946, N 9274870, Cota 2112 m.s.n.m.	67
Foto 42: Se observa terrazas fluviales en formación, en la margen derecha e izquierda del río Chotano que tiene un cauce permanente, también se puede observar terrazas, Coordenadas: E 748966, N 9274670, Cota 2302 m.s.n.m.	68
Foto 43: Quebrada esporádica cataclinal, podemos observar la geoforma en el margen derecho del río el Lajeño, se evidencia al SW del distrito de Lajas en la Formación Cajamarca, Coordenadas: E 748966, N 9274670, Cota 2112 m.s.n.m.	68

Foto 44: Se observa 2 quebradas esporádicas ortoclinales esto se evidencia en el sector SW del Centro poblado de Ajipampa, en el cerro el Molle terrazas, Coordenadas: E 746865, N 9274897, Cota 2180 m.s.n.m.....	69
Foto 45: Se observa una barra fluvial longitudinal en medio del cauce del río Chotano, a 200 metros de la cantera de roca caliza, Lajas, Coordenadas: E 7492026, N 92746812, Cota 2090 m.s.n.m.	70
Foto 46: Se observa un abanico aluvial, en el margen derecho del río Chotano aguas abajo en el sector bajo de la Sinra, al NE del Centro poblado de Ajipampa Coordenadas: E 747852, N 92745268, Cota 2095 m.s.n.m.....	71
Foto 47: Se observa una cárcava en la parte media del cerro Salay foto tomada desde el cerro Majadem. Coordenadas: E 748966, N 9274670, Cota 2130 m.s.n.m.....	71
Foto 48: Se observa planicie aluvial, aal margen izquierdo del río chotano aguas abajo,son aprovechadas para la agricultura por su pendiente suave, Coordenadas: E 749677, N 9274829, Cota 2240.m.	72
Foto 49: Se observa planicie aluvial en la base de la colina elongada, son aprovechadas para la agricultura por su pendiente suave, Coordenadas: E 749677, N 9274829, Cota 2240 m.s.n.m.	72
Foto 50: Valle en V, formado por el río Chotano, el cerro Majadem a la izquierda y el cerro Salay a la derecha ubicado al NE de Ajipampa. Coordenadas: E 748173, N 9275286, Cota 2085 m.s.n.m.	73
Foto 51: Se observa 2 marmitas escalonadas en el río Chotano a 500 metros del distrito de Lajas, utilizado por pobladores para actividades recreativas Coordenadas: E 749906, N 9274234, Cota 2100m.s.n.m.....	74
Foto 52: Se observa cantera de agregados para la construcción en la Formación Pulluicana, al NW de la comunidad San Carlos, a 200 metros de la quebrada San Carlos. Coordenadas: E 749332, N 9276914, Cota 2470 m.s.n.m.	75
Foto 53: Se observa una superficie de aplanamiento usadas para el sembrío de palta al N del Centro Poblado de Ajipampa. En la comunidad de Luzpampa. Coordenadas: E 7490086, N 9274860, Cota 2110m.s.n.m.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS

Pág.	:	Página
et al.	:	Y otros
Km ²	:	Kilómetros cuadrados
m	:	Metros
MDE	:	Modelo digital de elevaciones
Ma	:	Unidad de tiempo equivalente a un millón de años.
N	:	Norte
E	:	Este
S	:	Sur
W	:	Oeste
p.e.	:	Por ejemplo
SIG	:	Sistema de Información Geográfica
WGS-84	:	Sistema Geodésico Mundial 1984.
Ref.	:	Referencia
C.P.	:	Centro Poblado
ITC	:	International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences.
INGEMMET	:	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.
Gpo.	:	Grupo.
Fm.	:	Formación.
SE	:	Sur Este
NW	:	Nor Oeste
SW	:	Sur Oeste
NE	:	Nor Este
msnm	:	Metros sobre el nivel de mar
X	:	Eje horizontal
Y	:	Eje vertical

RESUMEN

La investigación se desarrolló entre los centros poblados de La Sinra y Ajipampa, distrito de Lajas, provincia de Chota en la región de Cajamarca en un área de 1250 has; la cual tiene como objetivo caracterizar la Geomorfología entre los Centros Poblados de La Sinra y Ajipampa. Donde presenta un relieve accidentado producto de la interacción del comportamiento geológico regional y local, con influencia directa de diferentes agentes geológicos que modelan el actual relieve; que en conjunto vienen a ser variables determinantes para la formación de múltiples unidades geomorfológicas. La caracterización de las geoformas nos ha permitido identificar y cuantificar las geoformas para ello se realizó un análisis morfogenético que determina los factores que influyeron para la configuración actual. Se identificó 06 ambientes; ambiente Denudativo 34% del área total encontrándose 21 geoformas mayores y 11 geoformas menores, ambiente estructural 24% del área total; 9 geoformas mayores y 12 geoformas menores, ambiente fluvial 17% del área total con 3 geoformas mayores y 14 geoformas menores, y ambiente antrópico 16% del área total con 13 geoformas mayores y 2 geoformas menores ambiente Kárstico con 8% del área total con 7 geoformas mayores y 1 geoforma menor y por último encontramos el ambiente lagunar con un 4% del área total se encontró 4 geoformas mayores y 1 geoforma menor. También se realizó tabla de recolección de datos para datos de morfometría para el cartografiado geomorfológico. Los resultados se plasmaron en el plano geomorfológico a escala 1:15 000, definido por los seis ambientes morfogenéticos antes mencionados y noventa y ocho Unidades Geomorfológicas que conforman los Centro Poblado de La Sinra y Ajipampa.

Palabras clave: geoforma, unidades geomorfológicas, morfogénesis, morfometría, cerro, colina, laderas y terrazas.

ABSTRACT

The research was conducted between the populated centers of La Sinra and Ajipampa, located in the district of Lajas, province of Chota, in the Cajamarca region, covering an area of 1,250 hectares. The objective of the research was to characterize the geomorphology of the area between these areas. The region features a rugged relief resulting from the interaction between regional and local geological behavior, directly influenced by various geological agents that shape the current landscape. Together, these factors are key variables in the formation of multiple geomorphological units.

The characterization of the landforms allowed their identification and quantification through a morphogenetic analysis, which determined the factors influencing the current configuration. Six environments were identified: the denudational environment, covering 34% of the total area, with 21 major landforms and 11 minor ones; the structural environment, occupying 24% of the total area, with 9 major landforms and 12 minor ones; the fluvial environment, comprising 17% of the total area, with 3 major landforms and 14 minor ones; the anthropic environment, accounting for 16% of the total area, with 13 major landforms and 2 minor ones; the karstic environment, making up 8% of the total area, with 7 major landforms and 1 minor one; and finally, the lacustrine environment, covering 4% of the total area, with 4 major landforms and 1 minor one.

Additionally, a data collection table was created to record morphometric data for geomorphological mapping. The results were compiled into a geomorphological map at a scale of 1:15,000, defining the six morphogenetic environments mentioned above and the 98 geomorphological units that make up the populated centers of La Sinra and Ajipampa.

Key words: geform, geomorphological units, morphogenesis, morphometry, hill, slopes and terraces.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la localidad de Chota distrito de Lajas está enmarcada por afloramientos de rocas sedimentarias del Cretácico Inferior y Superior conjuntamente con depósitos cuaternarios, encontrándose meteorizados y fracturadas producto de los procesos geológicos endógenos y exógenos que viene sufriendo a lo largo del tiempo geológico, conjuntamente con la acción geológica de los agentes modeladores de la orografía; en la actualidad el modelo geomorfológico está representado por múltiples unidades geomorfológicas que caracterizados de la manera correcta se tendrá información geocientífica de esta jurisdicción y de esta manera contribuir con las entidades gubernamentales tanto en el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas con presencia de elementos vulnerables. Es por ello que nos lleva a preguntarnos el porqué de la conformación geomorfológica del lugar, el cómo, el cuándo y el dónde de la ocurrencia de los procesos que lo han generado, es decir ¿Cuál es la caracterización geomorfológica entre los Centros Poblados de La Sinra y Ajipampa en el distrito de Lajas, provincia de Chota?

El estudio se realizó para dar a conocer las unidades geomorfológicas que actualmente se observa en el área de investigación por lo que se plantea la siguiente hipótesis general: Las características geomorfológicas entre los Centros Poblados de La Sinra y Ajipampa en el Distrito de Lajas, se relacionan con los factores litológicos, morfológicos y ambientes de formación en el tiempo geológico; y como hipótesis específica Las unidades geomorfológicas del entorno entre los sectores los Centros Poblados constituyen: colinas, laderas, planicies y terrazas; que fueron definidas por los agentes geológicos endógenos y exógenos (que producen meteorización y erosión), dando lugar al modelado actual de la geomorfología de la zona.

La presente investigación se justifica su realización y remarca en conocer, identificar y caracterización caracterizar geomorfológicamente, y de esta manera poder tener un mejor conocimiento de la geodinámica por movimiento en masa de los eventos ocurridos y aquellos que podrían ocurrir. Otro de los motivos por el cual se realiza la investigación es que no existe

un estudio a detalle de las unidades geomorfológicas que nos brinden información de carácter científico y la importancia que esta constituye, esta investigación servirá también como un antecedente para otras investigaciones y de relevancia social ya que conociendo la caracterización geomorfológica pueden tener una mejor propuesta de zonificación tanto para un ordenamiento ecológico como para un crecimiento y ordenamiento territorial.

La investigación tiene como objetivos Caracterizar la Geomorfología entre los Centros Poblados de La Sinra y Ajipampa, Distrito de Lajas – Provincia de Chota, Identificar las unidades geomorfológicas, Determinar los ambientes morfogenéticos del área de estudio, Elaborar el cartografiado geomorfológico de las unidades.

La investigación tiene como descripción los siguientes capítulos:

Capítulo I, referido a la introducción de la investigación, al planteamiento del problema, delimitación del problema, justificación y los objetivos propuestos. Capítulo II. Marco Teórico, se encuentran los antecedentes teóricos, bases teóricas y la definición de términos básicos en la investigación. Capítulo III. Materiales y Métodos, se ubicaron las zonas de investigación, contexto Geológico estructural, caracterización geomecánica, Además de la interacción de las variables como elementos constituyentes para la investigación con un análisis descriptivo para la muestra y unidad de análisis; así mismo, la metodología, para la recopilación de datos. y se describió el procedimiento de la investigación caracterización geomorfológica por ambiente morfogenéticos. Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados, se realizó el análisis de resultados y la contratación de la hipótesis. Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones las cuales responden a los objetivos planteados logrando demostrar que el cartografiado geomorfológico se realizó por ambiente morfogenético, las referencias bibliográficas de acuerdo con las normas IICA/CATIE, para finalmente concluir con los anexos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1 Internacionales

Díaz et al. (2014), en su investigación “caracterización geológica y geomorfológica de la península de Guanahacabibes, Cuba”; describe las principales características geológicas y geomorfológicas de la península, describiéndola como una llanura desarrollada sobre rocas Pliocénicas y Cuaternarias. Concluyendo que las rocas carbonatadas identificadas altamente kársticas tienen una predominancia en el relieve lo que permite poder plantear un mejor manejo de la diversidad de la zona debido al aporte turístico que representa.

Furier et al. (2017), abarca una caracterización geomorfológica en que fueron elaborados mapeos temáticos y otros productos cartográficos donde el relieve, tanto en su morfología como en sus características morfométricas y espaciales constituyen el tema central. A partir de levantamientos cartográficos, interpretaciones de imágenes orbitales, observaciones en campo y de la integración e interpretación obtenidas, concluyeron que la tectónica cenozoica constituye el factor más importante en la configuración morfológica del área.

2.1.2 Nacionales

Soberón (2024), en su tesis titulada unidades geomorfológicas entre los centros poblados: El Milagro y La Barranca, distrito de Pacasmayo – La Libertad. realizó un análisis morfogenético: donde se expone los procesos geodinámicos internos dando como resultado; Unidades Geomorfológicas de Ambiente Estructural (3.24%), ígneo - intrusivo (2.68%), y Volcánico (4.92%). Asimismo, se evaluó de procesos geodinámicos externos, dando como resultado las Unidades Geomorfológicas de Ambiente Denudacional (25.44%), Fluvial (4.94%), Litoral – Marino (3.51%), Eólico (10.71%) y Antrópico (44.56%). También se realizó un análisis morfométrico elaborando dos cortes morfométricos; partiendo de la captura fotográfica, que mediante trazos de segmentos continuos sobre el contorno de la geoformay los resultados se plasmaron en el plano geomorfológico a escala 1:60 000.

López (2018), en su tesis Geología y Geomorfología a nivel de microzonificación para la zonificación Ecológica y económica del distrito de Cabana-Puno, describe las peculiaridades de la zona ya que se registraron diecisiete (17) unidades litoestratigráficas y veintiuno (21) unidades geomorfológicas que se clasificaron y describieron de manera ordenada.

Mattos (2019), en su tesis denominada Geodinámica y Geotécnica de la quebrada Ponatales-Pachar Cusco, analiza la peligrosidad y realiza la evaluación geomorfológica, estando orientado a dar respuesta a la problemática relacionada con la geodinámica externa, determinando, evaluando, y analizando a través de las características geológicas, geodinámicas, geomorfológicas, geotectónicas e hidrológicas de la zona de estudio.

2.1.3 Locales

INGEMMET (2022), en su informe técnico “evaluación del peligro geológico por flujos en la comunidad campesina de la Sinrra”; donde menciona que, en la comunidad de La Sinrra, se identificaron 05 deslizamientos antiguos, de los cuales, 02 presentan procesos de reactivación evidenciados en grietas, hundimientos y leves desplazamientos, que involucran extensas áreas donde se ubica el área urbana de la comunidad. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas que presenta el área de evaluación, se considera que, la comunidad de La Sinrra, tiene Peligro Muy Alto ante la ocurrencia de flujos y Peligro Inminente ante la reactivación de antiguos deslizamientos considerándola como una Zona Crítica. Morfológicamente, el área de evaluación se ubica sobre una montaña y colina estructural en rocas sedimentarias (RMCE-rs) con pendientes moderadas a fuertes (5° a 25°). Las vertientes o piedemontes coluvio-deluviales (V-cd), tienen pendientes moderadas.

Calderón (2022), en su tesis caracterización geológica y geomorfológica en la microcuenca de la laguna Yahuarcocha, distrito de Cajabamba, logra la identificación de 20 unidades geomorfológicas, las cuales están clasificadas y definidas con criterios morfogenéticos, pendientes, topográfico del terreno. Las unidades geomorfológicas pertenecen a 05 ambientes morfogenéticos, dentro de los cuales el predominante es el ambiente Morfoestructural. De acuerdo a la Morfometría en función de la pendiente; siguiendo la clasificación de Carvajal, quien indica una clasificación de 07 categorías; la Microcuenca posee una predominancia de pendientes que varían entre 21°-30° (Muy abrupta).

García (2022), Caracterización geomorfológica del centro poblado de Tinyayoc-San Marcos, dando como resultado Las unidades geomorfológicas más representativas según el ambiente de formación fueron: flancos y Cerro dados por anticlinales y sinclinales pertenecientes a un ambiente estructural. El ambiente volcánico conformado por domos y cono volcánico. El ambiente denudativo está dado por laderas denudacionales, lomas y colinas. En el ambiente fluvial conformado valle fluvial, cauces y abanico aluvial. Siendo en el ambiente kárstico las laderas ondulas kársticas lo más representativo. Finalmente, el ambiente Antrópico conformado por el Centro Poblado de Tinyayoc. El análisis de la superficie se desarrolló mediante la elaboración de tres perfiles morfométricos,

Quispe (2015), caracterización Geológica del Centro Poblado de Combayo, distrito de la Encañada. Esta investigación describe las características geológicas en función a la geomorfología, geología y el tiempo geocronológico; dentro de las principales unidades geomorfológicas, las identifica de acuerdo a la pendiente y altitud; en cuanto a la litología identifica las principales rocas de las Formaciones encontradas, concluyendo así la relación entre la geología geomorfología de la zona.

2.2 BASES TEÓRICAS

En particular, para la caracterización geomorfológica, se propone un marco conceptual que construya los conceptos necesarios para interpretar y definir adecuadamente los objetivos, de modo que se puedan analizar y determinar los elementos necesarios.

2.2.1 Geodinámica y procesos geodinámicos

La Geodinámica es una disciplina de las ciencias Geológicas, su metodología nos permite comprender como ocurren los fenómenos, cuáles son las causas y factores que los generan, las condiciones en que se desarrollan y finalmente, sus efectos sobre el globo terrestre. Los procesos geodinámicos corresponden a todos los movimientos que experimenta la tierra desde sus inicios, tanto aquellos que se originan en su interior (Geodinámica interna, o procesos endógenos), como los que se generan por la interacción de la hidrosfera y la atmósfera (fuerzas externas), que actúan en la superficie terrestre (Geodinámica externa, o procesos exógenos).

Los procesos geodinámicos externos (exógenos), están representados por los fenómenos que actúan en la superficie terrestre, son esencialmente procesos que contribuyen al remodelado y reducción de los relieves iniciales; la acción de los procesos exógenos se traduce en la meteorización de las rocas, la erosión y los fenómenos de remoción en masa. Estos procesos

que son destructores y/o remodeladores del relieve o modificadores de las geoformas iniciales son a la vez constructores de nuevos paisajes mediante la sedimentación o depositación de materiales productos. En la Tabla. 1 se presenta una relación de los diferentes procesos geodinámicos.

Tabla 01: Relación de procesos geodinámicos y unidades geomorfológicas.

Procesos Geodinámicos (Agentes)	Ambiente Morfogenético	Proceso Morfogenético	Unidades Geomorfológicas Mayores	Unidades Geomorfológicas Menores
INTERNOS (Endógenos) Deriva continental Tectónica de placas	ESTRUCTURAL	Magmatismo (intrusión Volcanismo) Tectonismo: Compresión, plegamiento, fallamiento. Sísmicos	Cadenas montañosas (Cordilleras) Altillanuras (Llanos orientales) Piedemonte	Gravens, Horst Valles Sinclinales Laderas Estructurales Anticlinales Piedemonte Cordilleranos Escarpes, laderas irregulares Montaña de pliegue Escarpes de Falla
				DENUDATIVO (Marino, Fluvial, Glaciar, Eólico, Lacustre, antrópico). (Degradacional)
EXTERNOS (Exógenos) Agua, Hielo, Viento, Gravedad, fenómenos meteorológicos, Corrientes Fluviales y Marinas, Lluvias	AGRADACIONAL (Marino, Fluvial, Glaciar, Eólico, Lacustre).	Formación de: Suelos Depósitos (Residuales; coluviales, aluviales, glaciares, fluvio glaciares, marinos, lacustres).	Llanuras aluviales; Sabanas Llanuras costeras Llanuras Lagunares Campos de duna	Cerros de deyección Abanicos aluviales Abanicos Glaciar y Fluvio glaciares Llanuras de inundación Espigas Planos Aluviales Terrazas
				Antrópico

Fuente: Tomado de Carvajal (2004)

2.2.2 Geomorfología

La geomorfología estudia las diferentes formas de relieve de la superficie terrestre (geoformas) y los procesos que las generan, este relieve es el resultado de la interacción de fuerzas endógenas y exógenas. Las primeras actúan como creadoras de grandes elevaciones y depresiones producidas fundamentalmente por movimientos en masa de componente vertical, mientras que, las segundas, como desencadenantes de una continua denudación que tiende a rebajar el relieve originado, estos últimos llamados procesos de geodinámica externa se agrupan en la cadena meteorización-erosión, transporte y sedimentación (Gutiérrez, 2008). El estudio de la geodinámica externa se efectúa en un sistema proceso respuesta, siendo el primero el agente creador (origen) y el segundo la geoforma resultante.

Objetivos de la Geomorfología

La disciplina de la geomorfología tiene por objetivo la descripción de las formas del terreno, la explicación de la génesis y evolución a través del tiempo geológico, la definición de la naturaleza de los materiales que constituyen las geoformas, la clasificación de los paisajes (principalmente en base a su morfología, origen, composición y edad), así como también la explicación de los agentes y procesos geomorfológicos modeladores. Igualmente es una variable del terreno indispensable para explicar la evolución de los fenómenos geológicos (remoción en masa, vulcanismo, sismotectónica e hidrometeorología, inundaciones amenazantes, etc.). De igual manera expresa en cierta forma la resistencia de los materiales litológicos intrínsecos a los procesos denudacionales, la génesis de los ambientes de formación, los efectos de las estructuras geológicas (fallas, pliegues, etc.) y la acción de agentes erosivos y antrópicos (Villota, 2005).

Específicamente en esta fase del estudio se utilizará la variable morfológica la cual contribuye en el análisis de las propiedades intrínsecas de los terrenos y de los materiales que lo conforman y su comportamiento frente a los fenómenos de remoción en masa, en varios aspectos, de los cuales se resaltan los siguientes:

- a) Permite determinar la influencia y control de estructuras geológicas regionales sobre las geoformas escarpes y drenajes asociados).
- b) La génesis de las geoformas que reflejan la dinámica de los procesos naturales endógenos (geotectónica, etc.) y exógenos (denudación, acumulación, etc.) actuantes.

- c) Expresa las formas de las laderas que pueden ser asociadas a tipos de movimientos pasados, actuales o potenciales (formas rectas, convexas, cóncavas, etc.).
- d) Establecer la magnitud de la dinámica de los procesos denudativos que pueden desarrollarse sobre una geoforma en particular.
- e) Las relaciones espaciales de las geoformas, porque determinan zonas homogéneas con características litológicas y geomecánicas similares.

Para el análisis geomorfológico de los terrenos se debe tener en cuenta cuatro aspectos fundamentales como son:

- A. Morfogénesis
- B. Morfoestructura y / o litología
- C. Morfometría
- D. Morfocronología

2.2.3 Morfogénesis

La morfogénesis estudia el origen y evolución de las formas del terreno. Referido a las causas y procesos que dieron inicio a los paisajes, depende de los agentes que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades, y durante intervalos de tiempo geocronológico (Elorza, 2008).

Esta información indica el origen (endógeno/exógeno) y desarrollo de las diferentes formas del relieve. La información morfogenética es representada en forma de unidades geomorfológicas si los fenómenos concernientes son de tamaño cartografiable a la escala de mapeo dada, y mediante símbolos lineales si las formas son demasiado pequeñas o no son consideradas lo suficientemente importantes para ser una unidad (de mapeo) geomorfológica.

Las unidades morfológicas Son agrupadas en doce grandes clases, siguiendo la clasificación utilizada por el ITC (1968), modificada por Carrillo (1995) actualizada por INGEOMINAS (2000), las cuales son denominadas:

- ✓ Formas de origen estructural.
- ✓ Formas de origen volcánico.
- ✓ Estructural — Denudacional.
- ✓ Formas de origen fluvial (verde).
- ✓ Formas de origen lacustre / marino.

- ✓ Formas de origen lacustre.
- ✓ Formas de origen glacial / periglacial.
- ✓ Formas de origen eólico.
- ✓ Formas de origen Kárstico.
- ✓ Formas de origen neotectónico.
- ✓ Formas de origen antropogénico / biológico.

Además, está referido al origen de las diferentes formas de configuración de las geoformas actuales; es decir las causas y procesos que dieron inicio a las geoformas o paisajes. En ese sentido el origen de un paisaje depende de los procesos y agentes que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades, y durante intervalos de tiempo geológico (Ayay, 2018).

2.2.3.1 Ambientes geomorfológicos

Para describir correctamente las unidades geomorfológicas que conforman a su vez el mapa geomorfológico, es necesario definir qué es un ambiente morfogenético y cuáles de ellos se pueden encontrar en una zona determinada (Velásquez et al., 2014).

Una geoforma es una superficie terrestre con características morfológicas distintivas, definidas en su desarrollo por un proceso en particular, que deja reflejada una configuración típica de cada ambiente (M.O.P.T, 1990, citado por Carvajal, 2012); mientras que un ambiente morfogenético agrupa las condiciones físicas, químicas, climáticas y bióticas bajo las cuales se originaron las geoformas (Carvajal, 2012). Los ambientes morfogenéticos pueden ser:

- **Ambiente Morfoestructural**

Concierne a geoformas producidos por la dinámica del interior de la Tierra, especialmente los asociados a pliegues y fallas. Incluye el ambiente neotectónico, geoformas por la actividad tectónica activa y que se ha prolongado durante el Cuaternario. (Carvajal, 2012).

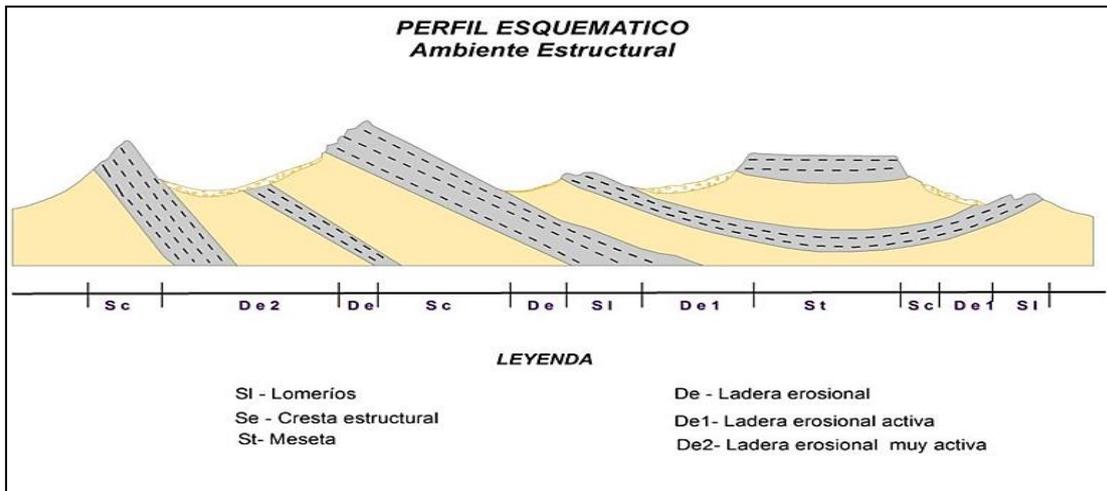


Figura 01: Perfil Esquemático del Ambiente Estructural (Robertson y Jaramillo, 2012).

- **Ambiente Denudacional**

Determinado por la actividad de procesos exógenos de meteorización, procesos erosivos hídricos, gravimétricos y por fenómenos de transporte o remoción en masa que actúan sobre geoformas preexistentes (Carvajal, 2012).

En climas secos, las formas de erosión asociadas a la disección y la pérdida de suelo producen fenómenos de erosión laminar, cárcavas y barrancos. Por otro lado, las condiciones húmedas favorecen la meteorización del subsuelo y el movimiento gravitatorio, así como los deslizamientos de tierra, el suelo y los flujos de escombros. Sin duda, estos dos procesos interactúan para producir innumerables combinaciones (Robertson, et al., 2013).

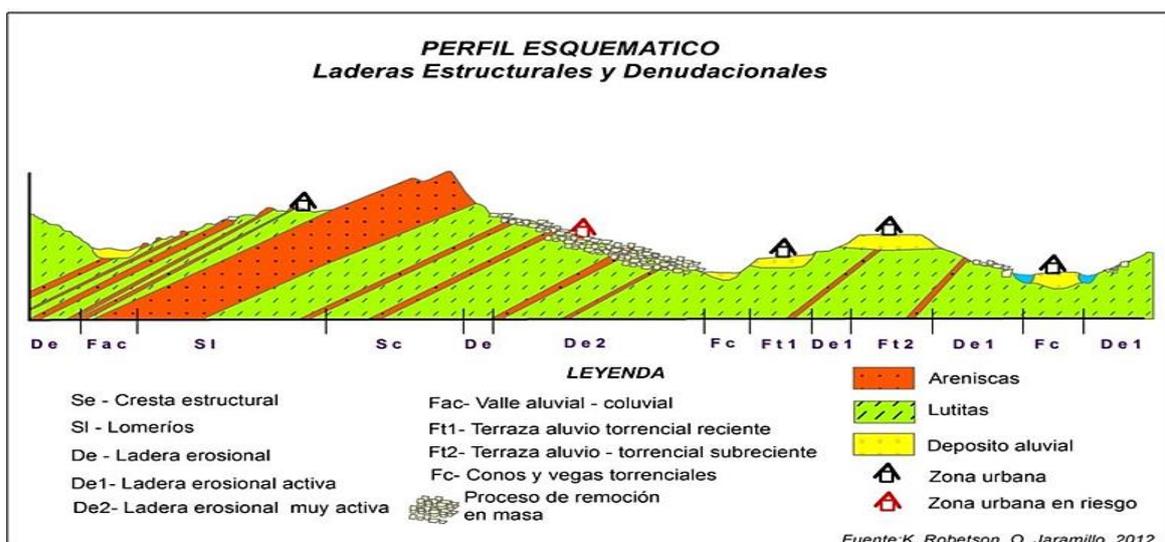


Figura 02: Perfil esquemático con laderas estructurales y denudacionales de edad relativa variable (Robertson y Jaramillo, 2012).

- **Ambiente Fluvial**

Este ambiente es principalmente está dominado la acción de las corrientes de agua y el transporte de sedimentos en la superficie terrestre. Los ríos son los encargados de transportar sus cargas líquidas y sólidas a lo largo del sistema fluvial, produciéndose procesos de erosión y acumulación en función de su pendiente, caudal y carga de sedimentos. Estos procesos conducen a la formación principalmente de abanicos de piedemonte, diques aluviales, llanuras aluviales, terrazas aluviales y llanura de inundación. La composición de los sedimentos varía ampliamente para formaciones geológicas anteriores, y estos aspectos pueden analizarse para reconstruir el ambiente de acumulación (Robertson y Jaramillo ,2012).

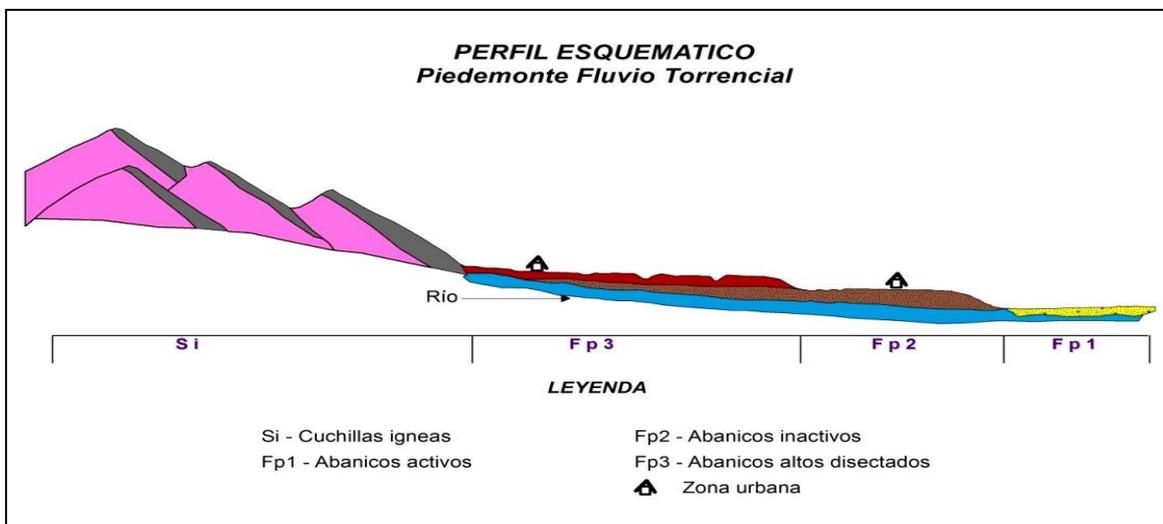


Figura 03: Perfil esquemático de los piedemontes aluvio-torrenciales compuestos por abanicos con grados de disección variable según su edad.

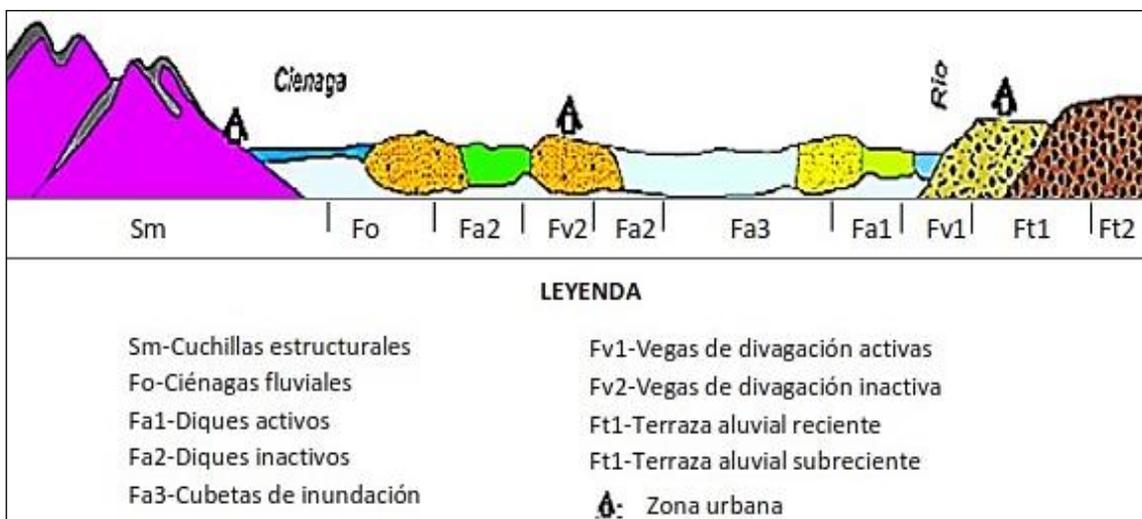


Figura 04: Perfil esquemático de Ambiente Fluvial con sus respectivas unidades (Robertson y Jaramillo, 2012).

- **Ambiente Marino**

Las geoformas dominantes de la zona costera son el resultado de la interacción de los procesos marinos de oleaje y mareas sobre los elementos continentales tales como la estructura y litología local, los aportes fluviales en los deltas y la actividad biológica de las formaciones arrecifales. Las geoformas marinas, también llamadas “litorales”, reflejan estos subambientes erosionales tales como los Acantilados y los subambientes relacionados los procesos exógenos de viento y oleaje en las Playas litorales, Marismas y ciénagas litorales, Terrazas marinas, Barreras coralinas y Deltas litorales.

Las playas, también conocidos como cordones litorales, corresponden a geoformas de acumulación arenosa a gravillosa y pueden subdividirse por unidades de playas activas e inactivas (subrecientes). En cambio, las terrazas marinas pueden ser generadas por procesos de abrasión (erosión) o sedimentación y corresponder a variaciones eustáticas del nivel del mar o movimientos tectónicos locales o regionales de la zona costera. Los acantilados también pueden ser de tipo activo si están expuestos a la acción del oleaje o inactivo (fósil) si corresponden a una antigua línea costera, hoy en día levantada o protegida por la sedimentación más reciente (Carvajal, 2012).

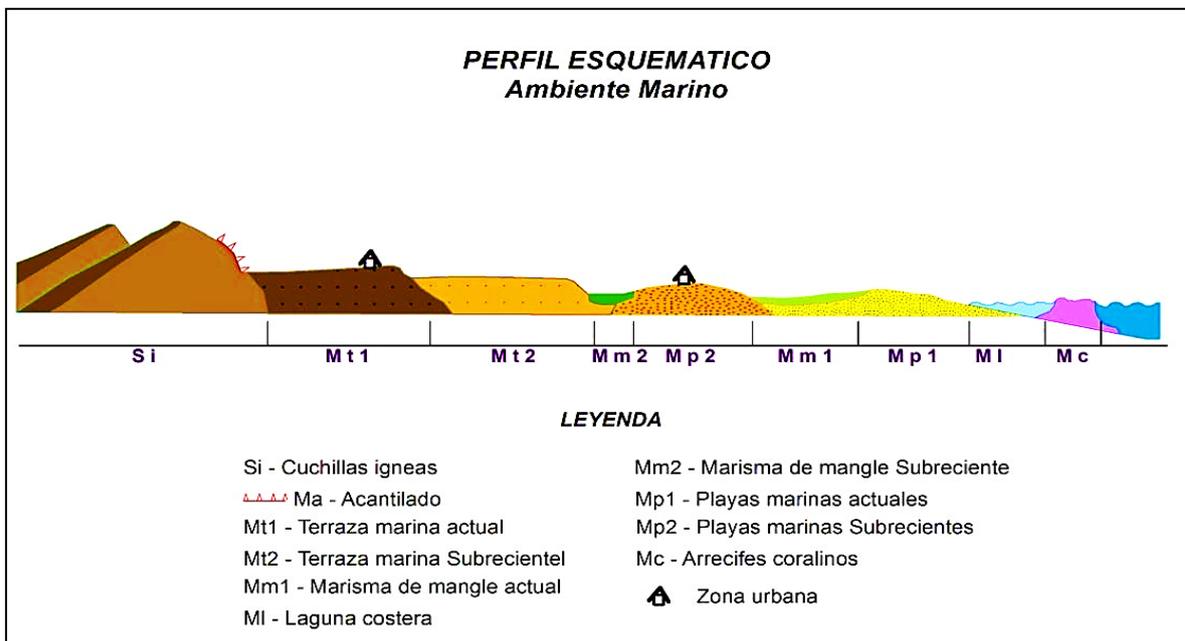


Figura 05: Perfil esquemático del Ambiente Marina con subambientes de playas, marismas, terrazas marinas, arrecifes coralinos y acantilados.

- **Ambiente Eólico**

El ambiente eólico abarca el conjunto de procesos asociados con la erosión, transporte y sedimentación por el viento. Los procesos erosivos incluyen deflación y abrasión, es decir el arranque inicial de los materiales superficiales mientras los procesos de acumulación se relacionan con la formación de las distintas geoformas eólicas, en especial las Dunas eólicas y los Mantos eólicos o de loess. Estos procesos generalmente requieren condiciones de aridez, poca cobertura vegetal y material superficial erodable. Aunque este ambiente no se presenta comúnmente en la actualidad, dadas las variaciones climáticas del Cuaternario, varias zonas del país se encuentran cubiertas por estos tipos de depósitos y geoformas tales como grandes sectores de los Llanos Orientales y el sector norte del Litoral Caribe.

- **Ambiente Antrópico**

Este ambiente se caracteriza por presentar geoformas generadas por la alteración significativa de la superficie terrestre por la acción del hombre. Dentro de estos procesos se destacan los rellenos artificiales, rellenos sanitarios y las excavaciones, generalmente asociados con la minería a cielo abierto y los embalses artificiales (Carvajal, 2012).

2.2.4 Morfoestructura y/o Litología

La naturaleza del substrato rocoso afecta fuertemente las formas del terreno y los procesos desarrollados. La composición litológica es entonces de suma importancia geomorfológica puesto que juega un papel importante en el desarrollo del suelo igualmente, en las áreas llanas la textura de los materiales no consolidados es de mayor interés. Sería deseable, sin embargo (cuando la litología es de máxima importancia o con el fin de subdividir unidades morfogénicas de mapeo demasiado grandes), elevar jerárquicamente la información litológica, mediante el empleo de símbolos areales coloreados para unidades litomorfológicas, tales como "cuesta de arenisca" o "colinas graníticas residuales" Carvajal, (2012).

2.2.5 Morfometría

Esta información que está relacionada con la descripción geométrica cuantitativa del relieve es de gran importancia en el análisis geomorfológico de los terrenos. Su forma más simple de representación es la cota de un punto y/o (una selección de) curvas de nivel con símbolos lineales adicionales para rupturas de pendiente, profundidades, disección de valles altura de bordes de terraza, etc. Frecuentemente es deseable, de cualquier manera, subdividir el terreno de acuerdo a las clases de relieve, usando varios matices en los colores respectivos

para las unidades geomorfológicas. Si las unidades litomorfológicas se mapean en color, los entramados y/o reticulados pueden usarse para delinear el relieve. (Carvajal, et al., 2004). El producto principal de la información morfométrica es el "mapa de pendientes" y que se debe entender como la representación cartográfica cuantificada y organizada de la información topográfica de un mapa base. Esta información visualiza los diferentes rasgos de heterogeneidad (en pendiente) la de los terrenos o taludes naturales, cuya aplicación práctica estriba la posibilidad que tiene de aportar criterios complementarios tendientes, por ejemplo, al señalamiento de áreas potencialmente inestables. (Carvajal, et al., 2004).

A. Contraste de Relieve o relieve relativo

El relieve relativo presenta la diferencia de altitud de la geoforma, independientemente de su altura absoluta o nivel del mar. Ella se mide por la diferencia de alturas entre la parte más baja y alta, llámese colina, montaña, meseta, terraza. Para su aplicación a la Ingeniería Geológica, se definieron las siguientes categorías; de muy bajo, moderadamente alto, alto y extremadamente alto, tomado del ITC – Van Zuidam (1986).

Tabla 02: Índices de contraste de relieve.

Intervalos de Altura	Descripción del Relieve	Resistencia relativa del material
< 50m	Muy Bajo	Material muy blando y erosionable
50-250m	Bajo	Blando erosionable
250-500m	Moderado	Moderadamente blando y erosión
500-1000m	Alto	Resistente y erosión moderada
1000-2500m	Muy Alto	Muy resistente y erosión baja
>2500m	Extremadamente Alto	Extremadamente resistente y erosión muy baja

Fuente: Tomado de Carvajal, et al. (2004).

B. Inclinación de la Ladera

La inclinación de la pendiente es el ángulo que forma una ladera o terreno respecto a un plano horizontal. La selección de los intervalos de pendiente se puede realizar teniendo en cuenta la distribución espacial de las pendientes que mejor representen las formas del relieve de acuerdo con la escala de los mapas definidos. En la tabla 6, se presenta un ejemplo de definición de intervalos dependientes (Vargas, 2001). Generalmente la inclinación de la pendiente está relacionada con el tipo de material que conforma la unidad morfológica y con

la susceptibilidad de dicha unidad a la formación de los movimientos en masa (Carvajal, et al. 2004).

C. Longitud de La Ladera

La longitud de la ladera es un posible indicador de la homogeneidad del material constitutivo de las geoformas, y se puede establecer una relación entre la longitud de la ladera y la homogeneidad del material (a mayor longitud mayor homogeneidad). Igualmente, la longitud de la ladera puede determinar una mayor superficie para el desarrollo de procesos morfodinámicos. Las anteriores relaciones no siempre son válidas y se deben analizar en conjunto con otros tributos que califican la ladera (Van Zuidam, 1986).

D. forma de la ladera

La forma de la ladera se puede categorizar en término recto, cóncavo, convexo, ondulado, irregular o escalonado y complejo, ver tabla 9. Esta expresión de la pendiente refleja la homogeneidad en la resistencia de los materiales, y La presencia o control de estructuras geológicas. La forma de la pendiente igualmente condiciona los tipos de movimientos que pueden desarrollarse en una ladera. Es común relacionar deslizamientos rotacionales a pendientes cóncavas y convexas, movimientos planares a pendientes rectas controladas estructuralmente, complejos a pendientes irregulares (Carvajal, et al. 2004).

E. Densidad, Frecuencia y textura de Drenaje

Según CIAF (1971), la densidad de drenaje se define como la relación entre la longitud de los segmentos de canal (acumulada para todos los órdenes dentro de una cuenca) y el área de la cuenca drenada. La densidad de drenaje sobre un terreno marca el grado de disección de la misma. Este elemento de análisis se puede estimar subjetivamente teniendo en cuenta la disección del terreno mostrada sobre las imágenes, las fotografías aéreas y la cobertura de drenaje.

Se puede determinar mediante la siguiente formula:

$$Dd = Ld/A$$

Dónde: Dd = Densidad de drenaje

A = unidad de área

Ld = Longitud línea drenaje.

Tabla 03: Índice y Valor de Densidad de Drenaje.

Unidad Cartográfica Por Densidad de Drenaje	Km\ Km2
Baja	< 0 .5
Moderada	0.5 > ρ < 1.0
Alta	> 1.0

Fuente: Tomado de Carvajal, et al. (2004).

La frecuencia de drenaje se define según (CIAF, 1971) como el número de segmentos de corrientes por el área de la cuenca drenada. Se expresa en número de segmentos/Km².

$$Fh = \frac{\sum n}{A}$$

Dónde: n = Segmentos A = Área de la cuenca

Tabla 04: Índice y valor por frecuencia de drenaje.

Unidad Cartográfica Por Frecuencia De Drenaje	$Fh = \frac{\sum n}{A}$
Muy alta	Fh > 40
Alta	20 > Fh < 40
Media	10 > Fh < 20
Baja	5 > Fh < 10
Muy baja	< 5

Fuente: Tomado de Carvajal, et al. (2004).

El análisis conjunto de densidad y frecuencia de drenajes determina la textura de drenaje como indicadores de la relación infiltración. declive, capacidad de infiltración, características texturales de las rocas y sedimentos que constituyen la geofoma y permite además inferir la permeabilidad relativa del material.

Tabla 05: índice valor de textura de drenaje.

Textura Drenaje	De Densidad	Frecuencia	Características Del Material
Gruesa	Baja	Muy baja	Muy gruesa, permeabilidad alta y baja erodabilidad
Mediana	Moderada	Media	Gruesa, permeabilidad de media a alta y erodabilidad de media a baja.
Fina	Alta	Alta	Media a fina, permeabilidad baja y erodabilidad baja
Muy Fina	Muy alta	Muy alta	Material de textura fina, permeabilidad muy baja y erodabilidad muy alta.

Fuente: Tomado de Carvajal, et al. (2004).

F. Patrón de Drenaje

El patrón de drenaje se define según Lueder, (1971), en CIAF como "la distribución de todos los canales de drenaje superficiales en un área que estén ocupados o no por aguas permanentes". El patrón de drenaje que se desarrolla en un área está controlado por la inclinación principal del terreno, el tipo y estructura geológica de la roca subyacente, la densidad de la vegetación y las condiciones climáticas. Es importante anotar que el patrón de drenaje refleja la homogeneidad o heterogeneidad del terreno, en cuanto a su litología infra yacente y las estructuras que lo controlan. Además, evidencia las condiciones e historia de la erosión en un lugar dado (Carvajal, et al. 2004).

Tabla 06: Patrones principales de drenaje y caracterización cualitativa de los materiales donde se desarrolla.

Clase	Características del material donde se desarrolla
Dendrítrico	Material homogéneo uniforme resistente (rocas duras o blandas de grano muy fino y textura muy fina).
Subdendrítrico	Material homogéneo. Resistencia uniforme, pero con la influencia de la pendiente.
Paralelo	Se desarrolla sobre materiales duros a residentes con pendientes moderadas.
Subparalelo	Características del material similar, con pendiente media y control de geoformas sub paralelas.
Pinado	Material homogéneo, de textura fina fácilmente erodado.
Rectangular	Material cristalino resístete, homogenio y con control estructural fallas diaclasas.
Radial	Heterogeneidad en el material y en la resistencia del mismo
Anular	Alternaria de material blandos o duros asociadas a formas domicas o depresiones.
Multicuena	Homogeneidad en el material, desarrollo de geoformas esculpidas de diferente origen.
Contorcionado	Rocas metamórficas residentes en capas gruesas y muy replegadas.

Fuente: Tomado de Carvajal, et al. (2004).

2.2.5.1 Perfiles morfométricos

Los perfiles y los mapas topográficos son descripciones continuas de la superficie terrestre. Los procedimientos de clasificación territorial requieren que se subdivide en partes con ciertas características comunes. La morfometría subdivide dos documentos (mapa de sección y mapa topográfico) en áreas con un sentido de pendiente uniforme y pendiente contenida en múltiples rangos. (Centeno ,2008).

1. Análisis de perfiles topográficos: Creación y uso de perfiles morfológicos de medida.

Definición de segmentos de perfil y clasificación por rango de gradiente.

La definición de límites entre segmentos de transición es la siguiente: Forma del tránsito (cambio o progresivo y ruptura o neto).

Relación entre segmentos adyacentes (cambios cóncavos, convexos o mixtos, según la pendiente de los dos segmentos separados).

Análisis de la geometría de los segmentos: Análisis de la pendiente: Rectilíneo o de pendiente constante y De pendiente variable (Convexo y Cóncavo). Desarrollo del segmento (longitud del segmento). Energía del relieve de los segmentos.

Tipos del segmento (fondo, cima, estabilización o tránsito).

Puntos neutros y sentido de la inclinación.

Secuencias continuas.

2. Análisis de superficie (por mapa topográfico o perfil de morfometría continua): Mapa morfológico. (Centeno, 2008).

Tipos de superficie

Según pendiente (Planos o de pendiente constante, Cóncavos y Convexos.).

Según trazado: Plano convergente y Plano divergente.

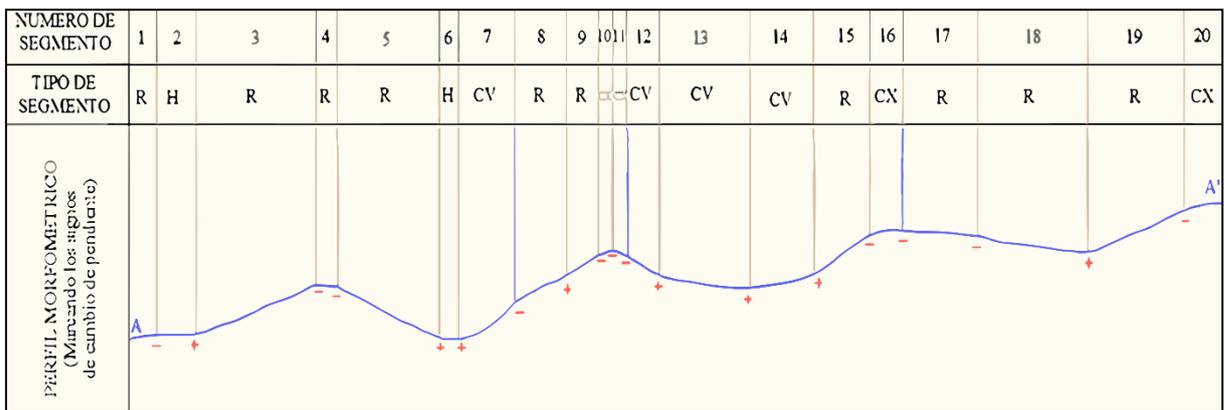


Figura 06: Perfiles morfométricos (Centeno, 2008).

2.2.2.4 Morfocronología

Está relacionada con la edad de cada una de las geoformas del terreno, las cuales están caracterizadas por el período de su formación y su desarrollo posterior, es esencial hacer una distinción entre las formas de edades diferentes, en particular, entre las formas recientes y aquellas heredadas de períodos anteriores, cuando prevalecían distintas condiciones

(climáticas). Como la cronología, y en particular la datación absoluta, es a veces difícil de establecer, las indicaciones para la edad deben ser flexibles. Se recomienda un sistema de letras cuyo nivel de detalle variará con el conocimiento disponible. Si la edad de las geoformas del terreno es incierta las letras simplemente se omiten Carvajal, (2012).

2.2.6 Morfología.

Aquí se incluye fundamentalmente los gradientes topográficos y las formas relativas. Trata de la apariencia y forma del relieve en general. (Carbajal et. al, 2004).

2.2.7 Morfografía

Descripción cualitativa de las geoformas corresponde a aspectos relacionados con la geometría y se describe en términos de adjetivos descriptivos y representativos. Las propiedades morfológicas son de naturaleza descriptiva. Describen la geometría de formas geométricas en términos topográficos y planimétricos. Se utilizan corrientemente para identificación automatizada de ciertos rasgos de las geoformas a partir de Modelo Digital de Elevaciones (Velásquez et al., 2014).

2.2.7.1 Topografía

La topografía se refiere a la sección transversal de una porción de terreno. puede visualizarse en dos dimensiones mediante un corte topográfico o perfil de la topografía y en tres dimensiones mediante un modelo tridimensional de terreno o forma de la topografía. La caracterización de este rasgo es particularmente importante en áreas de pendiente (Zinck, 2012).

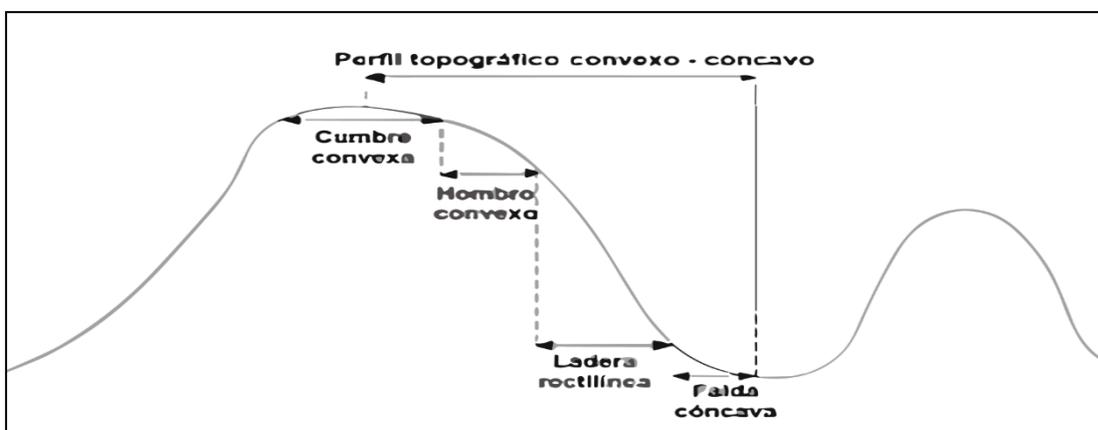


Figura 07: Relación entre los atributos topográficos y los niveles categóricos del sistema de las clasificaciones de las geoformas (Carvajal, et al, 2004).

Tabla 07: Clases o Atributos y sus ejemplos del perfil de la topografía.

Clases	Ejemplos
Plano	Mesa, Terraza
Cóncavo	Cubeta, falda de vertiente
Convexo	Hombro de vertiente
Convexo-Cóncavo	Complejo de facetas de vertiente
Convexo-Rectilíneo-cóncavo	Complejo de facetas de vertiente
Rectilíneo	Ladera
Con peldaños intermedios	Complejo de facetas de vertiente
Con afloramientos rocosos	Complejo de facetas de vertiente
Con escarpe rocoso	Complejo Facetas de vertiente, cuesta
Disimétricos	Lomada, Hogback
Irregular	Vertiente

Fuente: Tomado de (Carvajal, et al, 2004).

Tabla 08: La forma de la topografía.

Clases	Pendiente %	Amplitud del relieve
Plano o casi plano	0-2	Muy baja
Ondulado	2-8	Baja
Fuertemente ondulado	8-16	Baja
Colinoso	16-30	moderada
Fuertemente disectado	30-45	Moderada
Montañoso	>45	Alta

Fuente: Tomado de Carvajal, et al. (2004).

Además de ello vale considerar que, la planimetría se refiere a la proyección vertical de los límites de la geoforma sobre un plano horizontal. Es una representación bidimensional de determinados aspectos de la geoforma que controlan estrechamente los patrones de distribución de suelos. La configuración de la geoforma, el diseño de sus contornos, el patrón de drenaje, y las condiciones del medio circundante son los principales atributos descritos para este propósito (Estreman,2000).

Pendiente de la superficie

La pendiente es el ángulo que forma la forma de ladera o el terreno con respecto a la horizontal. La elección del intervalo de pendiente puede tener en cuenta la distribución espacial de la pendiente que, según la escala del mapa definida, representa mejor la forma del terreno. En general, la inclinación de pendiente está relacionada con el tipo de material que conforma la unidad morfológica y la susceptibilidad de esa unidad al movimiento de la masa (Carvajal, 2012).

Tabla 09: Rango de pendientes asociadas a las unidades morfogenéticas.

Inclinación (Grados)	Descripción	Características del material
< 5°	Plana a suave	Extremadamente Resistente
6°-10°	Inclinada	Blanda
11°-15°	Muy Inclinada	Moderadamente Blanda
16°-20°	Abrupta	Moderadamente Resistente
21°-30°	Muy Abrupta	Resistente
31°-45°	Escarpada	Muy Resistente
> 45°	Muy escarpada	Extremadamente Resistente

Fuente: Tomado Carvajal, (2011).

La forma de la pendiente se puede dividir en recto, cóncava, convexa, ondulada, irregular o escalonada y compleja. Esta expresión de pendiente refleja la uniformidad de la resistencia del material, así como la presencia o control de estructuras geológicas.

Tabla 10: Formas de la superficie.

Clase	Características del Material	Fenómenos de remoción en masas asociados
Recta	Alta resistencia y disposición estructural favor de lapendiente	a Movimiento Traslacional
Cóncava	Material blando y disposición estructural diferenciada.	no Deslizamiento Rotacional
Convexa	Material blando y disposición estructural horizontal.	Predomina casi Meteorización y erosión. Pequeños
Irregular o escalonada	Material con resistencia variada. Disposición estructural en contra de la pendiente.	Caída de Bloques. Erosión Diferencial.
Compleja	Mezcla de materiales	Deslizamiento Complejas

Fuente: Tomado de Carvajal (2012).

2.2.8 Morfodinámica

La morfodinámica trata de los procesos activos en el presente o aquellos que se pueden activar en el futuro. Se relaciona con la dinámica exógena relacionada con la actividad de los agentes como el viento, agua, hielo, remoción en masa.

Todos los elementos móviles determinados por las fuerzas de cambio, capaces de obtener, transportar y depositar los productos provenientes de la meteorización y de la sedimentación, se conocen como agentes morfodinámicos, siendo los más importantes: la escorrentía del agua lluvia, las olas, corrientes costeras y de mareas; los glaciares y el viento. A estos factores de cambio se pueden agregar los animales y el hombre.

Estos agentes son los responsables directos de la mayoría de los procesos geomorfológicos exógenos que afectan la superficie terrestre, ya sea degradándola o bien construyendo nuevos paisajes (Acosta et al.,2001).

Tabla 11: Clasificación de Fenómenos de Remoción en Masas.

TIPO DE MOVIMIENTO	TIPO DE MATERIAL ASOCIADO			
	ROCA		SUELO DE INGENIERÍA	
			Predominante grueso	Predominante Fino
Caídas		Rocas resistentes	Detritos	Tierra
Volcamientos		Rocas muy inclinadas	Detritos	Tierra
		Hundimiento de roca		Hundimiento de detritos
Deslizamientos	Rotacional	Pocas unidades	Deslizamiento de bloques de roca	Deslizamiento de bloques de tierras
	Traslacional	Muchas unidades	Deslizamiento de rocas	Deslizamiento de detritos
Propagación Lateral		Roca	Detritos	Tierras
Flujos		Flujo de roca	De detritos (Reptación de suelo)	De tierras
REPTAMIENTO (Áreas de gran extensión)			(Reptación profundo)	(Reptación de suelo)
COMPUESTOS O MULTIPLES: Combinación de dos o más de los tipos anteriores.				

Fuente: Tomado de Carvajal (2012).

2.2.8.1 Características y clasificación de los procesos morfodinámicos

En la metodología para los estudios geomorfológicos aplicados a la geomecánica se deben determinar y clasificar en forma preliminar las zonas que muestren características propias de procesos denudativos (erosión y fenómenos de remoción en masa). Este análisis geomorfodinámico en las laderas; es importante porque los materiales involucrados en estos procesos originan nuevas geoformas con propiedades del material diferente a la inicial. Igualmente se modifican las propiedades físicas y mecánicas de los materiales alrededor de las zonas afectadas (Carvajal, 2004).

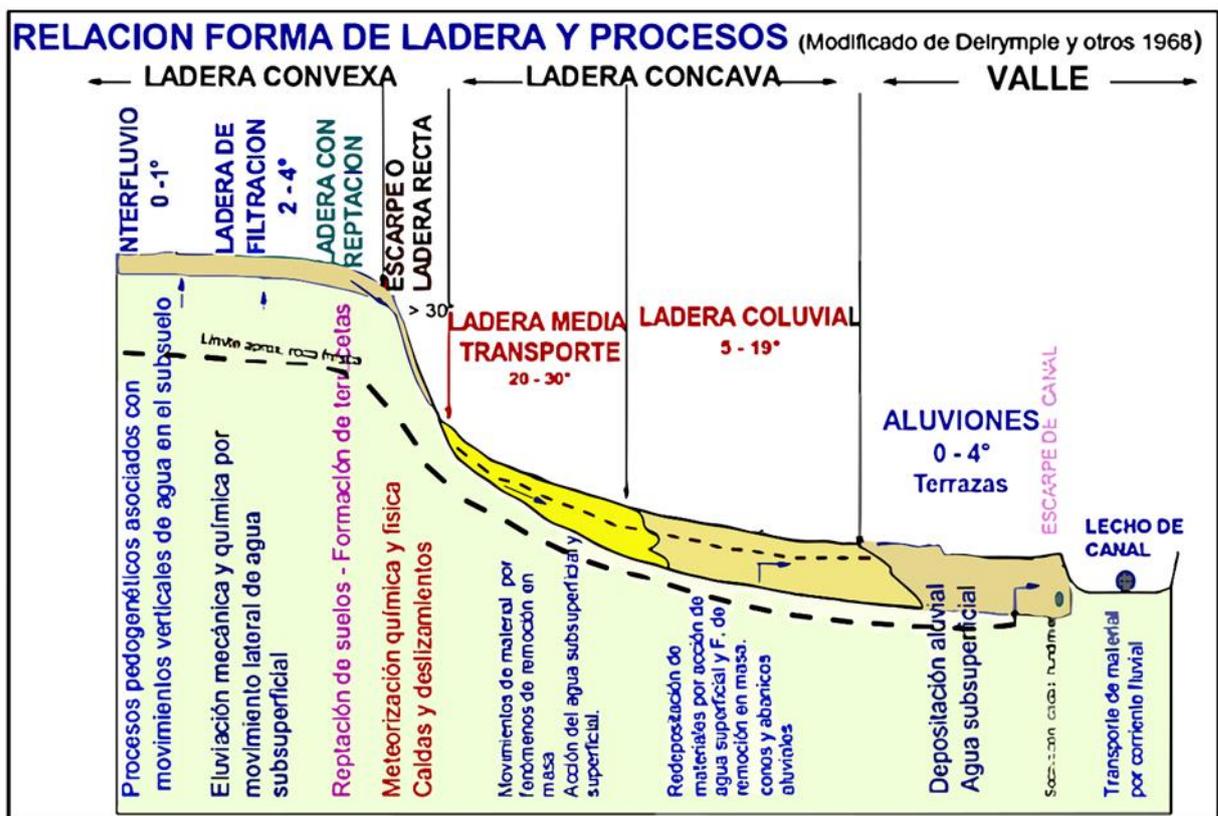


Figura 08: Perfil esquemático de una ladera y la relación entre forma de la misma y los procesos generados en ella. (Tomado y modificado de Delrymple et al. 1968 en Cortes. 1989).

2.2.3 Cartografiado geomorfológico

Es la representación cartográfica del relieve expresadas en unidades geomorfológicas que son delimitadas teniendo en cuenta parámetros morfogenéticos, morfométricos y morfodinámicos, es decir, teniendo en cuenta el origen de las geoformas, la forma y la pendiente, así como los procesos que modelan la superficie terrestre (Castillo, Pérez, & Rebolledo, 2004).

El análisis y el mapeo geomorfológico permiten la reconstrucción de la historia, antigua, presente y futura (Génesis, procesos y edad) del relieve de una localidad. En ese sentido, informa sobre la distribución y correlación de geoformas que permiten la definición de zonas homogéneas que facilitan el análisis y los cálculos en los sistemas de información geográfica S.I.G.

Tal situación hace que los mapas geomorfológicos se constituyan en documentos integradores de otras variables tales como litología, suelos y minería entre otros, que permiten el análisis de amenazas y riesgos geológicos. Adicionalmente permiten la definición de sectores territoriales estructurantes, básicas para la toma de decisiones y evaluación del geopotencial de una región. En ese sentido el análisis y la cartografía geomorfológica es aplicable al manejo de tierras, zonificaciones geotécnicas y sísmicas de ciudades, planificación del desarrollo de recursos, planificación del uso de tierras, planificación de proyectos y a la política de riesgos naturales (Slaymaker, 2001).

La caracterización geomorfológica contribuye ostensiblemente en la planeación y construcción de obras de ingeniería. Factores del análisis geomorfológico tales como relieve, procesos morfogenéticos, tipos de suelo generados y la localización de obras entre otros aspectos, son tenidos en cuenta en el proceso de ubicación y construcción de obras como carreteras y presas (Carbajal. 2008).

La cartografía geomorfológica involucra la morfología, morfografía, morfometría, morfogénesis, morfodinámica, morfocronología. (Carbajal. 2008).

2.2.3.1 Taxonomía del mapeo geomorfológico

Los conceptos utilizados en la propuesta de mapeo de este manual son principio básico el ordenamiento de los hechos geomorfológicos según una clasificación temporal y espacial, en la que los modelos como unidad básica y sus grupos jerárquicamente relacionados. Para la individualización de estos conjuntos de características, se consideran como parámetros factores causales, de carácter estructural, litológico, pedológico, clima y morfodinámica, responsables de la evolución de las formas del relieve y por la composición del paisaje a lo largo del tiempo geológico (Almeida, et al 1995). De acuerdo con en orden decreciente de magnitud se identifican: Dominios Morfoestructurales, Regiones Geomorfológicas, Unidades Geomorfológicas, Modelos y Formas de Relieve Simbolizado (Figura 2).

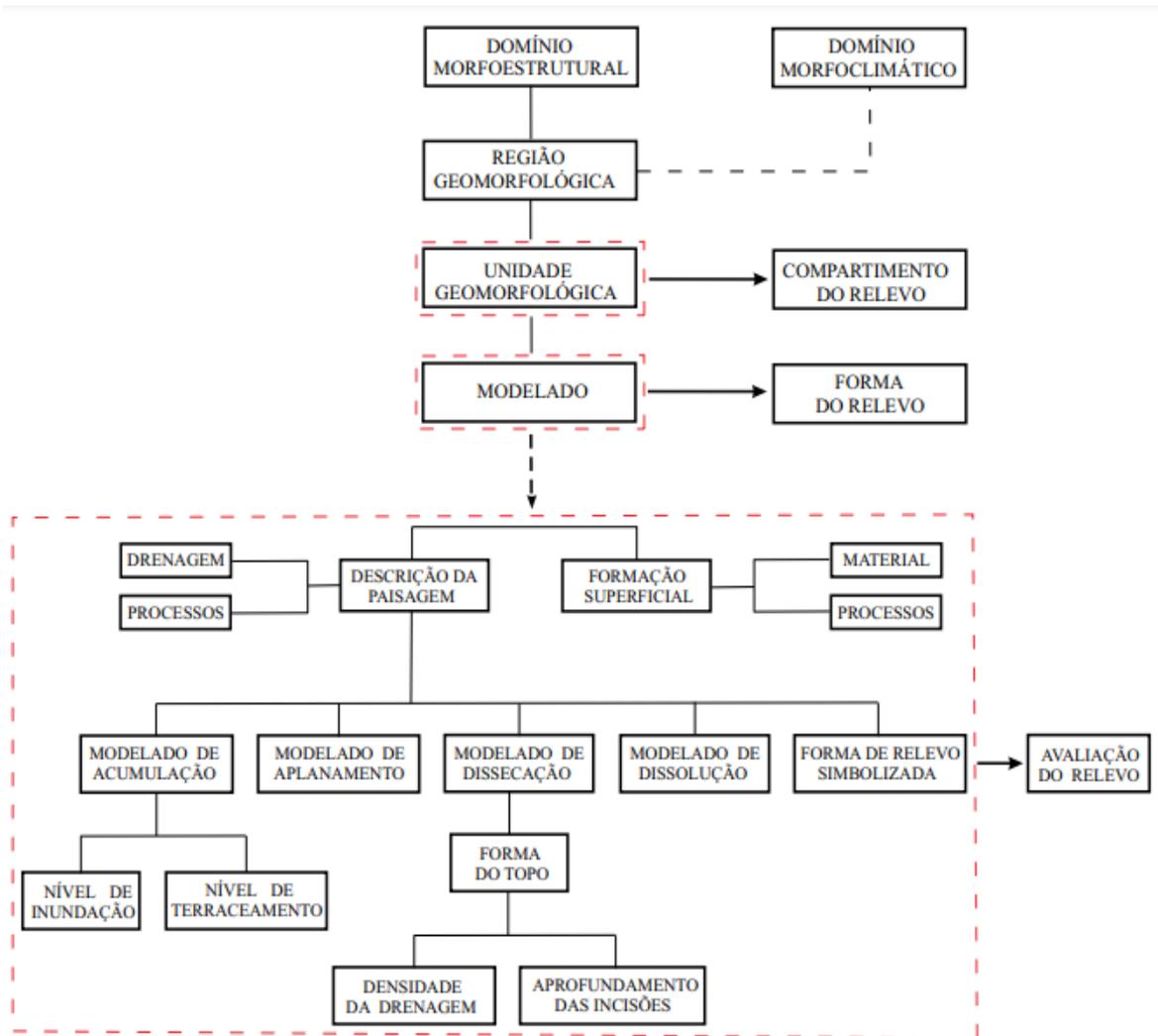


Figura 09: Estrutura de geomorfología.

Fuente: Almeida, et al (1995).

Dominios morfoestructurales

Los Dominios Morfoestructurales comprenden los taxones más grandes de la compartimentación del relieve. Ocurren a escala regional y organizan hechos geomorfológicos de acuerdo con el marco geológico marcado por la naturaleza de las rocas y la tectónica que actúa a cerca de ellos. Estos factores, bajo efectos climáticos variables a lo largo del tiempo geológico, generó amplios conjuntos de relieves con características propias, cuyos rasgos, aunque diversos, mantienen, entre sí, relaciones comunes con la estructura geológica a partir del cual se formaron. Almeida, et al (1995).

Ejemplos de dominios morfoestructurales son: cuencas sedimentarias, cinturones móviles

removilizados o no, plataformas y cratones, de diferentes edades geológicas. Conjuntos de batolitos y extensos flujos efusivos también pueden constituir dominios, así como grandes áreas donde la erosión ha borrado los efectos litológicos o truncados estructuras, como pediplanos o depresiones periféricas.

Región Geomorfológica

Constituyen el segundo nivel jerárquico de clasificación del relieve. Representan compartimentos insertados en conjuntos litomorfoestructurales que, bajo la acción de factores climáticos pasados y actuales, les confieren características genéticas comunes, agrupando rasgos similares, asociados a formaciones superficiales y fitofisionomías.

En su identificación, además de los aspectos mencionados, también se considera su distribución espacial y ubicación geográfica, en línea con algunas regiones clásicamente reconocidas. (Talero, 2014).

Unidades geomorfológicas

El tercer nivel taxonómico se refiere a las Unidades Geomorfológicas. Están definidos como una disposición de formas altimétricas y fisionómicamente similares en sus diferentes tipos de modelos. La geomorfogénesis y la similitud de formas pueden ser explicadas por factores paleoclimáticos y limitaciones litológicas y estructurales. Cada unidad geomorfológica resalta sus procesos originales, formaciones superficies y tipos de modelos diferenciados de los demás. El comportamiento Se toma como referencia el drenaje, sus patrones y anomalías medidos que revelan las relaciones entre ambientes climáticos actuales o pasados y limitaciones litológicas o tectónicas (Almeida, et al 1995).

Los conjuntos de formas en relieve que componen las unidades constituyen compartimentos identificados como llanuras, depresiones, mesetas, mesetas, mesetas, mesetas y monta

Modelados

El cuarto orden de magnitud lo constituye el de los Modelados. Un polígono modelado Abarca un patrón de formas en relieve que tienen una definición geométrica similar.

Debido a una génesis común y procesos morfogenéticos activos, resultando en la recurrencia de materiales correlativos superficiales. Según la metodología definida En este manual se identifican cuatro tipos de Modelado: acumulación, aplanamiento, disolución y disección.

Los Modelos de Acumulación se diferencian, según su génesis, en génesis fluvial, lacustre, marina, lagunar, eólica y mixta, resultante de combinación o acción simultánea de diferentes procesos (Almeida, et al 1995).

2.2.4 Jerarquización geomorfológica

Esta metodología emplea la jerarquización del International Institute for GeoInformation Science and Earth Observation (ITC, por sus siglas en inglés), encontrada en el documento El sistema ITC para levantamientos geomorfológicos, elaborada por Verstappen & Van Zuidam (1981) y adoptada por Carvajal (2004, 2008). Esto relaciona las escalas de trabajo con las jerarquías geomorfológicas, en donde el nivel más regional busca representar el origen de las geoformas y los ambientes morfogenéticos asociados, mientras que el nivel más detallado muestra las expresiones morfológicas, los procesos morfodinámicos y la influencia de la litología, además de los ambientes morfogenéticos (Velásquez et al., 2014). La jerarquía de las unidades geomorfológicas, con base al documento de Carvajal (2012) se define así:

Geomorfoestructura

Corresponde a grandes áreas geográficas o amplios espacios continentales o intracontinentales, caracterizados por estructuras geológicas y topográficas regionales. Ejemplo de esta categoría son cratones, escudos, plataformas, grandes cuencas, cinturones orogénicos y valles en rift (Talero, 2014)

Provincia Geomorfológica

Son conjuntos de regiones con geoformas parecidas y definidas por un macro relieve y una génesis geológica similar (Talero, 2014). Localmente, se corresponden con las regiones naturales y con los terrenos geológicos de Colombia, los cuales están demarcados por fallas regionales y continentales definidas o inferidas (Talero, 2014). Se definen en términos tales como: cinturones montañosos, llanuras, peniplanicies, cordilleras y serranías (Talero, 2014).

Región Geomorfológica

Involucra a las geoformas relacionadas a la génesis de los paisajes, por un marco de ambiente morfogenético definido y afectado por procesos dinámicos similares (Talero, 2014). Aquí, se pueden agrupar áreas equivalentes a vertientes que estén contenidas dentro de una provincia geomorfológica y que representen un ambiente morfogenético particular con

condiciones climáticas homogéneas. Esta unidad de relieve está conformada por dos o más unidades geomorfológicas (Talero, 2014).

Unidad geomorfológica.

Definida como una geoforma individual genéticamente homogénea, generada por un proceso geomórfico constructivo o destructivo de un ambiente geomorfológico en particular (Talero, 2014). Corresponde con los elementos básicos que componen un paisaje o modelo geomorfológico, soportado por criterios genéticos, morfológicos y geométricos en función de la escala del proceso natural que lo conformó (Talero, 2014).

Subunidad geomorfológica

Categoría que corresponde a una subdivisión de las unidades geomorfológicas. Está determinada fundamentalmente por los contrastes morfológicos y morfométricos, que relacionan el tipo de material o la disposición estructural de éstos con la correspondiente topografía del terreno. Igualmente, está definida por el contraste dado por las formaciones superficiales asociadas a procesos morfodinámicos actuales definidos o determinados. La escala de trabajo oscila entre 1:10000 y 1:25000 (Carvajal, 2012).

Componente o elemento geomorfológico

Esta subdivisión representa el máximo nivel de detalle en la jerarquización. Determina los rasgos del relieve (escarpes naturales o antrópicos, relieves internos de laderas o flancos, crestas, formas de valle), en sitios puntuales y determinados por la morfometría detallada del terreno, en una subunidad geomorfológica. Igualmente puede estar definida por microrelieves asociados con una característica litológica en especial (Talero, 2014).

Teniendo en cuenta la jerarquización y considerando que la escala del presente trabajo es 1:10.000, se tomó como elemento fundamental la Subunidad Geomorfológica, especificada y clasificada desde un punto de vista morfogenético, por medio de las cuales se pueden separar cada uno de los ambientes geomorfológicos particulares (Talero, 2014).

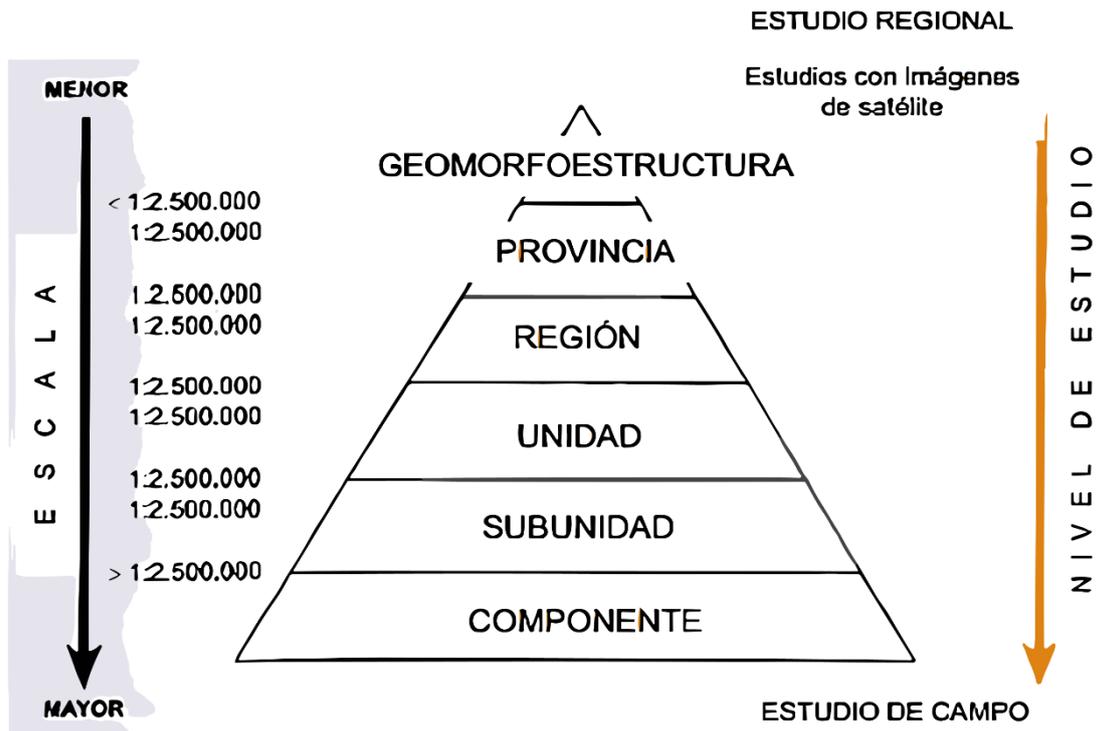


Figura 10: Esquema de jerarquización geomorfológica.

Fuente: Tomado de Carvajal, (2012).

2.2.5 Nomenclatura, colores y simbología de los mapas geomorfológicos

Para desarrollar los colores de los polígonos que componen la unidad geomórfica se utiliza como base la paleta geolshd ARC/INFO que se utiliza actualmente en Ingeominas. Los colores de los polígonos de las unidades geomórficas se definen según su correspondiente morfología y morfogénesis tal y como propone Carvajal, (2004). Para la Nomenclatura o Notación, se propone usar abreviatura de hasta 6 caracteres; el primero en mayúscula. El primero y segundo carácter se utilizan para identificar el ambiente morfogenético principal ej: (Denudativo: D, Volcánico: V, Estructural: S, Fluvial y deltaico: F, Kárstico: K, Marino y costero: M, Glacial: G, Eólico: E, Antropogénico: A). Se utilizan en el tercero y cuarto carácter letras adicionales que especifican las iniciales del nombre de la geoforma típica de cada ambiente morfogenético (Carvajal, 2004).

2.2.5.1 Definición de los Colores para los Polígonos

Para desarrollar los colores de los polígonos que componen la unidad geomórfica se utiliza como base la paleta geolshd ARC/INFO que se utiliza actualmente en INGEOMINAS el Servicio Geológico Colombiano. Los colores de los polígonos de las unidades geomórficas

se definen según su correspondiente morfología y morfogénesis tal y como propone Carvajal, (2012).

Tabla 12. Colores establecidos para los polígonos de las unidades geomorfológicas.

Unidad de mapeo por génesis de las Geoformas	Color
Formas de Origen Estructural	Púrpura
Formas de Origen Volcánico	Rojo
Formas de Origen Ígneo – Intrusivo	Rosado
Formas de Origen Denudativo	Marrón
Formas de Origen Fluvial	Azul
Formas de Origen Lacustre/Marino	Verde
Formas de Origen Glaciar/Periglaciar	Grisés
Formas de Origen Eólico	Amarillo
Formas de Origen Kárstico	Naranja
Formas de Origen Antropogénico/Biológico	Tramas en Negro

Fuente: Modificado de Carvajal (2004).

2.2.6 Enfoques geomorfológicos

La caracterización geomorfológica, actualmente, puede encontrar sus raíces en los trabajos adelantados por el Council for Scientific and Industrial Research (CSIR) de Australia a finales de los 40s, donde se empleaban técnicas de fotointerpretación tradicional, incluyendo factores de geoformas, suelos y cobertura vegetal (Robertson et al., 2013). Enfoques similares han sido propuestos por varias entidades, sin embargo, cada una presenta características diferentes o ponen más énfasis en algunos factores, entre ellas está:

2.2.2.1 El sistema ITC

Es un método analítico que comprende aspectos morfogenéticos, morfométricos, morfográficos, morfocronológicos y morfólito-estructurales y examina la geología, la litología y los procesos geomorfológicos. Las unidades geomorfológicas se identifican según la génesis de su desarrollo y se complementan con las características de su relieve, se analizan teniendo en cuenta la influencia de los factores geológicos, los procesos reinantes y las condiciones climatológicas que hayan intervenido en su evolución. Las unidades identificadas en esta forma se limitan siguiendo su geomorfología y se acompañan con

símbolos lineales, letras y/o números para adicionar la información sobre la evolución o secuencia del desenvolvimiento (Van et al., 1981).

2.2.2.2 Sistema CIAF

Es una versión colombiana con este enfoque, constituido por estudios fisiográficos, los cuales se basan en la descripción de los paisajes físicos con elementos de geología, relieve y clima y uso de suelo, método comúnmente empleado en las clasificaciones agrológicas del IGAC (Robertson et al., 2013).

2.2.2.3 Sistema IDEAM

Desarrolló dos metodologías, la primera para el levantamiento de los Sistemas Morfogénicos del Territorio Colombiano para escala 1:500.000, sistemas jerárquicos que combinan las categorías morfoestructurales (procesos endógenos) con los ambientes morfodinámicos (procesos exógenos). En este enfoque se prioriza los procesos morfoestructurales a través de la interpretación tectónica del relieve en un sistema jerárquico aproximado, seguido por el modelado y las condiciones biogeográficas (Robertson et al., 2013). La segunda metodología es para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100.000 que combina el apoyo de las técnicas modernas de sensores remotos y cartografía digital junto con las técnicas tradicionales de la fotointerpretación y trabajo de campo (Robertson et al., 2013).

2.2.2.4 Sistema SGC

Presenta un enfoque más reciente en el país, constituido por la metodología para elaboración de mapas geomorfológicos que retoma los planteamientos de Carvajal (2007) y los sistemas del CIAF y del ITC de Holanda con algunas modificaciones. Aunque los enfoques del ITC, como los del SGC, proponen sistemas jerarquizados, falta un sistema de 28 nomenclaturas y categorías bien definidas para los niveles más detallados (Robertson et al., 2013).

Para la elaboración de la cartografía geomorfológica de las unidades geomorfológicas entre los centros poblados: de Ajipampa y la Sinra, distrito de Lajas -Provincia de Chota se emplearán los procesos metodológicos planteados por el SGC y el ITC.

2.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Denudación: Se refiere a la meteorización de las masas de rocas continentales expuestas y al desgaste del regolito resultante, por acción combinada de las fuerzas de desplazamiento y

de los agentes geomorfológicos, con la consecuente remodelada y paulatina reducción de la superficie terrestre (Jiménes, 1983).

Agradación: Comprende el conjunto de procesos geomorfológicos constructivos determinados tanto por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los glaciares, el viento, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie terrestre, mediante la deposición de los materiales sólidos resultantes de la denudación de relieves elevados, ocasionada por ellos mismos (Jiménes, 1983).

Relieve: Son las múltiples formas que presenta la superficie del globo terrestre, debido a los factores erosivos y sedimentarios, así como a los tectónicos, a lo que también se denomina paisaje o geoforma, los relieves se refieren tanto a las geoformas emersas o continentales como las sumersas o fondos marinos y lacustres. Las formas del relieve tienden a explicarse según las siguientes teorías: diastrófica, magmática, tectónica, catastrófica, actualismo, geodinámica externa. Como se puede ver, se tiene procesos formativos de paisajes de orígenes externos o exógenos y de orígenes internos o endógenos (Dávila, 2011).

Tectónica: Ciencia, rama de la geología que estudia los movimientos diferentes de la corteza terrestre por acción de los esfuerzos endógenos (Dávila, 2011).

Terraza: Superficie plana o débilmente inclinada, generalmente estrecha y alargada, delimitada por cambios bruscos de pendiente. Debe su origen a la acción del agua de un río, lago o mar que provoca un modelado (la superficie plana o rellano). Éste queda aislado del nivel base por cambios en el régimen hidrológico o por movimientos tectónicos. En esta forma, una superficie afectada por la acción erosivo-acumulativa del agua se convierte en terraza (Lugo, 2011).

Agentes Geomorfológicos: Son todos los elementos naturales móviles capaces de desprender, transportar y depositar los productos incoherentes de la meteorización y de la sedimentación; siendo los más importantes el agua de lluvias y de escorrentías; las olas, corrientes costeras y de mares; los glaciares, el viento; a estos se agregan los animales y el mismo hombre (Jiménes, 1983).

Litología: Es la parte de la geología que trata de las rocas, especialmente de su tamaño de grano, del tamaño de las partículas y de sus características físicas y químicas. Incluye también su composición, su textura, tipo de transporte, así como su composición mineralógica, distribución espacial y material cementante (Dávila, 2011).

Agentes de erosión: Es el conjunto de fuerzas que actúan sobre los materiales de la superficie terrestre, ocasionando la denudación. Los principales agentes de erosión son: el agua, el viento, el hielo, la gravedad, el diastrofismo, el vulcanismo, el magmatismo (Dávila, 2011).

Caracterización geológica: Descripción, identificación del macizo rocoso para tener una idea detallada de la geología de una zona específica (Dávila, 2011).

Ciclo geomórfico: Diversos cambios a que es sometida una masa terrestre en su configuración superficial a medida que actúan sobre ella los procesos del modelado de relieve terrestre (Dávila, 2011).

Drenaje: Es el diseño o trazo efectuado por las aguas de escorrentía o fluviales que modelan el paisaje. Al conjunto de estos diseños o trazos se les denomina “Patrones de drenaje”. El análisis y estudio de los patrones de drenaje ayuda a la determinación de la naturaleza, estructura y textura de las rocas, así como la tectónica de la región (fallas) (Dávila, 2011).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Geográfica

Geográficamente la investigación se encuentra en la parte Nor Occidental del territorio peruano, al norte de la ciudad de Cajamarca; ubicándose en el cuadrángulo de Chota (14-f), con un área de 16 Km² entre una Altitud: 2200 - 2900 m.s.n.m. perteneciente a la zona 17S cuyas coordenadas UTM –WGS84 de sus vértices se describen en la Tabla 9. (*Ver Anexo. Plano N° 01: Ubicación*).

Tabla 13. Coordenadas UTM-WGS84 de los vértices de la zona de investigación.

Coordenadas del área de investigación		
Vértice	Latitud	Longitud
1	9277000	750000
2	9273000	750000
3	9273000	747000
4	9277000	747000

3.1.2 Política

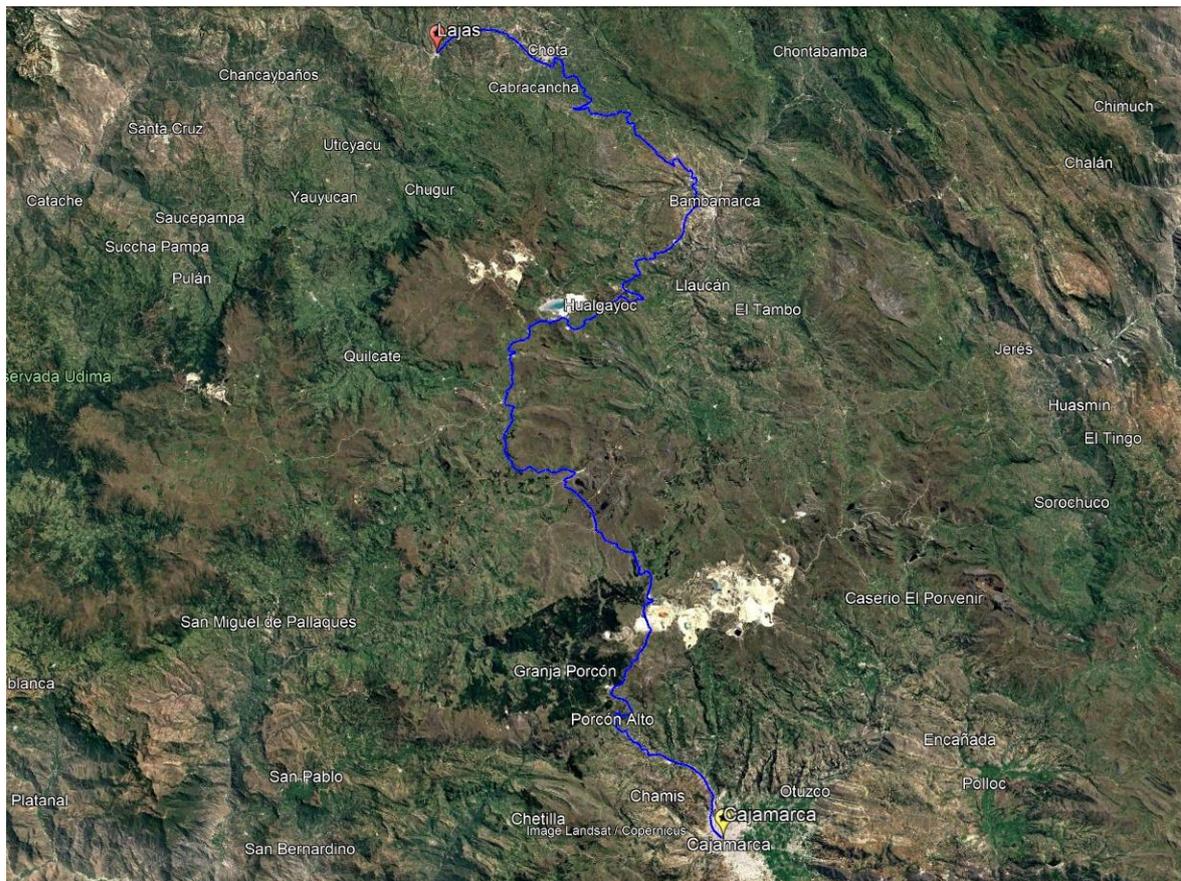
Región : Cajamarca
Provincia : Chota
Distrito : Lajas
Centro Poblado : La Sinra y Ajipampa

3.1.3 Accesibilidad

El acceso a los centros poblados la Sinra y Ajipampa es mediante la vía asfaltada Cajamarca – Lajas pasando por las ciudades de Bambamarca y Chota con una distancia aproximada de 156 Km. Con un tiempo de 4 horas aproximadamente.

Tabla 14. Coordenadas UTM-WGS84 de los vértices de la zona de investigación.

Ruta terrestre	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Chota	Asfaltada	129	3.30 horas
Chota - Lajas	Asfaltada	13	15 min
Lajas – La Sinra	Vía afirmada	5.7	30 min



- Figura 11. Mapa de la vía de acceso a la zona de investigación (Google MAPS, 2024).

3.1.4 Clima

El clima en Lajas, varía de acuerdo a las estaciones del año, pero en la mayor parte del año es un clima templado, y la ubicación dentro de la provincia, situado la temperatura media anual en Lajas es 18° y la precipitación media anual es 626 mm. la humedad media es del 78%. Climate-Data.org. (2024).

Tabla 15: Tabla climática - datos históricos de 1991 - 2021.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura media (°C)	22.3	23.8	23.7	22	20.3	19.1	18.4	17.8	17.8	18.1	18.9	20.5
Temperatura min. (°C)	20.4	21.9	21.9	20	18.5	17.3	16.5	16	15.9	16.2	16.9	18.5
Temperatura máx. (°C)	25.5	26.7	26.6	25.1	23.4	22.2	21.4	21	21.1	21.3	22.2	23.7
Precipitación (mm)	13	29	30	13	4	3	3	4	5	6	5	7
Humedad (%)	82%	81%	82%	82%	82%	83%	82%	82%	82%	82%	82%	82%
Días lluviosos	3	5	5	2	1	0	0	0	1	1	1	1
Horas de sol (horas)	8.5	9.4	9.3	8.2	7	6.3	6	5.9	6.1	6.2	6.5	7

Fuente: Tomado de Climate-Data.org. (2024).

3.2 PROCEDIMIENTOS

Para la ejecución del presente trabajo de investigación se tuvieron en cuenta tres etapas: planificación (Etapa de pre campo), Etapa de campo y Etapa post – campo (gabinete).

3.2.1 Etapa de pre campo

Está conformado por dos fases: la primera está conformada por la planificación de tareas a realizar anexado a la recopilación bibliográfica y análisis de teorías que enmarcan la investigación según los objetivos; evaluación de imágenes satelitales para un mejor estudio de estructuras y geomorfomas, para la cual se elabora planos guías con la data de la carta 14-f (Chota) del INGEMMET. La segunda fase lo conforma campañas de campo constituyendo un análisis e interpretaciones de los datos obtenidos en campo.

3.2.2 Etapa de campo

En esta etapa se desarrolla las salidas de campo de acuerdo al cronograma planteado, fue de vital importancia para la recolección y toma de información del afloramiento rocoso, límites en el lineamiento de las unidades geomorfológicas según su ambiente morfogenético basados en técnicas observacionales, plasmando información: Cuantitativa y cualitativa, mediante registros o planos topográficos por los cartografiados geológicos-geomorfológico, de esta manera identificar la relación entre las formas del terreno, la litología y procesos asociados.

3.2.3 Etapa post – campo

Consistirá en el procesamiento de la información obtenida en campo, sintetizando, clasificándolo de acuerdo con: forma, tamaño, génesis, jerarquías y método, en cuadros y tablas que servirán de base para el análisis de datos según su área por geoforma. serán posteriormente plasmados en los planos y en tablas Excel. Los programas a utilizados fueron ArcGis 10.8, Autocad. SPS.

3.2.4 Metodología

3.2.4.1 Tipo, nivel, diseño y método de la investigación

La investigación es de tipo descriptivo, analítico y explicativo de II nivel, porque identifica las características geológicas, características geomorfológicas según su morfogénesis y analiza sus comportamientos que tienen sobre la formación de las principales unidades geomorfológicas.

El diseño de investigación es de campo puesto que la recolección de datos será obtenida directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna.

Es una investigación siguiendo los métodos cuantitativos, descritos en campo y plasmados en el informe y planos geomorfológicos, y a su vez también es cuantitativo, se desarrolla tablas para proceder a cuantificar las geoformas kársticas que se han encontrado en campo.

El tipo de la investigación según su finalidad es aplicativo, por tener que enfocarnos en la búsqueda y aplicación del conocimiento para dar solución al problema planteado.

Todo el enfoque de la investigación se sintetiza en la siguiente tabla:

Tabla 16: Tipo de investigación.

Tipos de investigación	
Según su objetivo	Aplicada
Según el nivel de profundización del objetivo	Exploratoria y descriptiva
Según su naturaleza	Cualitativa a cuantitativa
Según el grado de manipulación de variables	No experimental
Según el periodo	Transversal en el tiempo

Fuente. Adaptado de Rojas, (2015).

3.2.4.1 Población de estudio

La población de estudio es el relieve limitado por el área de estudio de los centros poblados La Sinra y Ajipampa.

3.2.4.2 Muestra

Los seis ambientes morfogenéticos encontrados: ambiente denudativo, estructural, fluvial, Kárstico, antrópico, lagunar.

3.2.4.3 Unidad de análisis

La unidad de análisis son las características de las unidades geomorfológicas como: acantilados, terrazas, deslizamientos, planicies, colinas, laderas, montañas, meandros.

3.2.5 Identificación de variables

Para la investigación se ha identificado variables independientes y dependiente, las cuales se relacionan directamente como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 17. Tabla de identificación de variables.

Variables Independientes	Variables Dependientes
Análisis morfogenético	
Morfometría	Unidad geomorfológica
Morfogénesis	

3.2.6 Técnicas

Las técnicas para la recolección de datos son directas, realizadas en campo a partir de la observación, descripción, análisis, toma de fotografías, medición de rumbo y buzamiento, toma de coordenadas que serán plasmadas en libreta de campo. El análisis de datos será realizado en gabinete mediante procesamiento de datos obtenidos en campo; finalmente se utilizará el software ArcGIS 10.8 Global Mapper y AutoCAD para la elaboración de los planos a escala 1/15 000.

3.2.7 Instrumentos y Equipos

3.2.7.1 Equipos

GPS navegador garmin: se utilizó para la ubicación de estratos y unidades geomorfológicas representativas; a través de sus coordenadas en el sistema UTM-WGS 84.

Brújula tipo Brunton: Utilizado para la toma de direcciones de discontinuidades, diques, rumbo, buzamientos y pendientes de las pendientes.

Lupa de 30x: para identificar qué tipo de grano y la mineralogía de las rocas.

Cámara digital (13 MPX): servirá para tomar fotografías en la zona de estudio.

Protactor: para cartografiar las estaciones geomecánicas.

Lápiz rayador 88CM General Tools: para medir la dureza de la roca según escala de Mohos.

Picota de Geólogo: para obtener la resistencia de las rocas y extracción de muestras.

Flexómetro de 5 m y Wincha de 30 m: para medir potencia de bancos, fracturas diaclasas, abertura, sección de labor, etc

Ácido Clorhídrico (HCL) diluido al 10 %: para determinar el contenido de carbonatos en la muestra de mano y del afloramiento.

Libreta de Campo, tablero de cartografiado: donde se hacen anotaciones de las características más importantes en campo.

3.2.7.2 Materiales

Plano geológico, satelital y topográfico a escala 1/100000 y 1/50000: donde se puede apreciar las distintas formaciones que corresponden a la zona de investigación y posterior cartografiado.

Lápices, lapiceros y colores: Utilizados para anotaciones y cartografiado.

Tablas y formatos de clasificación geomorfológica: Utilizado para caracterizar el macizo rocoso utilizando las tablas geomecánicas de Bieniawski, 1973.

Laptop Lenovo: Instrumento utilizado para el procesamiento de los datos y redacción de los informes.

Impresora Epson: Permite la impresión del trabajo digitalizado.

Útiles de Escritorio: Papel bond, lápiz, plumones indelebles, etc.

Microsoft Office 2021 (Word, Excel, Power Point): Software de oficina para la redacción, creación, modificación y presentación de datos.

Soporte técnico programas computarizados: fueron vinculados con programas ingenieriles de cartografiado y trazado (ArcGis v10.8, AutoCAD).

3.2.8 Tratamiento, Análisis de Datos y Presentación de Resultados

El proceso de análisis de los datos obtenidos se realizó 6 salidas al campo y se extrajo los datos necesarios tales como: cota, rumbo, buzamiento, formas de drenaje, densidad, orden de los cursos de agua, perfiles de los cauces, que conllevó a la posterior caracterización de las unidades geomorfológicas. Los datos obtenidos en campo han sido plasmados en un plano geológico-geomorfológico, haciendo uso de softwares especializados y posterior análisis e interpretación. Los softwares que se utilizaron fueron Ms. Excel, ArcGis 10.8.

Planificación del trabajo en campo

- ✓ Se realiza la recopilación y análisis de teorías relacionadas con el problema de investigación, para determinar los datos a recopilar en campo.
- ✓ A través del Google Earth se identificó e interpreto las unidades geomorfológicas a estudiar en la imagen satelital del área de investigación.
- ✓ Se elaboran los planos básicos de ubicación y geológico, este último con la data de la carta 14-f (Chota) tomado del INGEMMET.
- ✓ En base al modelo digital de elevaciones (MED) se diseñan el plano topográfico y de pendientes.

Recolección de datos en campo

Geología: En concordancia con el plano N° 04, las unidades lito-estratigráficas cartografiadas en el área de estudio se detallan a continuación:

- Recolección de información mediante tablas geomorfológicas.
- Identificación en campo de cada unidad geomorfológica según su ambiente morfogenético.
- Análisis mediante software ArcGis v10.8 y Ms. Excel.

3.3 GEOLOGÍA

3.3.1 Geología Local

Encontramos rocas pertenecientes al Cretácico Inferior: Chúlec, Pariatambo, Formaciones del Cretácico Superior: Grupo Pulluicana, Grupo Quilquiñan y Formación Cajamarca. Presentando secuencias estratigráficas de areniscas, lutitas calcáreas, calizas nodulares de color gris claro hasta oscuras, calizas arenosas y margas gris oscuras, todas ellas en forma de estratos. También están presentes depósitos cuaternarios de tipo aluvial, fluvial y coluvial, en todos los casos sin ninguna tendencia estratiforme y muy heterogénea.

3.3.2 Formación Chúlec (Ki – ch)

Sobreyace a la Formación Inca evidenciándose claramente las transiciones entre las Formación Chúlec, siendo un ambiente marino profundo. Constituida por calizas arenosas, lutitas calcáreas, margas; adquieren un color crema amarillento por meteorización, presentando aspecto terroso amarillento.

Esta formación aflora en la parte final de la zona de estudio al margen derecho e izquierdo del río chotano, están conformados por la intercalación de calizas grises nodulares, con lutitas calcáreas de color grises.



Foto 1: Calizas margosas con intercalación de pequeños niveles de lutitas calcáreas de la Formación Chúlec, ubicadas a 100 metros de la quebrada el molle; con Coordenadas: E 745664, N 9275261, Cota 2072 m.s.n.m.

Formación Pariatambo (Ki-pa)

La Formación Pariatambo se evidencia en dos partes de la zona de estudio, en el centro poblado de Ajipampa al Noreste de Lajas, y en el centro poblado de la Sinra carretera al mismo centro poblado. La Formación Pariatambo está conformada por calizas de grano fino, estratificación delgada, de coloración negro grisáceas con un característico olor fétido por la abundante presencia de materia orgánica. Su estratificación se presenta con alternancia de pequeñas capas de lutitas calcáreas.



Foto 2: Calizas bituminosas grisáceas intercalada con un estrato de calizas margosas con fósiles bivalvos. Aflora al margen izquierdo del Rio Chotano aguas abajo en el Centro Poblado de Ajipampa Coordenadas: N 9275243, E 747604 y Cota 2090 m.s.n.m.

Grupo Pullucana (Ks – p)

litológicamente predomina calizas arcillosas, que se meteoriza a crema o marrón claro, se presenta en capas medianas, nodulares regularmente estratificadas; intercaladas con capas de margas marrones, Este Grupo aflora en la mayor parte de nuestra zona de estudio, los afloramientos más representativos están en corte de carretera del Cerro el Molle en gran Ajipampa y parte de la Sinra, donde ha sufrido diferentes procesos geológicos por lo que se identifican múltiples geoformas, como remoción de masas, planicies, escarpes, etc.



Foto 3: Intercalaciones de calizas intemperizadas con lutitas grisáceas de Formación Pulluicana, Afloramiento en el margen izquierdo de Cerro en Molle del centro Poblado Ajipampa de coordenadas: E 747973, N 9274762, Cota 2153 m.s.n.m.

Grupo Quilquiñan (Ks – q)

Se encuentran afloramientos de baja potencia, expuestos a meteorización, se caracteriza por su variedad de fauna fosilífera, y se compone de lutitas deleznales gris oscuras y margas azuladas en capas delgadas que se meteorizan a marrón oscuro o marrón rojizo con intercalación de calizas delgadas.

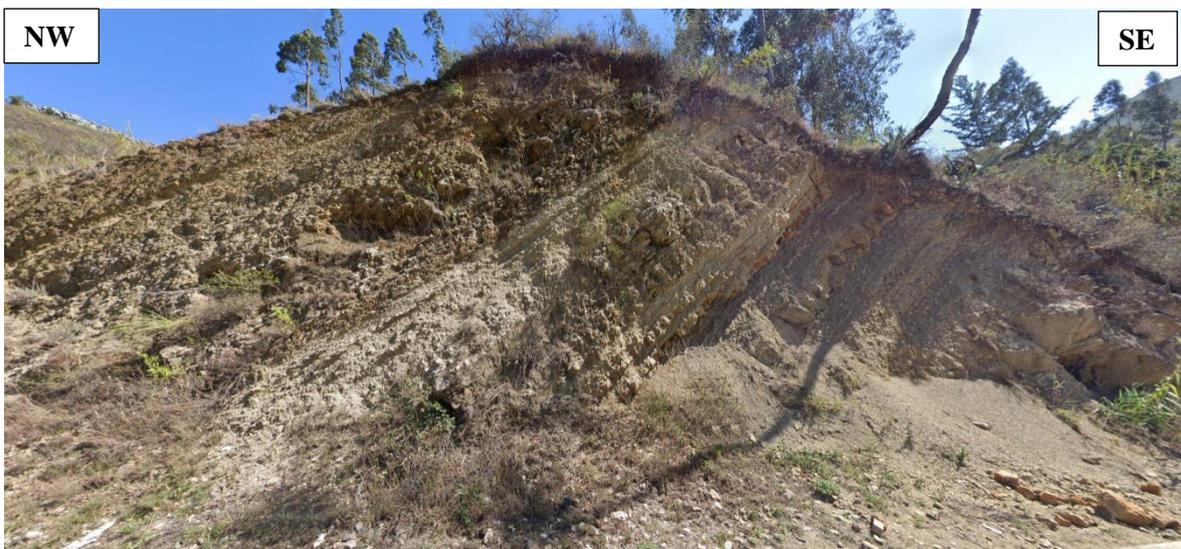


Foto 4: Afloramiento de la Formación Quilquiñan-Mujarrum. Coordenadas, E 749273, N 9274761, Cota 2136 m.s.n.m.

Formación Cajamarca (Ks- ca)

Aflora en el distrito de Lajas, tiene una litología uniforme, estratificada en capas medianas, que consiste en una caliza fina y pura, color marrón claro que se meteoriza a tonos blanquecinos o gris claros. Presenta un alto contenido de carbonatos por lo que es aprovechada por los lugareños.



Foto 5: Calizas bien estratificadas de la Formación Cajamarca. Coordenadas, E 749573, N 9274462, Cota 2154 m.s.n.m.

Formación Chota (Ks- ch)

Esta Formación aflora al norte Lajas, en la carretera que va a la Sinra. Está constituido por Areniscas y calizas rojizas con clastos redondeados estos clastos en algunos casos son volcánicos. Se evidencia el cambio de ambiente de sedimentación.



Foto 6: Estratificación de Calizas y areniscas rojizas característico de la Formación Chota. Al Norte de Lajas. Coordenadas, E 749573, N 9274462, Cota 2154 m.s.n.m.

Depósitos Cuaternarios

Los depósitos cuaternarios más predominantes están constituidos por terrazas aluviales, fluviales, coluviales, en ambas márgenes del río Chotano, todos los depósitos se componen de bloques, gravas, arenas, limos y arcillas.

Son importantes los depósitos aluviales que se encuentran en ambas márgenes del río Chotano, los cuales no presentan deslizamientos y son aprovechados por los pobladores como tierras de cultivo y pastar sus animales.

Depósitos Fluviales (Qh- fl)

Estos depósitos se hallan en los márgenes del río Chotano y quebradas afluentes, poseen materiales que han sido transportados grandes distancias, su composición puede ser variada en su mayoría los clastos redondeados, y gravas, limos y arcillas.



Foto 7: Depósitos cuaternarios fluviales generados por el Río Chotano. Coordenadas: E 749009, N 9274715 Cota 2119 m.s.n.m.

Depósitos Coluviales (Qh – Co)

Se encuentran constituidos el flanco izquierdo y derecho de la carretera Lajas – Ajipampa; caracterizándose por contener bloques, gravas angulosas a subangulosas distribuidas en forma caótica, sin selección ni estratificación aparente, englobando una matriz arenosa que se distribuye irregularmente.



Foto 8: Depósitos cuaternarios coluviales, Coordenadas: E 749164, N 9276820, Cota 2343 m.s.n.m.

Depósitos Aluviales (Qh – al)

Los depósitos aluviales se hallan en gran parte del área de investigación, ubicados en la parte media e inferior de las quebradas, conformados en su mayoría por suelos gravo-arcillosos y arcillas de plasticidad alta.



Foto 9: Depósitos Aluviales en el área de investigación, Coordenadas: E 748958, N 9274601, Cota 2115 m.s.n.m.

3.3.3. Geología Estructural

El comportamiento estructural del área de investigación está definido por la acción de las diversas fuerzas geológicas, las cuales han producido deformaciones en el macizo rocoso, siendo controladas por estructuras continuas y discontinuas, dentro de las estructuras continuas tenemos anticlinales, sinclinales y micropliegues; y en las discontinuas con una falla activa en la Formación Chulec, e intenso diaclasamiento.

Estratos

Estructuras primarias cuya formación ocurrió de manera conjunta con la deposición del sedimento y la litificación como la estratificación, siendo esta estructura la que determinara el ambiente de deposición de los sedimentos, es decir, en zonas profundas o en zonas someras. Entre los centros poblados la Sinrra y Aijapampa presenta rocas sedimentarias bien estratificadas rocas calizas, lutitas, margas con espesores entre 20 cm hasta 85 cm, siendo una de sus características principales el medio y alto grado de fracturamiento.



Foto 10: Estratificación en la Fm. Cajamarca. Coordenadas: E 748624, N 9274789, Cota 2113 m.s.n.m.

Anticlinal

Esta estructura está presente en calizas delgadas con estratificación rítmica, en la Formación Pariatambo, orientación del flanco izquierdo de N12° con buzamiento 44°SE, el flanco derecho con una orientación de N164° y buzamiento 58°SW. Anticlinal y sinclinal en el área

de investigación, ver plano 06 (Plano Geológico).

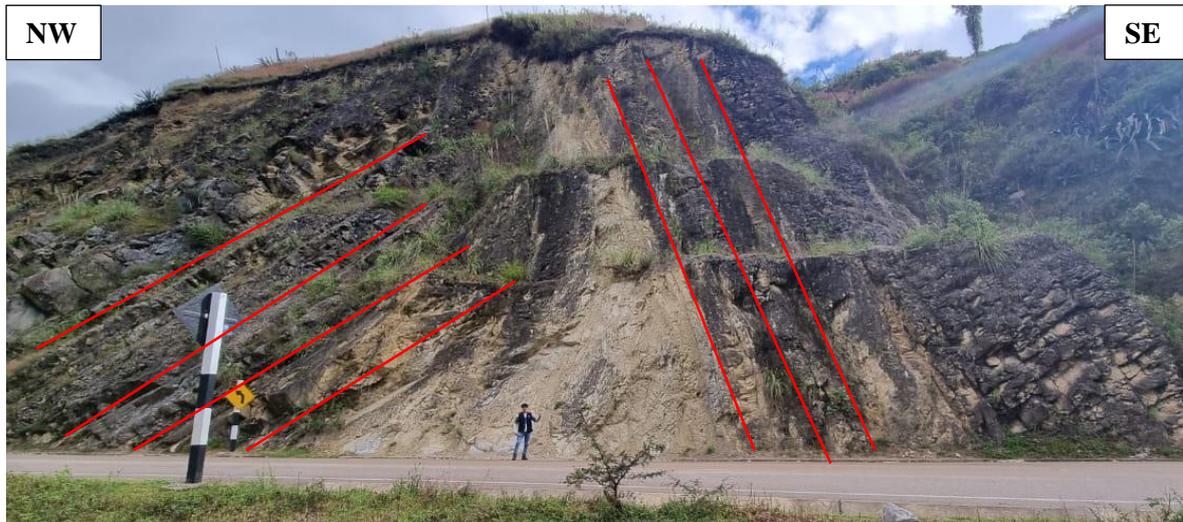


Foto 11: Anticlinal en el la Fm. Pariatambo. Coordenadas: E 748616, N 9274908, Cota 2121 m.s.n.m.

Fallas

Son producto de las deformaciones dúctiles, que generan roturas en las rocas a lo largo de la cual ha tenido lugar un desplazamiento. En la zona de investigación, fue reconocida una falla muy importante porque genera hundimiento en la pavimentación de la carretera.

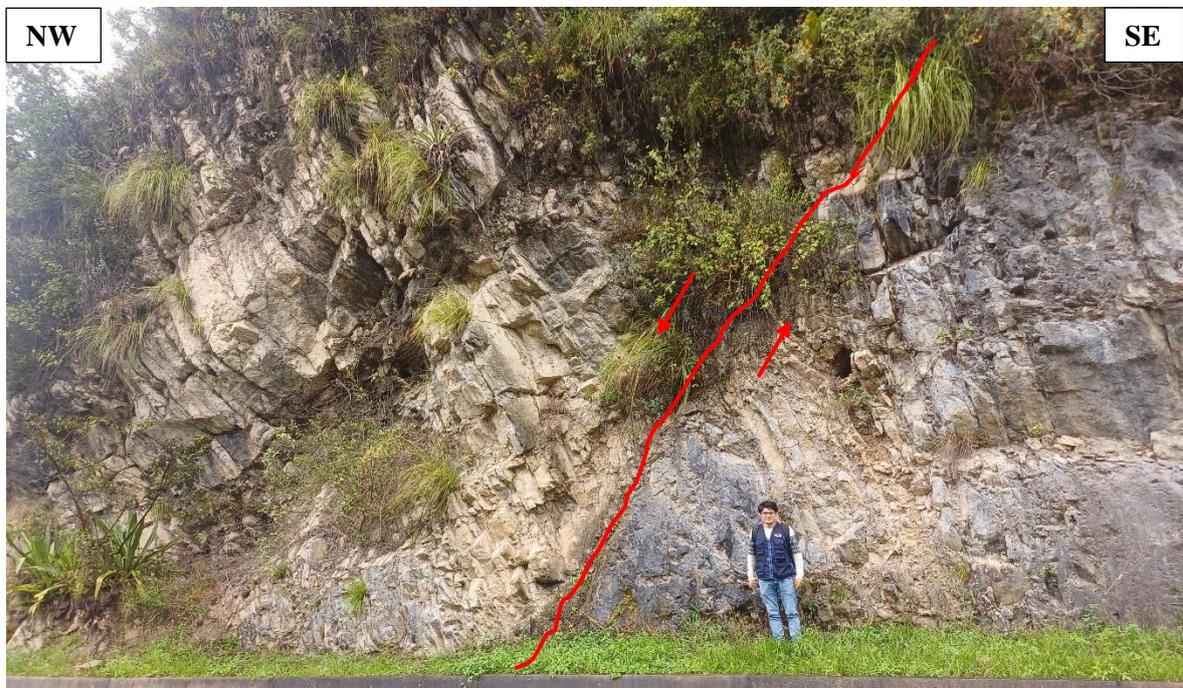


Foto 12: Falla de normal en el área de investigación. Coordenadas: E 747139, N 9275363, Cota 2072 m.s.n.m.



Foto 13: Falla de normal en material cuaternario en el área de investigación. Coordenadas: E 747714 N 9274500, Cota 2089 m.s.n.m.

3.4 GEOMORFOLOGÍA

Los Centros Poblados de La Sinra y Ajipampa está localizada sobre las estribaciones occidentales de la cordillera Oriental, la cual corresponde a una zona afectada por complejos y severos procesos tectónicos enmarcados por el gran fracturamiento de las rocas, lo cual está asociado a los esfuerzos de compresión que actuaron en esta región.

3.4.1 Unidades geomorfológicas según ambiente morfogenético

De acuerdo a la jerarquización geomorfológica (SGC, 2012), la zona de estudio se localiza en unidades geomorfológicas que están definidas con criterio genético, morfológico y geométrico en función de los procesos geomorfológicos específicos que las conforman. ya sea de carácter denudacional o de acumulación; estructural; definidas fundamentalmente por los contrastes morfométricos que relacionan el tipo de sedimento o de roca y su disposición estructural, tanto con la correspondiente topografía del terreno como con los procesos dinámicos activos prevalecientes.

En la zona de estudio con base en los criterios mencionados se identificaron Unidades de los ambientes, Kárstico, Denudacional, fluvial, Estructural y Antropogenético.

Unidades Geomorfológicas por Proceso Morfoestructurales

Corresponde a las geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, especialmente las asociadas a plegamientos y fallamientos, cuya expresión morfológica está definida por la litología y la disposición estructural de las rocas aflorantes en la Sinra y Ajipampa, y se caracterizan por su relieve montañoso a colinado, cuya altura y formas se deben a plegamiento de las rocas superiores de la corteza terrestre y que aún conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en diverso grado por los procesos de denudación. Concretamente se hace referencia a laderas estructurales, Terraza estructural, Escarpe estructural, entre otros.

Terraza estructural (S- te)

En el lugar de estudio está descrita por una porción horizontal o suavemente inclinada de las capas de roca. refiere a una forma de terreno que presenta una serie de niveles o escalones, producto de procesos geológicos. Las terrazas montañosas tanto en la zona de la Sinra y SE de Lajas, son el resultado del desprendimiento preferencial de las capas más blandas por la erosión de las capas más duras que se encuentran debajo. La eliminación del material más blando expone la superficie plana de la capa más dura, creando la forma de esta terraza estructural.



Foto 14: se observa terrazas estructurales producto de la erosión que presenta una serie de niveles o escalones, ubicada al SW de Lajas. En el cerro Coordenadas: E 748607, N 9275867, Cota 2482 m.s.n.m.

Espinazo estructural (S- ees)

Un espinazo estructural es una geoforma geológica que se refiere a una elevación alargada y estrecha como colina abisal con forma de cresta alargada, la cima es plana y bordeada sobre toda su longitud por taludes. Asimismo, la estratificación hace alusión a la acción y efecto de que los sedimentos se depositaron y formaron estratos sucesivos. Es una característica prominente en el paisaje de esta manera se evidencia al E del distrito de Lajas en la formación Cajamarca que tiene forma de pico alargado con una cima plana y pendientes a lo largo de su longitud.



Foto15: se observa un espinazo estructural, en la imagen Satelital, al E del distrito de Lajas. Coordenadas: E 749009, N 9276890, Cota 2512 m.s.n.m. Fuente: GOOGLE EARTH PRO (2024)

Escarpe estructural (S- es)

Ladera abrupta de altura variable, se evidencia tanto a la margen izquierda y derecha del río Lajas, presenta una inclinación de hasta 70° y una altura aproximadamente de aproximadamente de 300m y una extensión de 4.0 Km de longitud.

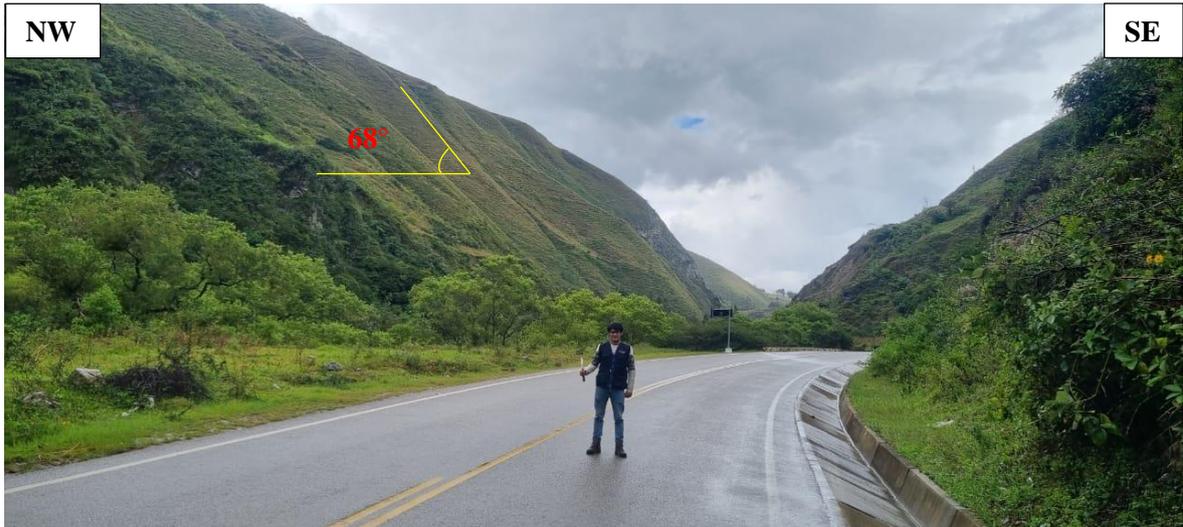


Foto 16: Escarpe estructural en la margen derecha del río Chotano con una pendiente de 68° cubierto por vegetación. Coordenadas: E 747161, N 9274788, Cota 2074 m.s.n.m.



Foto 17: Escarpe estructural en el cerro el Lajeño, este escarpe es de ambiente estructural denudativo. Se evidencia el proceso de erosión en la cresta del escarpe con una pendiente de 70° . Coordenadas: E 747608, N 9275989, Cota 2401 m.s.n.m.



Foto 18: se observa un valle en V parte del rio Chotano, producto de la meteorización fluvial se formó escarpe estructural en ambos flancos. Coordenadas: E 748585, N 9274917, Cota 2121 m.s.n.m.

Ladera estructural (S-le)

La ladera estructural es una geoforma que se compone de una estructura que tiene una pendiente que puede ir desde los 15° hasta los 30° esta geoforma aflora en varias partes altas de la zona de estudio, emplazadas en la Formación Cajamarca, siendo afectada por la falla regional de Cutervo. Esta unidad geomorfológica se encuentra en la parte izquierda de la carretera Lajas- Sinra. A 300 metros del puente San Carlos, su afloramiento tiene una longitud de 150 metros a 250 metros.



Foto 19: se observa ladera estructural al NW del distrito de Lajas en rocas carbonatadas de la Formación Cajamarca, a 200 metros de la quebrada San Carlos. Coordenadas: E 749137, N 9273511, Cota 2329 m.s.n.m.

Cerro estructural (S- ce)

Es una forma de relieve geológica que se forma y caracteriza por sus características estructurales, principalmente debido a procesos tectónicos y a la disposición de las capas de roca. Estos cerros suelen presentar formas prominentes y bien definidas que reflejan la estructura geológica de la región, muestran capas de roca claramente expuestas, lo que permite observar la disposición de las capas geológicas. Estas geoformas se evidencian en el cerro Ajipampa.

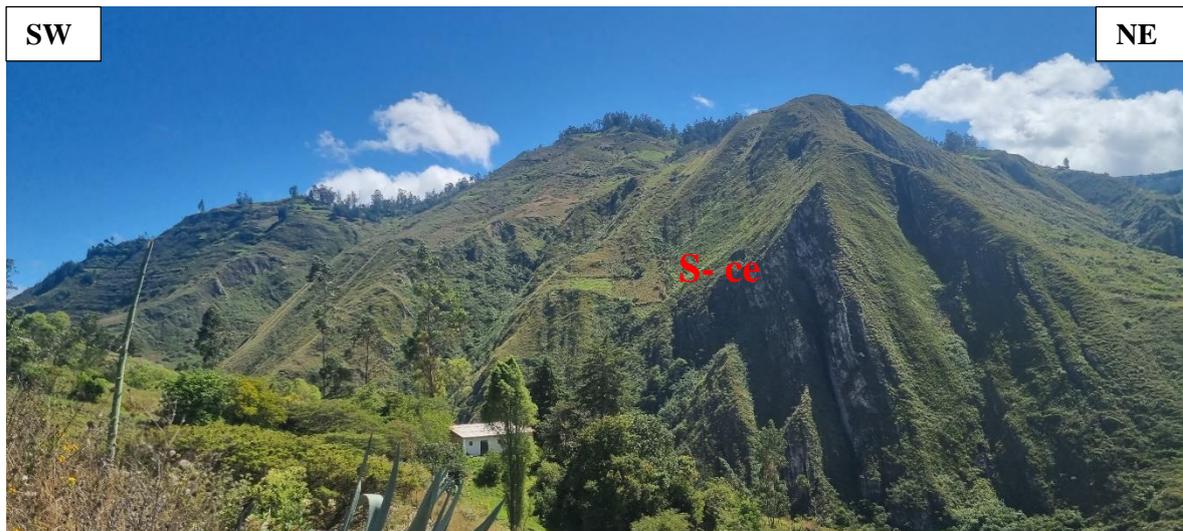


Foto 20: se observa Cerro estructural escarpado abrupto parte del flanco izquierdo del cerro Ajipampa en la Fm. Pulluicana, Coordenadas: E 747689, N 9273906, Cota 2548 m.s.n.m.

Loma elongada (S- le)

Geoforma estructural que se caracteriza por su forma alargada y elevada, con una disposición generalmente paralela a las estructuras geológicas subyacentes. Estas lomas o elevaciones son el resultado de procesos tectónicos y erosionantes. Presenta poca pendiente de hasta 20° y una altitud de 200 metros. Se evidencia al NW de CC.PP. la Sinra.



Foto 21: se observa loma elongada al NE de la Sinra, en rocas carbonatadas de la Fm. Pulluicana, Coordenadas: E 748996, N 9276855, Cota 2446 m.s.n.m.



Foto 22: loma elongada en la margen Izquierda de la carretera Lajas – Ajipampa, en la Fm. Quilquiñan Mujarrum, Coordenadas: E 747944, N 9274681, Cota 2105 m.s.n.m.

Loma Estructural (S-lo)

En la zona están caracterizadas por elevaciones cortas que tienen superficies de forma suave y ondulada, son de poca pendiente de aproximadamente hasta los 15° y una altitud que no sobrepasan los 100 metros, ubicada en rocas sedimentarias calcáreas.



Foto 23: se observa dos lomas al NW de Lajas, en rocas carbonatadas de la Fm. Pulluicana, también se puede evidenciar la ladera estructural kárstica al lado izquierdo de la foto. Coordenadas: E 749479, N 9276367, Cota 2456 m.s.n.m

Ladera estructural Denudativa (S-led)

Es una forma del terreno formado por material cuaternario intercalada con la estratificación de rocas sedimentarias, se puede evidenciar en el material cuaternario la erosión ha sido de un grado alto sin embargo en las rocas calcáreas la erosión se ha dado de una manera más moderada a baja cuaternario, este proceso denudativo puede formar abanicos como se puede evidenciar en la parte inferior de la foto.



Foto 24: se observa la Ladera estructural denudativa con una intercalación de calizas y conglomerados de areniscas propios de la Formación Chota está ubicado al NE de Lajas. Coordenadas: E 746754, N 9276014, Cota 2205 m.s.n.m.

Cerro Testigo estructural (S-ct)

Es una geoforma que sirve de testigo o brinda información de la forma inicial del relieve, en este caso se puede ver a la izquierda y a la derecha del cerro testigo que los procesos geológicos han erosionado el material hasta convertir en lomas denudativas. el cerro testigo siempre se caracteriza por ser resistente al proceso de erosión.

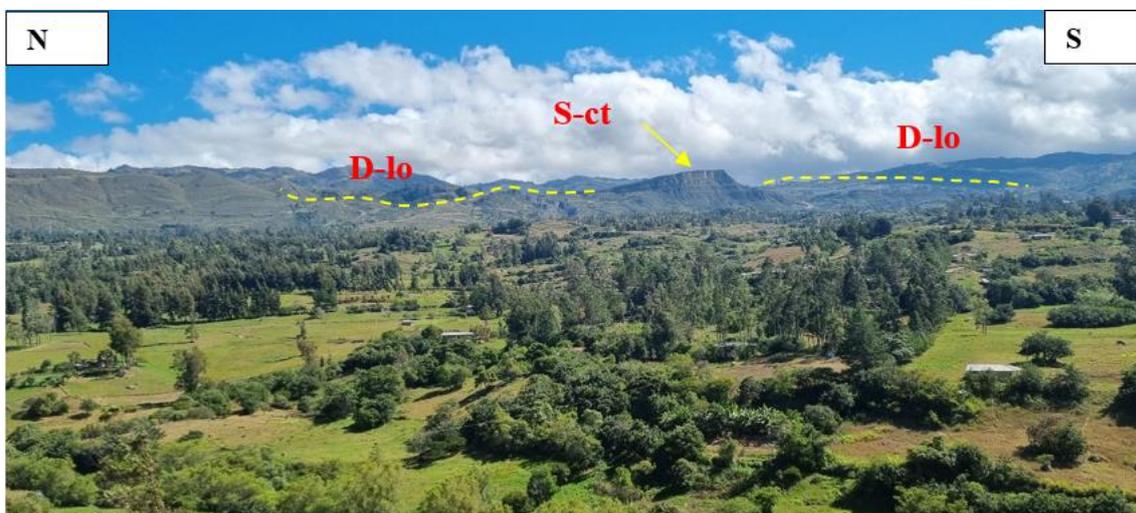


Foto 25: Cerro testigo estructural rodeado de lomas denudativas, en la comunidad de la Sinra, el cerro es llamado el solitario su NE de Lajas. Coordenadas: E 748754, N 9266025, Cota 2205 m.s.n.m.

Unidades Geomorfológicas por proceso denudacional

En la zona de estudio ubicada en los centros poblados de la Sinra y Ajipampa se presentan asociadas particularmente a procesos intensos de meteorización y erosión de pendientes abruptas a escarpadas. Las geoformas de origen denudacional incluyen tanto las geoformas definidas por procesos de meteorización y denudación relictas como las geoformas producto de la acumulación de los sedimentos generados por el proceso (agradacional).

Estas geoformas cuya expresión morfológica no dependen del plegamiento de la corteza, ni tampoco por el vulcanismo sino exclusivamente por los procesos exógenos degradacionales y está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de lluvia-escorrentía, meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que han remodelado y dejado remanentes de las geoformas morfoestructurales preexistentes y además crean nuevas geoformas por acumulación de sedimentos. Las principales geoformas se describen a continuación:

Terraza denudativa (D- td)

Son unidades conformadas por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y aluvial. Esta unidad se forma por la erosión y posteriormente la acumulación de material erosionado de las laderas de montañas, cerros o, presentan pendientes que pueden ir desde nulas a bajas (0° - 15°). Geodinámicamente, este tipo de depósitos se pueden asociar a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo complejos, deslizamientos y flujo de detritos.



Foto 26: se observa la terraza denudativa coluvial en la parte superior y en la parte inferior de la foto se puede evidenciar un escarpe denudativo, ambas geofomas se encuentran en la parte derecha del puente San Carlos.

Ladera denudativa (D- ld)

Son Geofomas formadas por la geodinámica externa, donde los agentes geológicos externos, permiten que la erosión sea más pronunciada. Se puede encontrar debajo de una ladera estructuras o colinas estructurales. Este tipo de Laderas denudativas comúnmente presentan un material coluvial con cantos redondeados debido a la pendiente.

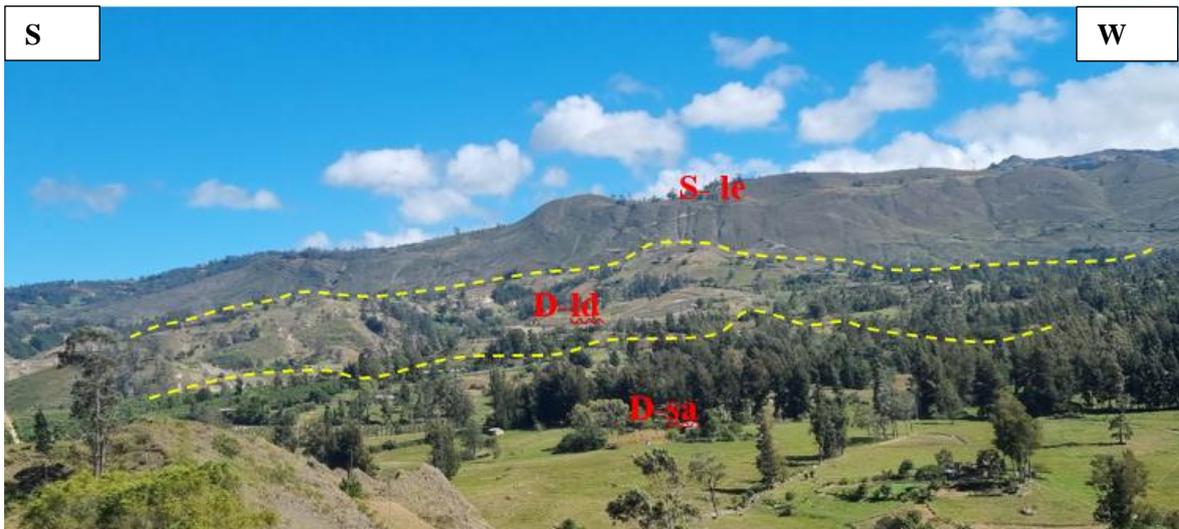


Foto 27: En la parte superior de la foto se puede ver una Ladera estructural. En la parte media podemos evidenciar una Ladera denudacional y en la parte inferior podemos evidenciar una superficie de aplanamiento. Así como se evidencia al N de Ajipampa.

Terraza acumulativa (D- ta)

Superficies planas o de bajo ángulo, en la zona de estudio se identifican hasta 3 tipos de terrazas, terrazas erosiónales, terrazas kársticas y terrazas acumulativas. La que se aprecia en la foto es terrazas acumulativas en 3 niveles, está formado de material cuaternario y de rocas de la Formación Quilquiñan Mujarrum. Normalmente su inclinación va desde 0°-15°.



Foto 28: Terrazas acumulativas estas lo encontramos en el ambiente Denudativo, podemos observar en la parte derecha está la terraza 1 en la parte intermedia terraza 2 y la parte inferior terraza3, está ubicada a 100 metros de la escuela la Sinra.

Piedemonte aluvio – torrencial (D- pat)

Esta geoforma es el resultado de la acumulación de materiales movilizados a manera de flujos, modifican localmente la dirección de los cursos de ríos y se ubican en las desembocaduras de quebradas o hendiduras en el relieve producto de un control estructural. El flujo ocurrido el 04 de marzo del 2022, transportó gran cantidad de materiales conformados por cantos y gravas en una mezcla de arcilla y arena que alcanzaron hasta 1.1 km de extensión.



Foto 29: Vista de la vertiente o piedemonte aluvio torrencial en la comunidad de La Sinra. Fuente: INGEMET, 2022.

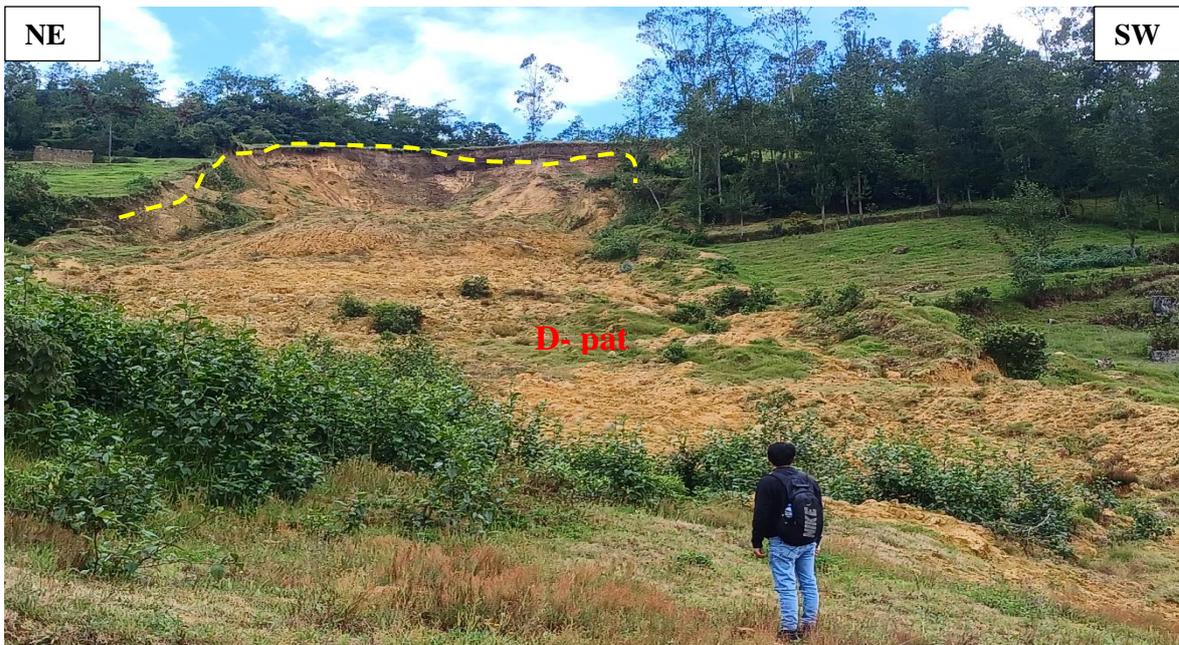


Foto 30: Piedemontes coluvio –torrencial, deslizamiento de flujo en la Sinra, en material coluvial
Coordenadas: E 747935, N 9276532, Cota 2613 m.s.n.m.

El deslizamiento antiguo (D- da)

Se ubica en la parte alta de la comunidad de La Sinra, tiene un largo de 1 km de y ancho de 350 m, el escarpe principal alcanza un largo de 503 m, la zona de arranque se encuentra a pocos metros de la trocha carrozable La Sinra-Trigopampa, el área involucrada se estima en 2.8 has. Debido al paso del tiempo, se produjeron cambios en el relieve original, la corona y el escarpe del deslizamiento no se encuentran bien definidos, debido a los procesos de erosión y meteorización.



Foto 31: Vista aérea del deslizamiento antiguo (DA-1) en la comunidad de La Sinra, Fuente: INGEMET, 2022. Coordenadas: E 748007, N 9276467.

Lomas denudativas (D- ld)

Lomas denudativas, es el resultado del constante proceso erosivo presente en la zona de estudio, específicamente en las Formaciones que tiene menor grado de resistencia a la erosión, este conjunto de lomas van desde los 70 hasta los 200 metros de altitud, se puede apreciar que en la parte alta de estas lomas hay escasa vegetación, la litología en las cuales se presente estas geoformas son calizas calcáreas y margas y lutitas amarillentas de grado medio de meteorización.



Foto 32: Se aprecia un conjunto de lomas denudativas, en ambos márgenes de la loma mayor, esta geoforma se encuentra en la Formación Quilquiñan Mujarrum, al NE de la comunidad de San Carlos.

Loma denudativa bisectada (D- ldb)

Loma denudativa bisectada, este tipo de geoformas tienen las mismas características que una loma denudativa normal, la diferencia es que esta última ha sido cortada o bisectada en 2 o más partes, esto puede darse por una falla de carácter estructural o por la erosión intensificada en uno o más estrados los cuales son de menos grado de resistencia a los procesos endógenos. Se puede apreciar que la loma ha sido dividida en 2 en flancos, por el cauce de una quebrada esporádica.



Foto 33: Loma denudativa bisectada por un pequeño cauce de río esporádico al margen izquierdo del río chotano aguas abajo, a 500 metros del distrito de Lajas. Coordenadas: E 750818, N 9275250.

Ladera de pendiente abrupta (D- lpa)

Geoforma geológica que se caracteriza por tener una inclinación pronunciada, generalmente superior al 30%. Estas pendientes pronunciadas pueden formarse por varios procesos geológicos y geomorfológicos, como la erosión, el deslizamiento de tierra.



Foto 34: Se observa ladera de pendiente abrupta al S de Ajipampa en rocas carbonatadas, de la formación Quilquiñan Mujarrum y Pulluicana Coordenadas: E 747079, N 9275563, Cota 2142 m.s.n.m.

Ladera de pendiente inclinada (D- lpi)

Esta geoforma se refiere a un tipo de pendiente donde el ángulo de inclinación es moderado, a diferencia de las pendientes abruptas que son mucho más pronunciadas. Esta inclinación puede variar ampliamente, pero generalmente se encuentra en el rango de 10° a 30°.

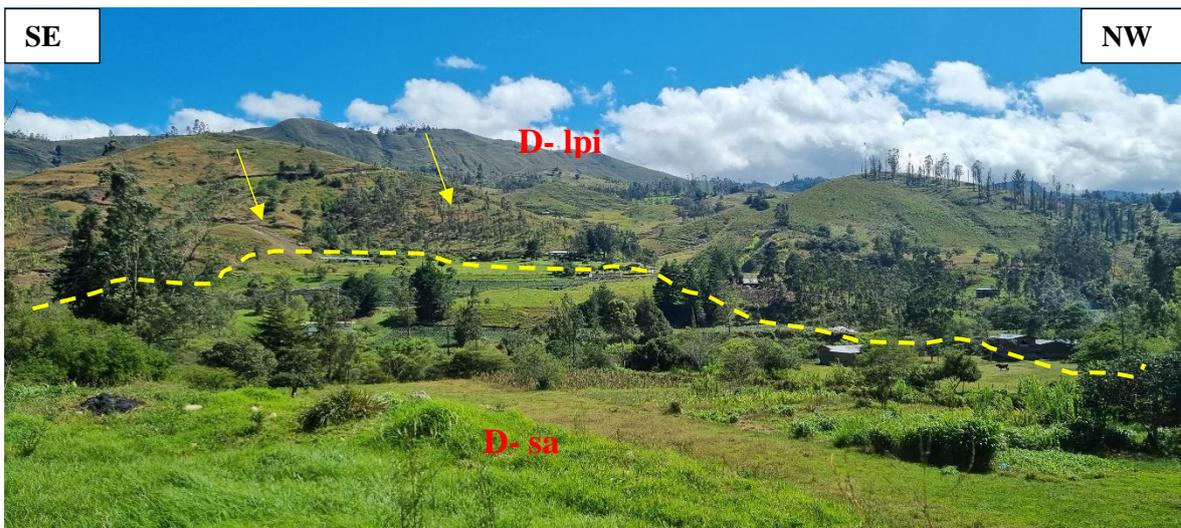


Foto 35: Se observa ladera de pendiente inclinada en la parte S de Trigopampa. También en la base de la pendiente se denota planicies coluviales.

Superficie de aplanamiento (D- sa)

Una superficie de aplanamiento es una característica geológica que se refiere a una superficie relativamente plana o suavemente inclinada en el paisaje, que se forma como resultado de procesos de erosión prolongada y otros factores geomorfológicos. Se caracteriza por presentar acumulación de materiales denudacionales provenientes de superficies elevadas como colinas y lomas.



Foto 36: Se observa superficie de aplanamiento NE de Ajipampa, el material cuaternario es aprovechado para actividades de ganadería y agricultura. Coordenadas: E 749729, N 926257, Cota 2379 m.s.n.m.

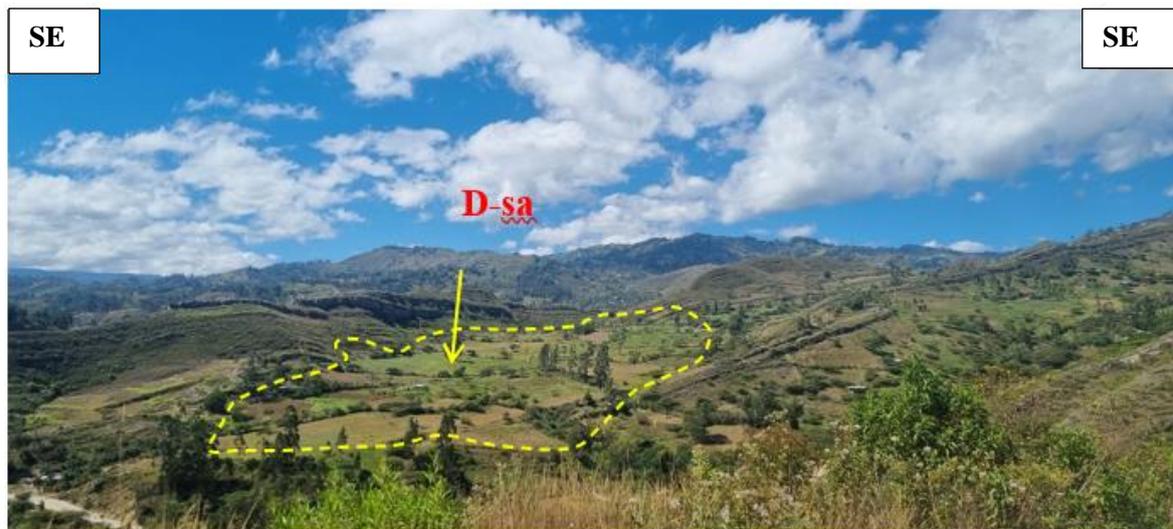


Foto 37: Se observa superficie de aplanamiento al NE de Ajipampa, rodeada por rocas carbonatadas, de la Formación Quilquiñan Mujarrum. Coordenadas: E 747418, N 927608, Cota 2403 m.s.n.m.

Unidades Geomorfológicas por Proceso fluvial

Las geoformas de origen fluvial están originadas por el efecto erosivo y acumulativo de las corrientes de los ríos y la sedimentación de materiales en cuencas restringidas respectivamente. Estas geoformas están definidas principalmente en la parte oriental y sur occidental de la zona de estudio y particularmente asociadas a la acumulación de sedimentos de los cursos drenajes de menor magnitud. En la zona de estudio esta principal enmarcado por el río Lajas y sus drenajes secundarios como son las Qda. La Sinra, Qda. Ajipampa, y otros.

Terrazas fluviales (F- tf)

Son formaciones geomorfológicas que se encuentran a lo largo de los ríos y representan niveles antiguos de la superficie de un valle. Estas terrazas son superficies planas o ligeramente inclinadas que se elevan por encima del nivel actual del río y se forman por la acción continua de erosión y sedimentación a lo largo del tiempo.

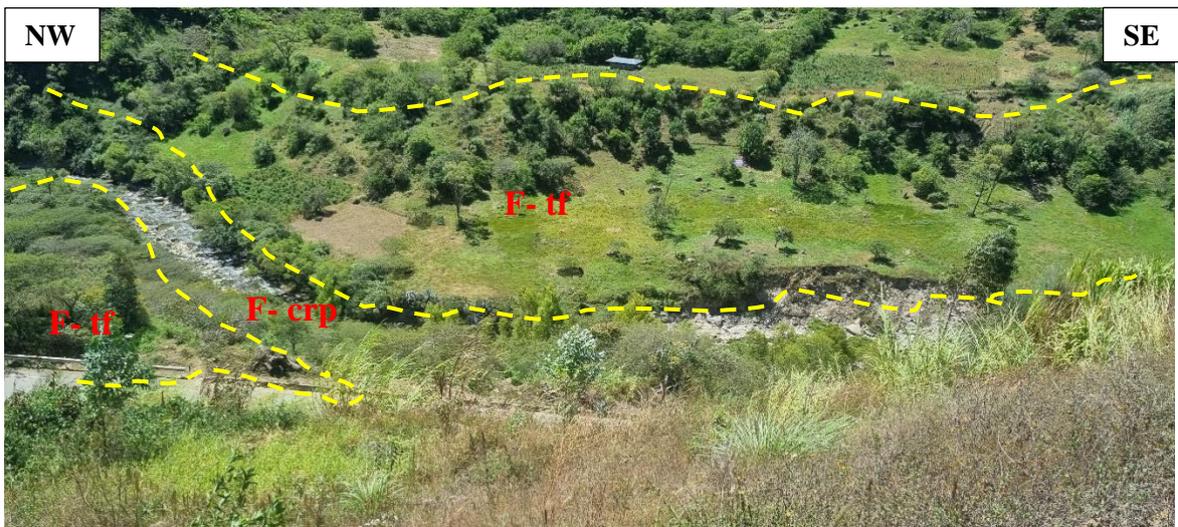


Foto 38: Se observa terrazas fluviales en la margen derecha e izquierda del río Chotano, Coordenadas: E 748047, N 9275257, Cota 2109 m.s.n.m.



Foto 39: Se observa terrazas fluviales en la margen derecha e izquierda del rio Chotano, estas terrazas se observan en todo el margen de la zona de estudio. Son aprovechadas para la agricultura, Coordenadas: E 748713, N 9276685, Cota 2509 m.s.n.m.

Terrazas aluviales (F-ta)

Superficies planas o débilmente inclinadas, generalmente estrecha y alargada al margen del rio Lajas y en las quebradas la Sinra y Ajipampa, En el área de estudios se diferenciaron tres tipos de terrazas tanto erosivas como de acumulación. La primera se trata del modelado de la roca por las quebradas preexistente a la fase de acumulación y el segundo está constituido por sedimentos de un mismo ciclo de acumulación, con un grosor superior a los cortes erosivos posteriores.

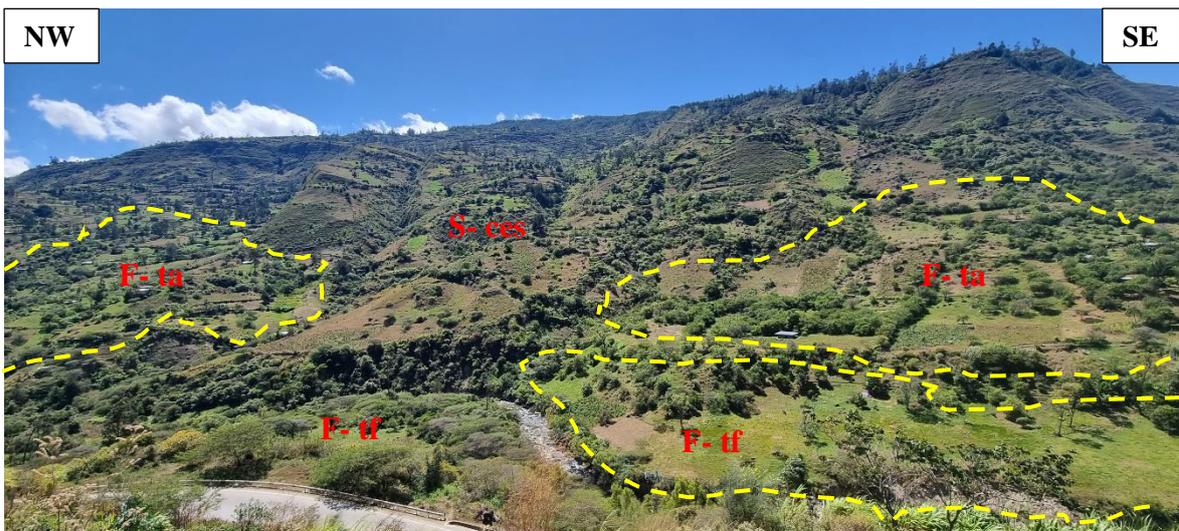


Foto 40: Se observa terrazas fluviales altas en la margen derecha e izquierda del rio Chotano. Son aprovechadas para la agricultura, Coordenadas: E 748713, N 9276685, Cota 2110 m.s.n.m.

Cauce de Río Permanente (F-crp)

El cauce de río permanente presenta agua que fluye de manera habitual durante todo el año, así como se observa en el curso del río Lajas. Donde se observa meandros, barras laterales cubiertas de vegetación en depósitos fluviales percibiendo desde bloques, gravas, arenas y limos subredondeados. Estos con el pasar del tiempo pueden formar geoformas mayores o valles juveniles de ambiente fluvial.

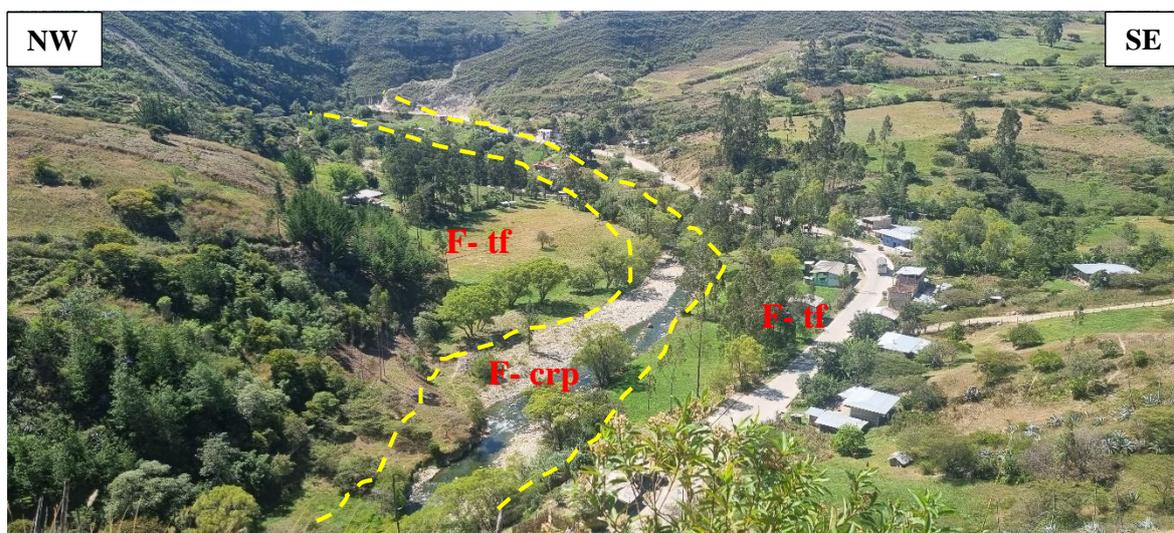


Foto 41: Se observa terrazas fluviales en formación, en la margen derecha e izquierda del río Chotano que tiene un cauce permanente, también se puede observar terrazas, Coordenadas: E 748946, N 9274870, Cota 2112 m.s.n.m.

Cauce de Río esporádico (F-cre)

El cauce de río esporádico es una geoforma formada por el cauce del río en épocas de lluvia, se puede ver las huellas o marcas que el mismo río va formando, normalmente se puede ver el curso del río en épocas de invierno. Este cauce también va formando terrazas Fluviales las cuales son utilizadas para ganadería o agricultura, depósitos fluviales.

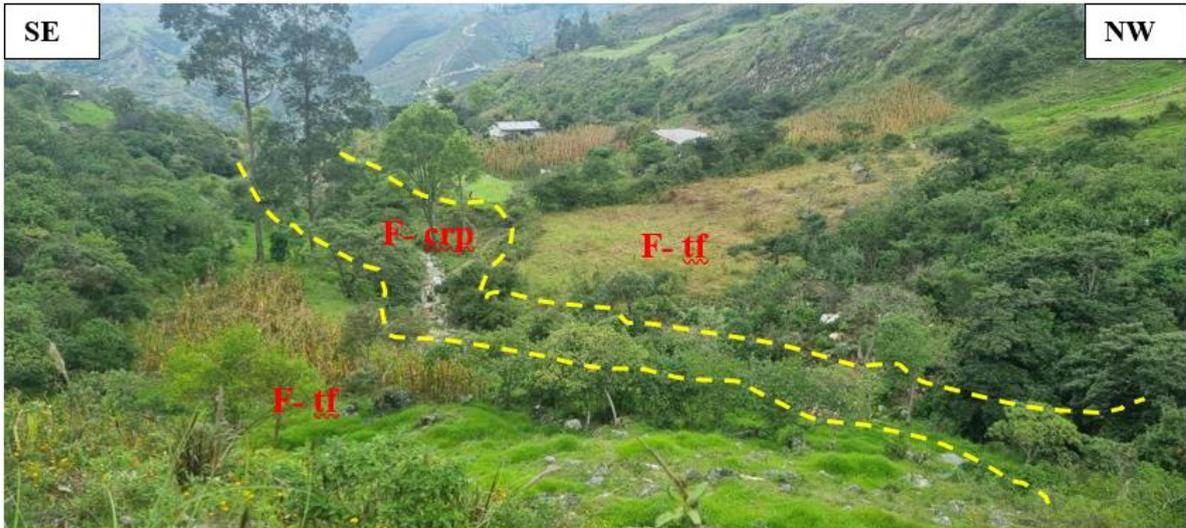


Foto 42: Se observa terrazas fluviales en formación, en la margen derecha e izquierda del río Chotano que tiene un cauce permanente, también se puede observar terrazas, Coordenadas: E 748966, N 9274670, Cota 2302 m.s.n.m.

Quebrada esporádica cataclinal porque el cauce de la quebrada se activa solo en meses de invierno con la presencia constante de lluvias, el termino cataclinal se debe a que el cauce del río recorre en el mismo sentido o a favor de la inclinación de los estratos. Normalmente recorren por el dorso se las capas de estratificación.



Foto 43: Quebrada esporádica cataclinal, podemos observar la geoforma en el margen derecho del río el Lajeño, se evidencia al SW del distrito de Lajas en la Formación Cajamarca, Coordenadas: E 748966, N 9274670, Cota 2112 m.s.n.m.

Quebrada esporádica ortoclinal (F- qeo).

Se denomina Quebrada esporádica ortoclinal, debido a que el cauce del río ya no recorre ni en favor de los estratos y en contra de la inclinación de los mismos, si no que su recorrido lo hace de manera casi perpendicular a los estratos en nuestro caso se observa que debido a la litología de la Formación Quilquiñan las capas con mayor facilidad para erosionarse son las que permiten que se forme este tipo de Quebrada.



Foto 44: Se observa 2 quebradas esporádicas ortoclinales esto se evidencia en el sector SW del Centro poblado de Ajipampa, en el cerro el Molle terrazas, Coordenadas: E 746865, N 9274897, Cota 2180 m.s.n.m.

Barra fluvial longitudinal (F- bfl)

Llamamos Barra fluvial longitud que aquella, geofoma o montículo que se forma en medio del río normalmente este es de cauce permanente, tiene la particularidad de formarse de forma alargada y longitudinal en el mismo sentido del cauce del río, a diferencia de las barras transversales que se forman de manera perpendicular al cauce o recorrido del río, esta geofoma tiene un promedio de 5 metros de longitud no son tan abundantes como las barras laterales en la zona de estudio.



Foto 45: Se observa una barra fluvial longitudinal en medio del cauce del río Chotano, a 200 metros de la cantera de roca caliza, Lajas, Coordenadas: E 7492026, N 92746812, Cota 2090 m.s.n.m.

Abanico aluvial (D- aal)

Esta geoforma de ambiente denudativo se por la acumulación de material erosionado o material cuaternario el cual transportado en un tiempo corto y de manera rápida, podemos notar que en la parte alta de las colinas del Centro poblado la Sinra existen la presencia de este material el cual con la presencia de agua o el aumento de la humedad permiten que estos sean transportados en forma de avalancha hacia lugares más bajos con menor pendiente, es así como se forma el abanico Aluvial en la parte baja de la Sinra.



Foto 46: Se observa un abanico aluvial, en el margen derecho del rio Chotano aguas abajo en el sector bajo de la Sinra, al NE del Centro poblado de Ajipampa Coordenadas: E 747852, N 92745268, Cota 2095 m.s.n.m.

Cárcava (D- ca)

Cárcava es una geoforma que se forma por la erosión del relieve con pendientes que pueden ir de moderadamente pronunciadas a muy pronunciadas, estas cárcavas suelen formarse en suelos poco consistentes, el grado de erosión es alto normalmente mayores a 2 metros de profundidad tiene una manera irregular, Esta geoforma se presenta en la parte alta del cerro Majadem, en la Formación Pulluicana.



Foto 47: Se observa una cárcava en la parte media del cerro Salay foto tomada desde el cerro Majadem. Coordenadas: E 748966, N 9274670, Cota 2130 m.s.n.m.

Planicie aluvial (F- pa)

Es una formación geológica que se caracteriza por una superficie plana o ligeramente inclinada formada por la acumulación de sedimentos transportados y depositados por un río o arroyo. Estas áreas aluviales se encuentran típicamente en los valles fluviales y se forman debido a la actividad continua de erosión y sedimentación a lo largo del tiempo.



Foto 48: Se observa planicie aluvial, aal margen izquierdo del rio chotano aguas abajo,son aprovechadas para la agricultura por su pendiente suave, Coordenadas: E 749677, N 9274829, Cota 2240.m.



Foto 49: Se observa planicie aluvial en la base de la colina elongada, son aprovechadas para la agricultura por su pendiente suave, Coordenadas: E 749677, N 9274829, Cota 2240 m.s.n.m.

Valle en V (F- vv)

Esta geoforma está en la Formación Pulluicana entre los cerros Majadem a la derecha y el cerro Salay a la izquierda, el río Chotano es el responsable directo de modificar contantemente este valle, el valle en V se caracteriza por ser una geoforma que presenta una constante erosión por eso se denomina un valle joven, el resultado con el tiempo se convierte en un valle maduro. Podemos observar en la foto 49 que la pendiente en ambos cerros es abrupta, esto hace que en este tipo de valles no exista inundación.



Foto 50: Valle en V, formado por el río Chotano, el cerro Majadem a la izquierda y el cerro Salay a la derecha ubicado al NE de Ajipampa. Coordenadas: E 748173, N 9275286, Cota 2085 m.s.n.m.

Marmita (F-m)

Marmita, marmitas de gigantes o Pilancones, está geoforma se encuentra cerca del puerto de Lajas, el cauce del río la turbulencia de las aguas y los remolinos formados por estos 2 eventos hacen que tengan la forma particular de una superficie lisa, esto aumenta hasta formar las oquedades que podemos observar en esta imagen.



Foto 51: Se observa 2 marmitas escalonadas en el río Chotano a 500 metros del distrito de Lajas, utilizado por pobladores para actividades recreativas. Coordenadas: E 749906, N 9274234, Cota 2100m.s.n.m.

Unidades Geomorfológicas por proceso antrópico

Cantera (A-ca)

Son afloramientos de rocas carbonatadas, que se utilizan principalmente en la construcción y en la industria. Estos agregados, como la piedra caliza, la grava calcárea, son fundamentales para la fabricación de concreto, asfalto, y otros productos de construcción. La gestión adecuada de estos sitios es fundamental para maximizar los beneficios económicos mientras se minimizan los impactos ambientales y se asegura la seguridad y sostenibilidad de las operaciones.



Foto 52: Se observa cantera de agregados para la construcción en la Formación Pulluicana, al NW de la comunidad San Carlos, a 200 metros de la quebrada San Carlos. Coordenadas: E 749332, N 9276914, Cota 2470 m.s.n.m.

Terrenos agrícolas (A-ta)

Esta unidad está restringida a planicies que posteriormente han sido aprovechadas para terrenos de cultivo. Actualmente son geformas recientes erosionadas por acción del hombre usada para cultivar sus alimentos de acuerdo a sus necesidades tales como arroz, maíz, hortalizas, legumbres.



Foto 53: Se observa una superficie de aplanamiento usadas para el sembrío de palta al N del Centro Poblado de Ajipampa. En la comunidad de Luzpampa. Coordenadas: E 7490086, N 9274860, Cota 2110m.s.n.m.

3.4.2 Interpretación de la Morfometría.

La morfometría se dedica al análisis cuantitativo de la superficie del terreno en términos de medidas de longitud, área, forma y pendiente, con dos orientaciones o enfoques: una morfometría específica que analiza los rasgos discretos de la superficie del terreno (p.ej. las formas de terreno) y una morfometría general que trata de los rasgos continuos. En su estado actual, la morfometría consiste esencialmente en la caracterización y el análisis digital de superficies topográficas continuas (Pike et al., 2009, citado por Zinck, 2012).

La metodología para la cartografía de las unidades geomorfológicas en la presente investigación se basa en el análisis de los procesos geomorfológicos y las formas de relieve, para la identificación y delimitación de áreas homogéneas, tanto en términos de elementos geomorfológicos como de modelado dominante. Las unidades geomorfológicas se obtuvieron fundamentalmente a partir del análisis morfométrico del relieve y especialmente del análisis de la superposición y combinación de cada una de las variables obtenidas con otras capas de información como la litología, derivada de mapas de DEM y elementos geomorfológicos.

Para tal fin, los DEM han surgido como una herramienta que permite la medición y extracción de atributos que describen los rasgos topográficos del paisaje. Los parámetros más frecuentemente medidos incluyen: altitud (altura sobre el nivel del mar), pendiente, dirección, curvatura y rugosidad del relieve, entre otros. La distribución espacial de estos parámetros permite inferir la variabilidad de procesos hidrológicos, geomorfológicos y biológicos en el paisaje. De acuerdo con Verstappen & van Zuidam (1992), la pendiente del terreno (medida en ángulos) es el mejor indicador para realizar subdivisiones del relieve y es conveniente representar estos datos como un mapa de pendientes por separado.

Según el Servicio geológico colombiano, 2012. Las características del relieve para obtener mediante tabla de recolección de datos de morfometría para cartografía geomorfológica, como se muestra a continuación.

Tipo de Suelo	
Aluvial	
Lagunar	
Delático	
Eólico	
Glaciar	
Volcánico	
Residual	
Coluvial	X
Flujo de Lodo	
Talus	
Bloques	
Conos de Deyección	
Otro: _____	

Tipo de Erosión	
Laminar	
Surcos	X
Barrancos	
Cárcavas	X
Socavación	
Tierras Malas	
Terracetas	
Eólica	
Glaciar	
Carstica	
Marina	

Espaciamiento de Canales (m)	
(< 5)	
(5 - 15)	X
(15 - 50)	
(50 - 150)	
(150 - 500)	
(> 500)	

Intensidad de Erosión	
Suave	
Moderada	X
Severa	

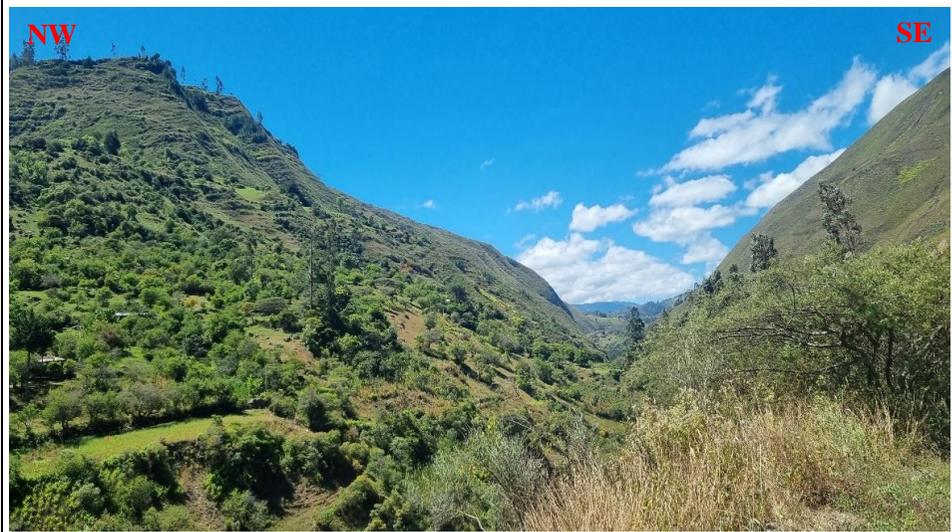
Notas:
 Se observa un relieve accidentado con planicies en la base del escarpe, cubierto de vegetación como matorrales, laderas escarpadas moderadamente largas y de forma convexa. geofoma denudativa y fluviales.

Fotos:

Diagramas



Observaciones: prominencia topografica escarpada con superficie de aplanamiento en la base del escarpe, hay procesos erosivos e influencia de agentes geologicos denudacionales y fluviales.



Observaciones: Prominencias topograficas escarpada abrupta en formacion de valles fluviales estrechos, ladera corta convexa, con pendiente abrupta. Hay procesos de erosion activos, especialmente erosion fluvial en carcavas.

Tabla de Recolección de Datos de Morfometría para Cartografía Geomorfológica

Fecha:	15/05/2024
Lugar	
Region: Cajamarca	
Provincia: Chota	
Distrito: Lajas	
Centro poblado: La Sinrra	

Referente Geográfico: Al NW del cerro Yugo, y a la margen derecha de la quebrada La Sinrra.

Ambiente morfogenético: Estructural

Cobertura del Suelo (%)					
Veg. Herbácea	5	Ganadería	40	Z. Industrial	
Bosque/Selva		Agrícola	25		
Matorrales	35	Recreación			
Cuerpos de Agua		Vivienda	5	Sin Uso	25
Cultivos	40	Minería			
Construcciones		Área Protegida			
Pastos	10	Vías	5		
Sin Cobertura	10	Z. Arqueológica			

Morfogénesis	
Morfoestructural	X
Volcánico	
Denudacional	
Fluvial - Deltaico - Lagur	
Marino - Costero	
Glaciar	
Eólico	
Kárstico	
Antropogenico / Biológico	

Morfología - Morfometría					
Tipo de Relieve		Índice de Relieve		Inclinación de Ladera	
Montañoso > de 400 m	X	Muy Bajo (< 50 m)		Plana a Suave < 5°	
Colina 200 - 400 m		Bajo (50 - 250 m)		Inclinada (6° - 10°)	
Loma 50 - 200 m		Moderado (250 - 500 m)		Muy Inclinada (11° - 15°)	
Montículo < 50 m		Alto (500 - 1000 m)	X	Abrupta (16° - 20°)	
		Muy Alto (>1000 m)		Muy Abrupta (21° - 30°)	X
				Escarpada (31° -45°)	
				Muy Escarpada (> 45°)	
				Forma de la Ladera	
				Rectilínea	
				Cóncava	
				Convexa	
				Irregular	X
				Compleja	

Características de Drenaje					
Forma de Canal		Densidad de Drenaje		Frecuencia de Drenaje	
En U Abierto		Baja (<0,5 Km/Km2)	X	Muy Alta (> 40)	
En U Cerrado		Moderada (0,5 - 1,0)		Alta (20 - 40)	
En V Abierto		Alta (> 1,0)		Media (10 - 20)	
En V Cerrado				Baja (5 - 10)	X
				Muy Baja (> 5)	
				Textura de Drenaje	
				Gruesa	
				Mediana	
				Fina	X
				Muy Fina	
				Patrón de Drenaje	
				Detrítico	X
				Subdentritico	
				Paralelo	
				Subparalelo	
				Pinado	
				Rectangular	
				Radial	
				Anular	
				Multicuenca	
				Contorsionado	
				Otro:	

Tipo de Roca	
Ígnea Acida	
Ígnea Intermedia	
Ígnea Básica	
Ígnea Ultrabásica	
Volcánica Piroclástica	
Sedimentaria Cementada	
Sedimentaria Consolidada	
Sedimentaria Química	X
Metamórfica Masiva	
Metamórfica Bandeada	
Metamórfica Bien Foliada	

Grado de Meteorización	
Fresca	
Meteorización Débil	
Meteorización Moderada	X
Meteorización Alta	
Descompuesta	

Movimiento en Masa					
Tipo de Movimiento		Tipo de Material		Estado	
Caída		Roca		Activo	
Volcamiento		Detritos		Inactivo	
Deslizamiento Rotacional		Suelo		Suspendido	
Deslizamiento Translacional		Lodos		Reactivo	
Reptación		Turba			
Flujos					
Propagación Lateral					
Avalancha					
Compuesto o Múltiple					

Tipo de Material	
Saprolito Grueso	
Saprolito Fino	

Tipo de Suelo	
Aluvial	
Lagunar	
Delatico	
Eólico	
Glaciar	
Volcánico	
Residual	
Coluvial	X
Flujo de Lodo	
Talus	
Bloques	
Conos de Deyección	
Otro:	

Tipo de Erosión	
Laminar	
Surcos	X
Barrancos	
Cárcavas	X
Socavación	
Tierras Malas	
Terracetas	
Eólica	
Glaciar	
Carstica	
Marina	

Espaciamiento de Canales (m)	
(< 5)	
(5 - 15)	X
(15 - 50)	
(50 - 150)	
(150 - 500)	
(> 500)	

Intensidad de Erosión	
Suave	
Moderada	X
Severa	

Notas:
 Se observa un relieve accidentado cubierto de vegetación como matorrales, laderas escarpadas moderadamente largas y de forma convexa. geofoma denudativa y fluviales.

Fotos:

Diagramas

<p>SE</p>  <p style="text-align: right;">NW</p>	<p>SE</p>  <p style="text-align: right;">NW</p>
<p>Observaciones: prominencia topografica escarpada y con terrazas estructurales, hay procesos erosivos e influencia de agentes geologicos.</p>	<p>Observaciones: Prominencias topograficas escarpada bajas aisladas de cima redondeada y estrecha, laderacorta convexa a recta, con pendiente abrupta. Hay procesos de erosion activos, especialmente erosion en carcavas.</p>

Tabla de Recolección de Datos de Morfometría para Cartografía Geomorfológica

Fecha:	15/05/2024
Lugar	
Region: Cajamarca	
Provincia: Chota	
Distrito: Lajas	
Centro poblado: La Sinrra y Ajipampa	

Posición Geográfica
DATUM-WGS84
Norte: 9274823
Este: 749819
Cota: 2325 m.s.n.m.

Referente Geográfico: Al NE del colegio La Sinrra.

Ambiente morfogenético: Denudacional

Cobertura del Suelo (%)			
Veg. Herbácea	15	Ganadería	40
Bosque/Selva		Agrícola	50
Matorrales	15	Recreación	
Cuerpos de Agua		Vivienda	5
Cultivos	40	Minería	
Construcciones		Área Protegida	
Pastos	20	Vías	5
Sin Cobertura	10	Z. Arqueológica	

Morfogénesis	
Morfoestructural	
Volcánico	
Denudacional	X
Fluvial - Deltaico - Lagur	
Marino - Costero	
Glaciar	
Eólico	
Kárstico	
Antropogenico / Biológico	

Morfología - Morfometría			
Tipo de Relieve		Índice de Relieve	
Montañoso > de 400 m		Muy Bajo (< 50 m)	
Colina 200 - 400 m	X	Bajo (50 - 250 m)	
Loma 50 - 200 m		Moderado (250 - 500 m)	
Montículo < 50 m		Alto (500 - 1000 m)	X
		Muy Alto (>1000 m)	
		Inclinación de Ladera	
		Plana a Suave < 5°	
		Inclinada (6° - 10°)	
		Muy Inclinada (11° - 15°)	
		Abrupta (16° - 20°)	
		Muy Abrupta (21° - 30°)	X
		Escarpada (31° -45°)	
		Muy Escarpada (> 45°)	
		Forma de la Ladera	
		Rectilínea	
		Cóncava	
		Convexa	
		Irregular	X
		Compleja	

Características de Drenaje				
Forma de Canal		Densidad de Drenaje		Frecuencia de Drenaje
En U Abierto		Baja (<0,5 Km/Km2)	X	Muy Alta (> 40)
En U Cerrado		Moderada (0,5 - 1,0)		Alta (20 - 40)
En V Abierto	X	Alta (> 1,0)		Media (10 - 20)
En V Cerrado				Baja (5 - 10)
				Muy Baja (> 5)
				Textura de Drenaje
				Gruesa
				Mediana
				Fina
				Muy Fina
				Patrón de Drenaje
				Detrítico
				Subdetrítico
				Paralelo
				Subparalelo
				Pinado
				Rectangular
				Radial
				Anular
				Multicuenca
				Contorsionado
				Otro:

Tipo de Roca	
Ígnea Acida	
Ígnea Intermedia	
Ígnea Básica	
Ígnea Ultrabásica	
Volcánica Piroclástica	
Sedimentaria Cementada	
Sedimentaria Consolidada	
Sedimentaria Química	X
Metamórfica Masiva	
Metamórfica Bandeada	
Metamórfica Bien Foliada	

Grado de Meteorización	
Fresca	
Meteorización Débil	
Meteorización Moderada	X
Meteorización Alta	
Descompuesta	

Movimiento en Masa		
Tipo de Movimiento		Tipo de Material
Caída		Roca
Volcamiento		Detritos
Deslizamiento Rotacional	X	Suelo
Deslizamiento Translacional		Lodos
Reptación		Turba
Flujos		
Propagación Lateral		
Avalancha		
Compuesto o Múltiple	X	
		Estado
		Activo
		Inactivo
		Suspendido
		Reactivo

Tipo de Material	
Saprolito Grueso	X
Saprolito Fino	

Tipo de Suelo	
Aluvial	
Lagunar	
Delático	
Eólico	
Glaciar	
Volcánico	
Residual	X
Coluvial	
Flujo de Lodo	
Talus	
Bloques	
Conos de Deyección	
Otro:	

Tipo de Erosión	
Laminar	
Surcos	X
Barrancos	
Cárcavas	
Socavación	
Tierras Malas	
Terracetas	
Eólica	
Glaciar	
Carstica	
Marina	

Espaciamiento de Canales (m)	
(< 5)	
(5 - 15)	
(15 - 50)	X
(50 - 150)	
(150 - 500)	
(> 500)	

Intensidad de Erosión	
Suave	X
Moderada	
Severa	

Notas:
SE OBSERVAN MOVIMIENTOS EN MASA. LADERAS ESCARPADAS, MODERADAMENTE LARGAS Y DE FORMA CONVEXA. GEOFORMA DENUDATIVA.

Fotos:

Diagramas



Observaciones: La zona de arranque tiene 21 m de largo y 18 m de ancho, con desplazamientos que superan los 20 m de alto, este escarpe tiene una orientación noroeste a sureste



Observaciones: Fue un movimiento rápido conformado por materiales arcillosos y arenosos (60%) con mezcla de bloques (15%) y cantos (25%) que se desplazaron por la ladera en forma de flujo.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

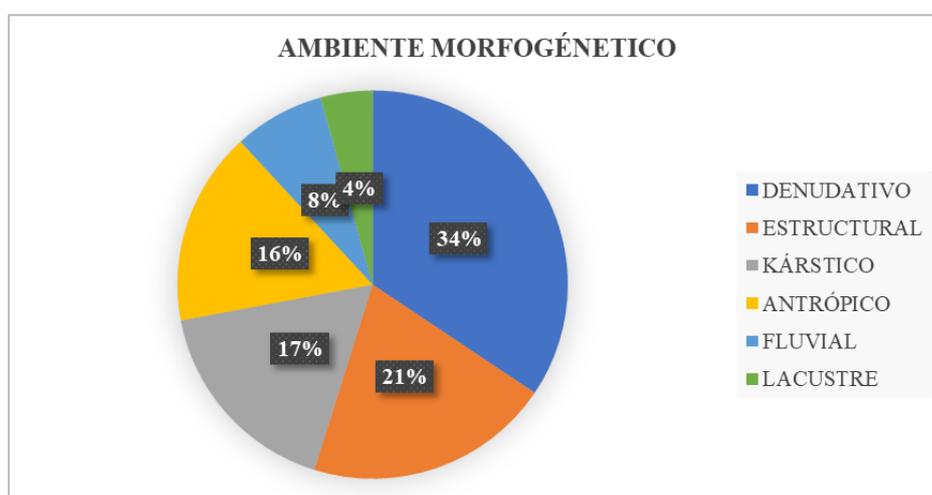
La investigación de la tesis, Caracterización geomorfológica entre los centros poblados de la Sinra y Ajipampa presenta un análisis geocientífico dando como resultado la caracterización de geoformas tanto mayores como menores describiendo las principales características de las unidades geomorfológicas de los Centros Poblados la Sinra y Ajipampa. En efecto se determinan los resultados de dichas geoformas existentes y los procesos que tuvieron lugar en la formación del relieve actual, los ambientes morfogenéticos, para ello se tuvo puntos de observación y control geomorfológicos, estos están plasmados en el plano Geomorfológico, posteriormente se utilizó el software ArcGis 10.8 para analizar los resultados identificar y corroborar mediante la observación los aspectos geológicos y geomorfológicos. Tales como Análisis morfológico (morfometría), y análisis morfogenético. Y Finalmente se realizó el análisis de las geoformas tomadas en los puntos de observación y las características in situ del relieve.

4.1.1. Análisis e Interpretación del ambiente morfogenético

Para desarrollar la interpretación y cartografiado geológico se tomó como base fundamental tanto las teorías del ciclo geográfico o ciclo de erosión de Davis y las propuestas para la cartografía geomorfológica de Carbajal (2012), para la formación desarrollo y estado actual de las unidades geomorfológicas que se encuentran entre los centros poblados de la Sinra y Ajipampa actuaron en primer lugar los procesos endógenos (ambiente estructural), de origen orogénico y en segundo lugar, actuaron los factores exógenos (ambiente denudacional) y en conjunto dieron lugar y/o constituyen los seis (6) ambientes morfogenéticos de la zona de investigación. De los cuales los más predominantes son el ambiente denudacional y el ambiente estructural ocupando entre los dos más del 50% del área total.

Tabla 18: Análisis y cuantificación de geoformas en la zona de investigación, por el tipo de ambiente, tamaño de geoformas, área y porcentaje total.

AMBIENTE	GEOFORMAS		Área (Has)	Porcentaje	Área (Km2)
	MAYORES	MENORES			
DENUDATIVO	21	11	911.1	34%	9.111
ESTRUCTURAL	9	12	501.3	21%	5.013
FLUVIAL	3	14	487.4	17%	4.874
ANTRÓPICO	13	2	432.2	16%	4.322
KÁRSTICO	7	1	313.4	8%	3.134
LACUSTRE	4	1	812	4%	8.12
TOTAL	57	41	3457.4	100%	34.574
	98				



- Figura 13: Se determina los 6 ambientes Morfogénéticos con sus porcentajes.

•

Los resultados respectivos a los ambientes morfogénéticos:

- ✓ Primer lugar en ocupar mayor cantidad de área: Ambiente Denudativo, Tiene 11 Geoformas menores y 21 geoformas mayores a nivel de zona y ocupa 911.1 hectáreas, un área de equivalente a un 34% del área de la zona total.
- ✓ Segundo lugar: Ambiente Estructural, tiene 12 Geoformas menores y 9 geoformas mayores, ocupa un área de 501.3 hectáreas, equivalente a un 21 % del área total de la zona.
- ✓ Tercer lugar: Ambiente Fluvial, tiene 14 geoformas menores y 3 geoformas mayores, ocupa un área de 487.4 hectáreas, equivalente al 17% del área total de la zona
- ✓ Cuarto lugar: Ambiente antropogénico, tiene 2 geoformas menores y 13 geoformas mayores, ocupa un área de 432.2 hectáreas, equivalente a un 16% del área de la zona total.

- ✓ Quinto lugar: Ambiente Kárstico, tiene 7 geoformas mayores, ocupa un área de 313.4 hectáreas, equivalente a un 8% del área total de la zona.
- ✓ Sexto lugar: Ambiente Lacustre, tiene 1 geoforma menor y 4 geoformas mayores, ocupa un área de 812 hectáreas, equivalente al 4% del área total de la zona.

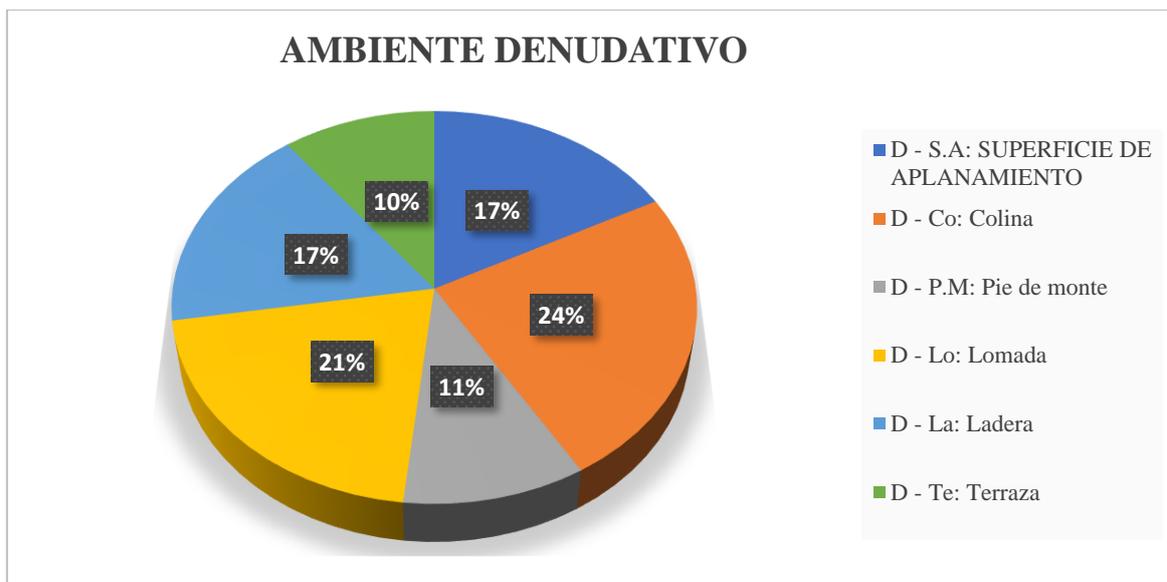
Así, se presenta la cantidad de geoformas por cada ambiente Geomorfológico respecto al área, porcentajes y perímetros de la zona de estudio los Centro Poblados la Sinra y Ajipampa (Ver plano 06).

Ambiente Denudativo

Tabla 19: Geoformas por el tipo de ambiente, simbología y cantidad de geoformas encontradas en el Ambiente Denudativo.

AMBIENTE MORFOGENÉTICO DENUDATIVO (D)			
TIPO DE GEOFORMAS	MAYORES	MENORES	PORCENTAJE
D - S.A: Superficie de Aplanamiento	5	2	7.50%
D - Co: Colina	3	0	7%
D - P.M: Pie de monte	3	2	4.50%
D - Lo: Lomada	2	2	6.70%
D - La: Ladera	5	3	5%
D - Te: Terraza	3	2	3.30%
TOTAL	21	11	34%

De la Tabla 19, Se deduce que las geoformas que más predominan en el área de estudio son las ladera y lomadas , con 8 unidades entre mayores y menores, seguidamente de las colinas denudacionales que se forman por la erosión de los cerros estructurales en las partes medias, de pendientes abruptas, los afloramientos de este ambiente tienen una dirección de NW SE de los centros poblados de la Sinra y Ajipampa y finalmente podemos encontrar piedemontes y superficies de aplanamiento en su mayoría ubicadas en las partes menos abruptas de la comunidad de San Carlos, las terrazas acumulativas los cuales se ubican a ambas márgenes del río Chotano, y las quebradas estacionarias que alimentan al río Chotano y los cuales forman terrazas de tipo fluvial y aluviales Todo esto se puede corroborar con los planos. (ver Anexos).



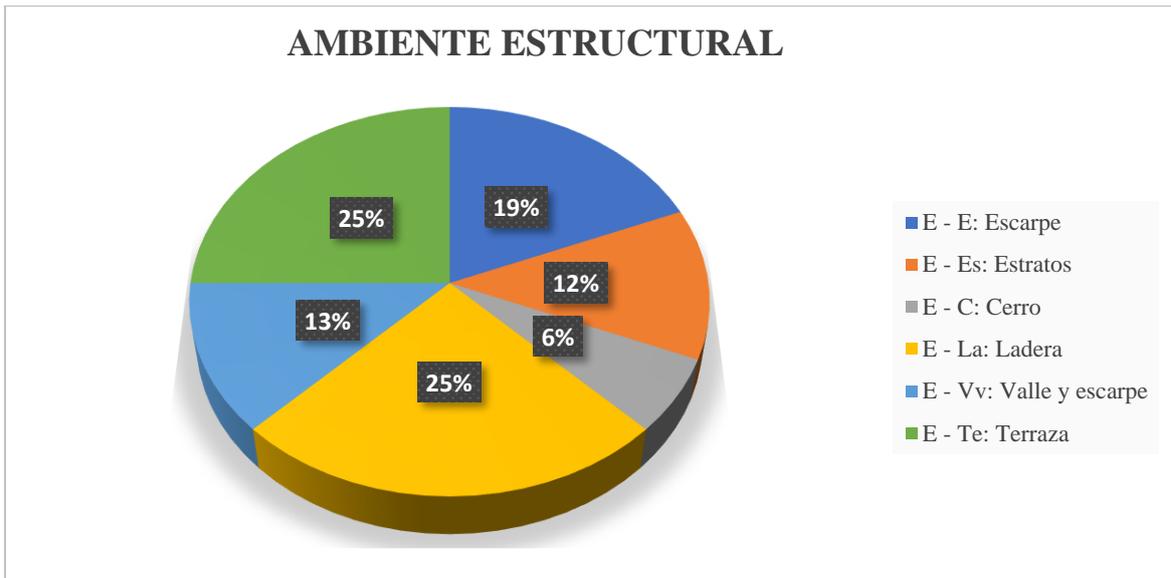
- Figura 14: Distribución de las geomorfias de origen Denudacional, la geomorfia que más área ocupa son las colinas y las lomadas.

Ambiente Estructural

Tabla 20: Geomorfias por el tipo de ambiente, simbología y cantidad de geomorfias encontradas en el Ambiente Estructural.

AMBIENTE MORFOGENÉTICO ESTRUCTURAL (E)				
TIPO DE GEOFORMAS	MAYORES	MENORES	PORCENTAJE	
E - E: Escarpe	2	2	2	3.27%
E - Es: Estratos	2	0	0	1.73%
E - C: Cerro	1	1	1	2.50%
E - La: Ladera	2	4	4	6.25%
E - Vv: Valle	1	1	1	3.50%
E - Te: Terraza	2	4	4	3.75%
SUB TOTAL	9	12	21	21%

De la Tabla 20, Se deduce que las geomorfias que más se encuentra en área de estudio son las Laderas que en total son ocho geomorfias entre mayores y menores al igual que las terrazas estructurales, luego tenemos a los escarpes estructurales con un total de cuatro geomorfias el cual representa el 3.27% del ambiente estructural, los cerros y los valles en V son los que menos se presentan en la zona, los cerros estructurales son los que menos se pueden evidenciar.



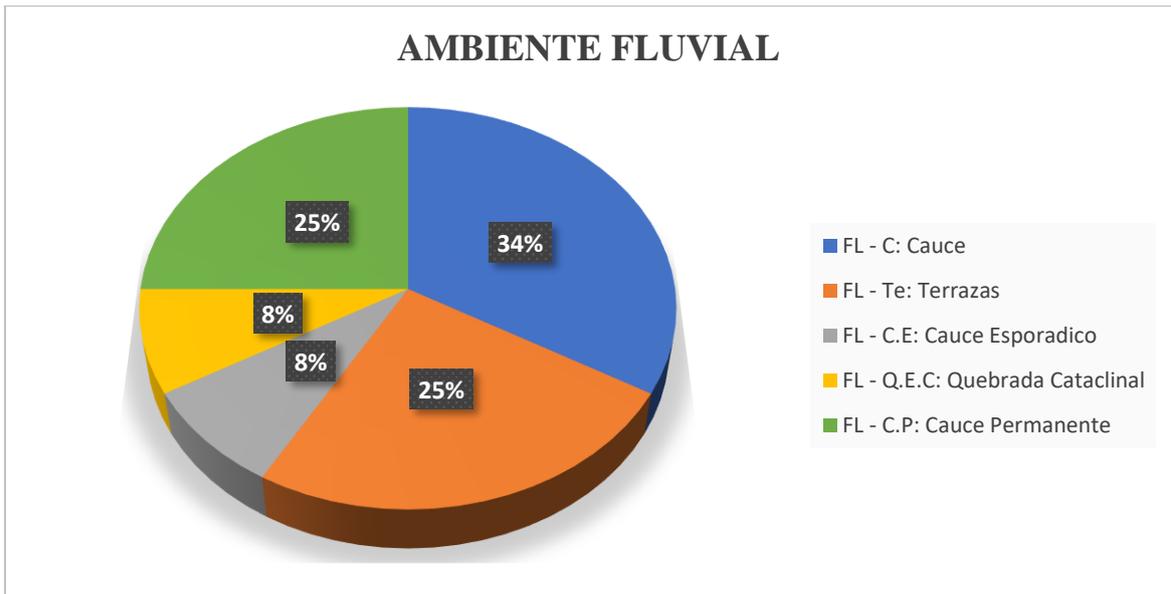
- Figura 15: Distribución de las geformas de origen estructural, las laderas y las terrazas ocupan un 25 % del total del ambiente estructural, seguidamente de los escarpes ocupan un 19% con una cantidad de cinco unidades geomorfológicas, los cerros estructurales solo representan el 6% del 100% del ambiente estructural.

Ambiente Fluvial

Tabla 21: Número de Geformas del ambiente Fluvial por el tipo de unidad y su simbología. Las unidades mayores y menores con su respectivo porcentaje

AMBIENTE MORFOGENÉTICO FLUVIAL (F)					
TIPO DE GEOFORMAS	MAYORES	MENORES	PORCENTAJE		
FL - C: Cauce	1	4	3.45%		
FL - Te: Terrazas	1	3	4.55%		
FL - C.E: Cauce Esporádico	1	1	1.75%		
FL - Q.E.C: Quebrada Cataclinal	0	1	0.75%		
FL - Q.E.O: Quebrada Ortoclinal	0	1	1.25%		
FL - C.P: Cauce Permanente		4	5.25%		
SUB TOTAL	3	14	17%		

De la Tabla 21, Se deduce que la unidad geomorfológica que más se encuentra son los cauces seguido de las terrazas fluviales contiguas y paralelas al cauce principal del río Chotano y quebradas aledañas aprovechadas para cultivos agrícolas; seguido por planicies aluviales que también son aprovechadas para cultivos. Asimismo, tenemos las terrazas aluviales, valles fluviales en V, cauces del río y abanicos fluviales producto de la interacción de los agentes geológicos modeladores del paisaje.



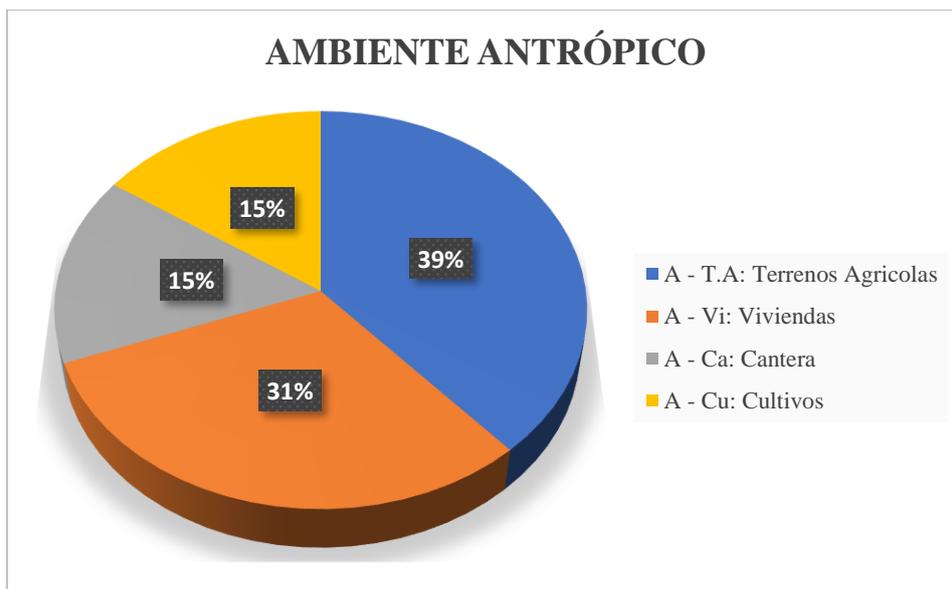
- Figura 16: Representación en porcentaje de todas las geofomas en el ambiente fluvial, podemos evidenciar que tanto el cauce como las terrazas y el cauce permanente de río son los que se evidencian durante toda la zona en el margen derecho e izquierdo del río Chotano

Ambiente Antrópico

Tabla 22: Geofomas de ambiente antrópico por el tipo de unidad, simbología y el número de geofomas encontradas y su respectivo porcentaje.

AMBIENTE MORFOGENÉTICO ANTRÓPICO (A)			
TIPO DE GEOFORMAS	MAYORES	MENORES	PORCENTAJE
A - T.A: Terrenos Agrícolas	5	1	8.75%
A - Vi: Viviendas	4	0	1.25%
A - Ca: Cantera	2	1	3.00%
A - Cu: Cultivos	2	0	3.00%
SUB TOTAL	13	2	16%

De la tabla 22, Se deduce que la unidad geomorfológica antrópica que más área ocupa es, los terrenos agrícolas de sembríos se encuentran en laderas de poca pendiente y luego encontramos viviendas ocupando el 31% terrazas fluviales a los márgenes del río Chotano y las quebradas aledañas, asimismo también son aprovechados las superficies de aplanamiento, luego es la cantera de agregados calcáreo aprovechados para la construcción civil. Y finalmente son los cultivos que también tienen la misma distribución del total del Ambiente Antrópico.



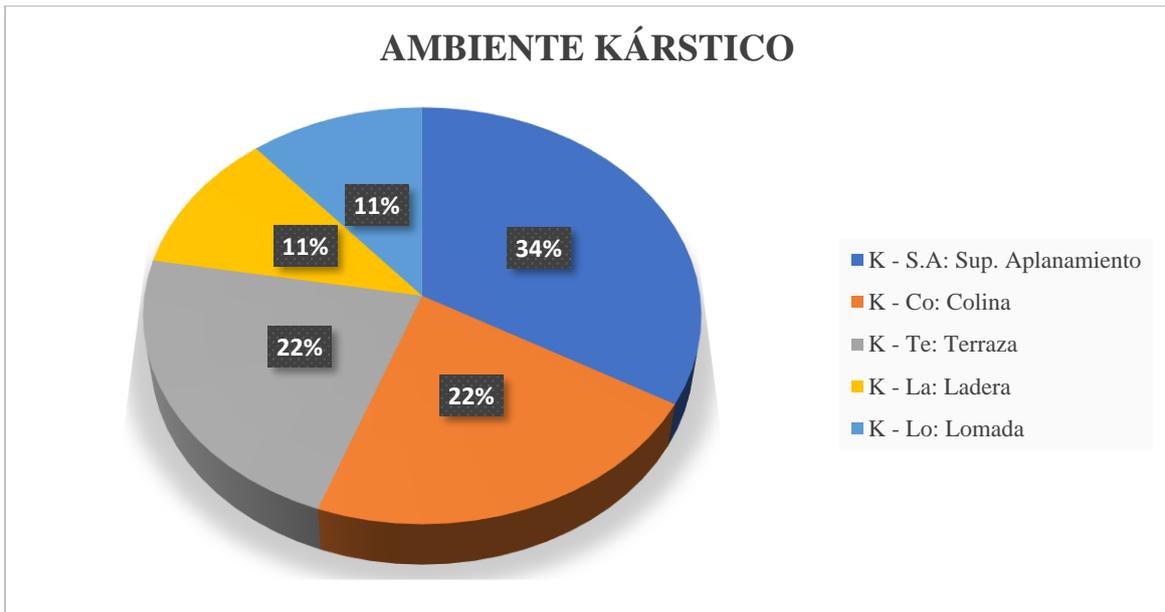
- Figura 17: Representación del área de las unidades geomorfológicas antrópico. Predominando los terrenos agrícolas con un mayor porcentaje del total del área del ambiente.

Ambiente Kárstico

Tabla 23: Geofomas de ambiente Kárstico por el tipo de unidad, simbología y el número de geofomas encontradas.

AMBIENTE MORFOGENÉTICO KÁRSTICO (K)				
TIPO DE GEOFORMAS	MAYORES	MENORES	PORCENTAJE	
K - S.A: Sup. Aplanamiento	2	0	3.82%	
K - Co: Colina	2	0	1.18%	
K - Te: Terraza	1	0	2.22%	
K - La: Ladera	1	1	0.50%	
K - Lo: Lomada	1	0	0.78%	
SUB TOTAL	7	1	8%	

De la tabla 23, Se deduce que la unidad geomorfológica Kárstica que más área ocupa es, las superficies de aplanamiento ubicadas al NW de las lajas encontrándose tres geofomas mayores, luego tenemos las colinas y terrazas kárstica ambas con un número igual de geofomas, las laderas kársticas encontradas en la Formación Cajamarca y finalmente podemos evidenciar que las lomadas son las ultimas y las que menor se evidencian en el ambiente Kárstico.



- Figura 18: Representación del área de las unidades geomorfológicas Kársticas en porcentaje según el número de geoformas encontradas en el Ambiente Kárstico.

Ambiente Lacustre

Tabla 24: Geoformas de ambiente Lacustre por el tipo de unidad, simbología y el número de geoformas encontradas.

AMBIENTE MORFOGENÉTICO LACUSTRE (L)			
TIPO DE GEOFORMAS	MAYORES	MENORES	PORCENTAJE
La - Pa: Pantanos	4	1	4%
TOTAL	4	1	4%

De la tabla 24, Se deduce el Ambiente Lacustre la única geoforma encontradas son los terrenos pantanosos. O simplemente llamados pantanos, el cual solo ocupa el 4% del área total de la zona de investigación.

Tabla 25. Cantidad de unidades geomorfológicas tanto mayores como menores según el ambiente

morfo genético de los centros poblados la Sinra y Ajipampa.

AMBIENTE MORFOGENÉTICO DENUDATIVO (D)				
TIPO DE GEOFORMAS	MAYORES	MENORES	PORCENTAJE	
D - S.A: Superficie de Aplanamiento	5	2	8.50%	
D - Co: Colina	3	0	7%	
D - P.M: Pie de monte	3	2	4.50%	
D - Lo: Lomada	2	2	6.70%	
D - La: Ladera	5	3	5%	
D - Te: Terraza	3	2	3.30%	
SUB TOTAL	21	11	34%	
AMBIENTE MORFOGENÉTICO ESTRUCTURAL (E)				
TIPO DE GEOFORMAS	MAYORES	MENORES	PORCENTAJE	
E - E: Escarpe	2	2	3.27%	
E - Es: Estratos	2	0	1.73%	
E - C: Cerro	1	1	2.50%	
E - La: Ladera	2	4	6.25%	
E - Vv: Valle	1	1	3.50%	
E - Te: Terraza	2	4	3.75%	
SUB TOTAL	9	12	21%	
AMBIENTE MORFOGENÉTICO FLUVIAL (F)				
TIPO DE GEOFORMAS	MAYORES	MENORES	PORCENTAJE	
FL - C: Cauce	1	4	3.45%	
FL - Te: Terrazas	1	3	4.55%	
FL - C.E: Cauce Esporádico	1	1	1.75%	
FL - Q.E.C: Quebrada Cataclinal	0	1	0.75%	
FL - Q.E.O: Quebrada Ortoclinal	0	1	1.25%	
FL - C.P: Cauce Permanente		4	5.25%	
SUB TOTAL	3	14	17%	
AMBIENTE MORFOGENÉTICO ANTRÓPICO (A)				
TIPO DE GEOFORMAS	MAYORES	MENORES	PORCENTAJE	
A - T.A: Terrenos Agrícolas	5	1	8.75%	
A - Vi: Viviendas	4	0	1.25%	
A - Ca: Cantera	2	1	3.00%	
A - Cu: Cultivos	2	0	3.00%	
SUB TOTAL	13	2	16%	
AMBIENTE MORFOGENÉTICO KÁRSTICO (K)				
TIPO DE GEOFORMAS	MAYORES	MENORES	PORCENTAJE	
K - S.A: Sup. Aplanamiento	2	0	3.82%	
K - Co: Colina	2	0	1.18%	
K - Te: Terraza	1	0	2.22%	
K - La: Ladera	1	1	0.50%	
K - Lo: Lomada	1	0	0.78%	
SUB TOTAL	7	1	8%	
AMBIENTE MORFOGENÉTICO LACUSTRE (L)				
TIPO DE GEOFORMAS	MAYORES	MENORES	PORCENTAJE	
La - Pa: Pantanos	4	1	4%	
SUB TOTAL	4	1	4%	
TOTAL	57	41	100%	

4.1.2. Análisis e Interpretación de la Morfometría.

4.1.2.1 Contraste del Relieve

Los procesos exógenos son resaltantes en la zona estudiada donde podemos observar cerros estructurales, lomas, lomas elongadas, escarpes, espinazos, etc. que han sido erosionados por el agua, aire; los que han producido cambios en las estructuras de las rocas preexistentes.

Según la clasificación tomada de diversas fuentes se han encontrado Unidades Geomorfológicas, la cuales están representadas en un cartografiado geomorfológico básico a escala 1:15000, por lo que se llega a interpretar que existen zonas de baja pendiente que pueden utilizarse para actividades agrícolas. Las pendientes en escarpas sufren mayor erosión por lo que estas zonas son propensas a deslizamientos por sus pendientes que son mayores a 40°. Las principales unidades geomorfológicas se han clasificado tomando en consideración la pendiente del terreno, cuyos parámetros en base a áreas y porcentaje se presentan en la tabla siguiente:

Procesamiento de Información Previo análisis y sistematización de la información recopilada, a nivel de gabinete y de campo, se procesó los datos mediante herramientas específicas del Arc Gis 10.8; sobre el mapa preliminar, se identificó 41 geoformas menores y 74 geoformas mayores en toda el área de investigación. Para ello se cartografiará en un plano geomorfológico.

Por otro lado, se ha tenido en cuenta criterios morfométricos relacionados con la altura de las diferentes geoformas y la pendiente de las mismas; aspectos que permitieron obtener categorías geomorfológicas debidamente jerarquizadas; y en concordancia con el mapa fisiográfico, se delimitaron 5 Sub unidades geomorfológicas que forman parte de los 41 tipos de geoformas menores identificadas.

Descripción de las unidades geomorfológicas. Debido al número de unidades geomorfológicas, la descripción de estas se realizó tomando como criterio, considerar solamente la forma específica de la geoforma del paisaje y considerando solamente la pendiente de cada una de ellas, parámetro morfométrico que permitió diferenciar una de otras y sobre todo permitió clasificarlas con mayor detalle; sin embargo en el texto de la descripción, se detalla otros aspectos que caracterizan a cada geoforma, como el origen, la

litología las formaciones geológicas y los procesos. Esta descripción forma parte de la memoria descriptiva del mapa geomorfológico del departamento de Cajamarca.

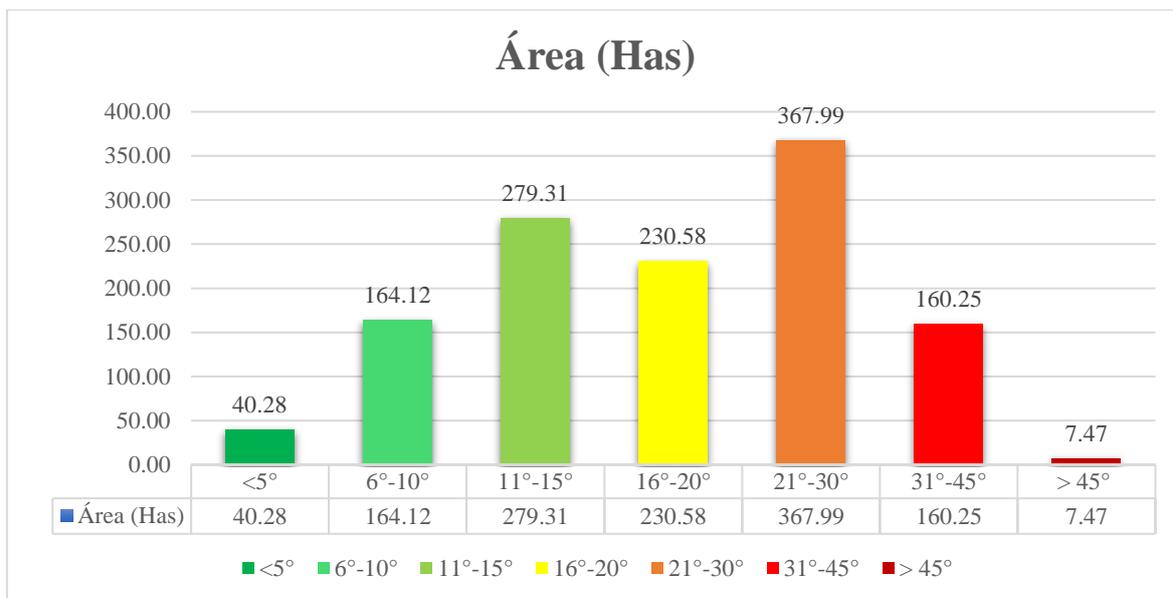
4.1.2.2 Pendientes de la superficie.

Es importante tener en cuenta la topografía, el plano de elevaciones, imágenes satelitales y las salidas al campo, para así determinar con una exactitud la geomorfología de la zona de estudio.

El análisis de las pendientes de las unidades geomorfológicas de los Centro Poblados la Sinra y Ajipampa y el entorno se realizó mediante el software ArcGis 10.8, para ello se procesó la imagen Aster y se obtuvieron las pendientes; posteriormente se agrupó en siete rangos; definiéndose estas inclinaciones, y como resultado el plano de pendientes (Plano 05), estos resultados cuantitativos se les asignó la descripción de Carvajal, (2012). que se muestra en la tabla 06.

Tabla 26: Inclinación de las superficies de las Unidades Geomorfológicas y su descripción.

Inclinación (Grados)	Descripción	Características del material	Área (Has)	Porcentaje
< 5°	Muy escarpada	Extremadamente Resistente	40.28	3.22%
6°-10°	Inclinada	Blanda	164.12	13.13%
11°-15°	Muy Inclinada	Moderadamente Blanda	279.31	22.34%
16°-20°	Abrupta	Moderadamente Resistente	230.58	18.45%
21°-30°	Muy Abrupta	Resistente	367.99	29.44%
31°-45°	Escarpada	Muy Resistente	160.25	12.82%
> 45°	Muy escarpada	Extremadamente Resistente	7.47	0.60%
TOTAL			1250	100.00%



- Figura 19: Diagrama de barras donde representa la inclinación de la superficie de las unidades geomorfológicas, tomando en cuenta el área de cada pendiente.
-
- Las superficies menores a 5° son planas a suavemente inclinadas, de material y comportamiento muy blanda y baja siendo el área que más predomina en nuestra zona de estudio de 40.28 Has.
- Las superficies de 6°-10° de pendiente son inclinadas, de material y comportamiento blanda y baja, siendo el área total en nuestra zona de 164.12 Has.
- Las superficies de 11°-15° son muy inclinadas, de material y comportamiento moderadamente blanda y moderadamente susceptible, siendo el área total en nuestra zona de 279.31 Has.
- Las superficies de 16°-20° son abruptas, de material y comportamiento moderadamente resistente y moderadamente susceptible, siendo el área total en nuestra zona de 230.58 Has.
- Las superficies de 21°-30° son muy abruptas, de material y comportamiento resistente y alta, siendo el área total en nuestra zona de 367.99 Has.
- Las superficies de 31°- 45° son escarpadas, de material y comportamiento muy resistente y alta, siendo el área total en nuestra zona de 160.25 Has.
- Las superficies mayores a 45° son muy escarpadas, de material y comportamiento extremadamente resistente, siendo el área total en nuestra zona de 7.47 Has.

4.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Se ha corroborado con la investigación que las características geomorfológicas entre los Centros Poblados de La Sinra y Ajipampa en el Distrito de Lajas, se relacionan con los factores litológicos, morfológicos y ambientes de formación en el tiempo geológico específicamente desde cretácico inferior al superior y Cuaternario. Las unidades geomorfológicas es el resultado de los procesos endógenos relacionados a la geodinámica interna, tales como la formación estructuras continuas (plegamientos), estructuras discontinuas (diaclasas y fallas). Asimismo, los procesos exógenos dado por procesos de degradación o denudacionales tales como la meteorización de roca, remoción de masas, erosión (fluvial e hídrica) y por procesos de agradación tales como la sedimentación aluvial y coluvial, dando lugar al actual modelado geomorfológico, validando así la hipótesis inicial. Las unidades geomorfológicas del entorno entre los sectores los Centros Poblados constituyen: colinas, laderas, planicies y terrazas; que fueron definidas por los agentes geológicos endógenos y exógenos (que producen meteorización y erosión), dando lugar al modelado actual de la geomorfología de la zona.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Se logró hacer la caracterización geomorfológica entre los Centro Poblado de la Sinra y Ajipampa en el distrito de Lajas, Provincia de Chota, con el contexto morfogenético, donde explica los procesos endógenos (ambiente estructural) y exógenos (Denudacional, Fluvial, Kárstico y Antrópico).

Se identificaron 41 unidades geomorfológicas menores, y 57 unidades mayores, las unidades menores se representan e la siguiente manera agrupados en 6 ambientes morfogenéticos; geoformas ambientes denudacional 34% (32 geoformas), del ambiente estructural 21% (19geoformas), ambiente fluvial 17% (17 geoformas), ambiente antrópico 16% (15 geoformas), ambiente kárstico 8 % con 7 geoformas mayores y finalmente el ambiente Lagunar 4% del área total.

Se cartografió las geoformas, en concordancia a la propuesta de estandarización de Carbajal e INGEOMINAS; determinándose variaciones de pendientes, en un primer grupo que ocupa un área de mayor extensión que varía de 21°-30° y un segundo grupo que ocupa un área de menor extensión que varía de 11° - 15°; En forma del relieve es muy abrupta a muy inclinada.

Se elaboró el plano de caracterización Geomorfológica utilizando los softwares: ArcGis 10.3, , Sas Planet, utilizándose tramas y colores según las variaciones morfológicas: púrpura para ambiente morfoestructural, marrón para ambiente denudacional, Azul para ambiente fluvial, grises para el ambiente antrópico, anaranjado para el ambiente Kárstico y verde para el ambiente Lagunar.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda a la municipalidad de Lajas que a través del área de defensa civil pueda capacitar a la población de la Sinra sobre los peligros geológicos para que ellos tengan el conocimiento y que no hagan construcciones dentro de la limitación del deslizamiento existente.

A la municipalidad de Lajas a tomar en cuenta los planos geomorfológicos a detalle, a fin de ser aplicados en el ordenamiento territorial para la prevención de riesgos de fenómenos naturales y antrópicos, de esta manera evitar pérdidas de vidas humanas.

Se recomienda a la población de la Sinra no hacer construcciones aledañas al deslizamiento para así poder evitar cualquier tipo de daño material, y en lo posible hacer una reubicación porque que está expuesta a constante a los deslizamientos. Tal reubicación sería en la superficie de aplanamiento que existe al NW a 2 Km aproximadamente del mismo lugar.

A la municipalidad provincial de Chota y a la municipalidad distrital de Lajas, se recomienda hacer un levantamiento topográfico con drone utilizando la fotogrametría, para poder así tener información de zonas donde el acceso es restringido. Esto podría ayudar a mejorar el cartografiado y la caracterización Geomorfológica.

Al INGEMMET, realizar estudios de actualización a escala 1/ 50 000 del mapa geomorfológico a nivel nacional. Considerando una estandarización de códigos de colores y nomenclatura geomorfológica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligro geológico por flujos en la comunidad de La Sinra. (Distrito Lajas, provincia Chota, departamento Cajamarca). Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7301, 37p.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). Evaluación de Peligros Geológicos en el terreno propuesto para la reubicación de la institución educativa N° 10444 La Sinra, distrito Lajas, provincia Chota y departamento Cajamarca. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7435, 25 p.
- Dávila, J. 2011. Diccionario Geológico. Lima: Arth Grouting.
- Lugo, J. 2011. Diccionario Geomorfológico. Distrito Federal, México. Universidad Nacional Autónoma de México. 478 p.
- Jiménes, J. 1983. Geomorfología General (Vol. II). Madrid. España. 125,232p.
- Robertson, D; Jaramillo, O;2013. Guía Metodológica para la Elaboración de Mapas Geomorfológicos a Escala 1: 10 000. Bogotá.87,93,102p.
- Rodríguez, R. (2016). Método de Investigación Geológico-Geotécnico para el Análisis de Inestabilidad de Laderas por Deslizamientos. Zona Ronquillo-Corisorgona. Cajamarca-Perú. Lima, Perú. Tesis de Maestría en Geología-Mención Geotecnia. UNMSM.
- Alcántara, E. 2015. Caracterización Geomorfológica de la zona Shaullo Grande, Llacanora – Cajamarca, 2015. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Geólogo de la Universidad Nacional de Cajamarca. 46,47,48 p.
- ALMEIDA, B. et al (1995). Manual técnico de geomorfología. Serie manuales técnicos de geociencias n. 5, pp.111. Rio de janeiro. ISSN 85-240-0509-2.
- Álvarez, A., & Medrano, O. 2020. Caracterización Geomorfológica de la subcuenca río Mezcalapa, región hidrológica Grijalva- Usumacinta (RH-30) en sureste de México. Investigación y ciencia de la Universidad Autónoma de Aguas Calientes, 32-44.
- Alcántara, A. (2019). Influencia de la Geomorfología y la meteorización de la humedad del suelo y recargas de agua en la cabecera de cuenca del río Jequetepeque. Instituto de investigación UNMSM, 22(43), 99-106.

- Ayay, R. 2018. Geomorfología del caserío Hierba Buena y entono, centro poblado porción alto - Cajamarca [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional, Cajamarca.
- Carvajal, H; 2004. Propuesta Metodológica para el Desarrollo de la Cartografía Geomorfológica para la Zonificación Geomecánica. Volumen I. Capítulo de geomorfología. INGEOMINAS. Bogotá.122,147p
- Carbajal, J. 2012. Propuesta de estandarización de la Cartografía geomorfológica en Colombia. Servicio Geológico colombiano.
- Carvajal, J. 2011. Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. Bogota: INGEOMINAS. Recuperado el Miercoles de agosto de 2016
- Cassetti, V. 1994. Aproximación del medio ambiente y el socorro. Sao Paulo: Contexto.
- Christofolletti, A. 1973. Las Teorías Geomorfológicas. Noticias Geomorfológicas, 13(25), 3-4.
- Centeno, J. 2008. Morfometría. Mexico: Mexico.
- Dávila, J. 2011. Diccionario Geológico. Lima: Arth Grouting.
- Gonzales, R; 2021. Geomorfología del departamento de Tumbes a escala 1/50,000, con fines de zonificación ecológica y económica. Perú.
- Gutiérrez, E. M., (2008). Editorial PEARSON EDUCACIÓN, S.A., “Geomorfología”- España.
- Hutton, J. 1726, “Análisis Epistemológico de la Teoría de la Tierra”.
- INGEOMINAS, ECOPEPETROL ICP, INVEMAR, 2008. Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta. Geomorfología de la zona costera y piedemonte occidental. 194 p, 5 anexos.
- Izquierdo, T., Carrasco, G., Rodríguez, J., & Ruiz, F., 2020. Geomorfología y evolución geológica reciente del litoral del Parque Nacional Pan de Azúcar (norte de Chile). GEOGACETA. Chile. 111,114p.
- Jiménes, J; 1983. Geomorfología General (Vol. II). Madrid. España. 125,232p.
- La Noe y de Margerie, E. J. 1888. “Las formas del terreno” editorial Pearson.
- Lugo, J. 1988. Elementos de Geomorfología Aplicada (Métodos Cartográficos). Universidad Autónoma de México.
- Muñoz, J. 1995. Geomorfología General (2da ed.). Síntesis.
- Novoa, Z. 2007. Geografía de las zonas Marino-Costeras: El Litoral Pacífico Peruano". Lima: Sociedad Geográfica de Lima.
- Powell 1875,” Dinámica Natural, Física de la Tierra o Geología Dinámica Natural, Física de la Tierra o Geología Dinámica”, (Fines del siglo XVIII, principios del siglo XIX).
- Robertson, D., Jarmillo, O., & Casiblanco, M., 2013. Guía Metodológica para la Elaboración de Mapas Geomorfológicos a Escala 1: 10 000. IDEAM. Bogota .87,93,102p.

- Rodríguez, C, 2000, Geomorfología. Instituto superior minero metalúrgico, facultad de geología y minas, departamento de geología. Moa. Recuperado a partir de <https://ninive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1661/RodriguezG.pdf?sequence=1>
- Spikermann, J. 2010. Elementos de geología general. Fundaciòn de Historia Natural.
- Talero, C. 2014. Memoria explicativa mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa esc 1:100.000. Plancha 166 – Jericó. Servicio Geológico Colombiano, Ministerio de Minas y Energía.
- Terrones, D., 2023. Caracterización de las unidades geomorfológicas para la planificación ambiental y territorial sostenido en el distrito de Chetilla-2021 [Tesis demestria en ciencias, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional, Cajamarca, 14-45p.
- Van Zuidam, R., Mensua Fernández, S., Van Zuidam F.I., (1981). Consideraciones sobre el Sistema de la cartografía geomorfológica del ITC, aplicado a un mapa geomorfológico sedimentario, en el Valle del Ebro.
- Villota, H; 2005. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Bogotá.1,16-17,20-23,29p
- Wesson, R. 1975.” Geomorfología Moderna”.

ANEXOS

A. PLANOS

- Plano 01: Ubicación.
- Plano 02: Satelital.
- Plano 03: Topográfico (Modelo Digital De Elevaciones).
- Plano 04: Geológico – Estructural.
- Plano 05: Pendientes.
- Plano 06: Geomorfológico - Unidades Morfogénicas.