

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSTGRADO



PROGRAMA DE MAESTRÍA

MENCIÓN: PLANIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO

LÍNEA: DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE

TESIS

**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL CENTRO POBLADO
DE COMBAYO DISTRITO DE LA ENCAÑADA**

Para optar el Grado Académico de:

MAESTRO EN CIENCIAS

Presentado por:

Maestriza: Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani

Asesor: M.Sc. Wilfredo Poma Rojas

Cajamarca - Perú

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
ESCUELA DE POSTGRADO



PROGRAMA DE MAESTRÍA

MENCIÓN: PLANIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO

LÍNEA: DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE

TESIS

**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL CENTRO POBLADO
DE COMBAYO DISTRITO DE LA ENCAÑADA**

Presentado por:

Maestriza: Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani

Comité Científico

M.Cs. Wilfredo Poma Rojas
Asesor

Dr. Juan Seminario Cunya
Miembro de Comité Científico

Dr. Edin Alva Plasencia
Miembro de Comité Científico

Dr. Gilberto Cruzado Vásquez
Miembro de Comité Científico

Cajamarca - Perú

2015

COPYRIGHT © 2015 by
Crispín Zenón Quispe Mamani
Todos los derechos reservados

DEDICATORIA:

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional.

A mi esposa Pepita e hijos: Verito y Cristhian porque son la razón de mí
existir.

AGRADECIMIENTO:

Mi más sincero agradecimiento a la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, formadora de bases científicas del conocimiento y de investigación. A todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron para concretizar el presente trabajo y en especial al M. Cs. Ing. Wilfredo Poma Rojas como asesor de la presente tesis.

Crispín Zenón Quispe Mamani.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Ítem	
Pág.	
Comité Científico	i
Copyright	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Índice de contenidos	v- vii
Lista de ilustraciones, tablas y figuras	viii
Figuras	viii- xi
Lista de abreviaturas	xii
Resumen	xiii
Abstract	xiv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
Planteamiento del problema	2
Formulación del problema	3
Justificación	3
Objetivos	4
General	4
Específicos	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes Teóricos	5
2.2. Bases Teóricas	6
2.3. Definición de términos básicos	13
CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	
3.1. Ubicación geográfica	15
3.2. Accesibilidad	15
3.3. Clima y temperatura	18
3.4. Vegetación	22
3.5. Formulación de la hipótesis	24

	Pág.
3.6. Identificación de las variables	24
3.7. Descripción de las variables	25
3.8. Unidad de análisis, universo y muestra	27
3.9. Tipos de investigación y descripción del diseño de contrastación de la hipótesis	28
3.10. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
3.10.1 Método en la investigación	29
3.11. Análisis de los datos	30
3.11.1 Materiales y equipos	30
3.11.2 Recolección de datos	31
3.11.3 Procesamiento y análisis de datos	31
3.12. Sistema geomorfológico	33
3.13. Regiones Naturales	34
3.13.1. Región Quechua	34
3.13.2. Región Suni o Jalca	35
3.14. Determinación de las unidades geomorfológicas	36

3.14.1. Montañas (mo)	37
3.14.2. Colinas (co)	39
3.14.3. Laderas (la)	40
3.14.4. Terrazas (te)	41
3.15. Determinación del ciclo geomorfológico	43
3.15.1. Valles juveniles	43
3.15.2. Valles maduros	45
3.15.3. Valles seniles	45
3.16. Hidrología de las microcuencas	47
3.16.1. Subcuenca del río Chonta	48
3.16.2. Determinación de las microcuencas	48
3.17. Contexto geológico local	50
3.17.1. Estratigrafía y sedimentología	50
3.17.2. Grupo Crisnejas: Formación Pariatambo (Ki- pa)	50
3.17.3. Grupo Pullucana: Formación Yumagual (Ks- yu)	51
3.17.4. Grupo Quilquiñan –Mujarrúm (Ks- qm)	52
3.17.5. Formación Cajamarca (Ks- ca)	54

	Pág.
3.17.6. Formación Celendín (Ks- ce)	55
3.17.7. Estratigrafía Volcánica	55
3.17.7.1 Volcánico Huambos	55
3.17.8. Rocas intrusivas	61
3.17.9. Depósitos Cuaternarios recientes	64
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Evolución geológica de Volcánico Formación Huambos	71
4.2. Primer evento: Magmatismo y volcanismo inicial Facie -1	72
4.3. Segundo evento: Erosión y emplazamiento Facie -2	73
4.4. Tercer evento: Volcanismo dacítico Facie -3	74
4.5. Cuarto evento: Emplazamiento de domos Facie -4	75
4.6. Meteorización y erosión: Cuaternario reciente	76
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1. Conclusiones	77
5.2. Recomendaciones	78

Referencias Bibliográficas	79
Lincografía: Planos	81
Anexo: Panel Fotográfico	82 -91

LISTA DE ILUSTRACIONES

TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

Pág.

Tabla 1. Vías de acceso en Km, tiempo y tipo de carretera	15
Tabla 2. Delimitación mediante vértices la zona de estudio	16
Tabla 3. El clima promedio en la cuenca de Cajamarca (Weberbauer)	21
Tabla 4. Identificación de las variables de la investigación	24
Tabla 5. Descripción de las variables e indicadores para la investigación	26
Tabla 6. Clasificación del clima según las regiones naturales	34
Tabla 7. Rango y la nomenclatura, para plano de pendientes en función a la clase, rango y colores	35
Tabla 8. Relación que ejempliza las unidades geomorfológicas, paisaje fisiográficos, tiempo geológico y pendiente de la cordillera Andes	36
Tabla 9. Codificación de las unidades geomorfológicas en función a la pendiente en porcentaje	37
Tabla 10. Clasificación de formas del valle de acuerdo a la cota y pendiente, para la zona de estudio	43
Tabla 11. Clasificación hidrográfica en microcuencas de la zona en estudio.	48

FIGURAS

Figura 1. Reconstrucción de la historia geomorfológica de un lecho de río	10
Figura 2. Patrones de drenaje controlados por estructura y pendiente	12
Figura 3. Ubicación política del Centro Poblado de Combayo	16
Figura 4. Delimitación de la zona de estudio del Centro Poblado de Combayo	17
Figura 5. Vértices de la zona de estudio del Centro Poblado de Combayo	17
Figura 6. Mapa de temperaturas máximas en la cuenca de Cajamarca	19
Figura 7. Temperaturas mínimas en la cuenca de Cajamarca	20
Figura 8. Relación entre la altitud y la precipitación anual y temperatura promedio anual en Cajamarca	20
Figura 9. Precipitación mensual en la cuenca de Cajamarca	21
	Pág.
Figura 10. Vegetación natural en zona intermedia (colina) en el Centro Poblado de Combayo	22
Figura 11. Vegetación natural en las zonas altas (montañas) ubicada en la carretera acceso al proyecto Conga	22
Figura 12. Vegetación de pastos naturales en las zonas altas (montaña)	23
Figura 13. Sembríos de pan llevar de oca y olluco a una altitud de 3,600msnm.	23
Figura 14. Diagrama que indica el objeto de estudio en la investigación	27
Figura 15. Ubicación espacial del objeto de estudio del Centro Poblado	28
Figura 16. Equipos e instrumentos	31
Figura 17. Mapa conceptual del método en la investigación.	32
Figura 18. Sistema geológico – geomorfológico, que relaciona los procesos de la dinámica de los procesos exógenos y endógenos	33
Figura 19. Unidad geomorfológica de montaña, ubicada a las márgenes	

del río Chonta	38
Figura 20. Geomorfoma de montaña, ubicada a la margen izquierda del río Grande	39
Figura 21. Unidad geomorfológica de colinas, de forma convexa (aborregada)	40
Figura 22. Laderas en la margen derecha del río Grande de Combayo	41
Figura 23. Laderas en ambos márgenes del río Quinuario	41
Figura 24. Terrazas en la unión del río Azufre y río Grande de Combayo	42
Figura 25. Terrazas coluvio –aluviales y fluviales, en la margen derecha del río Grande de Combayo	42
Figura 26. Valle juvenil al norte del Centro Poblado de Combayo	44
Figura 27. Valles juveniles en la margen derecha del río Grande de Combayo	44
Figura 28. Valle maduro (V abierta) en el río Grande de Combayo	45
Figura 29. Valle antiguo (colmatado) en el paleosuelo sobre rocas volcánicas erosionadas ubicado al SE Centro Poblado de Combayo	46
Figura 30. Valle antiguo de forma U abierta, sobre rocas volcánicas erosionadas en el cauce del río Azufre parte baja	47
Figura 31. Rocas sedimentarias de calizas con estratificación delgada, bituminosas y muy perturbados en el anticlinal de Combayo –Yanatatora en la Fm. Paritambo	51
	Pág.
Figura 32. Contacto en discordancia angular erosiva entre la Fm. Yumagual y el Volcánico Huambos (facie- 1)	52
Figura 33. Formación Quilquiñan, contacto discordante entre los depósitos Cuaternarios coluvio -glaciar	53
Figura 34. Contacto entre la Fm. Cajamarca y las facies 1-2 del Volcánico Huambos, contacto en discordancia angular erosiva	53
Figura 35. Caliza Masiva de la Fm. Cajamarca en bancos potentes	54
Figura 36. Volcánico Huambos, donde se observa dos facies, parte	

inferior afloran rocas sedimentarias en discordancia erosiva	57
Figura 37. Flujos piroclásticos de bloques y cenizas, coloración gris a marrón, contiene fragmentos polilítico en matriz silicio	57
Figura 38. Flujos piroclásticos de pómez y cenizas en la facie -2	58
Figura 39. Flujos de avalancha de tobas y cenizas, con micas de flogopita, biotita y sanidina, textura polilítica de tobas traquiandesitas	59
Figura 40. Flujos de avalanchas con escombros, constituidos por fragmentos líticos y bloques por caídas de rocas masivas	60
Figura 41. Flujos de avalanchas constituidos por fragmentos líticos y mineralizados con flogopita, venillas de limonita	61
Figura 42. Caliza gris oscura de grano fino con venilla de calcita A, caliza marmolizada incipiente B.	61
Figura 43. Afloramiento de dique (diorita alterada) de textura porfirítica con oxidación en venillas de limonita	62
Figura 44. Sills constituido por dioritas con alteración propilítica y mineralizados con pirita.	62
Figura 45. Afloramiento de brecha intrusiva, con clastos subredondeados de composición diorítica a granodiorítica	63
Figura 46. Afloramiento de roca intrusiva tipo domo, de granodiorítica cortando casi perpendicular a las rocas sedimentarias	64
Figura 47. Depósitos cuaternarios coluvio -glaciar	65
Figura 48. Depósitos coluvio – aluvial constituido por limos y arcillas polilítico con espesor de 5m.	66
Figura 49. Depósitos cuaternarios tipo fluvial constituidos por gravas y arenas ubicado el Porvenir Combayo	67
	Pág.
Figura 50. Sedimentos cuaternario tipo fluvial constituidos por cantos rodados, gravas y arenas, ubicado en el río Grande de Combayo	67
Figura 51. Evolución geológica (geodinámica interna) del Volcánico Huambos, en flujos piroclásticos, diques y sill; propuesto	72
Figura 52. Magmatismo y volcanismo inicial facie -1	73

Figura 53. Erosión y emplazamiento de la facie -2	74
Figura 54. Magmatismo y volcanismo dacítico facie -3	74
Figura 55. Emplazamiento de domos y sill en fallamientos y fracturas facie -4	75
Figura 56. Meteorización y erosión de domos, brechas y sedimentos recientes	76
Figura 57. Rocas sedimentarias calcáreas y flujos piroclásticos de pómez	82
Figura 58. Flujos piroclásticos de pómez y cenizas facie -2	82
Figura 59. Afloramientos de las facies -2 -3 y 4	83
Figura 60. Afloramientos de roca volcánica facies -2 ubicado en las Ventanillas de Combayo	83
Figura 61. Afloramientos de roca volcánica facies -2 ubicado en la Ex – hacienda Santolalla del Centro Poblado de Combayo	84
Figura 62. Plaza de Armas Centro Poblado de Combayo	84
Figura 63. Roca volcánica facies -2, ubicado al NW de exhacienda	85
Figura 64. Iglesia de Combayo ubicado al NE. de la Plaza de Armas	85
Figura 65. Unidad geomorfológica de colinas, forma convexa (aborregado) ubicado en la margen derecho del río Grande	86
Figura 66. Contacto entre roca intrusiva e inconformidad de sedimentos recientes coluvio – glaciario	86
Figura 67. Afloramiento de rocas volcánicas facie -1, ubicado en las Ventanillas de Combayo y Tres Tingos.	87
Figura 68. Mapa geológico regional	88
Figura 69. Mapa estructural de la cuenca de Cajamarca	89
Figura 70. Ubicación espacial y denominación hidrográfica de las Micro Cuencas de la zona de estudio	90
Figura 71. Afloramiento de roca volcánica facies 1-2, ubicado en las Ventanillas de Combayo.	91
Figura 72. Afloramiento subhorizontal de rocas volcánicas facies -2, -3 y 4 ubicado al NW del Centro Poblado de Combayo.	91

LISTA DE ABREVIATURAS

SIG.	: Sistemas de información geográfica.
CAD	: Programa de dibujo asistido por computadora
UTM.	: Universal Transverse Mercator.
PSAD-56	: Provisional South American Datum 1956
NE	: Nor Este.
NNE	: Nor nor Este
SE	: Sur Este.
SW	: Sur Oeste.
NW	: Nor Oeste.
Fm.	: Formación
Gpo.	: Grupo
Qcf.	: Cuaternario Fluvial
Qco/ Qca.	: Cuaternario Coluvial -Aluvial
Qco/Qgl.	: Cuaternario Coluvio - Glaciar
MA.	: millones de años
Bx	: Brecha
Pág.	: Página
Ks – ca	: Cretáceo Superior Cajamarca
Ks – qm	: Cretáceo Superior Quilquiñán Mujarrun
Ks – yu	: Cretáceo Superior Yumagual
Ks – Pa	: Cretáceo Superior Pariatambo
MY SRL	: Minera Yanacocha, Sociedad de Responsabilidad Limitada
EIA	: Estudio de Impacto Ambiental
ANA	: Autoridad Nacional del Agua
INGEMMET	: Instituto Geológico Minero Metalúrgico
ICS	: Comisión Estratigráfica Internacional
GPS	: Sistema de Posicionamiento Global
ONERN	: Oficina Nacional de Evaluaciones de Recursos Naturales

RESUMEN

El presente estudio hace la caracterización geológica del Centro Poblado de Combayo, ubicado en el distrito de La Encañada, provincia y región de Cajamarca; para la determinación de unidades geomorfológicas, el ciclo geomorfológico de los valles, tipos de drenajes, estableciendo el tiempo geológico en sus componentes y relación entre la geología y geomorfología. Por lo que inicialmente se recopilaron antecedentes, procediéndose a la toma de datos en campo para sistematizar los registros y hacer el cartografiado geológico (mapas) a escala 1:12,000 1:20,000 y 1:25,000, los rasgos de regiones naturales, las unidades geomorfológicas. La red de drenaje respecto a los procesos de meteorización y el ciclo geomorfológico de los valles tiene una configuración del tipo dendrítico a subparalelo, los cuales determinan el modelamiento y configuración actual y se han formado durante los tiempos geo -cronostratigráficos desde el Cretáceo inferior -Albiano al superior - Santoniano, Neógeno -Mioceno y Cuaternario del Holoceno. La geología se sintetiza mediante su litología, habiéndose identificado rocas sedimentarias calcáreas, las rocas volcánicas se identificaron y clasificaron en cuatro facies de flujos piroclásticos que están expuestos como estratos subhorizontales en discordancia angular erosiva a las rocas sedimentarias; supra yaciendo a éstas se encuentran sedimentos recientes cuaternarios, constituidos por depósitos coluvios glacial - aluvial y fluviales. Geomorfológicamente se identificaron cuatro principales unidades como montañas, colinas, laderas, terrazas en función a pendientes y tiempo geológico.

Palabras Claves: Geología, unidades geomorfológicas, geocronológico, montaña, colina, laderas y terrazas.

ABSTRACT

The study makes the geological characterization of the Centre town of Combayo, located in the District of The Encañada, province and region of Cajamarca. for the determination of geomorphological units, geomorphological cycle of the valleys, kinds of drains, establishing geological time and its components and relationship between the geology and geomorphology. So history, leading to data collection in field to systematize records and make geological mapping (maps) to scale 1: 12,000 1:20,000 and 1: 25,000, the features of natural regions, geomorphological units were initially collected. The drainage network with respect to the processes of weathering and the geomorphological cycle of the valleys has a configuration of the type dendritic to sub-parallel, which determine the modeling and current configuration and they have formed during the times of geo - chronostratigraphic from lower Cretaceous - Albiano superior - Santonian, Neogene - Miocene and Quaternary of the Holocene. The geology is synthesized by their lithology; sedimentary rocks limestone, volcanic rocks were identified and classified into four facies of pyroclastic flows that are exposed a horizontal sub strata in erosive angular unconformity to the sedimentary rocks; supra lying these are recent Quaternary sediments, consisting of deposits glacier colluvium - alluvial and fluvial. Geomorphologically were identified four major units such as mountains, hills, slopes and terraces depending on slopes and geological time.

Keywords: Geology, geomorphological units, geochronological, mountain, Hill, slopes and terraces.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La zona de estudio se encuentra ubicada en la cordillera Occidental de los Andes del norte del Perú, presenta un relieve de moderado a accidentado (abrupto), la elevación varía entre 2950 -3675 msnm. Desde las zonas bajas hasta las más altas, corresponde a un área de 48 km², tiene la necesidad de contar con línea de base en los diferentes recursos naturales existentes en el Centro Poblado de Combayo; donde uno de ellos son las características geológicas y el comportamiento a través del tiempo geocronológico mediante su composición litológica (tipo de roca- petrografía) Moreno (1992).

La caracterización geológica servirá para entender el comportamiento del ciclo geológico, la clasificación de las unidades geomorfológicas y diferenciar las diversas geofórmulas que representa el relieve terrestre, como el patrón de la red de drenaje donde se relacionan recíprocamente la geomorfología, topografía y sus cambios a través del tiempo geológico, tomándose como factores principales. La correspondencia que existe en las características geológicas naturales del Centro Poblado de Combayo; establecen cambios en el ciclo geomorfológico, formando una red de drenaje tipo dendrítico en los valles juveniles a maduros; los cuales son modificados en correspondencia al tiempo geológico del más antiguo al más reciente Gregory y Walling (1973).

Las técnicas de recolección de datos y el cartografiado geológico a escalas 1:100,000, 1:25,000, 1:20,000 y 1:12,000. Se efectuaron mediante el contorno de contactos en las rocas sedimentarias calcáreas y volcánicas de flujos piroclásticos. Las principales unidades geomorfológicas, la ubicación de los valles y sistema red de drenaje; fueron plasmados directamente al plano topográfico y teniendo como resultado final el plano geológico, fundado a ello se han estructurado los planos de regiones naturales, geomorfológico, microcuencas, hidrológico, pendientes, columna estratigráfica y perfiles geológicos.

Los contenidos de los capítulos corresponden a la continuación lógica en la estructura de la tesis, referidos a los aspectos generales de la investigación consistentes en el planteamiento del problema, justificación y los objetivos propuestos.

En el capítulo dos, se desarrolla el marco teórico donde se enfatizan los antecedentes y trabajos anteriores, así mismo la fundamentación o bases teóricas para la investigación y la definición de términos básicos que se utilizan en la presente investigación.

El tercer capítulo, corresponde al planteamiento de la hipótesis e identificación de las variables, para lo cual se basa desde los aspectos generales, delimitación del área, clima y vegetación; en la correspondencia a las variables como elementos concluyentes para la investigación.

El capítulo cuatro se refiere al diseño de contrastación de la hipótesis desde la unidad de análisis y muestra; así mismo, la metodología, para la recopilación de datos en función a las variables dependientes e independientes, logrando alcanzar la contrastación de la hipótesis a los objetivos propuestos inicialmente.

En el capítulo cinco, se demuestran los resultados y discusión, para lo cual se han procesado los datos de campo y comparándolo con las teorías existentes al tema de estudio y proponer un modelo de origen en la geodinámica interna y externa en el modelamiento actual de la geología del Centro Poblado de Combayo.

El capítulo seis corresponde a las conclusiones y recomendaciones, presentandos en forma sintetizado a los logrados planteados en los objetivos de la investigación y algunas sugerencias propuestos que surgen del presente estudio.

) PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.

La caracterización geológica servirá para entender el comportamiento del ciclo geológico, la determinación de las geofórmulas diversas del relieve terrestre, el patrón de la red de drenaje donde se relacionan recíprocamente con la geología, geomorfología, los cambios a través del tiempo geológico y tectónica (litomorfoestructural). Todas estas características geológicas, valen utilizarse como línea de base minuciosa

y ser requeridos para estudios posteriores, así mismo utilizarse para correlacionar con las características similares en las áreas circundantes al Centro Poblado de Combayo.

En los últimos años por el auge de la minería con depósitos de minerales con leyes relativamente bajas y movimiento de tierras y rocas con altos volúmenes para su explotación, en comparación de la minería tradicional de altas leyes y de bajos volúmenes de movimiento de tierras; ha promovido en la parte norte del país, en especial en la zona de Cajamarca y alrededores del complejo yacimiento minero de Yanacocha; Donde existen nuevas búsquedas de yacimientos minerales; lo que se requieren efectuar estudios detallados de prospección y exploración de las áreas mineralizadas, por lo tanto es necesario contar con una línea de base de los recursos geológicos existentes en la zona como los depósitos, complementando con los mapas de regiones naturales, geomorfológicos, caracterización de la geología y el procedimiento a través del tiempo geocronológico mediante su composición litológica.

) **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuáles son las características geológicas, geomorfológicos, ciclos geomorfológicos, de los valles y tipos de drenaje del Centro Poblado de Combayo?; y ¿En qué tiempo geológico ocurrieron?

) **JUSTIFICACIÓN.**

La realización de este trabajo de investigación surge como una respuesta a la necesidad de preservación como zona paisajística natural, para lo cual se ha tomado a la geología, geomorfología, drenaje y evolución del paisaje a través de los tiempos geológicos, donde se han considerado teorías y actualización de conocimientos por medio de su formación cartográfica a escala detallada 1: 12,000; no poseyendo una línea de base, los cuales puedan ser de utilidad a la población del Centro Poblado de Combayo, para comparar con los resultados de investigaciones posteriores, en los cambios que puedan ocurrir en forma natural o artificial, así mismo, puntualizar como línea de base y posterior

ordenamiento territorial (zonificación económica ecológica), pudiéndose comprobar y corroborar con los trabajos que se realicen en la zona de estudio y adyacentes.

) **OBJETIVOS**

General

- Determinar las características geológicas del Centro Poblado de Combayo

Específicos

- Determinar las unidades geomorfológicas
- Identificar el ciclo geomorfológico de los valles y tipos de drenajes
- Establecer la edad geocronoestratigráfica con referencia a la ICS.
- Determinar la relación entre la geología y la geomorfología

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS

Antecedentes locales:

-) Según el INGEMMET (Instituto Geológico Minero Metalúrgico 1980) el contexto la geología regional en la distribución de la litología, estructuras, fósiles, geomorfología, estratigrafía, drenajes superficiales; a la escala de la carta geológica nacional 1:100,000; lo cual es una limitante para afloramientos menores dimensiones a cien metros los cuales no están representados en el plano geológico.

-) Por otro lado, Tafur (1950) detalla la geológica general de la cuenca de Cajamarca, el comportamiento litoestratigráfico del Cretáceo tanto el límite inferior y superior de las unidades litoestratigráficas, estructuras, fallamientos y áreas de minerales metálicos y no metálicos aptos para su aprovechamiento del valle Cajamarquino, no especificándose las características geológicas detalladas.

-) Benavides (1956) estudió geológicamente la región Cajamarca, describiendo principalmente los sedimentos del Cretáceo, Volcánico del Paleógeno – Neógeno y depósitos Cuaternarios recientes.

-) Wilson y Reyes (1964) describen que la parte oeste de la zona de estudio se tiene la presencia del Volcanismo Cenozoico, el cual suprayace en discordancia angular a los sedimentos del Cretáceo Superior.

-) Longo (2002) realizó la interpretación de la evolución del vulcanismo del distrito de Yanacocha y sus alrededores, en base a dataciones petrográficas, secuencias estratigráficas y descripción de eventos

mineralizantes; reconociendo las secuencias volcánicas para correlacionar y ubicar en la columna estratigráfica local.

- J) EIA. (Estudio de Impacto Ambiental 2003) en ampliación del proyecto Carachugo involucra parte de la zona en la geología y sismicidad, geomorfología, geoquímica del desmonte, suelo, agua superficial, calidad de aire. Con enfoque a los impactos positivos y negativos, al mismo tiempo, su mitigación por los trabajos de la minería y circundantes al perímetro del yacimiento Carachugo MY SRL, teniendo influencia cercana a la zona en estudio.
- J) Chuquiruna (2009) en el estudio determinó tectonismos compresivos, por teoría más que por evidencias de campo; integrando la información teórica y de campo al sistema ArcGis. y software DIPS.; donde se han establecido lineamientos que están relacionados al sistema Riedel; abarca a la zona de estudio por la escala 1:50,000 y por la interpretación de la geología estructural regional y no las características geológicas de la zona en estudio.
- J) Gallardo (2013) realiza una comparación del Volcanismo Cenozoico, desintegrados en estaciones volcánicas de acuerdo a su ubicación geográfica local en el Centro Poblado de Combayo, Porcón y Cumbemayo. Constituidos por coladas piroclásticas andesítica -dacítica que recubren valles y depresiones del distrito de Cajamarca.

2.2 BASES TEÓRICAS

Moreno (1992) cita a Davis (1899) quien sistematizó la terminología geomórfica e introdujo el método genético en la descripción de las formas del terreno. Davis fue el gran definidor, analista y sistematizador, dio el concepto básico del ciclo geomórfico quien define a la geomorfología como los cambios a que es sometida la masa terrestre en su configuración superficial, conforme actúan sobre ella los procesos del modelado del relieve terrestre, por otra parte, hay una secuencia sistemática de formas de relieve que hace posible el reconocimiento en el desarrollo como.

Juventud, madurez y senectud; los cuales se emplean para designar los estados de desarrollo. Es costumbre añadir adjetivos cualitativos, tales como: Temprano inicial, medio y avanzado para designar subestados.

Moreno (1992) manifiesta que es raro encontrar conjunto de paisajes que pueden ser atribuidos solamente a un proceso geomórfico, aunque comúnmente se pueda reconocer el predominio de uno, cita a Horberg (1952) quien clasificó los paisajes en cinco categorías:

- a)** Paisaje sencillo, resulta de un proceso geomórfico dominante único.
- b)** Paisaje compuesto, dos o más procesos geomórficos desempeñaron en el desarrollo de la topografía existente.
- c)** Paisaje monoclinico, donde sólo hay señales de un ciclo de erosión. Formado en poco tiempo.
- d)** Paisaje multicíclico, que se genera más de un ciclo de erosión.
- e)** Paisaje exhumado o resurrecto, que se formó durante algún período geológico, sepultado bajo algún tipo de cubierta y en otra época geológica más reciente que sufrió la remoción de la cubierta.

Seguendo el ciclo geomórfico de Davis (1899) los valles se clasifican (metafóricamente) en: Juveniles, maduros y seniles. Moreno (1992) cita a Jonson (1932) que asigna 5% del total de ciclo a juventud, 25% a la madurez y 70% a la senectud.

La interpretación cabal de los paisajes actuales es imposible sin una apreciación total de las influencias múltiples de los cambios geológicos y climáticos ocurridos durante los tiempos actuales.

La meteorología conjuntamente con su ciencia auxiliar la climatología, estudian todos los comportamientos de sus agentes atmosféricos como: el agua, el viento y el hielo, que actúan modificando el paisaje de la superficie terrestre.

Al respecto Horton (1932) autor del concepto “el presente es la llave del pasado”. Manifiesta que la tierra es la madre de la vida y el hogar de la

humanidad, siendo el hombre el principal poblador y modificador antrópico.

Habiendo definido la geomorfología como una ciencia que estudia las formas del paisaje y la interacción evolutiva entre formas y procesos, su conocimiento ha permitido realizar mapa geomorfológico los cuales deben reunir los siguientes aspectos:

- J) Morfología: Descripción de la forma y su identificación en las unidades geomorfológicas; cordillera (montaña), terrazas, valles, morrenas, colinas y laderas.
- J) Morfometría: Afecta a las dimensiones de las formas. Los mapas topográficos pueden aportar valiosas informaciones en este sentido.
- J) Morfogénesis: Afecta al origen, evolución del relieve y a los procesos que lo han modelado y actúan sobre él.
- J) Morfocronología: Indica el período de formación y la ulterior evolución de las formas y procesos relacionados.

2.2.1 Evolución a los factores generadores de los procesos geomorfológicos: Considera que el relieve terrestre va evolucionando en la dinámica del ciclo geográfico mediante una serie de procesos constructivos y destructivos, se ven permanentemente afectados por la fuerza de gravedad que actúa como equilibradora de los desniveles; es decir, hace que las zonas elevadas tiendan a caer y colmatar las zonas deprimidas. Los procesos geomorfológicos desencadenantes pueden categorizarse en cuatro grandes grupos (Oviedo 2008).

- a) Factores geográficos: Aquellos abióticos de origen exógeno, tales como el relieve, suelo, clima y los cuerpos de agua. El clima con sus elementos tales como la presión, temperatura y los vientos. El agua superficial con la acción de la escorrentía, acción fluvial y marina, el hielo con el modelado glaciar.
- b) Factores bióticos: Especialmente se considera a la vegetación, existen animales que colaboran con el proceso erosivo severo tales como los caprinos.

- c) Factores geológicos: La tectónica, diastrofismo, orogénesis y vulcanismo, son procesos constructivos y de origen.
- d) Factores antrópicos: Es muy variable, depende de la actividad que realice y comúnmente es muy difícil generalizar.

2.2.2 La geomorfología y su relación con otras ciencias.

Summerfield (1991) manifiesta que contar prioritariamente con el factor geológico que explica la disposición de materiales. Las estructuras derivadas de la tectónica y la litología configuran frecuentemente los volúmenes del relieve de un modo más o menos directo; evidencia la necesidad de interpretar las huellas de los eventos en la superficie de la tierra. La Geomorfología es una ciencia interdisciplinar, por ello es necesaria la colaboración con especialistas de otros campos; se relaciona con otras ciencias; tales como geofísica, hidrología, sedimentología, geoquímica, edafología, ingeniería y entre otros.

2.2.3 Red de drenaje.

Gregory y Walling (1973) definen a la morfología de los canales fluviales naturales, como red de drenaje al conjunto de ríos, vaguadas, barrancos y de más huellas impresas en el terreno que deja el agua, constante o intermitente que circula por el mismo.

La red de drenaje superficial de un área es el conjunto de ríos, afluentes, quebradas, hasta las más finas vías de agua, incluyendo aquellas que solo transportan agua durante los días de lluvia. Su estudio detallado incluye un minucioso análisis en cuanto a la densidad, orientación, uniformidad, grado de control (Gutiérrez 2008).

El desarrollo de una red de drenaje depende de:

- a) La cantidad de lluvia caída o aporte de agua por deshielo.
- b) La razón entre el agua que se infiltra en el terreno y la corriente superficial.

Esta relación es una resultante de complejos factores, entre los que dominan fundamentalmente la permeabilidad del terreno, con cobertura de vegetación, temperatura ambiental y muchos otros. Los terrenos

impermeables como arcilla, lutitas, rocas ígneas y metamórficas, resisten la infiltración, lo que favorece el escurrimiento superficial de las aguas. En rocas impermeables poco consolidadas, esto origina una densa red de drenaje. En cambio los terrenos permeables como areniscas, gravas, calizas solubles, gran parte de agua se infiltra en el terreno, lo que dificulta o impide la formación de una red de drenaje muy tupida. Este hecho fundamental es de gran utilidad para distinguir la textura del terreno y determinar por inducción la constitución geológica del subsuelo. Como caso típico en terrenos de alta permeabilidad, pueden ser las áreas de calizas solubles, que todo el drenaje se hace a través de conductos subterráneos, originando la estructura de karst, en la cual no existe un drenaje superficial (Gutiérrez 2008).

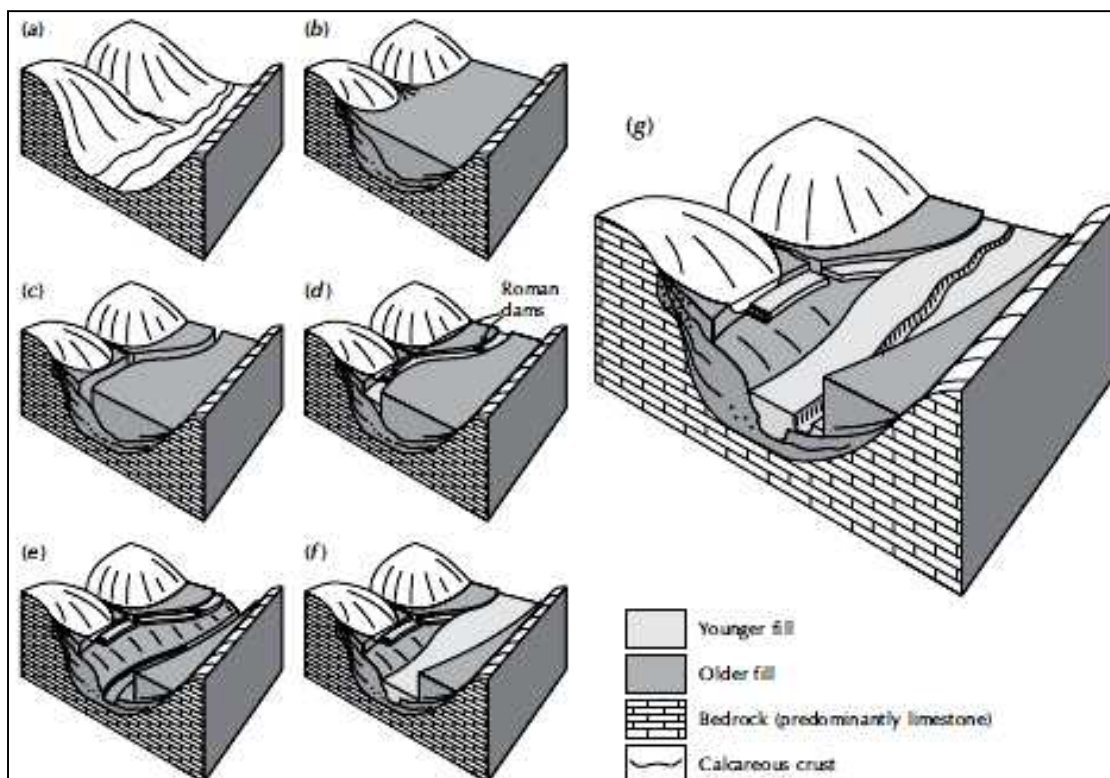


Figura 1. Reconstrucción de la historia geomorfológica de un lecho de río.

a) Valle original. b) Mayor relleno de depositación. c) Corte del río de mayor relleno. d) Depósitos de limo retenidos como presas romanas. e) Corte de los ríos más viejos y relleno por aluviones f) Relleno por deposición del más joven. g) Valle reciente y depósitos aluviales (Finzi 1969)

2.2.4 Tipos de control de la red de drenaje.

Los tres tipos de control principal son: Control litológico, topográfico y estructural.

- a) Control litológico. Cada tipo de roca dará lugar a una serie de modificaciones en la forma del drenaje, principalmente en la forma de los arroyos, densidad de la red y uniformidad de la misma.
- b) Control topográfico. La red de drenaje está influenciada por la topografía de la zona así tenemos ríos consecuentes, aquellos cuyo curso sigue la pendiente topográfica primitiva; resecuentes, son del mismo sentido que los anteriores, pero se han formado posteriormente después de la erosión de la zona; obsecuentes, son de sentido contrario a los resecuentes y de su misma edad y subsecuentes. Como consecuencia del control topográfico se forman algunos tipos de redes como red paralela, subparalela, radial (centrípeta, centrifuga) anastomosada y en abanico.
- c) Control estructural. El control estructural de la red de drenaje puede ser por plegamiento y por fracturamiento (Horton 1932) reporta que.
 -) Control estructural por plegamiento. La red de drenaje suele estar adaptada a las principales estructuras, los ríos adaptados a las estructuras suelen estarlo igualmente a la litología de las mismas siendo generalmente ríos subsecuentes. Según la disposición de estos recibirán el nombre de:
 -) Control estructural por fracturamiento. En el caso que las rocas estén fracturadas los ríos y arroyos tienden a correr por las fallas y fracturas por ser las líneas de menor resistencia. Algunos ejemplos de redes con control estructural son: red anular centrifuga o centrípeta, angular, rectangular.
 -) Componente de una red de drenaje destructiva. Pueden distinguirse tres o cuatro órdenes o clases de vías de agua en una red de drenaje típica. Una propiedad muy utilizada es la relación de bifurcación descrita por (Horton 1932).
 - Vías de primer orden. Son las vías más importantes de la zona, generalmente son de caudal suficiente para mostrar un espejo de

agua en las fotos aéreas. Son perennes y frecuentemente han subsistido durante períodos geológicos.

- Vías de segundo orden. Son los tributarios directos de las vías de primer orden, pueden ser perennes o intermitentes, tienen generalmente gran extensión y un cauce bien definido, pero no tienen un espejo de agua observable en las fotos aéreas.
- Vías de tercer orden. Son tributarios de las vías de segundo orden, son típicamente intermitentes y no tienen un cauce excavado, son simplemente las quebradas o depresiones normalmente secas por donde escurren las aguas en las épocas lluviosas, pero son fácilmente observables en las fotos aéreas.
- Vías de cuarto orden. Están constituidas por los cabezales de las vías de tercer orden y son visibles con dificultad en las fotos aéreas. Sin embargo, su estudio suministra información valiosa sobre la calidad del terreno, especialmente en relación con la dureza, permeabilidad, granulometría y erosionabilidad del suelo. Estos estudios se basan especialmente en la pendiente y forma del perfil transversal y longitudinal de las zanjas.

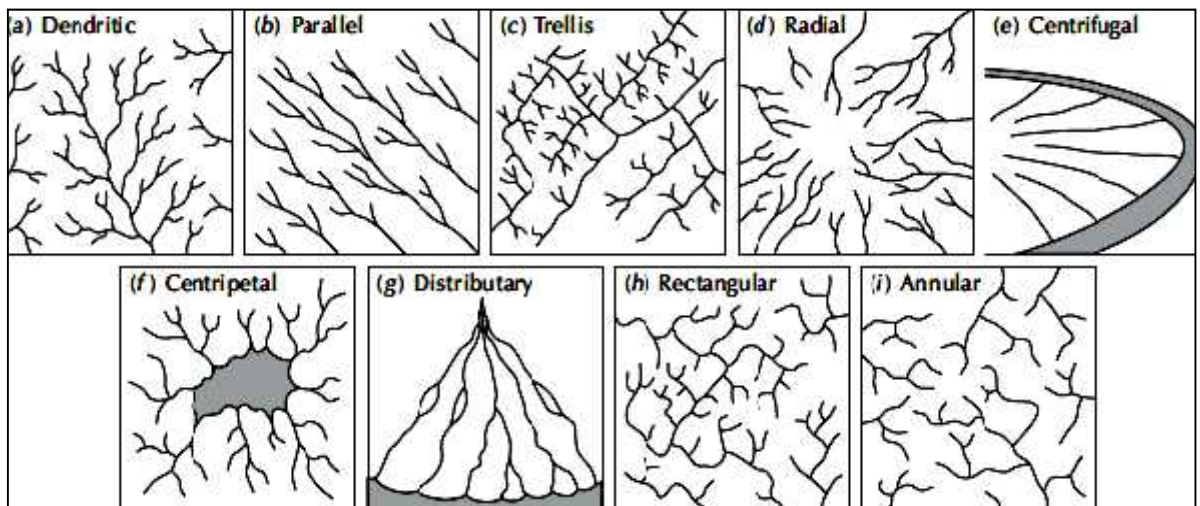


Figura 2. Patrones de drenaje controlados por estructura y pendiente
Twidale (2004), Campbell y Twidale (1993)

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

Se utilizaron para la definición de conceptos diversos el diccionario geológico (Dávila 1992).

Geología. Es una ciencia que estudia la tierra, en todo sus aspectos y alcances, su origen, constitución, evolución, los procesos que se realizan en ella tanto interna como externo a través del tiempo geológico.

Geo = Tierra Logos = Tratado.

Geomorfología. Es la ciencia que estudia las formas del relieve terrestre, teniendo en cuenta su origen, naturaleza de las rocas, el clima de la región y las diferentes fuerzas endógenas y exógenas que de modo general entran como factores constructores de paisaje.

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.

Geoformas. Formas y procesos de los relieves actuales, su origen y su evolución en el tiempo geológico.

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 los que también se denomina paisaje o geoforma.

Valles. Depresión de los terrenos de forma longitudinal, de muchos kilómetros de extensión y sobre cuyos fondos discurren los ríos.

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).

Río. Concentración de las aguas de escorrentía en un cauce definido y sobre el cual discurren.

Altitud. Altura de la superficie terrestre con respecto al nivel del mar.

Roca. Conjunto de minerales consolidados, provenientes de la solidificación del magma, consolidación y diagénesis de los materiales producto de la erosión de las rocas pre existentes y recristalización de las rocas pre-existentes.

Vegetación. Conjunto de plantas que cubren el terreno de modo más o menos cerrado.

Meteorización de las rocas. Es la desintegración o descomposición físico químico de las rocas.

Yacimiento. Sitio donde se halla naturalmente una roca, un mineral o un fósil.

Caracterización geológica. Descripción, identificación del macizo rocoso para tener una idea detallada de la geología de una zona específica.

Litomorfoestructural. Término relacionado a las unidades o tipos de rocas que forman el terreno, los procesos relacionados a la morfología y la tectónica.

Colina. Georforma caracterizado por formas subredondeados con crestas cóncavas contorneadas, elevaciones de terreno con pendientes suaves.

Ladera. Declive o vertiente de una montaña, de un monte o de una altura en general, ladera implica un declive, dichos desplazamientos ocurren en el sentido de la pendiente a causa de acción de la fuerza de gravedad.

Montaña. Gran elevación natural del terreno, constituida por una agrupación o cadena de cerros. La orogénesis es la parte de la geología que estudia el origen y formación de las montañas.

Terraza. Es una plataforma que se forma en un valle por los sedimentos de un río que se depositan a los costados del cauce en las zonas donde la pendiente (capacidad de arrastre de las aguas) es menor.

Carta Geomorfológica. Es un mapa donde se muestra las geofomas de la región, así como la relación con los procesos geomorfológicos que se desarrolla en dicha región.

Unidad Geomorfológica. Término usado para describir las formas o relieve del paisaje de una región. En la descripción fisiográfica se refiere al relieve accidentado, picos, montañas, llanuras, valles, ríos y todas las formas de relieve de una región.

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.

CAPÍTULO III

DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

El Centro Poblado de Combayo se encuentra ubicado en el distrito de la Encañada, Provincia, Departamento y Región de Cajamarca; a una altitud absoluta de 3150 msnm. Comprende el área de estudio 48 km², distribuidos en los diferentes caseríos del Centro Poblado, de acuerdo a sus coordenadas UTM. (Tabla 3)

3.2 ACCESIBILIDAD:

La accesibilidad es mediante dos vías; el acceso principal es desde la ciudad de Cajamarca a Centro Poblado de Otuzco por una carretera asfaltada luego por carretera afirmada atravesando el cañón del Chicche (Sangal), hasta el lugar denominado Tres Tingos, pasando por las Ventanillas de Combayo hasta el Centro Poblado de Combayo; toma un tiempo de 2:30 a 3:00 horas, dependiendo del tipo de movilidad.

Como segunda vía de acceso es desde el Centro Poblado de Otuzco mediante una trocha carrozable siguiendo una dirección NNE, por la margen derecha del río Chonta, pasando por la escuela El Porvenir, exhacienda Santolalla y en última instancia al Centro Poblado de Combayo; demora 2 a 3 horas (Figura 3 y Tabla 1).

Tabla 1. Vías de acceso en kilómetros, tiempo y tipo de carretera

<i>Carretera de Acceso</i>	<i>Km.</i>	<i>Tiempo en horas</i>	<i>Tipo de carretera</i>
<i>Cajamarca – Otuzco</i>	<i>10</i>	<i>0.25</i>	<i>asfaltado</i>
<i>Otuzco – Sangal-</i>			
<i>Ventanillas- Centro Poblado de Combayo</i>	<i>18</i>	<i>2.30</i>	<i>Afirmado</i>
<i>Otuzco – El Porvenir-</i>			
<i>Centro Poblado de Combayo</i>	<i>22</i>	<i>2.50</i>	<i>Trocha carrozable</i>

Las coordenadas en el sistema UTM. Datum Psad-56, zona 17s. Que delimitan el área de estudio y son:

Tabla 2. Delimitación mediante vértices la zona de estudio

Vértices	Latitud	Longitud
1	9 224,000	790,000
2	9 216,000	790,000
3	9 216,000	784,000
4	9 224,000	784,000

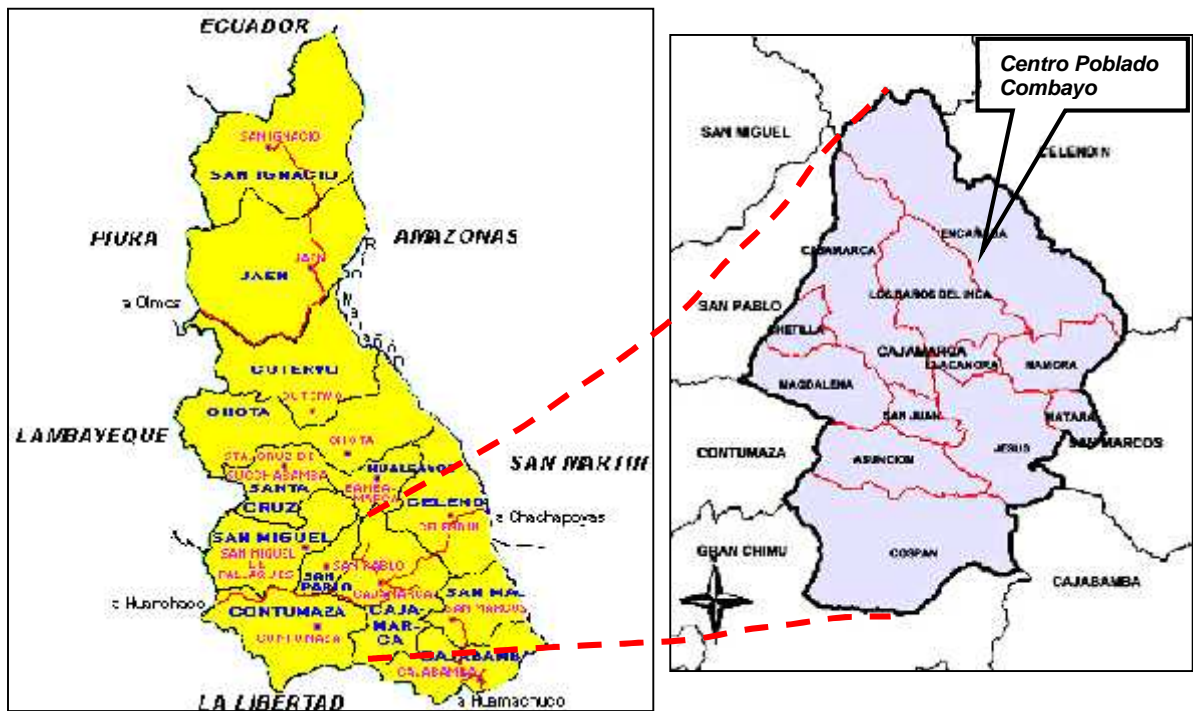


Figura 3. Ubicación política del Centro Poblado de Combayo



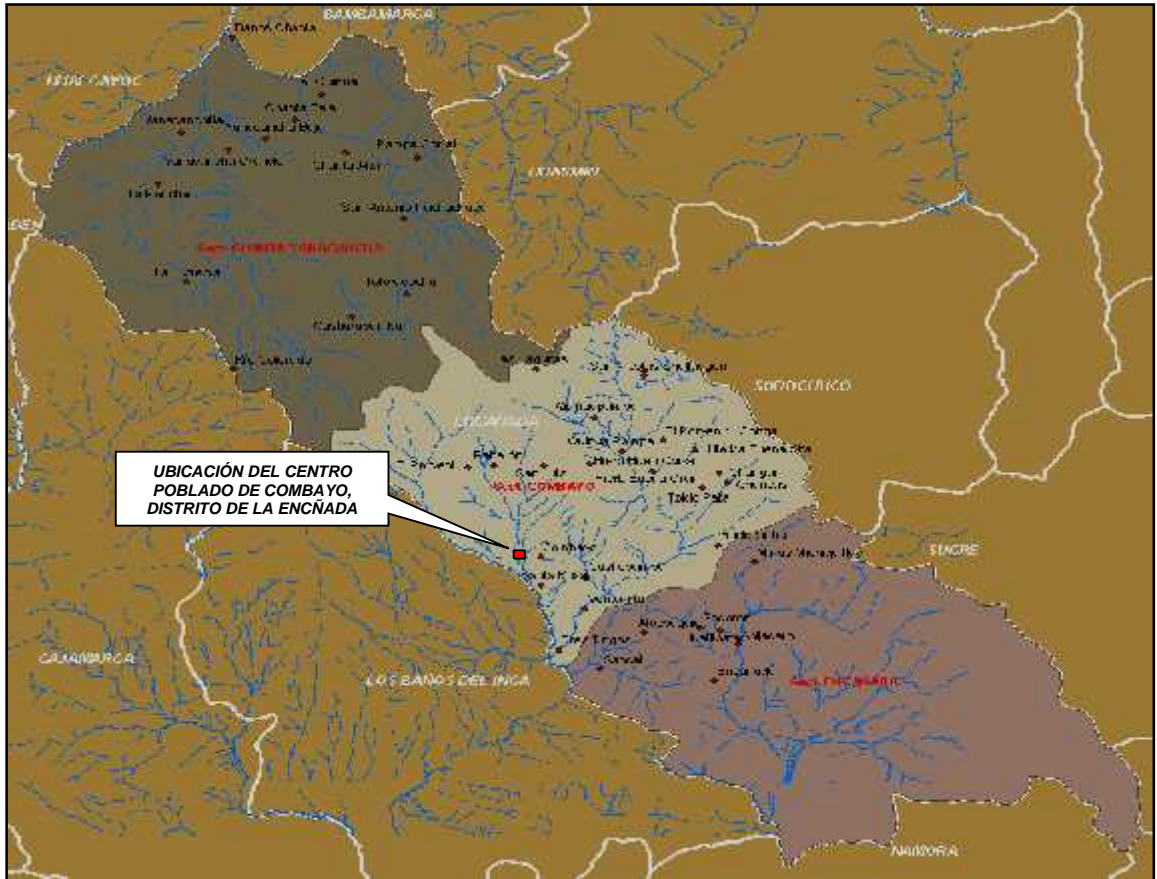
Figura 4. Delimitación de la zona de estudio del Centro Poblado de Combayo.

Fuente: Google eart- 2012



Figura 5. Vértices de la zona de estudio del Centro Poblado de Combayo.

Fuente: Google eart -2012



Mapa político de ubicación del Centro Poblado de Combayo:

Plaza dominical del Centro Poblado de Combayo	<i>Latitud</i>	: 9 222 350
	<i>Longitud</i>	: 786 011
	<i>Cota</i>	: 3 244msnm.

3.3 CLIMA Y TEMPERATURA

Cajamarca tiene un clima tropical de montaña, con temperaturas templadas; los promedios mínimas y máximas no varían mucho durante el año. La diferencia de temperatura diurna es alrededor de 5-13°C. El enfriamiento es fuerte durante las noches claras, lo que ocurre sobre todo en los meses secos, en los cuales aumenta la incidencia de heladas llegando incluso a 0°C. (Senamhi 2010).

Cajamarca es el punto inicial entre los Andes secos del Sur y los Andes húmedos del Norte de Ecuador y Colombia. Hay una estación definida de lluvias que se presenta desde setiembre -octubre hasta abril (Figuras 6-7). Ello refleja en los datos de radiación solar desde 14-27°C, promedio máximo 21°C (Figura 6). La precipitación presenta una fluctuación

considerable entre los años lluviosos y de sequía teniendo un promedio de 600- 800 mm. (Figura 7).

La zona de estudio corresponde a un clima templado sub-humedo a frígido o boreal (Valles Andinos) ONERN -1998. Presenta dos estaciones bien marcadas, una lluviosa entre los meses de diciembre a marzo y otra seca entre los meses de abril a noviembre, con algunas etapas transicionales; este ciclo tiene períodos excepcionales cuando se presentan años de sequía y/o abundantes precipitaciones por fenómeno de El Niño, que causan daños a la agricultura, ganadería y en general con pérdidas económicas a la región. (Figuras 6, 7, 8 y 9; Tabla 3).

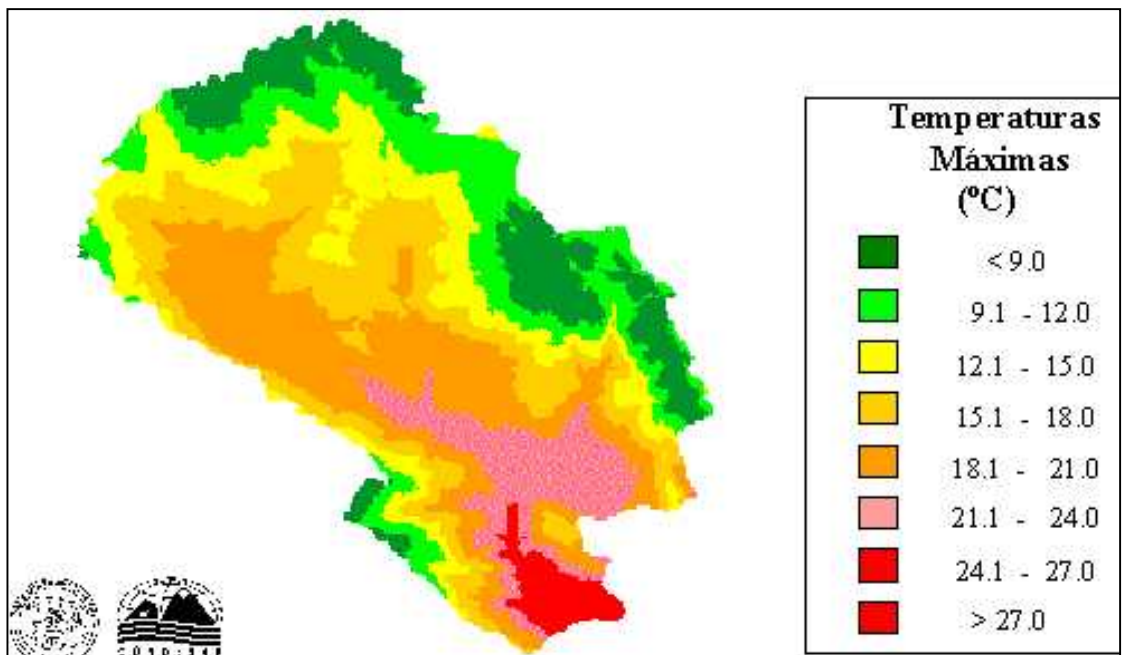


Figura 6: Mapa de temperaturas máximas (promedio anual) en la Cuenca de Cajamarca.

Fuente: Robert y Hijmans (1999)

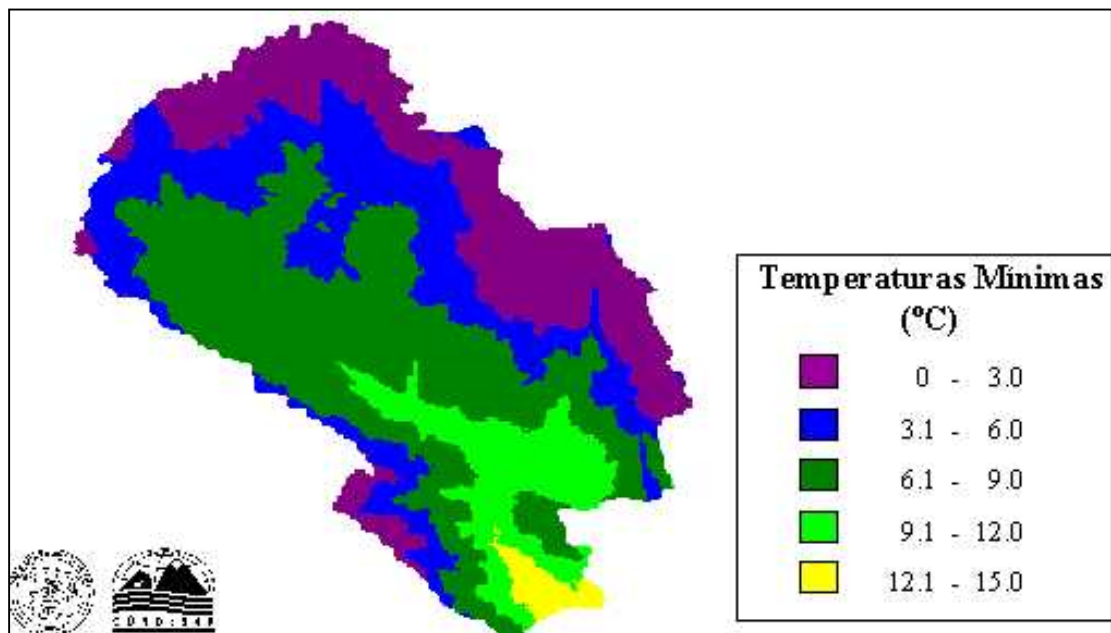


Figura 7. Temperaturas mínimas (promedio anual) en la Cuenca de Cajamarca.

Fuente: Robert y Hijmans (1999)

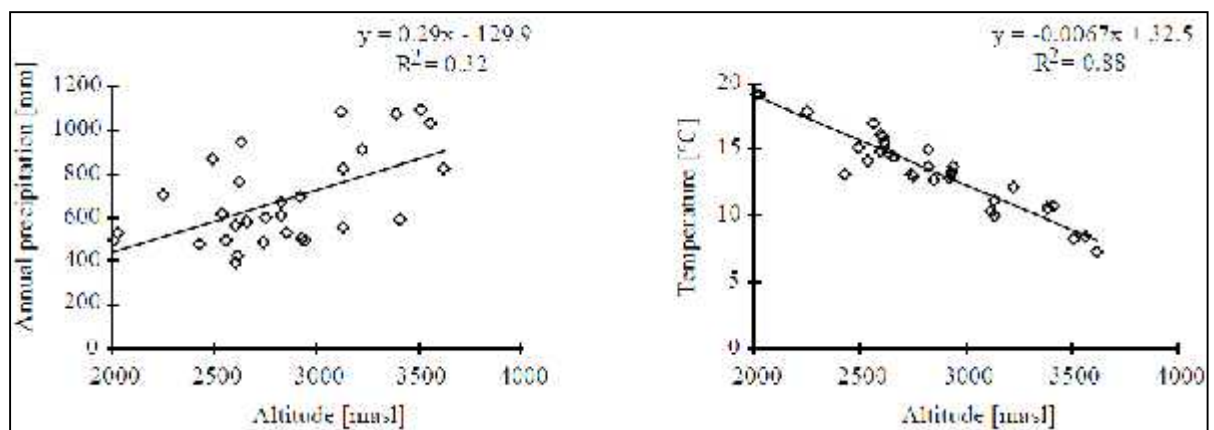


Figura 8. Relación entre la altitud y la precipitación anual y la temperatura promedio anual en Cajamarca (n=30 estaciones).

Fuente: Robert y Hijmans (1999)

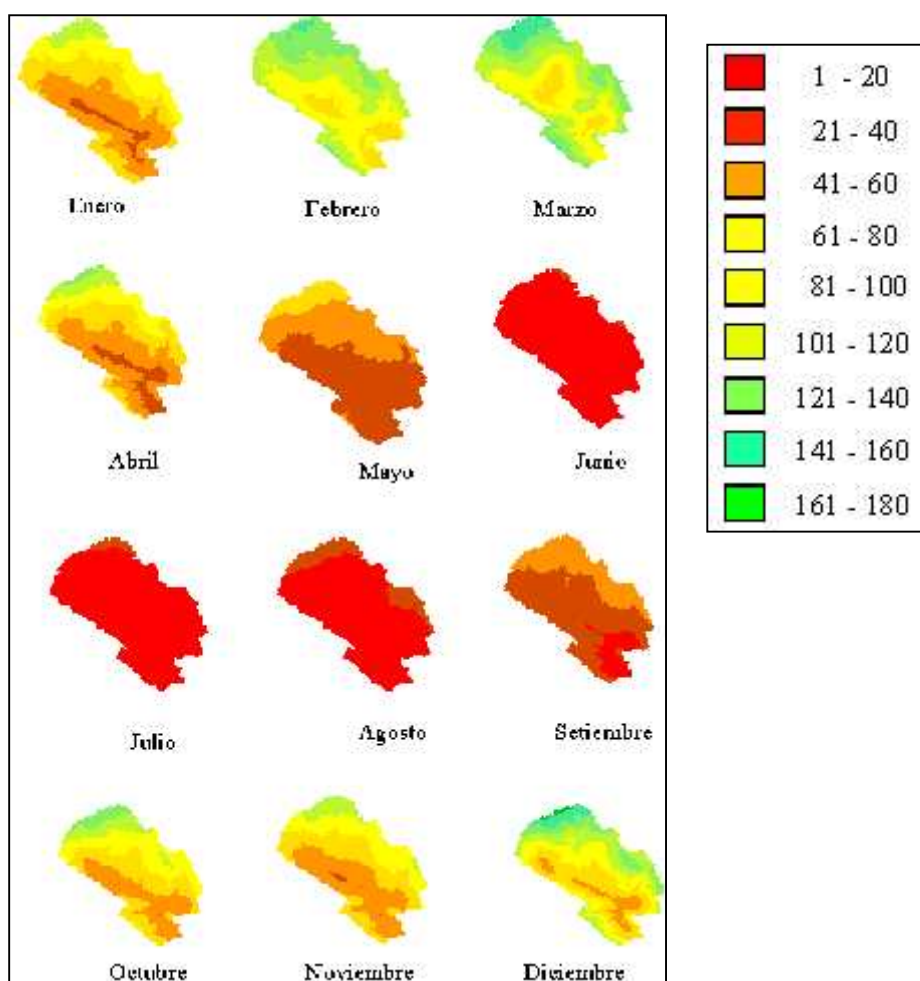


Figura 9. Precipitación mensual en la Cuenca de Cajamarca.

Fuente: Robert y Hijmans (1999)

Tabla 3. Clima promedio en la cuenca de Cajamarca (Weberbauer 7°7'S, 78°27'W, 2621 msnm.)

	<i>ENE</i>	<i>FEB</i>	<i>MAR</i>	<i>ABR</i>	<i>MAY</i>	<i>JUN</i>	<i>JUL</i>	<i>AGO</i>	<i>SET</i>	<i>OCT</i>	<i>NOV</i>	<i>DIC</i>
<i>Precipitación [mm]</i>	89	102	126	93	37	13	6	8	34	76	58	78
<i>Evapotrans pot [mm]</i>	128	106	107	94	95	93	105	117	127	131	137	135
<i>Días con lluvia</i>	13	17	17	14	9	4	2	2	9	9	8	11
<i>Temp. max. [°C]</i>	22	21	21	21	22	22	22	22	22	22	22	22
<i>Temp. min. [°C]</i>	8	7	7	7	5	3	3	4	5	7	6	6
<i>Temp. med. [°C]</i>	14	14	14	14	14	13	13	14	14	14	14	14
<i>Hum. rel. med. [%]</i>	71	75	77	78	73	68	62	58	64	68	64	67
<i>Rad.global [mJ/m²]</i>	17.3	17.4	16.4	15.8	14.4	14.9	16.5	16.9	16.8	18.1	19.9	18.3
<i>Horas sol [n/n] [%]</i>	37	36	33	38	48	50	56	50	40	41	49	43
<i>Vel. del viento [m/s]</i>	15	15	15	15	15	26	31	31	26	21	15	15

Fuente: Robert y Hijmans (1999)

3.4 VEGETACIÓN

Está conformada por la presencia de pastos naturales, donde es común hallar especies como ichu o paja (*Stipa ichu*), *Calamagrostis vicunarium* y otras gramíneas, también existen especies arbóreas como eucalipto (*Eucalyptus globulus*), el cual es frecuente encontrar en el área de estudio, que han sido forestadas, a veces como linderos de chacras.

La vegetación en las partes altas es escasa, donde predomina el ichu y arbustos naturales; en las zonas intermedia predominan los eucaliptos; los cuales se pueden observar en las Figuras 10 y 11.



Figura 10. Vegetación natural en zona intermedia (colinas) en el Centro Poblado de Combayo.



Figura 11. Vegetación natural en las zonas altas (montaña) ubicada en la carretera acceso al Proyecto Conga.



Figura 12. Vegetación de pastos naturales en las zonas altas (montaña)

Dentro de los cultivos para consumo humano y comercialización, destacan principalmente las arveja, papa, olluco, avena, maíz y entre otros; algunas zonas son regadas usando el método de riego por aspersión y muy pocos mediante canales que los pobladores mismos han construido para el aprovechamiento del agua para la agricultura y consumo humano.



Figura 13. Sembríos de pan llevar de oca y olluco a una altitud de 3600 msnm.

3.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Las características geológicas principales del Centro Poblado de Combayo establecen cambios en las unidades y ciclos geomorfológicos, valles con red de drenaje tipo dendrítico que se relacionan a la litología y el tiempo cronoestratigráfico del Cretáceo Neógeno al Cuaternario reciente.

3.6 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES.

Teniendo en cuenta las propiedades en los factores que son modificables o adquiriendo sus características particulares en la geología que establecen cambios en el ciclo geomorfológico, que conforman las geoformas de los valles, en el tiempo y espacio geológico; se han identificado cuatro variables por las condiciones que se relacionan directamente a los cambios en las características geológicas, los cuales se han descrito en la Tabla 4.

Tabla 4. Identificación de las variables de la investigación

Variables	Descripción
Características Geológicas	<i>Litología:</i> Características petrográficas (sedimentarias, volcánicas y cuaternarios)
	<i>Geomorfología:</i> Procesos Endógenos (tectónica). Procesos Exógenos (meteorización-imtemperismo).
	<i>Red de drenaje:</i> Meteorización -Erosión (Mecánica, físico químicas de las rocas y biológicos). Topografía, cota o altitud Clima.
	<i>Tiempo geológico:</i> Posición Estratigráfica (Geo- cronológicos). Registro paleontológico (Crono-estratigráficos).

3.7 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES.

Las variables caracterizadas mediante la definición, factores e indicadores de la litología, geomorfología, red de drenaje y tiempo geológico (Tabla 5)

La prueba empírica a través de la medición, cartografiado geológico se describen el proceso de las variables que se modifican y obtienen las características particulares en la geología del Centro Poblado de Combayo, para hacer más segura la terminología, los conceptos dispersos y con el fin de convertir de un concepto genérico, para ser práctico y capaz de ser medido y manipulado las variables identificados en la investigación.

Tabla 5. Descripción de las variables e indicadores para la investigación

VARIABLES	DEFINICIÓN	FACTORES	INDICADORES
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.	Características petrográficas en rocas sedimentarias, volcánicas y sedimentos recientes cuaternarios.	- Rocas sedimentarias de las Fms. del Cretáceo Superior, las cuales están compuestas de calizas, margas y lutitas. -Rocas volcánicas de flujos piroclásticos en cuatro facies volcanoclásticas. -Sedimentos recientes cuaternarios de origen coluvio- aluvial, fluvial y glacial.
GEOMORFOLOGÍA	Se encarga del estudio de las formas de la Tierra, las cuales son producidas por procesos exógenos y endógenos.	Procesos Exógenos Procesos Endógenos	-Geoformas que son ocasionados por agentes superficiales tales como clima, erosión, transporte, sedimentación. -Plegamientos, fallas, diaclasas, producidos por la actividad tectónica y volcánica.
RED DE DRENAJE	Proceso de meteorización y destrucción in situ de las rocas, producto de los agentes atmosféricos (agua, aire, cambios de temperatura) y biológicos (efectos físicos, químicos y bioquímicos de vegetales, hongos, microorganismos y animales). La meteorización produce la fragmentación de la roca, así como cambios químicos y mineralógicos.	Propiedades químicas de las rocas. Topografía. Clima.	-Kartificación de la roca caliza mediante la desintegración de roca y suelos debido a los agentes pluviales y atmosféricos (sumideros). -La topografía empinada (zonas altas), por el transporte de sedimentos meteorizados, dejando rápido la roca denudada y fácilmente alcanzable para los agentes de erosión. -La altitud y ubicación geográfica de la zona son indicadores en el comportamiento del clima y la precipitación.
TIEMPO GEOLÓGICO	Tiempo establecido en millones de años (Ma), mediante la datación relativa y la datación absoluta.	Registro mediante fósiles. Posición de la unidad estratigráfica.	-Fósiles de diferentes Fms. especie de exogyra es característico de la Fm. Yumagual de edad cenomaniano. -Especie <i>Oxitropidoceras carbonarium</i> registro de la edad albiano Fm. Pariatambo. -Dataciones y ubicación lioestratigráfica en las rocas volcánicas de la edad Paleo-Neo.

3.8 UNIDAD DE ANÁLISIS, UNIVERSO Y MUESTRA

El universo constituye la geología del Centro Poblado de Combayo establecido por el área de 48 km². Los afloramientos expuestos en el medio natural, existiendo rocas sedimentarias, volcánicas y sedimentos recientes del Cuaternario (litología).

Las muestras están conformadas por los estratos de rocas sedimentarias calcáreas, flujos piroclásticos de rocas volcánicas y sedimentos coluvios – glacial, aluvial y fluvial recientes del Cuaternario; los cuales sirvieron para la caracterización de la geología mediante el cartografiado y la elaboración de los mapas geológicos, regiones naturales, geomorfológico, hidrológico, pendientes, columna estratigráfica y perfiles geológicos.

Las unidades de análisis los constituye la identificación de las variables tales como la litología, geomorfología, red de drenaje y tiempo geocronológico. Los mapas geológicos, perfiles geológicos, unidades y ciclos geomorfológicas, sistema de red de drenaje, los valles, regiones naturales y el tiempo geocronoestratigráfico; expuesto desde la confluencia del río Chonta con los ríos Quinuario, Azufre, Yanatotora y río Grande hasta la zona norte del Centro Poblado de Combayo.

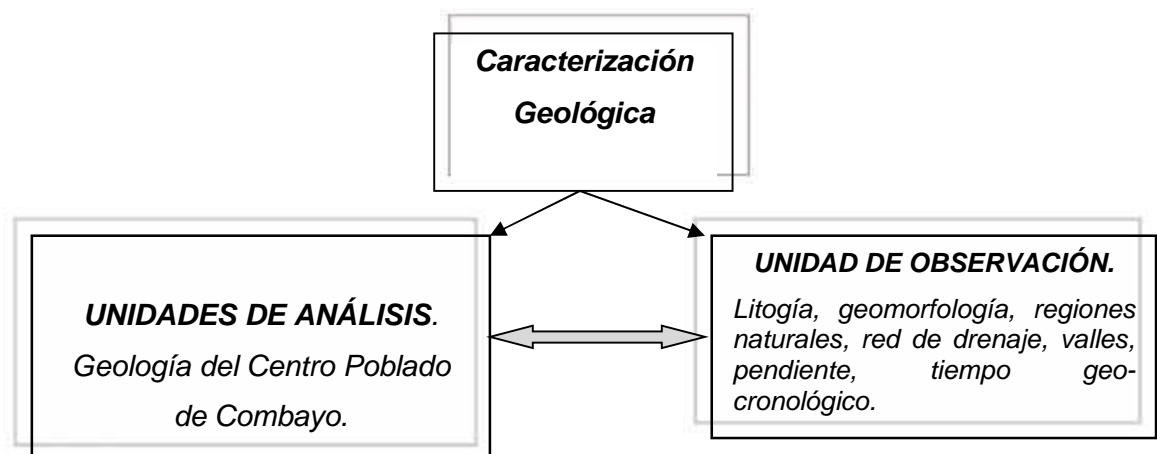


Figura 14. Diagrama que indica el objeto de estudio en la investigación

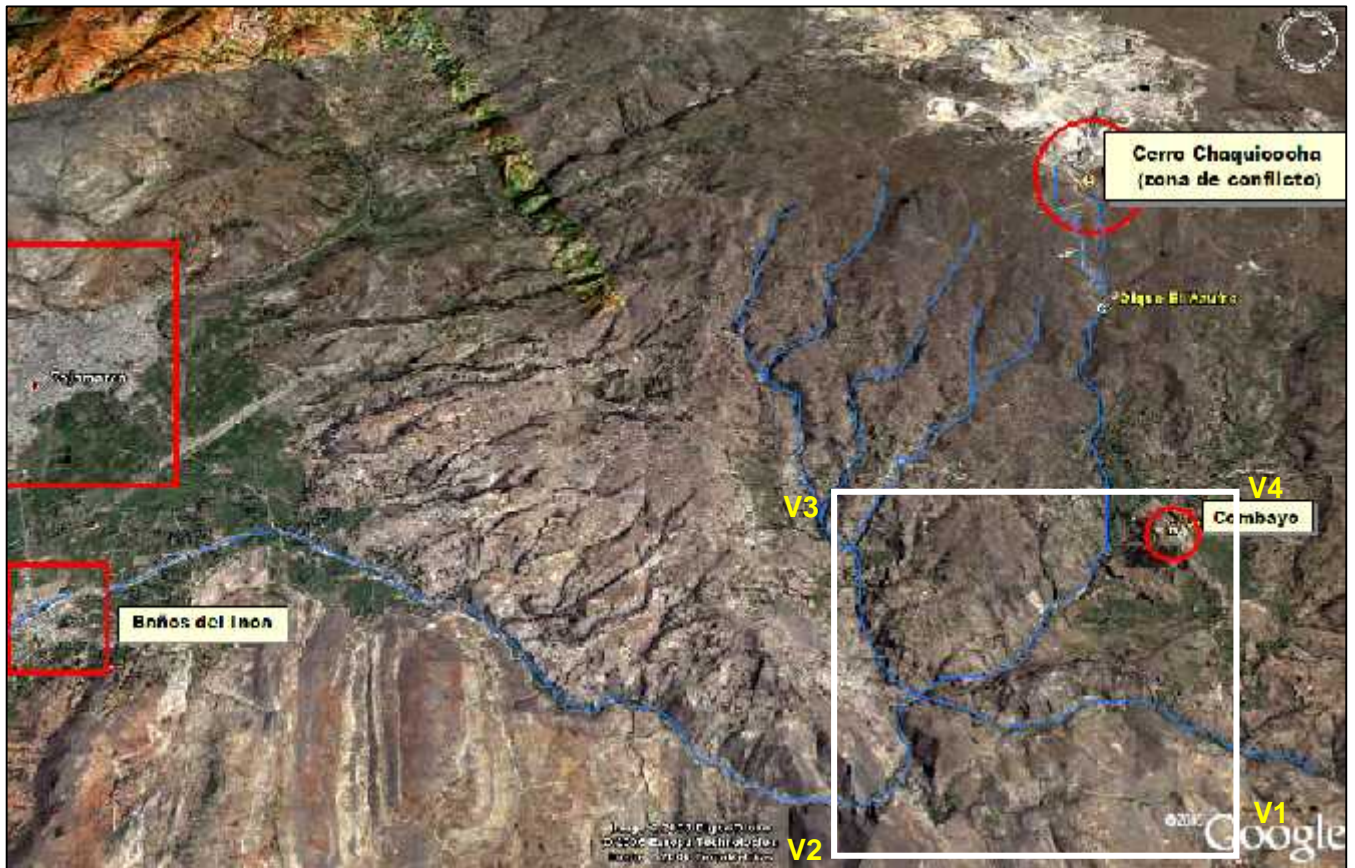


Figura 15. Ubicación espacial del objeto de estudio del Centro Poblado de Combayo, en relación a los Baños del Inca y Cajamarca.

Fuente: Google eart -2012

3.9 TIPOS DE INVESTIGACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

El tipo de investigación; es hipotético- deductivo, por tal razón empírico, correlacional, analítico no experimental y transversal en el tiempo.

Técnica de recolección de datos.

Deductivo; permite obtener una forma de razonamiento, en el cual se articuló con el conocimiento general a otro de nivel particular (método del embudo). Se establecieron deducciones que contienen tanto a las características geológica, geomorfológicas, red de drenaje y el tiempo geológico; mediante el cual define el control litológico las características geológicas.

La contrastación de la hipótesis es no experimental a través de la observación sistemática, descripción, comparación por las manifestaciones en la caracterización geológica, existe la relación directa entre los cambios en el ciclo y las unidades geomorfológicas formando una red de drenaje tipo dendrítico desde los valles juveniles a maduros; los pisos de regiones naturales son coherentes a su ubicación por intermedio de la altitud (cota) y que son transformados en correspondencia por el tiempo geocronológico, dependiendo por el tipo de litología desde los más antiguos de las rocas carbonatadas del Cretáceo inferior –superior, rocas volcánicas de flujos piroclásticos del Neógeno y al más reciente del Cuaternario constituidos por sedimentos coluvios -glaciar, aluvial y fluviales (Plano Geológico 01).

3.10 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.10.1 MÉTODO EN LA INVESTIGACIÓN

Las actividades que se han realizado para su estudio se efectuaron las siguientes etapas:

- a. Fuente de datos:** Ambiente natural Centro Poblado de Combayo, durante las salidas de campo donde se realizarón en principio el reconocimiento de la zona de estudio que tiene un área aproximado de 48km²; luego se ha planificado para la recolección de datos en campo tomándo en cuenta los accesos favorables y sus accidentes topográficos.

- b. Equipos e instrumentos:** Plano topográfico a escalas 1:50000, 1:25000 y 1:12000; sistema de posicionamiento global (GPS). navegador garmin, brújula brunton, lupa de 10 -20 aumentos, libreta de campo el cual se utilizó para la toma de datos en la caracterización geológica; con la brújula se han obtenido la dirección de estructuras geológicas consistentes en rumbos y buzamientos de los estratos, fallas y dirección del flujo en las rocas volcánicas y sedimentarias; la lupa sirve para observar el aumento de la textura, estructura interna de las rocas y poder describir macroscópicamente con mayor facilidad las

características petromineralógicas y litoestratigráficas aflorantes en superficie; en la libreta de campo se anotan todo los datos y descripciones procedentes de campo; el GPS, nos proporciona las coordenadas de latitud y longitud para la ubicación correcta de cada punto de cartografiado, los cuales se han plasmado directamente en el plano topográfico y luego contornearlos en función a sus características lito-morfoestructurales.

3.11 ANÁLISIS DE LOS DATOS

Al trabajar con poblaciones del medio natural de alguna manera se particulariza, para lo cual el equipo utilizado en el procesamiento de los datos fue el computador con aplicación de programas geológicos, los cuales se detallan en los siguientes ítems.

3.11.1 MATERIALES Y EQUIPOS:

Los materiales e instrumentos utilizados en la investigación fueron los siguientes:

a. Recursos de gabinete.

- | | |
|------------------------|--------------------------------------|
|) Computadora | • Impresora epon-L210 |
|) Scanner Hp-2400 | • Cámara fotográfica digital |
|) Materiales de dibujo | • Carta geológica escala
1:100000 |
|) Imagen satelital | • Materiales de oficina |

b. Recursos de Campo.

- | | |
|--|----------------------------|
|) Picota Geológica | • Brújula tipo Brunton |
|) Lupa (10X y 20X) | • GPS. Navegatorio |
|) Protactor escala 1:1000 -1:500 | • Libreta de campo |
|) Lápices de colores | • Imagen satelital |
|) Plano topográfico y geológica escala 1:12000 | |
|) Tablero de campo | |
|) Personal de campo | • Wincha-flexómetro(50-3m) |

3.11.2 Recolección de datos. El cartografiado geológico a escala 1:12,000 y 1:25,000. En esta etapa se efectuaron la determinación de las coordenadas en latitud, longitud y cota para cada punto de los contactos, estructuras, las unidades geomorfológicas, la ubicación de los valles y drenajes que afloran en la zona de estudio; plasmándose los datos directamente al plano topográfico.

) Plano topográfico a escala: 1:12000 y 1:25000 en coordenadas del sistema UTM. (Unidad Técnica de Medida). Datum Psad-56 (Provisional South American Datum 1956), zona 17s.

) GPS. 12 Navegadorio personal tipo Garmin.

) Picota Geológica.

) Ácido Clorhídrico (HCl al 12%).

) Lupas de 10X y 20X de aumentos.

) Brújula tipo brunton

) Rayador o lápiz de dureza.

) Protactor escala 1:500 y 1:1000.

) Flexómetro de 3-5m.

) Cámara fotográfica digital olimpus.

) **Picota o Picsa geológica:** utilizado para la determinación de la litología fraccionamiento, en el reconocimiento de las muestra, distinguir y diferenciar su composición petrográfica, extracción de los fósiles de las rocas calcareas.

) **Libreta de campo:** sirvió para efectuar apuntes de las coordenadas, cotas y esquematizar los perfiles, ubicación de zonas mineralizadas y puntos de cartografiado geológico en campo.



Figura 16. Equipos e instrumentos

3.11.3 Procesamiento y análisis de datos: Una vez obtenidos todos los datos del campo, los mismos han sido procesados en la elaboración del informe y de planos mediante una computadora

portatil, luego de haberse verificado y analizado en el plano base realizado directamente en el campo.

-) **Imagen satelital:** Se utilizó para tener la ubicación espacial del área de estudio, identificando a priori las características topográficas, geomorfológicas y poderlas comparar posteriormente con los afloramientos de zonas adyacentes; también para situar y contornear la delimitación de las micro-cuencas y los drenajes.
-) **ArcGis 10:** Sistema de Información Geográfica, en el que se ingresó toda la información de los cartografiados de campo, para obtener los mapas geológicos, geomorfológico, pisos altitudinales, delimitación de cuencas y entre otros.
-) **Auto Cad 2011:** Se utilizó para la elaboración de las secciones geológicas, columna estratigráfica y plano topográfico; en el cual se realizaron el plano base, geológico y el cartografiado.

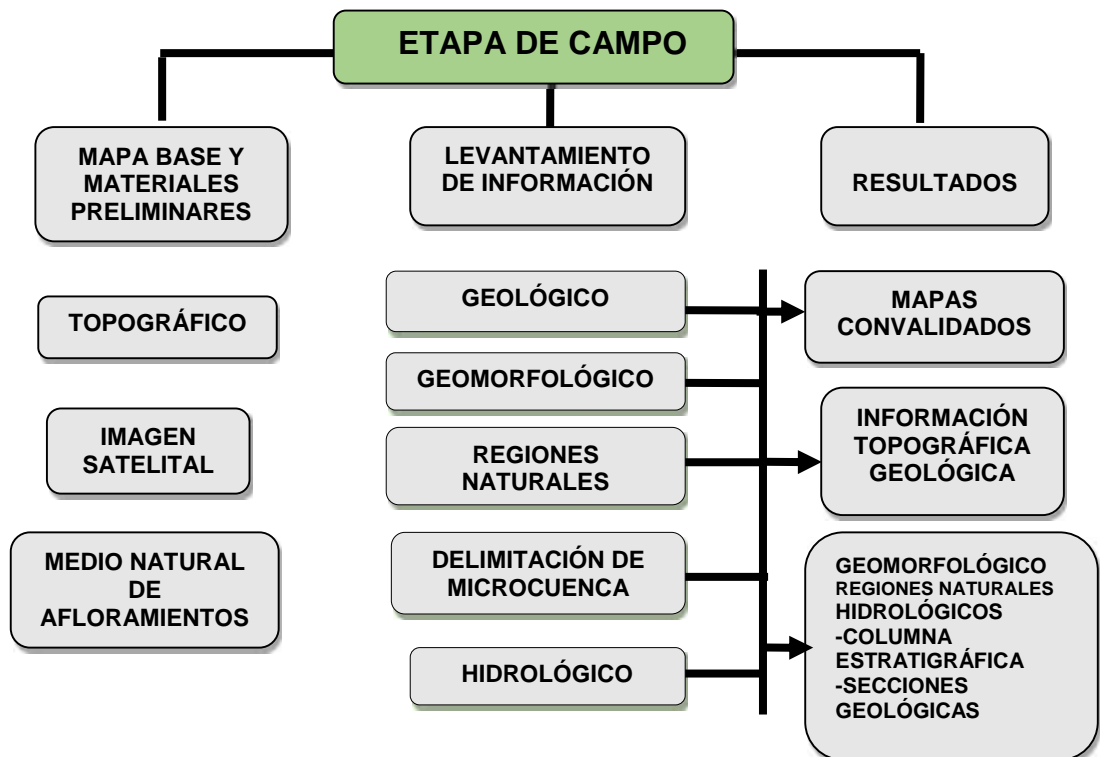


Figura 17: Mapa conceptual del método en la investigación

3.12 SISTEMA GEOMORFOLÓGICO

La dinámica interna o procesos endógenos relacionados a la tectónica y volcanismo crean el relieve terrestre; y los procesos externos o exógenos relacionados a fuerzas climáticas geomórficos destruyen el relieve.

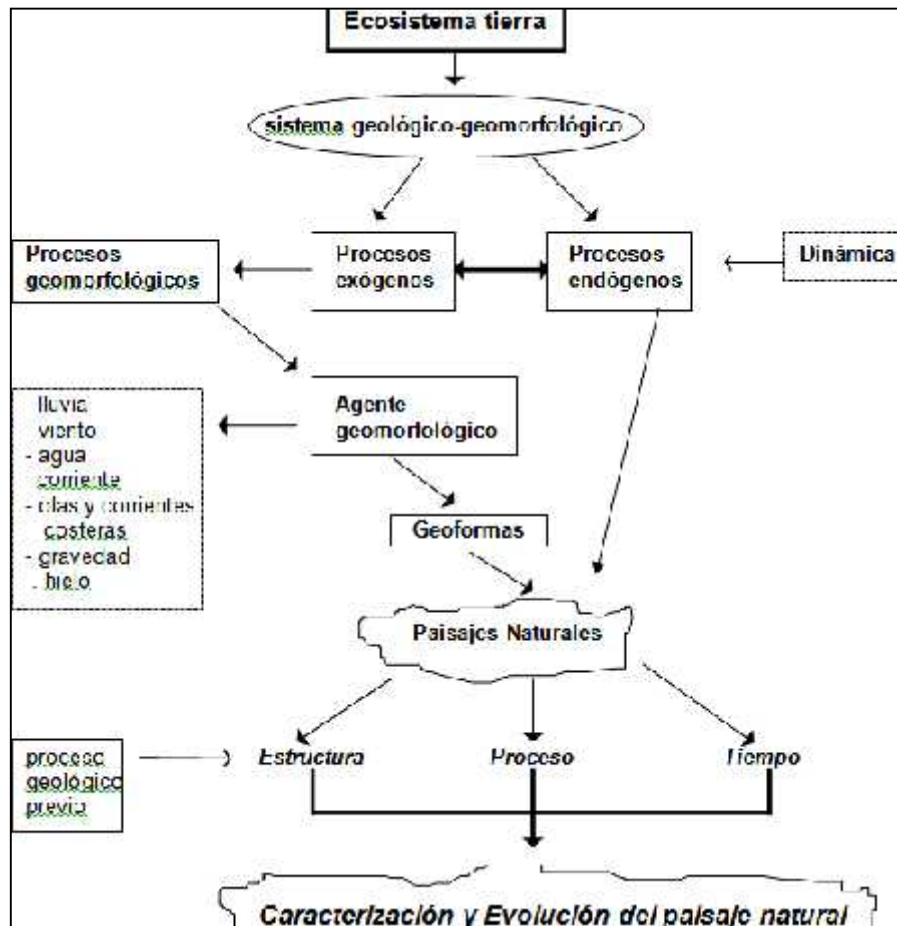


Figura 18. Sistema geológico –geomorfológico, que relaciona los procesos de la dinámica de los procesos exógenos y endógenos.

Schei y degger (1961).

Los procesos endógenos y exógenos que han configurado el tipo de relieve en la cordillera occidental de los Andes del norte y sus contrastes topográficos, inicialmente siendo afectado por el tectonismo de toda la zona y posteriormente por los agentes endógenos por la actividad volcánica y exógenos por la erosión denudación que son responsables del modelamiento del paisaje geomorfológico actual. Dentro del área de estudio se pudieron resaltar cuatro unidades geomorfológicas,

el paisaje de montaña conformado por rocas ígneas de flujos piroclásticos y rocas sedimentarias de calizas plegadas; las colinas, laderas y terrazas los mismos emplazados en rocas sedimentarias calcáreas y algunos sedimentos coluvio- glacial, coluvio-aluvial y fluviales.

En base al mapa topográfico y teniendo los parámetros de altitud, pendiente y sus accidentes superficiales (topográfico) se ha elaborado el mapa geomorfológico (Plano 03).

3.13 REGIONES NATURALES

La región Cajamarca, de acuerdo a la clasificación de las regiones naturales por Pulgar (1938), posee cinco regiones naturales o pisos altitudinales que varía según a la altura de cota absoluta sobre el nivel del mar. Para la zona de estudio se han diferenciado dos regiones naturales Quechua y Suni o Jalca de acuerdo a la variación de sus altitudes o cotas como regiones naturales.

Tabla 6. Clasificación del clima según las regiones naturales

Zona	Elevación en (msnm.)	Tipo de Clima
Yunga	500- 2,500	Templado cálido
Quechua	2,500- 3,500	Templado
Suni o Jalca	3,500- 4,100	Templado frío
Puna	4,100- 4,800	Frío
Rupa Rupa o Ceja de Selva	400- 2,000	Tropical – cálido y templado - cálido

Fuente: Pulgar (1938)

3.13.1 Región Quechua

El área de estudio se encuentra ubicada según la clasificación de Javier Pulgar Vidal la región natural quechua, caracterizada por un clima templado, comprendiendo superficies que van de 2500 -3500 msnm. Región que está restringida a las partes bajas de la zona en estudio, con pendientes suaves a inclinados que van descendiendo de las zonas de Jalca, formándose terrazas, laderas y colinas superficies que van entre los 2925 -3500 msnm. Abarca las zonas de los valles desde la confluencia del río Chonta, parte baja del río Azufre

(Centro Poblado de Combayo), parte del río Quinuario y el río Grande de Combayo hasta la cota 3500 msnm, notándose la diferencia en los flancos de las quebradas que se presentan en esta región, se hacen más empinados (colinas); hasta la desembocadura en el río principal Chonta (terrazas), Tablas 6-7 y planos región natural 02 y de pendientes 06.

3.13.2 Región Suni o Jalca

A diferencia de la región Quechua, ésta se desarrolla en las partes más elevadas, comprendiendo superficies que van sobre los 3500 a 4100 msnm, donde predomina el clima templado- frío. Están limitadas por los flancos de las colinas y montañas; desde una altura de 3500 msnm. En donde las pendientes son moderadamente, empinadas a fuertemente empinadas; cuyas laderas van aumentando en su altitud hasta los 3675 msnm. Formando montañas que morfológicamente presentan relieves disectados dispersos por los ríos desde las nacientes del río Azufre, Quinuario, Yanatotorá y río Grande de Combayo. Tablas 6-7 y planos región natural 02 y de pendientes 06.

Tabla 7. Rango y la nomenclatura, para plano de pendientes en función a la clase, rango y colores.

Clases	Descripción	Rango de pendiente	Color
<i>I</i>	<i>Nula o casi a nivel</i>	<i>0-5 %</i>	
<i>II</i>	<i>Ligeramente inclinado</i>	<i>5-15 %</i>	
<i>III</i>	<i>Inclinado</i>	<i>15-25 %</i>	
<i>IV</i>	<i>Moderadamente empinado</i>	<i>25-50 %</i>	
<i>V</i>	<i>Empinado</i>	<i>50-75 %</i>	
<i>VI</i>	<i>Fuertemente empinado</i>	<i>75- % a más</i>	

Fuente: FAO (1968), modificado

3.14 DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

El cartografiado en base al plano topográfico a escala 1:25,000 y 1:12,000; el relieve existente por la categorización e identificación, se han determinado cuatro principales unidades geomorfológicas de acuerdo al tipo del relieve que caracteriza de mejor forma al conjunto de estas unidades por los procesos de meteorización exógena e intensidad que varían en diferentes zonas morfoclimáticas Gutierrez (2005). Este balance morfogenético depende primordialmente del valor de la pendiente en la naturaleza de las rocas y del clima (Tricart 1957).

Las partes más altas corresponden a cotas de 3965 msnm; en cambio los flancos han sido profundamente erosionados por el encañonamiento de los ríos Azufre, Quinuario, Chonta, Yanatotora y el río Grande; formando relieves principales y secundarios desde altitudes 2925 msnm. Teniendo un desnivel de cota 1040 m. En la tabla 8 se presenta la clasificación de las unidades geomorfológicas, en relación a los procesos geodinámicos, regiones naturales, paisaje, pendiente y el tiempo geológico, identificados y elaborados para la zona de investigación.

Tabla 8. Relación que ejempliza las unidades geomorfológicas, paisajes fisiográficos, tiempo geológico y pendiente de la cordillera de los Andes.

Orogénesis	Procesos	Unidades geomorfológicas	Gran Paisaje	Algunos Paisajes fisiográficos correspondientes	Tiempo Geológico (ma)	Pendiente Inclinación En %
Cordillera occidental de los andes del norte- Perú	Endógenos (creadores)	Montañas (mo)	Relieve de cerros estructuralmente plegado, deformación de las rocas sedimentarias y Volcánicas	Anticlinal asimétrico. Anticlinal volcado. Sinclinal asimétrico. Fallamiento inversa y de cizallamiento.	Cretáceo superior (Ks)	>30
		Colinas (co)	Relieve complejo volcánico - sedimentario denudativo	Flujos piroclásticos. Anticlinal y sinclinal. Sills, diques y domos.	Paleógeno - Neógeno (Pa-Ne)	16-30
	Exógenos (destruyen)	Laderas (la)	Relieve denudacional volcánico-sedimentario	Declives -vertientes amplias o lados de monte extenso.		8-16
		Terrazas (te)	Valle diluvial intramontañoso	Terrazas coluvio-aluviales, fluviales. Terrazas altas, medias y bajas.	Cuaternario (Q)	0-8

Fuente: Villota (1992) y Vega (1999), modificado

Para mejor entendimiento e identificación en el plano geomorfológico se ha utilizado la clasificación de las unidades y el rango (modificado) mediante un código de colores y abreviaturas de símbolos, en función al rango de pendiente en porcentaje, tal como se presenta en la siguiente tabla 9.

Tabla 9. Codificación de unidades geomorfológicas en función a la pendiente en porcentaje.

Leyenda		
Unidades Geomorfológicas	Rango de pendiente	Color
<i>Terrazas (te)</i>	0-8 %	
<i>Laderas (la)</i>	8-16 %	
<i>Colinas (co)</i>	16-30 %	
<i>Montañas (mo)</i>	30- % a más	

Fuente: FAO (1968), modificado

3.14.1 MONTAÑAS (mo)

Se caracterizan por presentar una agrupación o cadena de cerros con pendiente media en la zona de superficies inclinadas mayores o iguales a 30%. La montaña media incluye espacios ubicados altitudinalmente desde los 3300 msnm. Más, bioclimáticamente en la montaña media tienen su mayor expresión los pisos andinos y subandinos. Su límite inferior limita hasta los escarpes fundamentales que separan las cordilleras de las depresiones interandinas y periféricas. La característica esencial de la montaña media es su modelado de disección profunda en el que la red de drenaje jerarquizada ha tallado tipos encañonados (Sangal-Chicchi), razón por la que las vertientes han estado en retroceso desde el comienzo de la última orogenia. La disección y el retroceso de las vertientes que implican un aumento en las depresiones interandinas que están asociados a la presencia de anticlinales y sinclinales de los afloramientos geológicos ubicados

dentro de la cadena de la cordillera occidental, proceso que se asume ocurrió durante el levantamiento de los andes en sudamérica (orogenia andina). Sobre esta unidad se desarrollaron los denominados valles interandinos, que muestran un cierto grado de control estructural, litológico y el ciclo geomorfológico de los valles predominantes. Los rasgos morfoestructurales (plegamientos) como el resultado de las características geológicas, en donde la actividad volcánica del Neógeno y los fenómenos glaciares, fluviales han influenciado notablemente en el relieve actual (denudación); en general, la zona se encuentra dominada por un paisaje interandino alto con un relieve característico montañoso (Plano geomorfológico 03).



Figura 19. Unidad geomorfológica de montaña, ubicada en los márgenes del río Chonta



Figura 20. Geoforma de montaña, ubicado en la margen izquierda del río Grande

3.14.2 COLINAS (co)

Elevación del terreno que en general no supera los 100 m. Desde la base hasta la cima; caracterizado por formas subredondeados, ligeramente elongados sinuosos, con crestas convexas contorneadas. La forma redondeada de algunas colinas obedece a movimientos de difusión del suelo y a rocas del substrato que envuelven a las colinas, en un proceso denominado meteorización, reptación, erosión en su modelamiento, con drenaje radial a subparalelo.

En la zona se tienen grandes áreas de diferentes tamaños y formas, los mismos se encuentran desde las cotas 2950 a 3965 msnm. Aproximadamente y con pendientes que van desde 16-30% siendo inclinados a moderadamente empinados; la forma del relieve es predominante en las rocas volcánicas, de forma convexo (aborregado Figura 21) y en menor proporción sobre las rocas sedimentarias de calizas caracterizadas por los afloramientos escarpados; teniendo su emplazamiento preponderante en las margenes de los Ríos: Azufre, Quinuario y el río Grande de Combayo en dirección preponderante NNE-SSW, plano geomorfológico 03.



Figura 21. Unidad geomorfológica de colinas, de forma convexa (aborregada), ubicada en la zona de Combayo; emplazados sobre rocas volcánicas.

3.14.3 LADERAS (la)

El estudio de su forma, significado y evolución constituye una de las materias básicas de la geomorfología (Douglas 1977).

Una ladera implica un declive, dichos desplazamientos ocurren a favor del sentido de la pendiente a causa de la acción de la fuerza por gravedad, los cuales están constituidos por numerosas superficies de erosión bordeando al dominio de las montañas, colinas y depresiones (quebradas -barrancos); poseen diversas extensiones con pendientes que van desde 8-16%. Los fenómenos que se presentan son a menudo deslizamientos y desprendimientos en su mayoría a las rocas volcánicas y en menor equilibrio a las rocas sedimentarias calcáreas.

La mayor parte de la superficie terrestre está formada por laderas (Young 1972). En la zona se pueden distinguir gran número de laderas altas emplazados por la erosión y meteorización de las rocas volcánicas de flujos piroclásticos, laderas de reposo controlados por el ángulo en las rocas de calizas y subsecuentemente en sedimentos recientes no consolidado del

cuaternario coluvios glaciar –aluvial y fluvial; por la evidencia de mayor erosión de fondo con respecto al lateral de rocas escarpadas y plegadas en rocas sedimentarias y volcánicas. El drenaje predominante es del tipo paralelo-subparalelo a dendrítico que caracteriza a la microcuenca, plano geomorfológico 03.



Figura 22. Laderas en la margen derecha del río Grande de Combayo



Figura 23. Laderas en ambos márgenes del río Quinuario

3.14.4 TERRAZAS (te)

Son plataformas que se forman en orillas de los valles producto de sedimentos de un río que se depositan a los lados del cauce en las zonas donde la pendiente es ligeramente inclinada.

Las zonas de superficies llanas, bajas y estrechas formadas por depósitos coluvio -aluviales y fluviales; constituidos por arenas, limo -arcillosos caracterizados por sedimentos Cuaternarios

recientes, formados por los fragmentos que son arrastrados por los ríos y depositados en miles de años; formándose en la zona de estudio diversas extensiones con pendientes subhorizontales a ligeramente inclinados desde 0-8%, emplazados en los márgenes terminales de los ríos Azufre, Quinuario, Yanatotora y el río Grande de Combayo, plano geomorfológico 03.



Figura 24. Terrazas en la unión del río Azufre y río Grande de Combayo.

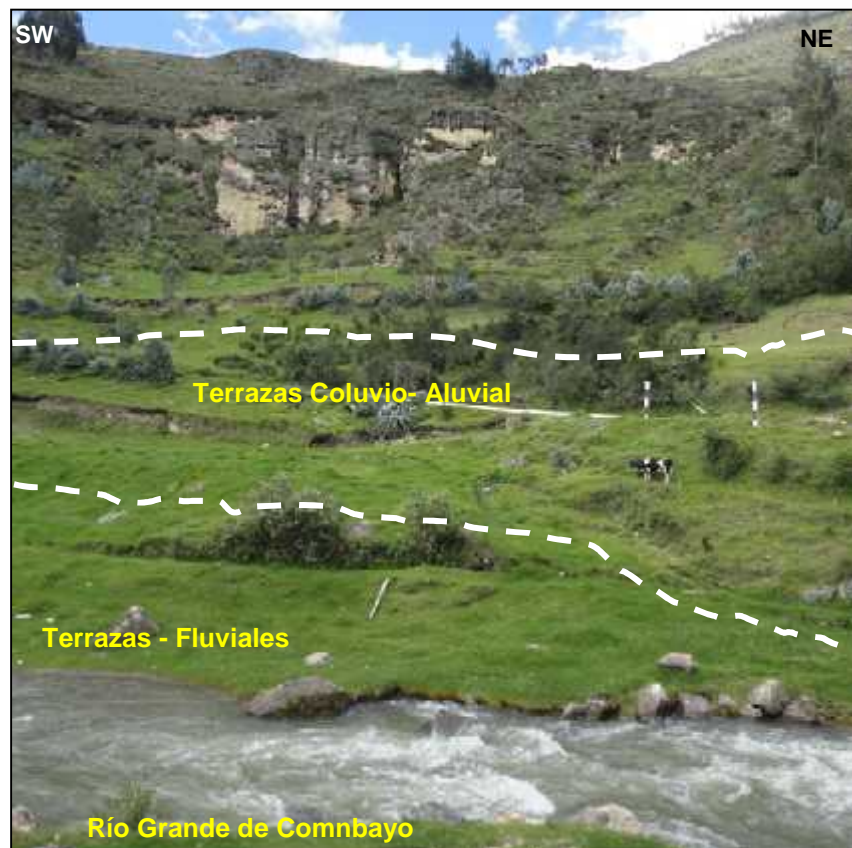


Figura 25. Terrazas coluvio -aluviales y fluviales, en la margen derecha del río Grande de Combayo.

3.15 DETERMINACIÓN DEL CICLO GEOMORFOLÓGICO

En la evolución de las formas del relieve terrestre se conocen numerosas velocidades de erosión, la profundidad resulta de un balance entre la intensidad de la meteorización y la erosión superficial; el cual está íntimamente relacionada con la topografía, los mismos difieren según la litología y el clima (Douglas 1969). El estudio de los ciclos o procesos geomorfológicos de los valles tanto en el campo y laboratorio, requieren de técnicas estadísticas que permiten elaborar adecuadamente los datos obtenidos. Es predominante la presencia de valles juveniles, maduros y seniles.

Jonson (1932) el cual le asigna 5% del total de ciclo a juventud, 25% a la madurez y 70% a la senectud. Los cuales están en constante actividad de socavamiento y modelamiento en la configuración del paisaje actual.

Tabla 10. Clasificación de formas del valle de acuerdo a la cota y pendiente, para la zona de estudio.

Desarrollo del ciclo	Elevación en (msnm.)	Rango de Pendientes	
		°Sexagecimal	%
<i>Juvenil</i>	3,225- 3,675	25-85	> 47
<i>Maduro</i>	3,075- 3,225	10-25	18-47
<i>Senil</i>	2,925- 3,075	0-10	0-18

Fuente. Douglas (1969) modificado

3.15.1 Valles Juveniles.

Paisajes en la etapa juvenil es típicamente montañoso, de grandes desniveles, de vertientes escarpadas y con causes estrechos en forma de cuello. El encajamiento es dominante y laderas, los ríos van encajando, pero quedando restos del paisaje inicial. Se caracterizan por presentar un perfil transversal en "V" cerrada; los cuales están ubicados en las colinas y laderas por flancos fuertemente empinados mayores a 47% e incluso verticales, hasta formar taludes estables en función a su litología, pendiente y clima con marcada irregularidad teniendo un control litoestructural.

En la zona de estudio, se distinguen valles juveniles en las nacientes de los ríos Azufre, Quinuario, Yanatatora y río Grande de Combayo.



Figura 26. Valle juvenil al norte del Centro Poblado de Combayo



Figura 27. Valles juveniles en la margen derecha del río Grande de Combayo

3.15.2 Valles Maduros.

Un valle en la etapa de madurez sigue siendo montañosos y laderas de vertientes menos inclinados, sus cauces han desarrollado un lecho de inundación amplio y llano; los ríos ya no presentan saltos escarpados rápidos como en la etapa juvenil.

El encajamiento, erosión y sedimentación están equilibrados, la red fluvial jerarquiza las zonas de la llanura en su trayecto, los valles se han ido ensanchando y la red fluvial, se encuentran muy bien desarrolladas. Se caracterizan por presentar un perfil transversal en “V” abierta; la sedimentación y depositación forman las terrazas altas y laderas bajas con flancos suavemente inclinados de 18-47%, los cuales forman taludes estables en función a la litología, pendiente, clima y altitud.



Figura 28. Valle maduro (V abierta) en el río Grande de Combayo parte baja.

3.15.3 Valles Seniles.

Un paisaje en la etapa de vejez o senil, se ha reducido intensamente, los ríos discurren por valles mucho más amplios y las antiguas montañas se han convertido en colinas de poco desnivel; se dice

entonces que un paisaje ha alcanzado el estadio de la peniplanicie, es decir, un paisaje de topografía suavemente ondulada.

La erosión es menor que la sedimentación, la cubierta coluvio-aluvial y fluvial son predominantes. Las pendientes de los valles se reducen considerablemente, la topografía es suave teniendo formas de penillanuras, meandriformes, anastomozados con características del tipo fluvial con pocos desniveles.

Presentando un perfil transversal "U" abierta; los cuales están ubicados generalmente en las terrazas bajas y paisajes con muy suave inclinación desde 0-18% de pendiente, constituyendo elongadas formas meandriformes en función a la litología, clima y altitud; los cuales en la zona de estudio se ubican principalmente en los drenajes terminales de los ríos Azufre, Quinuario, Yanatotora, Chonta y el río Grande de Combayo, Figuras 29 -30.



Figura 29. Valle antiguo (colmatado), en paleosuelo sobre rocas volcánicas erosionadas ubicado el SE. del Centro Poblado de Combayo



Figura 30. Valle antiguo de forma U abierta, sobre rocas volcánicas erosionadas en el cauce del río Azufre parte baja

3.16 HIDROLOGÍA DE LAS MICROCUENCAS

La red hidrográfica en la zona de estudio se cataloga de acuerdo a la zonificación dentro de un contexto regional y local; los cuales están emplazados sobre rocas sedimentarias del Sistema Cretácea y rocas Volcánicas del Paleógeno – Neógeno; siendo perturbados por la tectónica andina, permitiendo así zonas de debilidad (pliegues, fallas, fracturas) ubicados sobre las rocas sedimentarias de calizas, facies volcánicas de flujos piroclásticos, intrusivos dioríticos y sedimentos detríticos no consolidados coluvios glacial –aluvial y fluviales del Cuaternario; la clasificación y descripción hidrográfica es de la siguiente cualidad, plano hidrológico 05.

3.16.1 SUBCUENCA DEL RÍO CHONTA

La hoya hidrográfica de la zona drena por un único sistema de drenaje natural; es decir, sus aguas van al mar a través de un único río; una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea imaginaria que traza la separación entre dos vertientes o cuencas fluviales limítrofes de las cumbres, también llamada divisoria de aguas (divortium aquarium). La Cuenca corresponde al río Crisnejas y subcuenca del río Chonta; El uso de los recursos naturales se regula administrativamente por la autoridad nacional del agua (ANA) separando el territorio por cuencas hidrográficas como unidad de gestión territorial, plano delimitación de microcuencas 04.

3.16.2 DETERMINACIÓN DE LAS MICROCUENCAS

La zona de estudio corresponde a la cuenca del río Crisnejas, subcuenca de río Chonta, las microcuencas de los ríos Quinuario, Azufre, Yanatatora, río Grande de Combayo (Tabla 11 y plano hidrológico 05).

La cuenca hidrológica corresponde a la región VI del Marañón y sus aguas drenan al océano atlántico. El patrón formado por la red de drenaje es del tipo dendrítico a subparalelo, en función a la litología y pendiente predominante; al mismo tiempo la dirección está registrada a los controles morfoestructurales regionales (Figuras 69 -70).

Tabla 11. Clasificación hidrográfica en microcuencas de la zona en estudio

Cuenca	Subcuenca	Microcuencas	Áreas Has.	Longitud Km.	Pendiente promedio %
Río Crisnejas	Río Chonta	Río Quinuario	5370.9	37.1	52
		Río Azufre	8283.5	46.5	62
		Río Grande de Combayo	11365.3	70.2	66
		Río Yanatatora	2990.7	25.0	48

Fuente: Subcuencas Mashcón y Chonta (2010), modificado

Una cuenca hidrográfica y cuenca hidrológica se diferencian en que la cuenca hidrográfica se refiere exclusivamente a las aguas superficiales, mientras que la cuenca hidrológica incluye las aguas subterráneas (acuíferos).

- a. **Micro cuenca del Río Quinuario.** Tiene una dirección E-W con longitud de 9500m; se caracteriza por situarse en rocas volcánicas, los cuales han formado valles juveniles a viejos, con pendientes que varían desde subhorizontales de terrazas, hasta laderas con pendientes de 18%.
- b. **Micro cuenca del Río Azufre.** Tiene una dirección N-S con longitud de 1200 m; se caracteriza por emplazarse en rocas volcánicas, que han formado valles desde juveniles a viejos con pendiente de 15% promedio.
- c. **Micro cuenca del Río Grande de Combayo.** Se caracteriza por la red de drenaje principal, el mismo, controla la subcuenca y las microcuencas adyacentes; el factor morfoestructural y litológico es preponderante en la zona de estudio. La dirección que recorre es de SW -SE, con una longitud de 6,500 m.; de pendientes suaves a moderados que en algunos tramos se han labrado a lo largo de las estructuras de plegamientos al sinclinal Sangal y anticlinal de Yanatatora, teniendo un control estructural en representación paralelo y transversal, con pendiente promedio de 66%, con la unión del río Azufre toma el nombre de río Chonta; el patrón general de la red de drenaje es del tipo dendrítico a subparalelo, quedando determinado desde los 2900 hasta 3300 msnm. de altitud.
- d. **Micro cuenca del Río Yanatatora.** Por la confluencia de las quebradas de Sangal, Yerba buena y el Redondo. Con recorrido paralelo al río Grande de Combayo con dirección de NE -SW. Con pendientes suaves a moderados, discurre en valle juvenil a maduro desde las zonas altas naciente, hasta las más bajas en confluencia con el río Chonta, con una red de drenaje del tipo subparalelo a dendrítico y una longitud de 2500 m; caracterizándose por situarse en rocas sedimentarias carbonatadas con

pendiente promedio de 48% (Planos: delimitación de microcuencas 04 e hidrológico 05, Figura 70).

3.17 CONTEXTO GEOLÓGICO LOCAL

Geológicamente la zona de estudio se localiza rodeada de rocas sedimentarias del Sistema Cretáceo y rocas Volcánicas del Neógeno; los mismos han sido afectados por la tectónica andina con dirección predominante NW-SE; permitiendo así zonas de debilidad en donde se formaron pliegues de anticlinales y sinclinales, falla tipo inversa, fracturamientos y diaclasamientos.

Las rocas sedimentarias de calizas del sistema Crétaceo superior son predominantes, suprayacen facies Volcánicas de Huambos constituídos por flujos piroclásticos en su mayoría, así mismo, las rocas intrusivas en forma de domos, diques y sills que han perturbado las diferentes zonas con digitaciones de apófisis, tanto a las rocas volcánicas sedimentarias y en menor proporción afloran sedimentos detríticos recientes no consolidados del Cuaternario (Planos geológico 01 y geológico base 08). Para mejor comprensión y entendimiento se detallan cada uno de ellos:

3.17.1 Estratigrafía y Sedimentología.

En la zona de estudio afloran calizas que representan a las Formaciones Pariatambo, Yumagual, Quilquiñan –Mujarrun, Cajamarca y Celendín; así como las rocas del Volcánico Huambos y sedimentos recientes no consolidados del Cuaternario; las características se describen en orden de depositación en el tiempo geocronológico (Columna Estratigráfica 07).

3.17.2 Grupo Crisnejas

) Formación Pariatambo (Ki- pa):

Esta unidad fue inicialmente estudiada por Laugulin (1925) en el área de estudio aflora en alternancia rítmica (estratificación delgada) de calizas bituminosas y lutitas con horizontes de chert hacia el techo, de coloración gris oscuros a negruzco, habitualmente su espesor oscila

entre los 150 a 200 m. La Formación Pariatambo yace concordantemente sobre la Formación Chulec e infrayace con suave discordancia a la Formación Yumagual, observables en la zona de El Porvenir en el camino de herradura, hallándose en estructura de anticlinal muy disturbado en contacto discordante angular erosiva a las rocas Volcánicas Huambos (Figura 31).

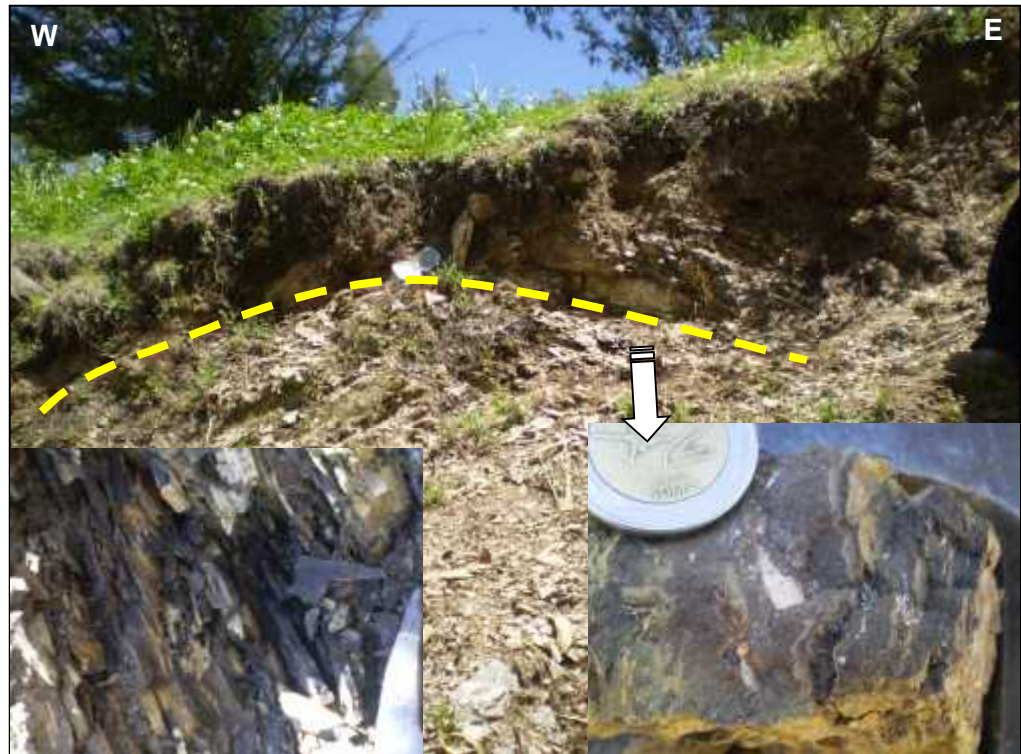


Figura 31. Rocas sedimentarias de calizas con estratificación delgada, bituminosas y muy perturbadas en el anticlinal de Combayo- Yanatotora en la Fm. Pariatambo.

3.17.3 Grupo Pullucana

) Formación Yumagual: (Ks- yu):

Constituido por una secuencia cíclica ascendente de calizas nodulares, margas y horizontes de limolitas-lutitas; de color gris pardusca en bancos más o menos uniformes. Se diferencia una zona intermedia de calizas y lutitas margosas amarillentas en bancos calcáreos con presencia de fósiles como pelicipodos, turrítellas y microfósiles de esparitas -micritas, conformando escarpas elongadas debido a la dureza uniforme resistentes a la erosión en los afloramientos.

La Formación Yumagual infrayace en discordancia angular erosiva a los Volcánico Huambos (Facies -1); en la Figura 32 se aprecia el afloramiento en el flanco derecho de la quebrada del río Grande de Combayo, con dirección al NE de la zona de estudio, el cual tiene un sobresaliente afloramiento expuesto.



Figura 32. Contacto en discordancia angular erosiva entre la Fm. Yumagual y el Volcánico Huambos (facie-1)

3.17.4 Grupo Quilquiñan- Mujarrúm

) Formación Quilquiñan Mujarrúm: (Ks-qm):

Tafur (1950) reconoció con el nombre de Formación Mujarrúm y Quilquiñán a dos unidades consecutivas, integradas dentro del Grupo Pulluicana y Otuzco respectivamente; luego, Benavides (1956) diferencia en la Formación Mujarrúm a los miembros Choro y Culebra y eleva a la categoría de Grupo a la Formación Quilquiñán.

En el presente estudio se considera como una sola unidad litoestratigráfica, de Formación Quilquiñán y Mujarrúm, al no

diferenciarse en los afloramientos expuestos en la zona de estudio. En conjunto, alcanza un espesor de más o menos 500 m. En algunos tramos se encuentran como calizas nodulares y una intercalación de margas y lutitas (Figura 33).

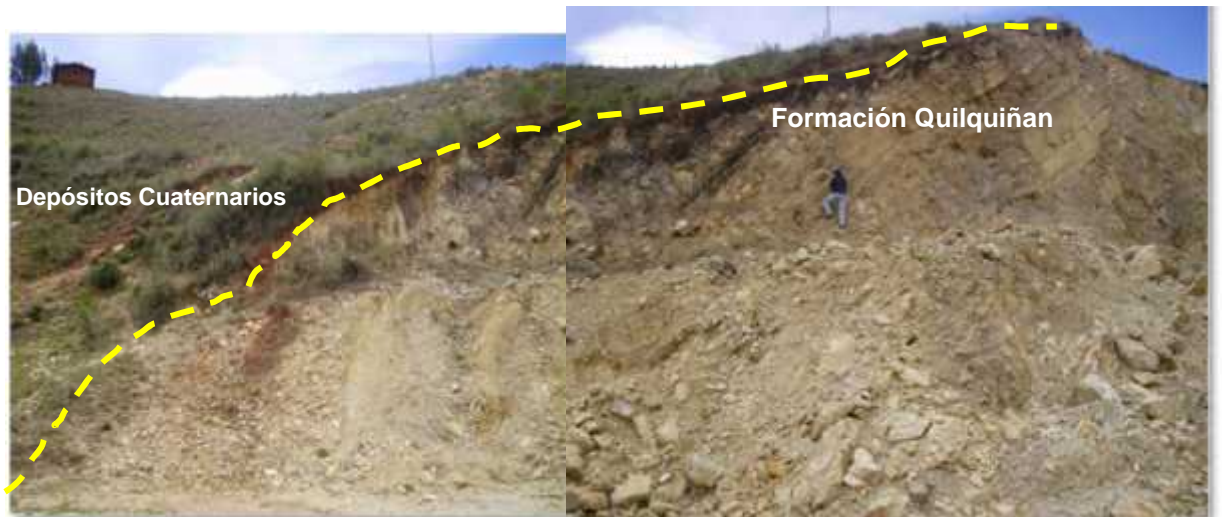


Figura 33. Formación Quilquiñan, contacto discordante entre los depósitos Cuaternarios coluvio -glaciar.

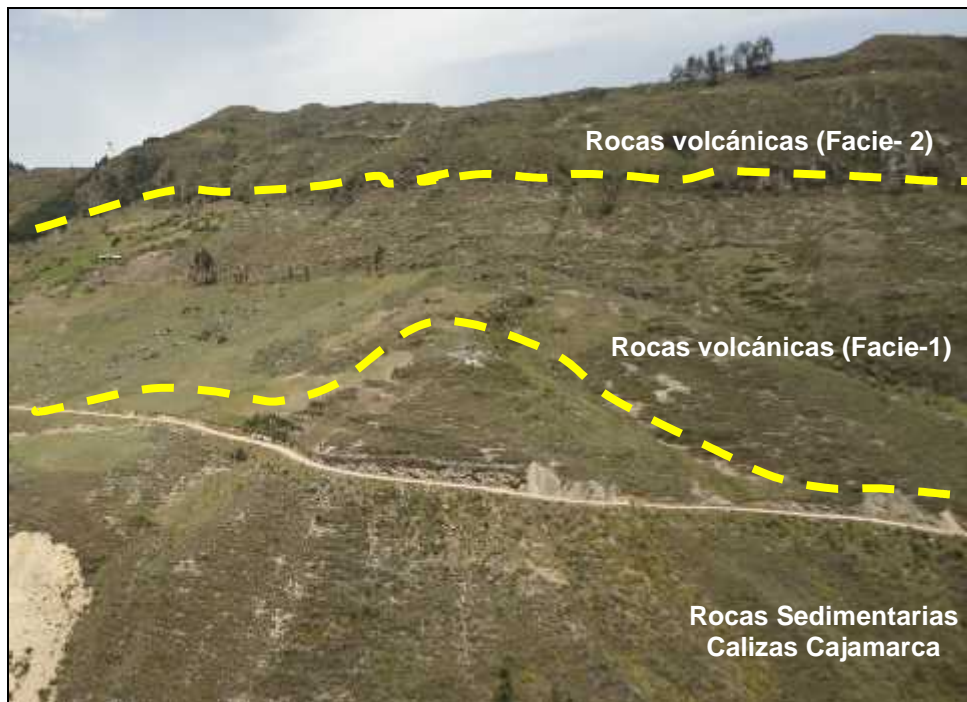


Figura 34. Contacto entre la Fm. Cajamarca y las facies 1-2 del Volcánico Huambos, contacto en discordancia angular erosiva rellenando la topografía pre-existente.

3.17.5 Formación Cajamarca: (Ks- ca):

Denominado por Benavides (1956) en la Cuenca Occidental tiene una litología bastante uniforme de caliza de grano fino, pura y micrítica de

color gris claro y estratificación muy gruesa a mediana, predomina áreas de caliza fina y pura que prácticamente constituye una caliza fitográfica (mucktone).

Las secuencias calcáreas del Cretáceo superior que más destacan topográficamente, por su homogeneidad litológica y ocurrencia en bancos gruesos y macisos, cuyos afloramientos exhiben una topografía kárstica con fuertes pendientes y en muchos casos laderas de taludes inaccesibles.

Generalmente consiste en calizas gris claras a oscuras y macizas, con delgados horizontes de lutitas y margas. Esta unidad yace concordantemente a la Formación Quilquiñan –Mujarrun; subyace a la Formación Celendín.

Observación: Litológicamente se caracteriza por calizas macizas en bancos de alto grosor y coloración gris clara a pardusco, en los afloramientos se pueden distinguir lapiaces dolinas proceso inicial que dan origen a la karstificación, el cual se evidencia en la siguiente Figura 35.

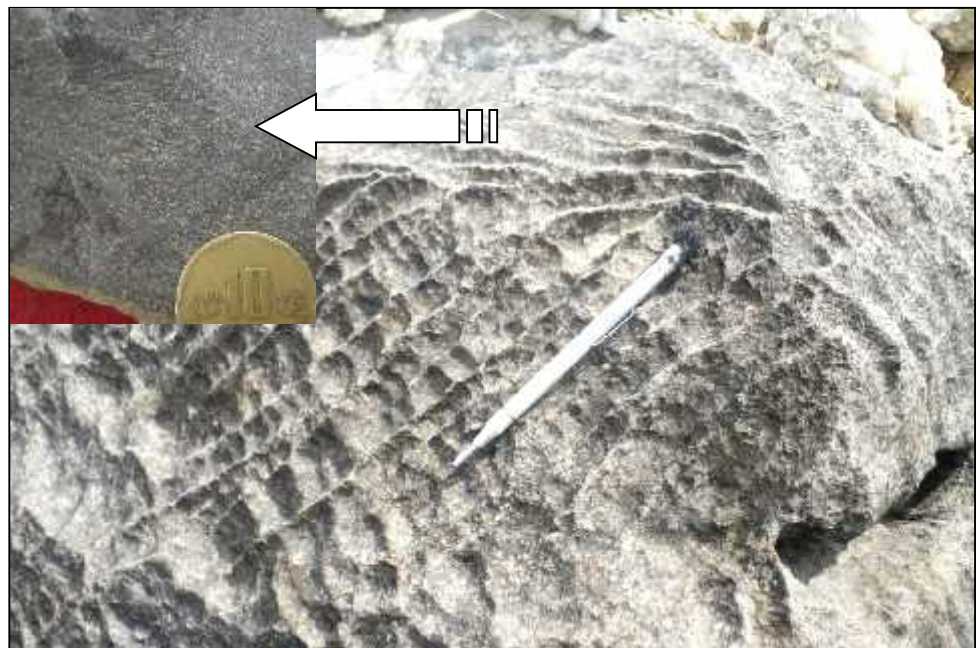


Figura 35. Caliza masiva de la Fm. Cajamarca, en bancos de espesor potente con proceso de karstificación

3.17.6 FORMACIÓN CELENDÍN (Ks -ce)

Suprayace concordantemente a la Formación Cajamarca e infrayace a los depósitos continentales molásicos de la Formación Chota, consiste

en intercalación de limolitas, lutitas, margas y calizas delgadas de color gris claro, amarillento o crema por el intemperismo expuesto; es considerado muy fosilífera en moluscos, gasterópodos, equinodios y entre otros; esta Formación se ubica hacia el SE. En la quebrada Sangal.

Edad y Correlación

Edad: Cenoniano – Santoniano Inferior.

Ambiente: Batial –Nerítico Distal, por el registro de los fósiles hallados.

Litología: Calizas, margas, lutitas y limolitas gris amarillentas, con espesores variables de más o menos de 119 m.

3.17.7 ESTRATIGRAFÍA VOLCÁNICA

Suprayacen a las unidades litoestratigráficas sedimentarias del Cretáceo superior calcáreas en contacto discordante erosivo angular, por facies de flujos piroclásticos volcánicos de carácter efusivo y explosivo, asociado al control predominante estructural y litológico. Así mismo, se encuentran cuerpos intrusivos y sills con edades que van desde el Sistema Cretáceo superior al Cenozoico Neógeno; estos cuerpos fragmentan en varias zonas a la secuencia estratigráfica sedimentaria y son implicados en la alteración y mineralización hidrotermal en muchos yacimientos de la Cordillera de los Andes peruanos del norte.

3.17.7.1 Volcánico Huambos:

Nombre dado por Wilson a los depósitos subhorizontales de lavas andesíticas y tobas traquíticas de color blanco amarillento que afloran típicamente en el pueblo del mismo nombre y fuera del área en estudio (entre Santa Cruz y Cutervo). Estos mismos afloran dentro del área, en los sectores norte y noreste del distrito de Cajamarca, cobijando en discordancia angular erosiva a los sedimentos calcáreos del Cretáceo y al Volcánico San Pablo. Su relación superior no es notoria, pero existe una discordancia entre estos y los depósitos morrénicos y fluvioglaciares.

Los afloramientos se encuentran rellenando depresiones o superficies antiguas (paleosuelo), de formas sinuosas, mostrando una erosión de

aspecto irregular. Las tobas traquiandesíticas tienen una textura porfirítica y están compuestas por abundante plagioclasa (oligoclasa), hornblenda, biotita, apatito, dickita y minerales opacos. También contienen fragmentos líticos de volcánicos preexistentes (zenolitos).

Observación: Con el cartografiado geológico se han identificado un total de cuatro facies volcánicas, pertenecientes al Volcánico Huambos pudiendo diferenciarse por sus características litológicas, en superposición de facies y textura volcano-sedimentaria, para mejor alcance se describen cada una de las facies distinguidos en el campo propiamente dicho (insitu).

FACIE -1:

Ubicado después de la discordancia angular erosiva compuesta por avalanchas de escombros en bloques polilíticos de 1-60 cm, inicio de flujos piroclásticos; teniendo como mineral principal el predominio de feldespato potásico la sanidina (equivalente volcánico de ortoza) y cuarzo, con litofacie masiva inequigranular gradada con clastos soportados en una matriz silíceo, además estructuras de fiamas presenta en núcleos de pómez esporádicos.

Suprayace en discordancia angular al basamento Cretáceo a los estratos de calizas con intercalación de lutitas, como litología en las Formaciones Yumagual y Pariatambo (Figuras 31-32). La base de secuencias Volcánicas es flujo de escombros, bloques y ceniza con contenido de fragmentos líticos andesíticos porfiríticos, con fenocristales de plagioclasas y anfíbol; también se evidencian lahares cuyos clastos son subredondeados a irregulares. Estos clastos tienen 5 cm. de diámetro. Sobreyacen a los depósitos de flujos piroclásticos de pómez y cenizas con fragmentos líticos lávicos porfiríticos y clastos sedimentarios (calcareos) de color gris violáceo, con tamaños centimétricos, conforman un espesor global de 50 m. Estas rocas son probablemente del Sistema Neógeno de edad Mioceno -medio con 13.8 a 12.4 MA. (Longo 2001).

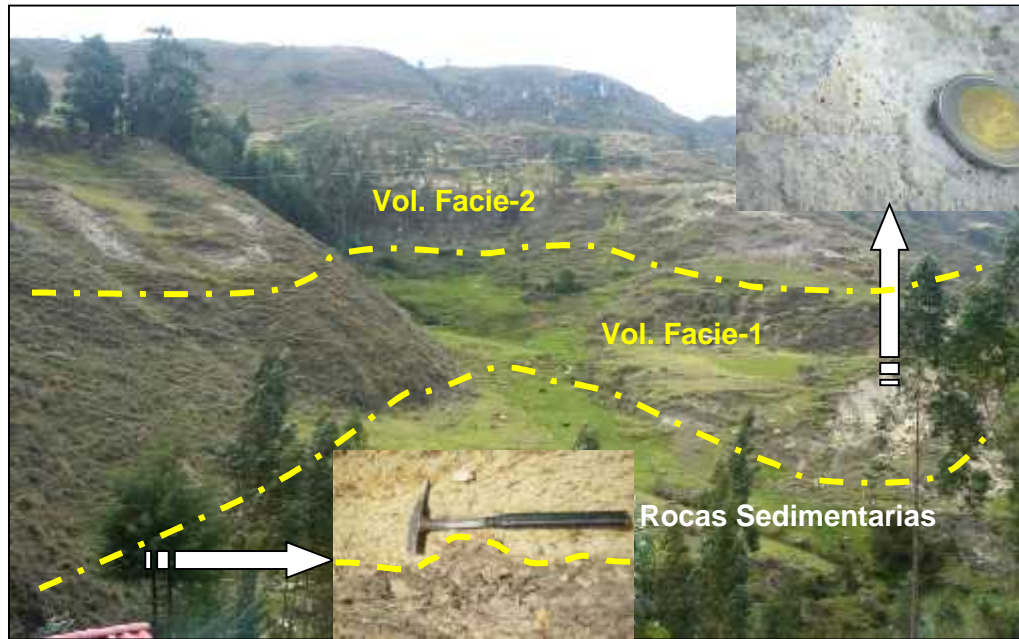


Figura 36. Volcánico Huambos, donde se observa dos facies, en la parte inferior afloran las rocas sedimentarias en discordancia angular erosiva.

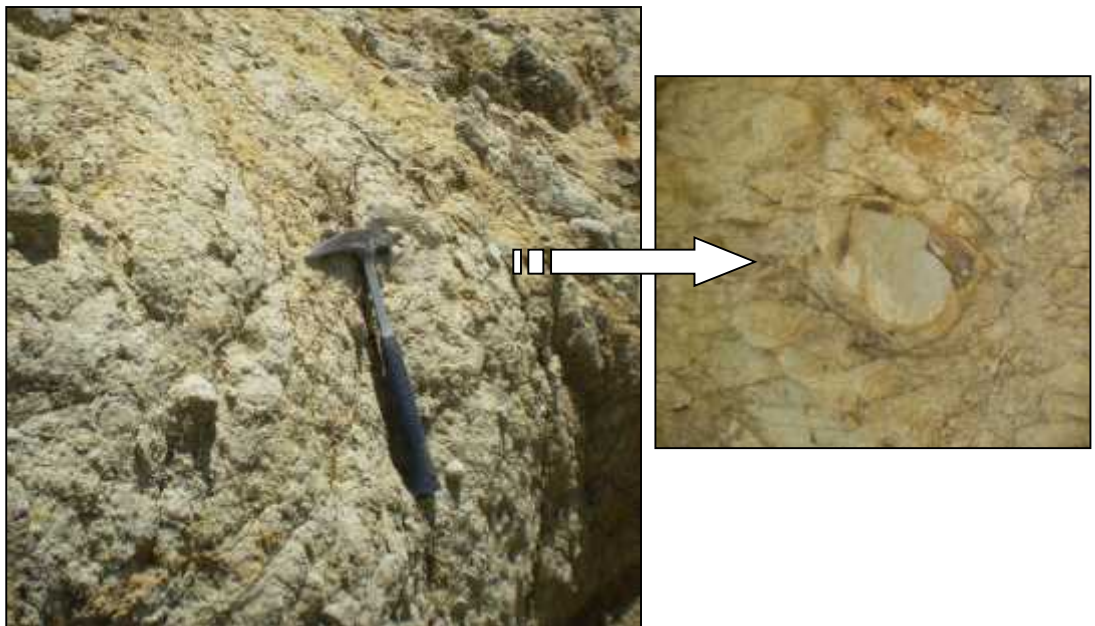


Figura 37. Flujos piroclásticos de bloques y cenizas, de coloración gris a marrón, que contienen fragmentos polilíticos en una matriz silíceo corresponde a la Facie -1.

FACIE -2:

Esta facie suprayace en concordancia y litológicamente se diferencian por el contenido de mica en la variedad de flogopita cristalizada, en disconformidad a la facie 1; litológicamente está constituido por flujos piroclásticos de pómez y ceniza gris amarillento con cristales de plagioclasas, biotita y escaso cuarzo. Los fragmentos líticos de pómez con textura porfirítica, muestra alteración argílica y débil propilítización, con estructura tipo stockwork y óxidos de hierro en los alrededores de las Ventanillas de Combayo. Esta unidad ha sido denominado miembro Fraylones (Turner 1997), presenta estructura columnar como característica de erosión, con una edad de 12.4 a 9.9 MA. (Longo 2001).

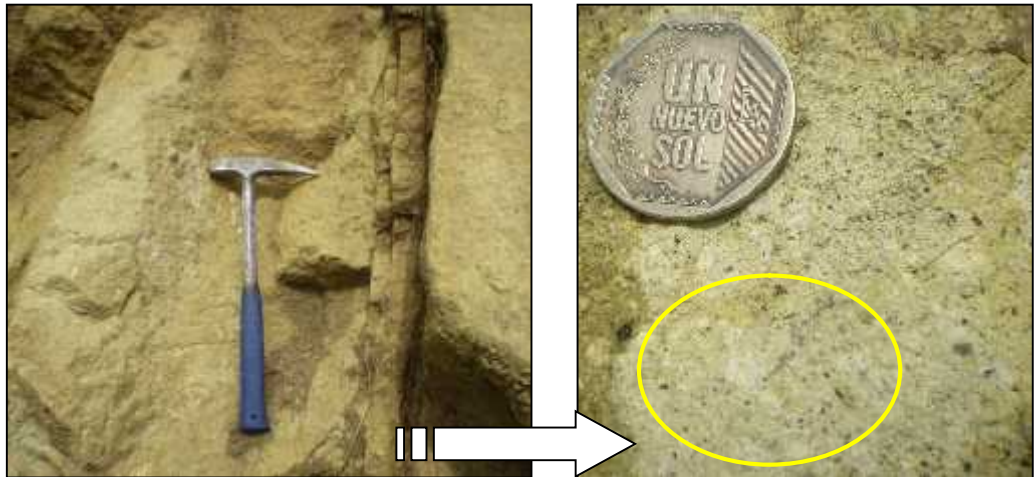


Figura 38. Flujos piroclásticos de pómez y cenizas en la facie -2, que caracteriza del aumento en fenocristales de pómez y disminución de fragmentos líticos; diferenciándose por su coloración gris en fractura fresca e intemperizada, caracterizado por meteorización en disyunción columnar.

FACIE -3:

Se presentan avalanchas de escombros poco compactos en algunas zonas, con mineralización secundaria de flogopita alterada, limolita y cuarzo, cuyas litofacies son masivas inequigranulares soportados en una matriz silíceo medianamente compactados.

Suprayace en paraconformidad a la facie 2; depósitos de flujos con pómez y cenizas, gris blanquecino a beige, con cristales de plagioclasas, anfíbol y biotita, pómez densas de tamaño centímetros, fragmentos líticos gris amarillentos con cristales de plagioclasas y óxidos de hierro; suprayace por depósitos de flujos tobas y cenizas, gris blanquecino. También se denominada toba de Otuzco, localmente presenta alteración argílico avanzado en las zonas adyacentes al Centro Poblado de Combayo. Se evidencia por secuencia de tobas hornbléndica con biotita, los cuales pertenecen a una edad de 9.9 - 8.2 MA. (Longo 2001).



Figura 39. Flujos de avalancha de tobas y cenizas, con micas de flogopita, biotita y sanidina, textura polilítica de tobas traquiandesitas en facie- 3 del Volcánico Huambos.

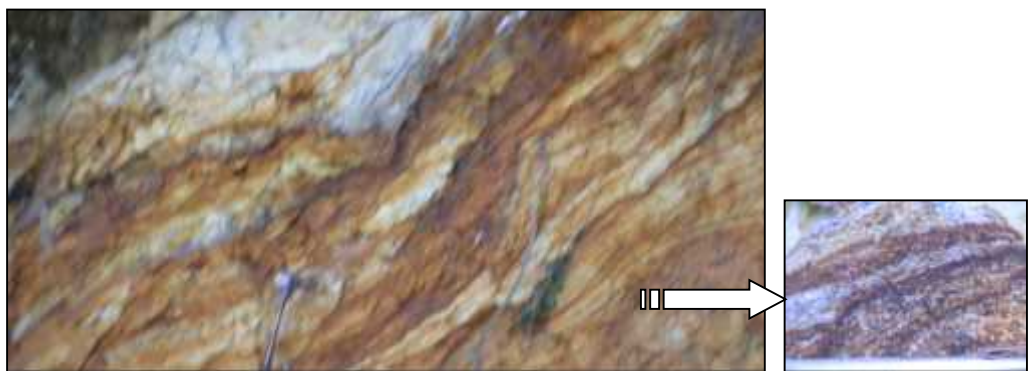
FACIE -4:

Suprayace en disconformidad erosiva a la facie-3 y las características litológicas, se diferencian por presentar flujos de avalanchas de escombros, constituidos por fragmentos líticos y bloques de caídas; en

este evento volcánico se evidencia en dos sub eventos, los cuales se clasifican como sub-evento A; cuya mineralización es de pómez, sanidina y esmectita; siendo su litofacies masiva, inequigranular y clastos soportados en una matriz silíceea. Sub-evento B; con mineralización de sanidina, flogopita, venillas de limonitas; cuyas litofacies presentan una estratificación gradada directa con matriz silíceea (ácida). Se considera un facie tardío, con mineralización de hornblenda y brechas de composición ácida por el contenido de cuarzo. También se encuentran brechas dacíticas constituidas por bloques de tobas envueltos por una matriz de similar composición (monolítica). En la mayoría de los casos, estos bloques volcánicos se encuentran estratificados sobreyaciendo en capas medianas a gruesas. Las rocas volcánicas incluyen diques de tobas líticas y de lavas monolítica; las características petrográficas de esta facie corresponden a una edad de 8.2 MA. (Noble 1989).



Figura 40. Flujos de avalanchas con escombros, constituidos por fragmentos líticos y bloques por caídas de rocas masiva inequigranular; clastos soportados en una matriz polilítica que caracteriza la Facie- 4 sub evento A.



B

Figura 41. Flujos de avalanchas constituidos por fragmentos líticos y mineralizados con flogopita, vetillas de limonita en una matriz polilítica que caracteriza la Facie- 4 sub evento B.

3.17.8 Rocas Intrusivas.

Como rocas intrusivas que han modificado a la secuencia sedimentaria y a facies volcánicas; en forma de domos, diques y sills de la misma composición entre diorítas a granodiorítas; que fueron perturbados de las Formaciones Pariatambo, Yumagual y Quilquiñan; que afloran en el área de estudio, los cuales corresponden a una edad de 43.6 a 20.8 MA. (Aliaga 2012) en algunas zonas han generando un leve metamorfismo a las rocas calcáreas marmolizándolos en contacto extensivo incipiente, así como se aprecia el la Figura 42.

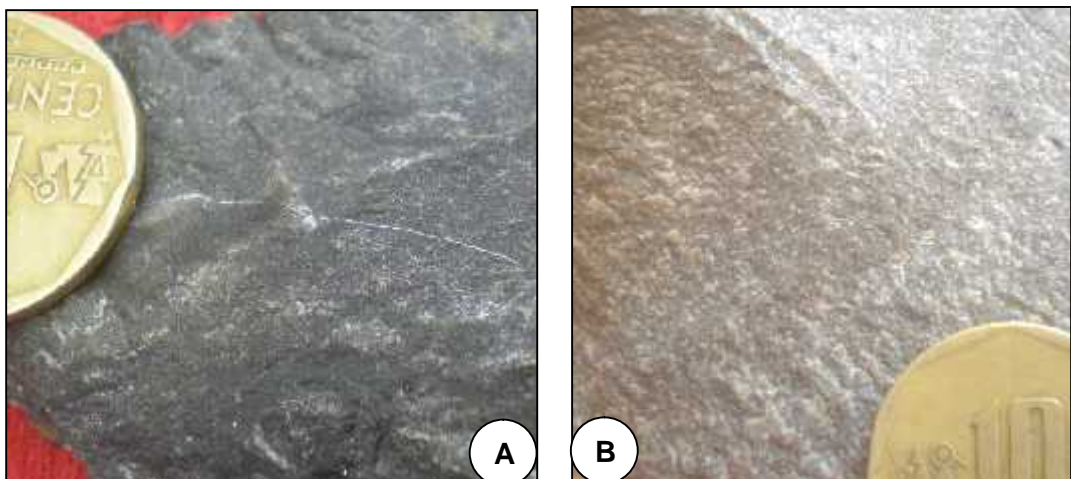


Figura 42. Caliza gris oscura de grano fino con venilla de calcita **A**, Caliza marmolizada incipiente de color gris clara **B**

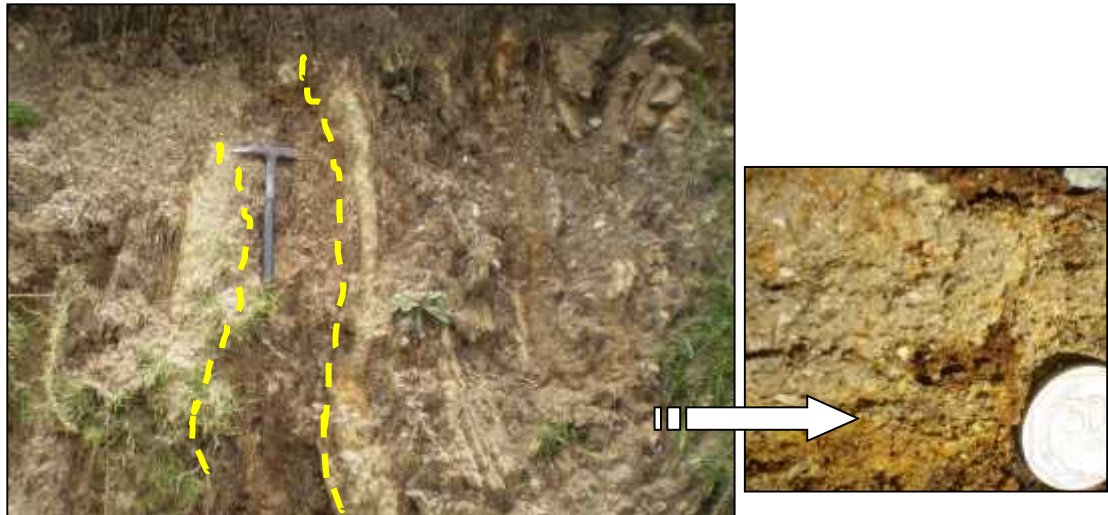


Figura 43. Afloramiento de dique (diorita alterada) de textura porfírica con oxidación en vetillas de limonita, ubicado en el Caserío del El Porvenir (Combayo).



Figura 44. Sills constituidos por dioritas con alteración propilítica y mineralizados con pirita, caracterizado por el paralelismo y concordancia al estrato de las rocas calcáreas adyacentes.

) Brecha hidrotermal (intrusiva).

Al noroeste de la zona de estudio se sitúa brecha tipo hidrotermal con dirección de NE-SW, constituidos por fragmentos de diorita y granodiorita, se caracteriza por presentar clastos angulosos a subredondeados con alteración argílica por las intrusiones relacionados a un sistema de intrusiones porfíricos, los clastos



varian desde 5-30 cm. de diámetro. La matriz de textura fina; intersecta casi verticalmente a las rocas sedimentarias del Cretáceo y Volcánico Huambos (Aliaga 2012).

En la zona de estudio afloran cuerpos intrusivos de composición diorítica a granodiorita porfíricos. Se emplazan instruyendo a los Volcánicos Huambos (Porculla) con alteración argílica y débil propilitización; en varias zonas presentan brechas tipo hidrotermal, pero no llegan a seccionar los derrames andesíticos más jóvenes. Estos cuerpos tienen una edad (por datación K/Ar) de 9.9 ± 0.05 MA. Por lo que se le asigna una edad del Neógeno (Turner 1996). Plano geológico 01 y Figuras 45 -46.



Figura 45. Hacia el W de Combayo, Afloramiento de brecha intrusiva, con clastos subredondeados de composición diorítica a granodiorítica con leve alteración potásica.



Figura 46. Afloramiento de roca intrusiva tipo domo, de composición granodiorítica, cortando casi perpendicular a las rocas sedimentarias calcáreas del Sistema Cretácea.

3.17.9 DEPÓSITOS CUATERNARIOS RECIENTES:

Son característicamente importantes los depósitos Cuaternarios recientes fluviales, glaciares y coluviales; los cuales afloran en forma conjugada en la zona de estudio, poseen un espesor variable desde 0.20 a 6.0m. aproximadamente dependiendo de la ubicación desde las zonas altas de menor espesor y en la partes bajas de mayor espesor; los cuales están sujetos a la erosión y depositación compuestos principalmente por cantos rodados, arenas, limos, arcillas de las rocas calcáreas en la zona SE. Y rocas volcánicas al SW -NW (Plano geológico 01 y Figuras 47 al 50).

-) **Depositos Tipo Coluvio –Glaciar.-** Posiblemente estos depósitos han ocurrido en el pleistoceno, por una fuerte glaciación que han sido erosionados dando lugar a los depósitos de gravas, morrenas coluviales ubicados al N. de la zona en estudio constituidos por conglomerados, gravas, arenas, limo arcillosos; con una matriz muy heterogenea de los clastos angulosos de composición polilítica (Plano Geológico 01).

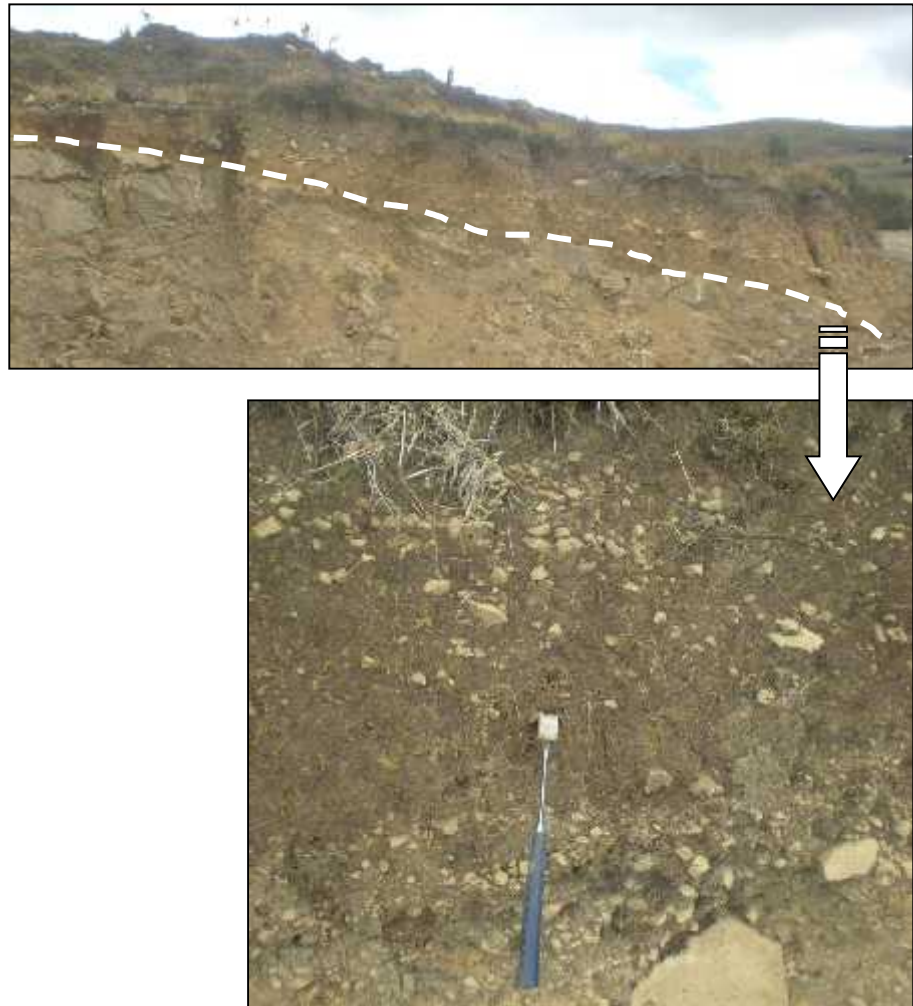


Figura 47. Depósitos Cuaternarios coluvio- glacial ubicado al N. de Combayo.

-) **Depósitos de Tipo Coluvio -Aluvial.-** localizadas en los cortes de las carreteras Sangal –Combayo, estos depósitos recientes poseen una composición variada de clastos polilíticos con tonalidad pardo amarillenta, debido a la presencia de hematita (minerales Fe -Mg), lo cual al hidratarse se convierten en limonitas por la erosión superficial de las laderas y colinas, permaneciendo por la compactación y endurecimiento con matriz y cemento limo -arcillosos calcáreos, producto de la descomposición de plagioclasas de las rocas volcánicas y carbonatos de calcio en las rocas sedimentarias, los cuales se han depositado en las depresiones pre-existentes.

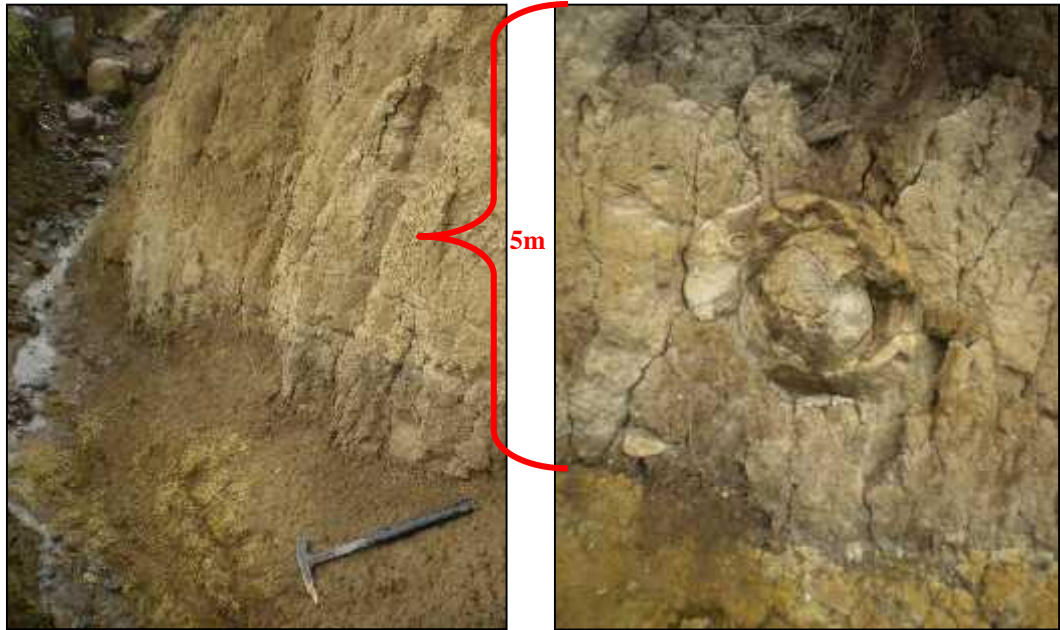


Figura 48. Depósitos tipo Coluvio –Aluvial constituido por limo arcillas, polilítico con un espesor 5 m. Ubicado en el corte de la carretera Combayo – trayecto al Proyecto Conga.

) **Depósitos Tipo Fluviales.-** Que se encuentran en las partes negativas siguiendo la geomorfología de los valles y emplazándose hacia los márgenes de los ríos Grande, Chonta, Quinuario, Azufre, Yanatotorá y las quebradas Hierbabuena, Vizcacha y Sangal. Constituido litológicamente por bloques, cantos rodados, gravas, guijarros, arenas y limo arcillas; de acuerdo a la pendiente encontrados en su trayecto como terrazas hacia los márgenes de los valles y de poca extensión horizontal.

Son sedimentos transportados y depositados por el agua en los paleocauces, su tamaño varía desde la arcilla (mm.) hasta las gravas gruesas, cantos y bloques (cm). Estos depósitos cuaternarios están situados en las riveras de los ríos en las partes más bajas de mayor predominancia y espesor de los valles formando las denominadas terrazas (Planos Geológico 01, Geomorfológico 03 y Figuras 49 -50).



Figura 49. Depósitos Cuaternarios tipo Fluvial constituido por gravas y arenas ubicado el Porvenir Combayo.



Figura 50. Sedimentos Cuaternario tipo Fluvial constituido por Cantos rodados, gravas y arenas, ubicado el río Grande de Combayo.

CAPÍTULO IV

RESUTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados y análisis en datos de los planos topográficos, geológicos, regiones naturales, geomorfológico, hidrológico, pendientes, columna estratigráfica y perfiles geológicos a escala local; las cuales fueron georeferenciadas, cartografiados y contorneados en el trabajo de campo (Planos 01 -09).

Estratigráficamente se encuentran las Formaciones del Cretáceo inferior – superior, como las Formaciones Pariatambo de edad Albiano del Cretáceo inferior, Yumagual de edad Albiano -Cenomaniano, Quilquiñan Mujarrun de edad Cenomaniano -Turoniano, Cajamarca de edad Turoniano y Celendín de edad Coniaciano -Santoniano del Cretáceo superior constituídos por rocas calcáreas; también se identificaron para las rocas Volcánicas Huambos cuatro facies de flujos piroclásticos de piedra pomes y avalanchas, de edad Mioceno y los sedimentos recientes del Cuaternario en coluvios -glaciar, aluvial y fluvial (Plano Columna Estratigráfica- 07).

Se distinguen dos tipos de climas región Quechua templado y Suni o Jalca templado –frio; el primero se presenta en la unidad geomorfológica de montaña, partes altas de las microcuencas del río Grande de Combayo y al Noroeste de la microcuenca del río Azufre; donde los vientos resultantes son del valle Chonta, los cuales enfrían las cumbres (montañas) de manera perdurable y el clima templado se evidencia en las microcuencas río Quinuario, Yanatatora por la consistencia red de drenaje tipo dendrítico y a subparalelo con cotas desde 3500 a 4100 msnm. que incluye a las microcuencas de río Grande de Combayo y río Azufre partes bajas; en donde el desarrollo de la flora y fauna se diferencian de manera marcada en las microcuencas en función a su altitud y geomorfología; por ejemplo haciendo una comparación del ichu que predomina en las partes altas con pendientes altas sin necesidad de mucha agua, pero el eucalipto por el

contrario crece en las zonas templadas, en las partes bajas y medias de las microcuencas y con disposición de aguas subterráneas (Tabla 6 y Planos 02, 03 y 06).

Como unidades geomorfológicas se categorizaron e identificaron cuatro principales y generales las montañas (>30%), colinas (16-30%), laderas (8-16%) y terrazas (0-8%), en función a las cotas absolutas y pendientes (Tablas 9 -10 y Plano geomorfológico 03). La red de drenaje en el contexto de los procesos de meteorización y el ciclo o proceso geomorfológico de los valles es predominante de acuerdo a la erosión, pendiente y litología (geomorfología); valles seniles ± 70 , maduros $\pm 25\%$ y juveniles $\pm 5\%$ (Jonson 1932), los mismos están en constante actividad de socavamiento y modelamiento en la configuración del paisaje actual; tienen una disposición del tipo dendrítico a subparalelo, se van modificando y cambiando en función al clima y tiempos geo-cronoestratigráficos (Tabla 10 y Planos 04, 05)

Las regiones naturales o pisos altitudinales es muy marcada por la variación de altitud y clasificación en la región Cajamarca, de acuerdo a la clasificación de las regiones naturales por Javier Pulgar Vidal, posee cinco regiones naturales o microclimas que varían según la altura de cota absoluta sobre el nivel del mar. En la zona de estudio se pudieron diferenciar dos regiones bien marcadas, el de Quechua y Suni o Jalca de acuerdo a la variación de sus altitudes (Tabla 6 y Plano 02).

La red hidrográfica se relaciona de acuerdo a la zonificación dentro de un contexto regional y local; los cuales están emplazados sobre rocas sedimentarias del Sistema Cretáceo y rocas Volcánicas del Neógeno; los cuales han sido modificados por la tectónica andina, permitiendo así zonas de debilidad (fallas, pliegues, fracturas, diaclasas) la clasificación y descripción hidrográfica es de la siguiente cualidad; el valle hidrográfica drena por un único sistema de drenaje natural, es decir, sus aguas van al mar a través de un único río, delimitada por la línea imaginaria que traza la separación entre dos vertientes o cuencas fluviales limítrofes de

las cumbres, también llamada [divisoria de aguas](#) (divortium aquarum). El uso de los recursos naturales se regula administrativamente por la autoridad nacional del agua (ANA) separando el territorio por cuencas hidrográficas como unidad de gestión territorial.

La zona de estudio corresponde a la cuenca del río Crisnejas, subcuenca de río Chonta, las microcuencas de los ríos Quinuario, Azufre, Yanatatora, río Grande de Combayo (Plano 04). La cuenca hidrológica corresponde a la región VI del Marañón y sus aguas drenan al océano atlántico. El patrón formado por la red de drenaje es del tipo dendrítico a subparalelo, en función a la litología y pendiente predominante (Tabla 11 y Plano 05).

Para la evolución de las formas del relieve terrestre se conocen numerosas velocidades de erosión, la profundidad resulta de un balance entre la intensidad de la meteorización y la erosión superficial; lo cual está íntimamente relacionada con la topografía, los mismos difieren según la litología y clima. Es predominante la presencia de valles juveniles, maduros y colmatados (seniles); los cuales están en constante actividad de socavamiento y modelamiento en la configuración del paisaje actual.

Desde la edad Albiano, Cenomaniano, Turoniano, Coniaciano, Santoniano en rocas calcáreas; Mioceno en rocas volcánicas y del Holoceno reciente en sedimentos coluvios glacial -aluvial y fluvial (Plano Columna Estratigráfica 07). Habiendo transcurrido en el tiempo geológico desde ± 100 MA hasta ± 11 MA y de ± 2.5 MA hasta ± 0.01 MA respectivamente; haciendo una comparación con la columna estratigráfica de la Comisión Estratigráfica Internacional (ICS 2014).

Geológicamente los resultados obtenidos son bastante evidentes primero en rocas carbonatas con afloramientos que no se consideran en el plano geológico a escala regional del Ingemmet, las rocas Volcánicas se difieren por cuatro facies identificadas, los cuales han sido perturbados por los domos, diques y sills, no teniendo ninguna similitud con el plano base del Ingemmet y por último el cartografiado de los sedimentos recientes del Cuaternario coluvios glacial -aluvial y fluvial, los cuales no aparecen en

plano geológico del Ingemmet (Planos Geológicos 01- 08 y Perfiles Geológicos 09).

Los procesos endógenos y exógenos que han configurado el tipo de relieve en la Cordillera occidental de los Andes del norte y sus contrastes topográficos, que inicialmente ha sido afectado por el tectonismo de toda la zona y posteriormente por agentes endógenos por la actividad volcánica y exógenos por erosión denudación que son responsables del modelamiento del paisaje geomorfológico y la geología actual (Figura 51). Se identificaron cuatro unidades geomorfológicas, el paisaje de montaña emplazados en rocas ígneas de flujos piroclásticos y rocas sedimentarias de calizas plegadas en anticlinales y sinclinales como estructuras principales los cuales han sido perturbados por fallas (Figuras 68-69 y Perfiles Geológicos 09), apófisis de intrusiones y sills.

4.1 Evolución Geológica de Volcánico Formación Huambos.

La geodinámica interna sugerido para la zona de estudio se interpreta en base a las observaciones superficiales de campo, elaboración de sección geológica, columna estratigráfica durante las etapas de cartografiado y procesamientos de los datos, por lo que se bosqueja y describe el modelo de la evolución del Volcánico Huambos desde la génesis por la tectónica de placas produciéndose la subducción de la placa de Nazca Oceánica con la placa Continental en la parte norte del Perú, los cuales han generado la perturbación de los estratos calcáreos en discordancia angular erosiva por flujos piroclásticos, diques y sills; considerando el volcanismo del tipo explosivo estratovolcán por las características litológicas.

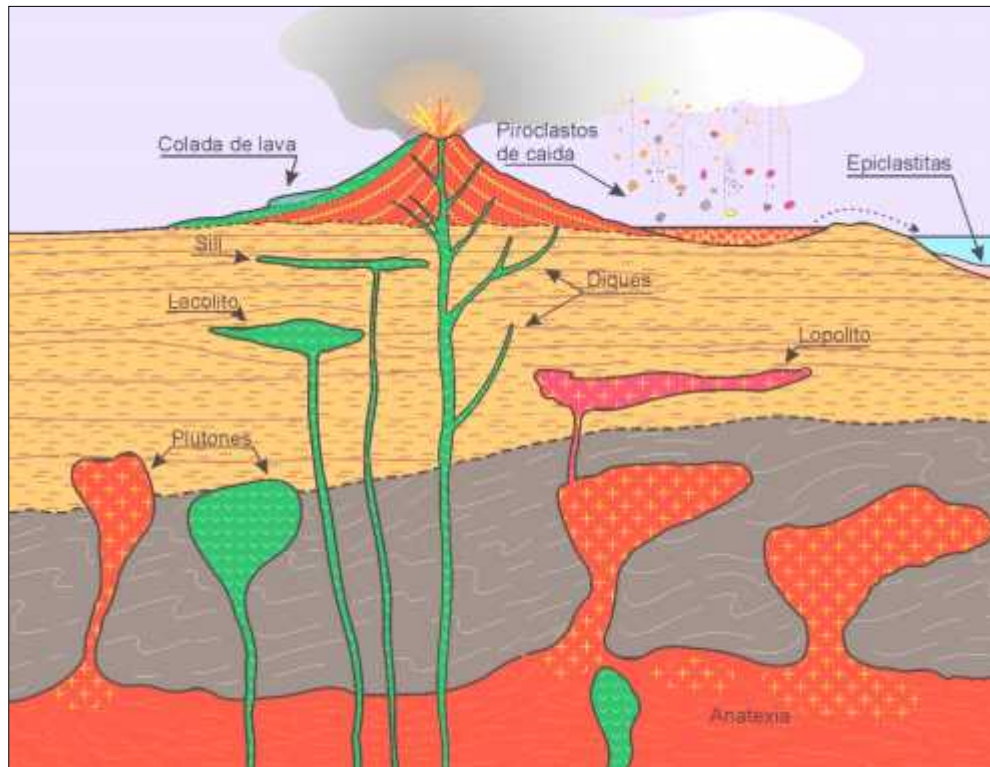


Figura 51. Evolución geológica (geodinámica interna) del Volcánico Huambos, en flujos piroclásticos, diques y sill; Propuesto para la zona de estudio.

4.2 PRIMER EVENTO: Magmatismo y volcanismo inicial Facie-1

Las fases tectónicas Inca y Quechua I (17– 8 MA) habrían afectado a toda la región, la cual está caracterizado por fallamientos normales generando estructuras como horts y grabens.

Este período tectónico habría también provocado el emplazamiento y erupción de flujos piroclásticos de edad mioceno. Potentes estratos de composición andesítica a dacítica fueron expulsados y depositados en forma de flujos y niveles piroclásticos, cuyos emplazamientos y distribución habría favorecido por el control estructural de rumbo andino y antiandino. Denominados bajo el nombre de Volcánico Huambos; por correlación litoestratigráfica, estos depósitos corresponderían a la extensión SW de la unidad andesita inferior y dacita. Del distrito minero de Yanacocha, los cuales abarcan una edad entre 13.76 a 8.9 MA. (Longo 2005). Por lo tanto, estas dataciones otorgan una edad perteneciente al Mioceno Medio; se grafica la ocurrencia en la siguiente Figura 52.



Figura 52. Magmatismo y vulcanismo inicial facie -1

4.3 SEGUNDO EVENTO: Erosión y emplazamiento Facie-2.

Después de la tectónica Quechua I, ocurrió un episodio de erosión del material acumulado, lo cual se demuestra por la presencia de potentes paquetes de depósitos de lahares ampliamente distribuida en el área, los mismos que sobreyacen con cierta discordancia la unidad de flujos piroclásticos. Estos depósitos se encuentran rellenando paleorelieves establecidas por la tectónica Quechua I. Esta unidad se le denomina como secuencia de lahares.

A esta erosión se produce un segundo emplazamiento volcánico posiblemente de centros eruptivos distales que consistió en flujos piroclásticos de pómez y ceniza, de color gris amarillentos con cristales de plagioclasas, anfíbol, biotita y cuarzo esporádico; se grafica la explicación en la Figura 53.



Figura 53. Erosión y emplazamiento de la facie -2

4.4 TERCER EVENTO: Volcanismo Dacítico Facie-3

Nuevamente se produce otra erosión del segundo evento. Así mismo, una reactivación tectónica, posiblemente correspondiente a la fase Quechua II de 8-7 MA. Habría provocado la expulsión de flujos piroclásticos, principalmente de composición dacítica, los cuales han sido depositados en forma de ignimbritas. Tobas y cenizas blanquecinas estos paquetes han sido denominados como la Toba Otuzco (Longo 2001). Sobreyacen con ligera discordancia al evento II; la explicación se plasma en la Figura 54.



Figura 54. Magmatismo y volcanismo dacítico facie -3

4.5 CUARTO EVENTO: Emplazamiento de domos Facie-4

Evento magmático tardío está caracterizado por explosión de brecha volcánica y derrames dacíticos tardíos; Asimismo, por una manifestación ígnea de carácter efusivo, que secciona a toda las litologías previas. Está emplazada en forma de domos y derrames de composición diorítica, andesítica y dacítica, cuyos ascensos y emplazamientos habrían sido favorecidos por los fallamientos, fracturamientos previos a tectónicas anteriores. En los márgenes de estos contactos se desarrollaron brechas freáticas e hidrotermales, producto del mecanismo de emplazamiento del domo. En forma casi simultánea o posterior, los fluidos hidrotermales aprovecharon los controles estructurales y litológicos como –tobas para salir y generar alteración con posible mineralización del tipo epitermal de alta sulfuración (Longo 2001) se grafica el evento en la Figura 55.

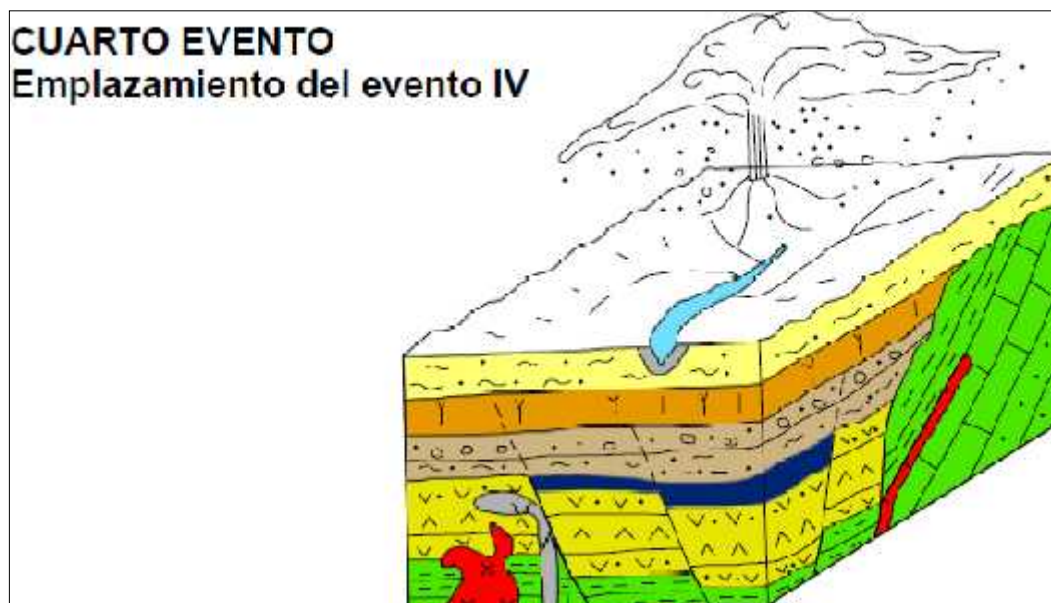


Figura 55. Emplazamiento de domos y sill en fallamientos y fracturas, facie -4

4.6 METEORIZACIÓN Y EROSIÓN: Cuaternario Reciente

Actualmente se originan la meteorización y erosión mediante procesos físicos y químicos de las rocas pre-existentes (constante) como geodinámica externa o denudación de las rocas sedimentarias calcáreas y rocas volcánicas de flujos piroclásticos y lahares, con mayor incidencia de las zonas altas montañas, laderas y colinas con pendientes moderadas a fuertemente inclinadas, los cuales rellenan las partes más bajas acumulándose en las terrazas y lechos de los valles; teniendo la configuración actual de la morfología, pisos altitudinales, topografía, hidrología de la zona de estudio, el modelamiento de ocurrencia se plasma en la Figura 56.



Figura 56. Meteorización y erosión de domos, brechas y sedimentos recientes
Fuente. Gallardo (2013)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

-) Son características geológicas del Centro Poblado de Combayo a partir de las variables como geología, geomorfología, red de drenaje y el tiempo geocronológico; teniendo como afloramientos rocas calcáreas desde el Cretáceo inferior- superior, rocas volcánicas de flujos piroclásticos del Neógeno y sedimentos recientes coluviales glacial – aluvial y fluvial del Cuaternario.
-) Las rocas calcáreas constituidos por las Formaciones Pariatambo, Yumahual, Quilquiñan -Mujarrun, Cajamarca, Cedendín con edades desde el Albiano hasta el Santoniano; las rocas volcánicas de la Formación Huambos identificados en cuatro facies, compuestos por flujos piroclásticos de roca pómez –cenizas y flujos de avalanchas.
-) Se identificaron cuatro unidades geomórfológicas en función a la ubicación de la altitud y pendiente, tales como: montañas, colinas, laderas y terrazas.
-) Como ciclos geomorfológicos se identificaron valles desde juveniles, maduros a seniles por su pendiente y extensión; los cuales, presentan sistemas de drenaje tipo dendrítico a sub paralelo, formados por el efecto erosivo en función a la litología, pendiente y geoformas.
-) El tiempo geocronológico con referencia a la Comisión Estratigráfica Internacional (ICS 2014) corresponden para las rocas calcáreas al Sistema Cretáceo inferior -superior con edades desde el Albiano ± 100.5 MA. hasta el Santoniano ± 83.6 MA; para las rocas Volcánicas, pertenecen al Sistema Neógeno de edad Mioceno con ± 13.82 -11.62 MA. y los sedimentos recientes al Sistema Cuaternario de edad Holoceno (antropógeno) ± 2.58 -0.011 MA.

) El proceso y génesis del Volcánico Huambos es por la tectónica de placas produciéndose la subducción de la placa de Nazca oceánica con la placa continental en la parte norte del Perú, los cuales han generado y perturbado los estratos calcáreos en discordancia angular erosiva por flujos piroclásticos, diques, domos y sills; considerando el volcanismo del tipo explosivo estratovolcán por las características litoestratigráficas.

5.2 RECOMENDACIONES

) Realizar estudios estratigráficos secuenciales en varias zonas comparándolos entre las rocas sedimentarias calcáreas y volcánicas, para conseguir el análisis de Cuencas Sediementarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benavides, V. 1955. Geología de la Región de Cajamarca, Bol. Soc. Geol. Perú, Tomo 30, Lima -Perú, 49-79p
- Benites, A. 1987. Curso de Geomorfología Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Perú. 76p.
- Chuquiruna, C. 2009. Caracterización Estratigráfica y Estructural de la Subcuenca Chonta Cajamarca; aplicaciones sig. Tesis profesional para optar el título profesional de ingeniero geólogo, UNC. 44p.
- Dávila, J. 2001. Diccionario Geológico En: ENGEMMET Lima – Perú. , 1005p.
- Davis, M. 1899. The geographical cycle. Geographical Journal, 504p
- Gallardo, E. 2013. Estratigrafía del Volcánico Huambos Facies Volcánicas y Volcanoclásticas en la Cuenca de Cajamarca, tesis profesional de ingeniero geólogo. Universidad Nacional Cajamarca. 94p
- Gómez, D. et al. (y otros) 2004. Introducción a la geología práctica. Ed. Ramón Areces, 151p.
- Gutierrez, M. 2008. Geomorfología editorial pearson educación S.A. Madrid. 898p.
- Huggett, R. 2007. Fundamentals of Geomorphology, Second Edition Edit Taylor & Francis, USA. and Canada. 483p.
- Jaillard, E. 1990. Evolución de la Margen Andina en el Norte del Perú desde el Aptiano superior hasta el Cenomaniano, Bol. Soc. Geológica del Perú, v. 81, 3 – 13p.
- Jaillard, E. 1992. La Fase Peruana (Cretáceo Superior) en la margen peruana, Bol. Soc. Geológica del Perú, v.83, 81 -87p.
- Jimans, R. 1999. Atlas Digital de los Recursos Naturales de Cajamarca. Departamento de Sistemas de Producción y Manejo de Recursos Naturales. Documento de Trabajo N° 2. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 57p.
- Lagos, M. et al. (y otros) 2006. Aportes al Análisis de Cuencas Sedimentarias en los alrededores de las localidades de los Baños

- del Inca, Cruz Blanca, Otuzco, Distrito de Cajamarca. XIII Congreso Peruano de Geología. Sociedad Geológica del Perú. 35p.
- León I. 1981. Antecedentes sedimentológicos del Jurásico Cretácico Inferior en la zona de Yura; Tesis Bach. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 91p.
- Longo T. 2002. Estudio de estratigrafía del distrito de Yanacocha, Conga y alrededores de Combayo, Otuzco y Porcón.
- Minera Yanacocha SRL. 2003. Estudio de Impacto Ambiental, Ampliación del Proyecto Carachugo MWH. Perú S.A. 54p.
- Moreno C. 1992. Fundamentos de Geomorfología 2da Edición, Editorial Trillas. México. 102p.
- ONERN. 1985. (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales) Los Recursos Naturales del Perú. 326p.
- Oviedo J. 2008. Geomorfología. Consultado 26 diciembre. 2014
Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos59/geomorfologia/geomorfologia.shtml>
- Palacios G. 1995. Estudio Geológico del Mesozoico en el Norte del Perú. Tesis de Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú
- Pulgar J. 1938. Las ocho regiones naturales del Perú. Consultado 28 febr. 2015
Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos81/ocho-regiones-naturales-peru/ocho-regiones-naturales-peru.shtml>
- Rivera I. 1980. Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, boletín número 31-INGEMMET Lima – Perú. 67p.
- Robert J. y Hijmans 1999. Atlas Digital de los Recursos Naturales de Cajamarca. Consultado 21 febr. 2015
Disponible en:
http://www.condesan.org/data/atlas_cajamarca/Clima.htm
- Tafur I. 1950. Nota preliminar de la Geología del valle de Cajamarca, Perú Tesis Doctoral Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Lima – Perú. 56p.

- Thornbury W. 1966. Principios de Geomorfología. Editorial Kapelusk. Buenos Aires. 643p.
- Turner S. 1996. Settings and styles of high – sulphidation gold deposits in the Cajamarca Region, Northern Perú.
- Wilson J. 1984. Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f) Sociedad geológica del Perú–Lima.

Lincografía:

Planos

- | | |
|---------------|--|
| Plano N° 01 : | Geológico, escala 1:12,000 |
| Plano N° 02 : | Regiones Naturales, escala 1:25,000 |
| Plano N° 03 : | Geomorfológico, escala 1:25,000 |
| Plano N° 04 : | Delimitación de Microcuencas, escala 1:100,000 |
| Plano N° 05 : | Hidrológico, escala 1:25,000 |
| Plano N° 06 : | Pendientes, escala 1:25,000 |
| Plano N° 07 : | Columna Estratigráfica (s/e) |
| Plano N° 08 : | Geológico Base (Ingemmet), escala 1:25,000 |
| Plano N° 09 : | Perfiles Geológicos, escala 1:20,000 |

A N E X O: Panel Fotográfico



Figura 57. Rocas sedimentarias calcáreas y flujos piroclásticos de pómez y cenizas en la facie-2, ubicado en corte de la carretera del Centro Poblado de Combayo.



Figura 58. Flujos piroclásticos de pómez y cenizas facie-2, afloramiento ubicado en el Centro Poblado de Combayo.

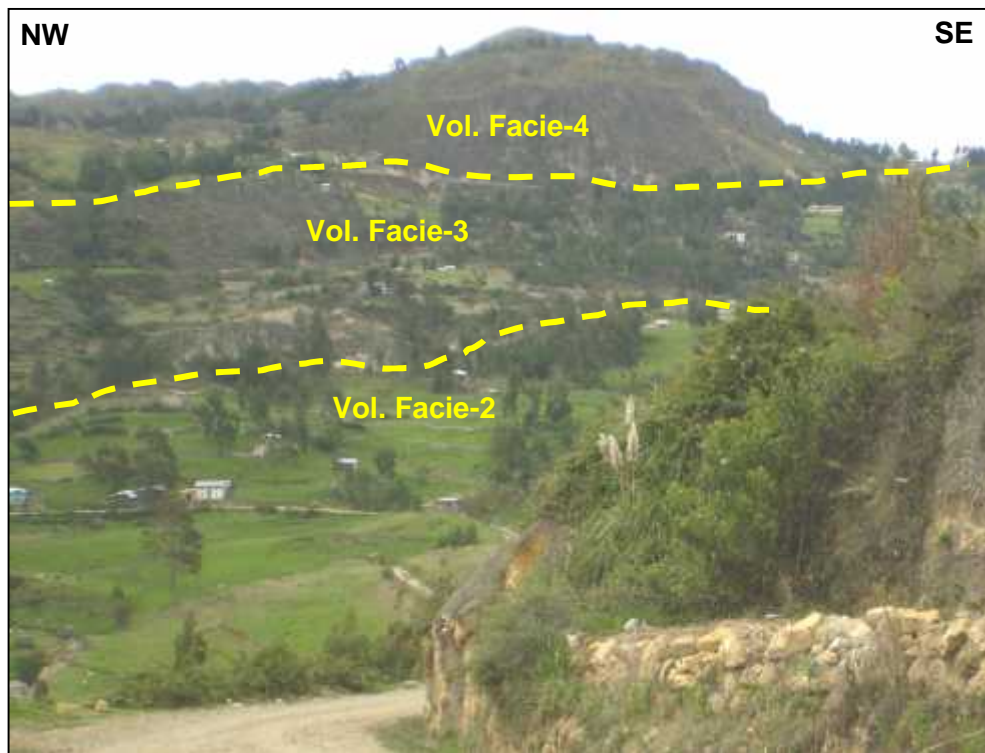


Figura 59. Afloramientos de las facies -2- 3 y 4, cerca a la ex-hacienda Santolalla ubicado al NE. del Centro Poblado de Combayo



Figura 60. Afloramiento de roca volcánica facies -2 ubicado en las ventanillas de Combayo (Centro Turístico).



Figura 61. Afloramiento de roca volcánica facies -2- ubicado en la ex-hacienda Santolalla del Centro Poblado de Combayo



Figura 62. Plaza de Armas del Centro Poblado de Combayo



Figura 63. Roca volcánica facies -2 ubicado al NW de la ex hacienda de Combayo



Figura 64. Iglesia de Combayo ubicado al lado NE de la plaza de Armas

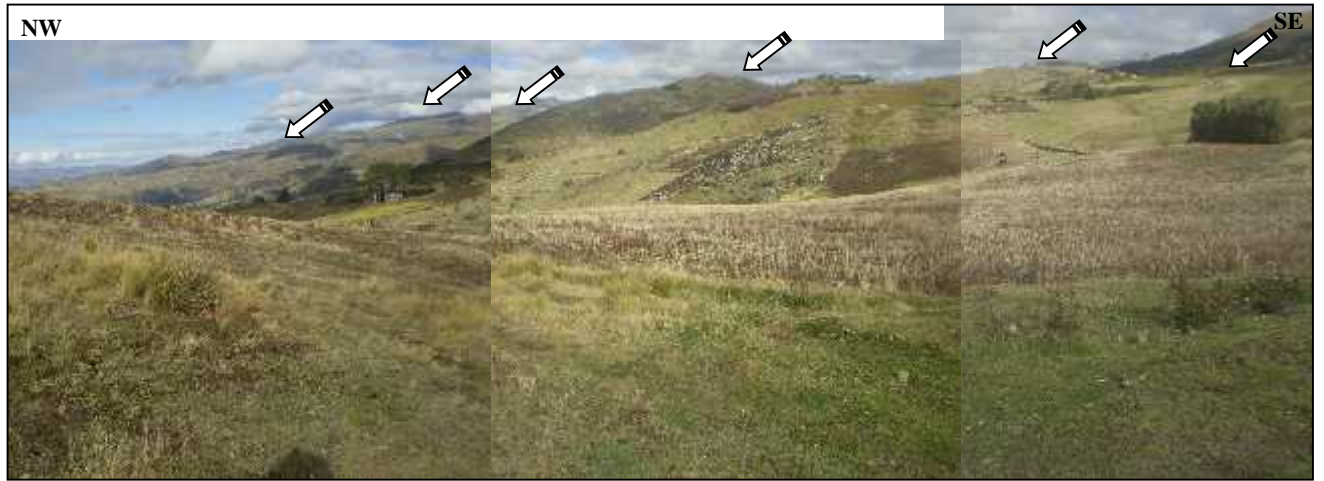


Figura 65. Unidad geomorfológica de colinas, forma convexa (aborregada), ubicado al margen derecho del río grande de Combayo; sobreyace en rocas volcánicas.



Figura 66. Contacto entre roca intrusiva e inconformidad de sedimentos recientes coluvio-glaciario ubicado al NE del Centro Poblado de Combayo zonas altas

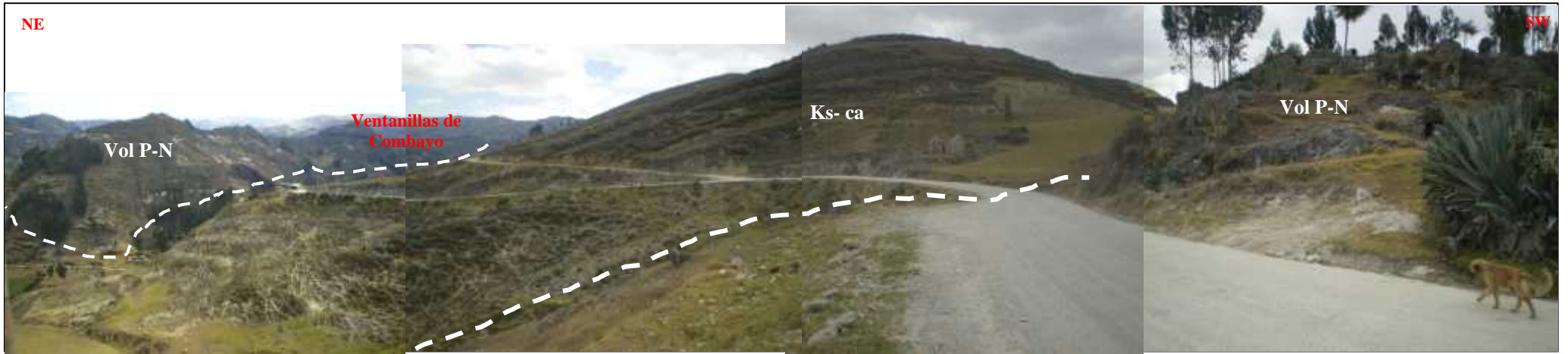


Figura 67. Afloramiento de rocas volcánicas facies -1, ubicado en la zona ventanillas de Combayo y tres Tingos

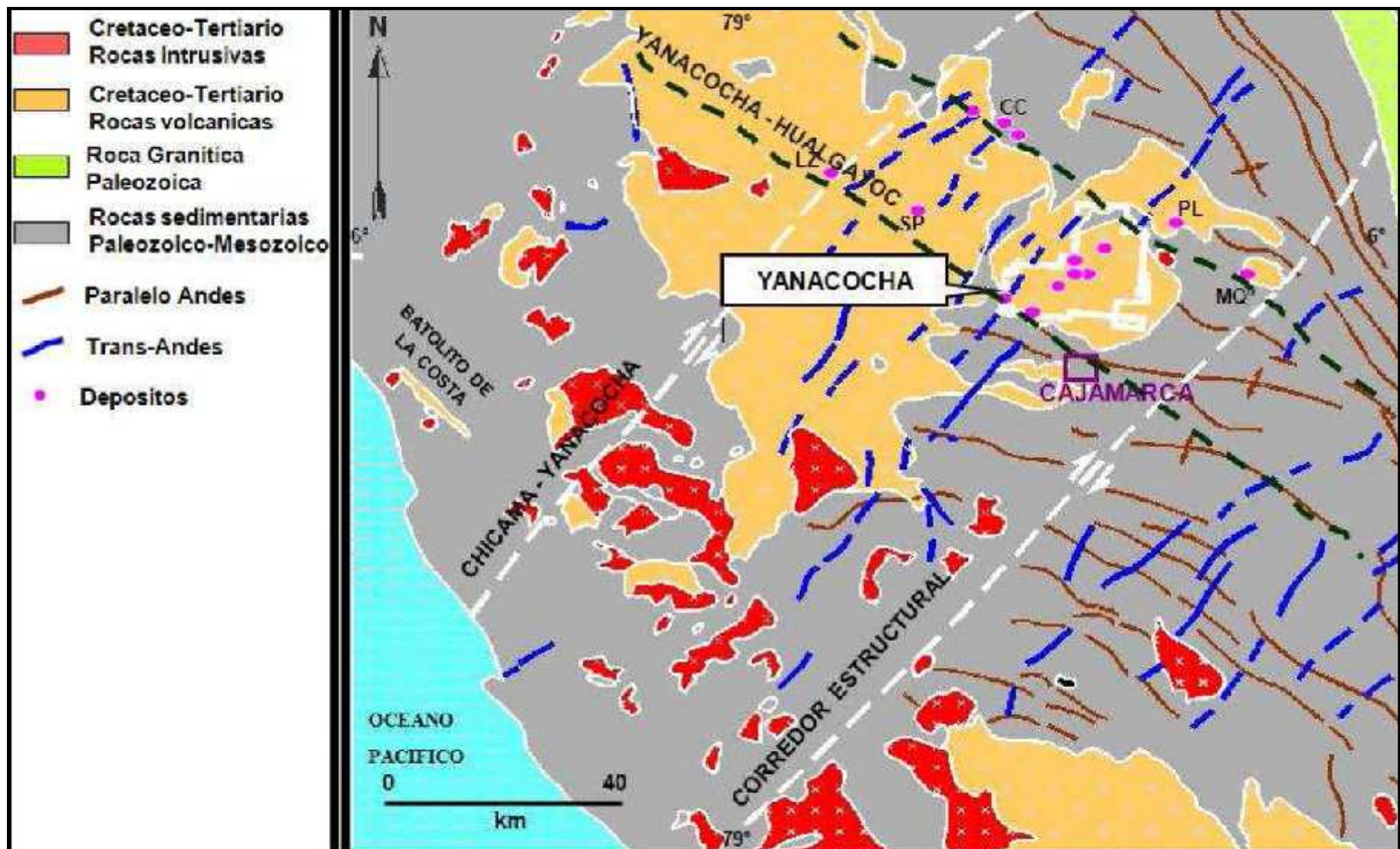


Figura 68. Mapa geológico regional, fallas de dirección andina y el corredor Chicama Yanacocha. (Fuente: MYSRL. Veliz y Teal, 2001)

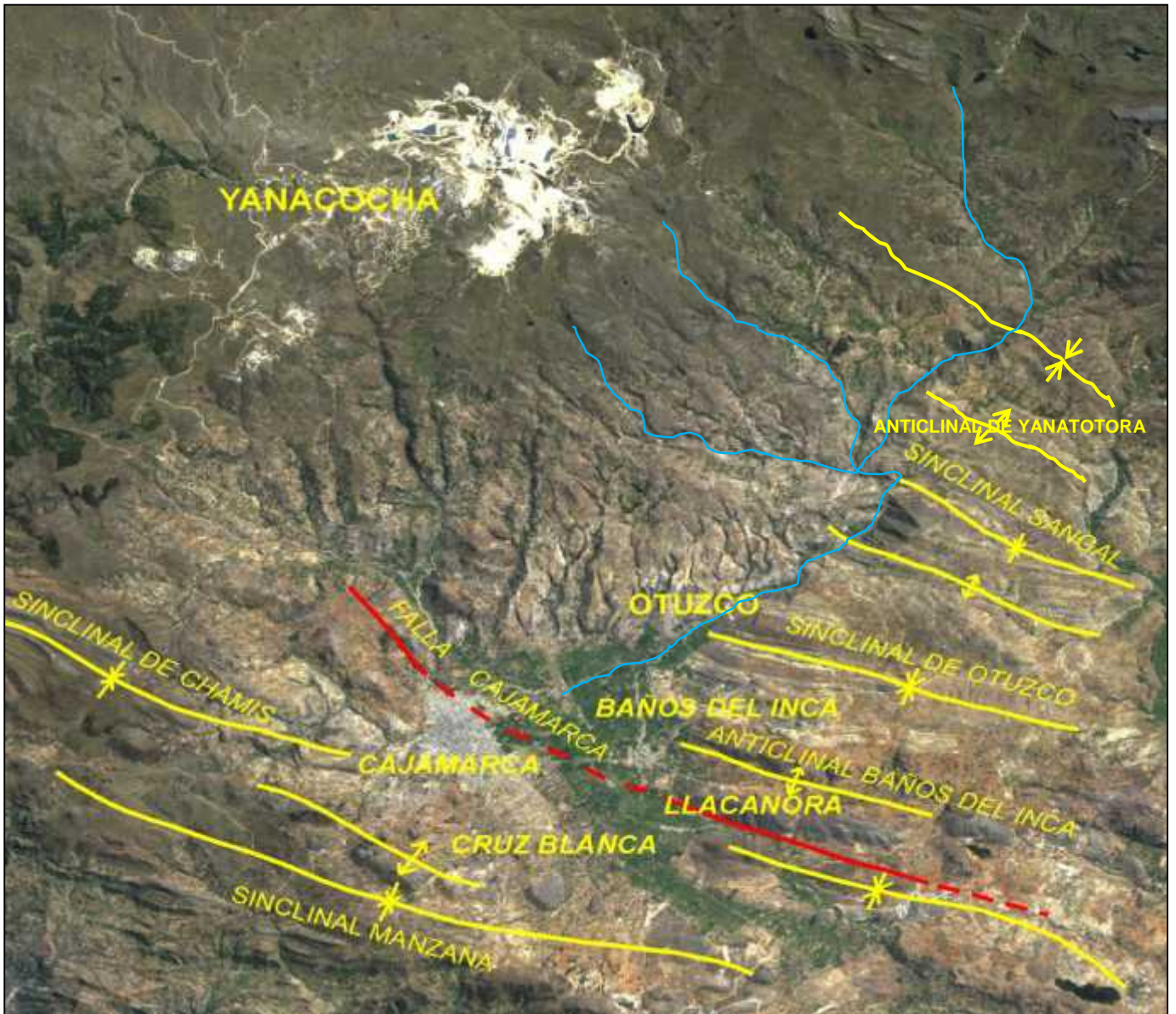


Figura 69. Mapa estructural de la cuenca de Cajamarca, que involucra parte de la zona de estudio



Figura 70. Ubicación espacial y denominación hidrográfica de las microcuencas de la zona en estudio.

Fuente: Google earth -2006

SW



Figura 71. Afloramiento de roca volcánica facies 1-2, ubicado en las ventanillas de Combayo

S



Figura 72. Afloramiento sub – horizontal de rocas volcánicas facies -2- 3 y 4, ubicado al NW del Centro Poblado de Combayo